

Deckblatt



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Blatt: 1
NAAN	NNNNNNNNNN	NNA AANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Stand: 04.03.2022

Titel der Unterlage:

KONZEPTPLANUNG FÜR DIE RÜCKHOLVARIANTE "SCHILDVORTRIEB MIT TEILFLÄCHENABBAU"
HIER: TECHNISCHES KONZEPT SOWIE ÜBERLEGUNGEN ZUM SICHERHEITS- UND
NACHWEISKONZEPT

Ersteller/Unterschrift:



Prüfer/Unterschrift:



Stempelfeld:

UVST:

10. Juli 2023

Datum und Unterschrift

bergrechtlich
verantwortliche Person:



atomrechtlich




Bereichsleitung:



Freigabe zur Anwendung:



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

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BGE <small>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</small>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	21320000	RRA			BB	BW	0001	00	
Konzeptplanung Rückholvariante Schildvortrieb									Blatt: 3

Inhaltsverzeichnis


Blatt

Deckblatt.....	1
Revisionsblatt.....	2a
Inhaltsverzeichnis	3
1 Vorwort.....	4
1.1 Zeitliche Einordnung	4
1.2 Vorgehen bei der vergleichenden Bewertung von Schildvortrieb und Teilflächenbau.....	5
1.3 Weiteres Vorgehen bzgl. „Konzeptplanung Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“	5

Fremddokumentation

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“, Hier: Technisches Konzept und Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept; Stand 4. März 2022 BGE-KZL: 9A/23510000/GHB/RZ/0129/00.....	320
---	-----

Anzahl der Blätter dieses Dokuments.....	327
---	------------

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	21320000	RRA			BB	BW	0001	00	
Konzeptplanung Rückholvariante Schildvortrieb									Blatt: 4

1 Vorwort

1.1 Zeitliche Einordnung

Zur Identifizierung einer sicheren Methode zur Stilllegung der Schachanlage Asse II wurden im Rahmen eines Optionenvergleichs die drei Optionen Rückholung der radioaktiven Abfälle, Umlagerung der radioaktiven Abfälle und die Vollverfüllung der Schachanlage mit Verbleib der radioaktiven Abfälle in den Einlagerungskammern bewertet. Im Ergebnis dieses Optionenvergleichs ist die vollständige Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II die zu verfolgende Stilllegungsoption. Durch den Beschluss des Bundestages am 20. April 2013 ist die Rückholung in Form des § 57b Abs. 2 AtG (Atomgesetz – Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren) gesetzlicher Auftrag.

Zur Erstellung des Optionenvergleichs wurden im Auftrag des damaligen Betreibers, dem Bundesamts für Strahlenschutz (BfS), Machbarkeitsstudien für die drei identifizierten Stilllegungsoptionen erarbeitet. Im Zuge der Untersuchung einer Rückholbarkeit wurde im Bericht „Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachanlage Asse“¹ festgestellt, dass „Zeitaufwendungen für die Entwicklung neuer Verfahren oder Maschinen entfallen“ können, da die „ausgewählten Vorgänge [...] vielfach erprobt und angewendet“ sind. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde das KIT mit der „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II“ beauftragt. Im Zuge dieser Arbeiten wurde die Rückholung mittels Schildvortrieb als eine Rückholvariante im Rahmen einer Machbarkeitsstudie² betrachtet.

Zur Erarbeitung einer systematischen Planung wurde die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II in 3 Planungsstränge für die 3 Einlagerungssohlen 511-m-, 725-m- und 750-m-Sohle gegliedert. Weiterhin wurde die Planung zeitlich in die Phasen Konzeptplanung, Entwurfsplanung, Genehmigungserlangungs- und Ausführungsplanung sowie die Bauausführung untergliedert. Mit der Erstellung einer Konzeptplanung für die Rückholung aller radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle wurde 2015 die Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung (Arge KR) beauftragt. Im Rahmen dieser Planung wurden systematisch aus bergmännischen Gewinnungsverfahren Rückholverfahren abgeleitet³ und bewertet⁴. Im Zuge der Bewertung dieser Rückholverfahren wurde die Machbarkeitsstudie zum Schildvortrieb aufgegriffen und mitbewertet. In dieser Bewertung wurden andere Rückholverfahren als vorteilhafter identifiziert; darüber hinaus ist der Schildvortrieb nicht für alle Einlagerungskammern der 750-m-Sohle sinnvoll anwendbar. Seitens BGE wurde die Festlegung getroffen, nur den Teilflächenbau als Rückholverfahren für die 750-m-Sohle weiter zu betrachten, da dieser u. a. die Rückholung aller Einlagerungskammern ermöglicht.

Im Jahr 2019 wurden Alber GeoMechanik (AGM) und das Institut für Gebirgsmechanik Leipzig (IfG) beauftragt, die gebirgsmechanischen Auswirkungen des prinzipiell kleinvolumigen Teilflächenbaus und des prinzipiell großvolumigeren Schildvortriebes gebirgsmechanisch zu untersuchen⁵. Im Ergebnis erwiesen sich beide Verfahren als machbar und es wurde empfohlen, beide Verfahren weiter zu optimieren.

¹ DMT GmbH & Co.KG; TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG, „Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachanlage Asse,“ 25. September 2009, BfS-KZL: 9A/21321000/G/RB/0001/00

² Karlsruher Insitut für Technologie (KIT), Herrenknecht AG, „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II - 4. Zwischenbericht: Machbarkeitsstudie für die Methode "Schildvortrieb mit Teilflächenabbau",“ BfS-KZL: 9A/23431000/GHB/RA/0027/00, Karlsruhe, 13. Mai 2015.

³ ARGE KR, „Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725- und 750-m-Sohle, Arbeitspaket 06: Grobkonzepte“ KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0073/00, Gelsenkirchen, 16. Dezember 2016.

⁴ ARGE KR, „Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725- und 750-m-Sohle, Arbeitspaket 07: Bewertung der Grobkonzepte,“ KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0082/00, 28. Februar 2017

⁵ Alber GeoMechanik (AGM) und Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG), „Gebirgsmechanische Untersuchung der Auswirkungen der Rückholvarianten *Schildvortrieb mit Teilflächenabbau* und *Teilflächenabbau von oben*“, BGE-KZL: 9A/23510000/GC/TA/0001/00, Dortmund und Leipzig, 20. Mai 2019.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	21320000	RRA			BB	BW	0001	00	
Konzeptplanung Rückholvariante Schildvortrieb									Blatt: 5

Anlässlich dieses Ergebnisses wurde die Inge KRS im Oktober 2020 mit der *Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“* beauftragt. Im Rahmen dieser Konzeptplanung soll die Rückholung mittels Schildvortrieb soweit konkretisiert werden, dass eine abschließende Bewertung der Rückholverfahren „Schildvortrieb“ und „Teilflächenbau“ ermöglicht wird und abhängig vom Ergebnis der Bewertung in eine Entwurfs- und Genehmigungserlangungsplanung eingestiegen werden könnte.

Im Juli 2021 stellte die Inge KRS ein technisches Konzept sowie Überlegungen zu einem Sicherheits- und Nachweiskonzept in Form einer umfassenden Präsentation vor. Auf Basis der erarbeiteten Ergebnisse sollte ein erneuter Vergleich mit dem Teilflächenbau durchgeführt werden.

1.2 Vorgehen bei der vergleichenden Bewertung von Schildvortrieb und Teilflächenbau

Die Entscheidung über die weiter zu verfolgende Variante sollte alle erforderlichen Aspekte der Rückholung berücksichtigen und durch alle beteiligten Fachbereiche mitgetragen werden. Hierfür wurde ein dreistufiges Verfahren gewählt:

1. Vorstellung beider Rückholverfahren

Der prinzipielle Ablauf sowie herauszustellende Merkmale beider Rückholverfahren wurden mittels Präsentationen allen Fachbereichen der Rückholung durch die Planer Arge KR und Inge KRS vorgestellt. Hierbei wurden die jeweiligen Planungsergebnisse der Konzeptplanungen der Arge KR und der Inge KRS verwendet.

2. Bewertung beider Rückholverfahren durch Fachbereiche

Auf Basis der beiden Konzeptplanungen wurden durch alle an der Rückholung beteiligten Fachbereiche und ausgewählte Sachverständige Stellungnahmen zu den Konzepten erarbeitet. Hierfür wurden diesen Fachleuten die Unterlagen aus der Vorstellung, zusammenfassende Steckbriefe der Rückholverfahren mit allen wesentlichen Merkmalen sowie im Vorfeld abgestimmte Bewertungskriterien zur Verfügung gestellt. Für die 3 Bewertungsfelder „Gebirgsmechanische Auswirkungen“, „Strahlenschutz und Störfallsicherheit“ sowie „Technische Umsetzung“ wurden Bewertungskriterien und diese Kriterien untersetzende Bewertungsgrößen erarbeitet.

3. Auswertung der fachlichen Bewertung und Entscheidungsfindung


In einem Workshop wurden die erarbeiteten Bewertungen durch die jeweiligen Fachbereiche vorgestellt und die vorgebrachten Argumentationen diskutiert und zusammengestellt. Die gemeinschaftlich zusammengestellten Argumente wurden durch ein Entscheidungsgremium bewertet und eine Entscheidung getroffen. Nach sorgfältiger Auswertung und Abwägung aller Aspekte wurde das Rückholverfahren Teilflächenbau als vorteilhafter identifiziert. Maßgeblich für die Entscheidung sind folgende Aspekte:

- Verfahrensbedingt geringe Flexibilität des Schildvortriebs (sequenzielle Durchfahrung der Einlagerungskammern der Südflanke von Nord-Ost (ELK 1/750) nach Süd-West (ELK10/750))
- ELK 2/750Na2 kann verfahrensbedingt nicht durch den Schildvortrieb geleert werden (Schildvortrieb nicht für alle Einlagerungskammern der 750-m-Sohle geeignet, bzw. zusätzlich zum Schildvortrieb wird ein weiteres Rückholverfahren, z. B. Teilflächenbau benötigt); nach derzeitigen Kenntnissen der Geologie kann ebenfalls die ELK 1/750 nur teilweise durch den Schildvortrieb geleert werden
- Der Eingriff in das Tragsystem durch ein großvolumiges Rückholverfahren wie dem Schildvortrieb wird als größer eingeschätzt als bei einem kleinvolumigen Rückholverfahren wie dem Teilflächenbau; der Teilflächenbau kann flexibler auf die Reaktionen des Tragsystems reagieren

Das Rückholverfahren Teilflächenbau ist im Ergebnis der fachlichen Bewertung und Diskussion weiter zu verfolgen. Auf Basis der Konzeptplanung der Arge KR wird eine Entwurfsplanung erfolgen. Der Schildvortrieb wird nicht in einer Entwurfsplanung weiterverfolgt.

1.3 Weiteres Vorgehen bzgl. „Konzeptplanung Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“

Im Entscheidungsworkshop am 12. Oktober 2021 wurde der Teilflächenbau als weiter zu verfolgende Rückholvariante ausgewählt. Das Rückholverfahren Schildvortrieb wird nicht in einer Entwurfsplanung weiter vertieft.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	21320000	RRA			BB	BW	0001	00	
Konzeptplanung Rückholvariante Schildvortrieb									Blatt: 6

Die im Zuge der Konzeptplanung der Inge KRS erarbeiteten Planungsergebnisse werden in einem Technischen Bericht (nachfolgende Fremddokumentation) dokumentiert. Aspekte, die bis zum August 2021 nicht in ausreichendem Tiefgang bearbeitet wurden, werden aufgrund der Entscheidung gegen dieses Verfahren auch nicht weiter ausgeplant. Insbesondere folgende Aspekte sind im Bericht nicht vollumfänglich analog der weiteren Konzeptplanungen zur Rückholung aus der Schachanlage Asse II dargestellt:

- Planung eines Bewetterungskonzepts für die Rückholung mittels Schildvortrieb im Grubengebäude; das im Bericht beschriebene Bewetterungskonzept beschränkt sich auf die Bewetterung der Schildmaschinen unter der Annahme, dass ausreichende Wettermengen durch den Grubenbetrieb bereitgestellt werden
- Ausarbeitung eines Flucht- und Rettungskonzepts; die Darstellung im Bericht beschränkt sich auf übergeordnete Betrachtungen und stellt keine konkretisierte Fluchtwegsplanung vor
- Ausarbeitung eines umfassenden Strahlenschutzkonzepts; die Darstellung im Bericht beschränkt sich im Wesentlichen auf Betrachtungen der Dosisleistung im Inneren der Schildmaschine
- Schildschwanzdichtung: Die Schildschwanzdichtung stellt eine radiologische Barriere zwischen der Einlagerungskammer und dem durch die Schildmaschinen zu erstellenden Ausbau dar, der die Verbindung zum sonstigen Grubenraum darstellt. Sie dichtet die betreffende ELK (Sperrbereich) zum Ausbau (Überwachungsbereich) ab. Aufgrund dieser Barriere-Wirkung muss eine sichere Funktionsfähigkeit über die gesamte Rückholdauer von ca. 21 Jahren gewährleistet werden. Ein Austausch oder Instandhaltung ist unter Umständen möglich, aber im Konzept wurde kein Vorgehen für einen Austausch oder eine Instandhaltung erarbeitet.
- Bekämpfung von Bränden insbesondere innerhalb einer ELK nach Branddetektion
- Erstellung von Expositionsbetrachtungen auf Basis von Ausbreitungsrechnungen nach AVV Tätigkeiten sowie Störfallberechnungsgrundlagen


In Abschnitt 6.4.3 des technischen Berichts (nachfolgende Fremddokumentation) werden Ableitungswerte ermittelt.

Die Inge KRS orientiert sich bei der Betrachtung zur Freisetzung an dem Vorgehen für genehmigungsfreie Anlagen gemäß § 102, Abs. 1 StrlSchV. Dort wird für die freigesetzten Radionuklide die Summenformel aus Anlage 11 Teil D der StrlSchV angewendet. Damit soll ein Unterschreiten einer möglichen effektiven Dosis von 0,01 mSv gewährleistet werden. Für genehmigungsbedürftige Anlagen wie sie die Schachanlage Asse II darstellt gilt für die Ableitung gemäß § 99 Abs. 1 StrlSchV für Einzelpersonen der Bevölkerung ein Grenzwert der effektiven Dosis vom 0,3 mSv. Die Inge KRS leitet durch Hochskalierung der maximalen Freisetzung nach § 102 eine mögliche maximale Freisetzung für die Schachanlage Asse II ab. Dieses Vorgehen muss in nachfolgenden Planungsphasen durch Ausbreitungsrechnungen bestätigt werden.

Darüber hinaus schließt sich nach Auffassung der BGE die Anwendung des § 102, Absatz 2 StrlSchV aus, da die Rückholung aus der Schachanlage Asse II einer Genehmigung nach § 9 AtG bedarf. Die BGE wird zur Erlangung einer Genehmigung folglich eine Ausbreitungsrechnung, die alle Emittenten (Rückholung unter Tage sowie Abfallbehandlungsanlage und Zwischenlager über Tage) auf dem Betriebsgelände inkludiert, erstellen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 8

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“

Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Auftragnehmer

Ingenieurgemeinschaft KRS -

"Konzeptplanung Rückholvariante Schildvortrieb"

bestehend aus

ZPP INGENIEURE AG

Redpath Deilmann GmbH


IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

WTI Wissenschaftlich Technische Ingenieurberatung GmbH

Bochum, 04.03.2022

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Stand: 04.03.2022

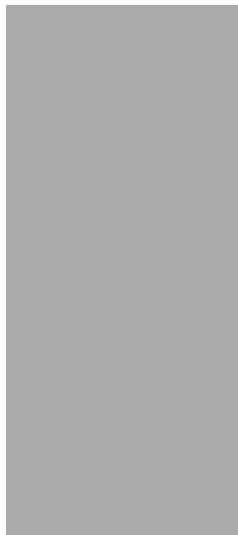
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 9

Impressum:

Auftraggeber: Bundes-Gesellschaft für Endlagerung mbH
 Eschenstraße 55
 31224 Peine

Telefon: 05171 43-0
 Fax: 05171 43-1218
 E-Mail: poststelle@bge.de
 Internet: www.bge.de

Ersteller:



Ingenieurgemeinschaft KRS, c/o ZPP INGENIEURE AG
 Internet: <https://www.zpp.de>

Der Bericht wurde im Auftrag der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) erstellt. Die BGE behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung der BGE zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.


Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 10

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	10
Kurzfassung	14
Abbildungsverzeichnis	16
Tabellenverzeichnis	21
Anhangsverzeichnis	23
Abkürzungsverzeichnis	24
1. Einleitung	26
1.1. Ausgangssituation	26
1.2. Aufgabenstellung	27
1.3. Schnittstellen	28
1.4. Leistungsabgrenzung	29
2. Planungsrandbedingungen und Ist-Zustand der Schachanlage Asse II	30
2.1. Planungsrandbedingungen und Annahmen	30
2.1.1. Zusammenfassung der Machbarkeitsstudie und Darstellung der wesentlichen Abweichungen gegenüber der Konzeptplanung	30
2.1.2. Rückholung aus der ELK 1/750 - Integration anderer Rückholverfahren	37
2.1.3. Ermittlung und Beschreibung der wesentlichen Anforderungen und Annahmen für die Planung	38
2.1.4. Behälterkonzept	39
2.1.5. Rechtliche Randbedingungen und Anforderungen an das Genehmigungsverfahren...	42
2.2. Geologischer und Bergbaulicher Ist-Zustand	47
2.3. Radiologischer Ist-Zustand	48
3. Rückholkonzept „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“	49
3.1. Allgemeine Beschreibung des Verfahrens	49
3.2. Aufbau der Schildmaschinen	50
3.3. Steuerung der Schildmaschinen	53
3.3.1. Steuerung des Vortriebs	53
3.3.2. Steuerung der Manipulatorarme	55
3.4. Schleusenkonzept	56
3.5. Energieversorgung	60
3.6. Bewetterungskonzept	61
3.7. Fluchtwegs- und Rettungskonzept	73
3.8. Übergeordneter Strahlenschutz	75
3.9. Konzept zur Vorauserkundung der ELK und vortriebsbegleitenden Erkundung	85
3.9.1. Derzeitiger Kenntnisstand	85
3.9.2. Diskussion Erkundungsbedarf	86
3.9.3. Erkundungskonzept	87
3.9.4. Verfahrenstechnische Minimierung von Restrisiken	90
3.10. Konzept zur Stabilisierung der Firste und Schweben	91
3.11. Begleitendes Monitoring	95
3.11.1. Überwachung der Schweben	97
3.11.2. Überwachung der zu durchörternden Pfeiler	98
3.11.3. Überwachung der Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern und den Begleitstrecken	98
3.12. Beschreibung der Rückholphasen	98
3.13. Rückholphase A: Vorbereitende Maßnahmen zur Rückholung	101
3.13.1. Übersicht	101
3.13.2. Anbindung an den Schacht Asse 5 und das Rückholbergwerk	102
3.13.3. Auffahrung der Infrastrukturräume sowie der Montage- und Anfahrkavernen	103
3.13.4. Einförderung und Montage der Schildmaschinen	116
3.13.5. Anfahrtsituation der Schildmaschinen	118


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 11
---	------------------


3.13.6.	Umrüsten der Montage- zur Startkaverne	120
3.13.7.	Auffahrung der Begleitstrecke	124
3.13.8.	Vorbereitung von Brandschutzmaßnahmen	125
3.13.9.	Konventioneller Transport im sonstigen Grubengebäude	129
3.13.10.	Errichtung von Stützbauwerken in den Pfeilern/Ingenieurbauwerke	132
3.13.11.	Einrichten von vorbereitenden Strahlenschutzmaßnahmen für Phase B	134
3.13.12.	Rückholung mittels TFO-MA in ELK 1/750	134
3.14.	Rückholphase B: Durchführung der Rückholung im engeren Sinne	136
3.14.1.	Übersicht.....	136
3.14.2.	Durchörtern der radiologischen Barriere und Öffnung der Einlagerungskammern	139
3.14.3.	Durchführen eines Werkzeugwechsels	140
3.14.4.	Lokalisieren der Gebinde innerhalb der ELK	142
3.14.5.	Freilegen und Lösen der Gebinde	143
3.14.6.	Laden der Gebinde, Gebindeteile und Salzgrus	146
3.14.7.	Abfertigung der Umverpackungen innerhalb der Schildmaschine	147
3.14.8.	Transport der Umverpackungen im sonstigen Grubengebäude	152
3.14.9.	Sicherung der Ortsbrust und Herstellung einer Böschung	158
3.14.10.	Konzept zum Ausbau	160
3.14.11.	Dimensionierung des Ausbaus.....	165
3.14.12.	Vortrieb der Schildmaschine	183
3.14.13.	Stabilisierungsmaßnahmen während der Rückholung.....	185
3.15.	Rückholphase C: Nachbereitung	195
3.15.1.	Übersicht.....	195
3.15.2.	Erfassung und Verringerung der Restkontamination	197
3.15.3.	Einrichtung der Demontagekavernen	198
3.15.4.	Demontage der Schildmaschinen	198
3.15.5.	Demontage der sonstigen Rückholtechnik	202
3.15.6.	Verfüllung in den Einlagerungskammern und Pfeilern	202
3.15.7.	Verfüllung der Transporttunnel.....	203
3.16.	Beschreibung der Ablaufsimulation.....	203
4.	Entsorgungskonzept.....	205
4.1.	Umgang mit den radioaktiven Abfällen.....	205
4.1.1.	Rückgeholte Gebinde aus den Einlagerungskammern.....	205
4.1.2.	Betriebsabfälle in fester oder flüssiger Form	205
4.2.	Umgang mit dem Haufwerk	206
4.2.1.	Stoffliche Eignung	206
4.2.2.	Radiologische Eignung	206
4.2.3.	Haufwerksmenge	208
4.2.4.	Massenströme des Haufwerks	209
5.	Bergbauliches Sicherheits- und Nachweiskonzept	214
5.1.	Allgemeines zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	214
5.2.	Wesentliche bergrechtliche Anforderungen	215
5.2.1.	Bundesberggesetz	215
5.2.2.	Allgemeine Bundesbergverordnung	215
5.2.3.	Allgemeine Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen	215
5.3.	Umsetzung der bergrechtlichen Anforderungen.....	216
5.3.1.	Sicherheitspfeiler	216
5.3.2.	Großräumiger Standsicherheits- und Integritätsnachweis	217
5.3.3.	Lokale Standsicherheitsnachweise	217
5.3.4.	Arbeitssicherheitliche Aspekte	218
6.	Atom- und strahlenschutzrechtliches Sicherheits- und Nachweiskonzept.....	219
6.1.	Rechtliche Grundlagen	219
6.2.	Betrieblicher Strahlenschutz	219
6.2.1.	Einrichtung von Strahlenschutzbereichen	220
6.2.2.	Inventarbestimmung	222

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**


Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 12
---	------------------

6.2.2.1	Datengrundlage	222
6.2.2.2	Berechnung von Nuklidvektoren und Spektren	223
6.2.2.3	Nuklidvektoren	223
6.2.2.4	Energiegruppen-/Quellstärkespektren	223
6.2.2.5	Referenzspektren	228
6.2.3.	Voruntersuchungen zu den eingelagerten Gebinden	231
6.2.3.1	Berechnung der maximal einlagerungsfähigen Quellstärke aus Behältergeometrie und Einlagerungsbedingungen	232
6.2.3.2	Homogenisierte vs. Explizite Rechnung	236
6.2.3.3	Einfluss der Verfüllung mit Salz oder Luft und der Art der Stapelung	237
6.2.4.	Modellierung der Schildmaschine	240
6.2.4.1	Technisches Modell der Schildmaschine	241
6.2.4.2	Modell in MCNP	241
6.2.4.3	Basismodell	241
6.2.5.	Untersuchungen zur Abschirmung in der Schildmaschine	245
6.2.5.1	Variation der Bleigasdicke im Steuerstand	245
6.2.5.2	Variation der Position des Steuerstandes	246
6.2.5.3	Variation der Wanddicke und Deckenstärke im Steuerstand	247
6.2.6.	Untersuchung relevanter Parameter zum Auslegungsinventar (Basiszenario)	247
6.2.6.1	Schräge Inventarböschung	248
6.2.6.2	Inventartiefe, Mächtigkeit der Einlagerung	249
6.2.7.	Finales Modell der Schildmaschine	250
6.2.8.	Dosisleistungen an definierten Arbeitsplätzen	252
6.2.8.1	Referenzspektrum 1: Berechnete Dosisleistungsverteilungen	252
6.2.8.2	Berechnete Dosisleistungen für Referenzspektren 1 bis 3	257
6.2.9.	Zusammenfassung der radiologischen Maschinenauslegung und Ausblick	258
6.3.	Überlegungen zur Aktivitätsrückhaltung	259
6.3.1.	Aktivitätsfreisetzung bei der Rückholung aus den Einlagerungskammern	259
6.3.2.	Staubbildung bei den Abbauarbeiten	261
6.3.3.	Gasförmige Radionuklide	261
6.3.4.	Filter	261
6.3.5.	Freisetzungsszenarien	262
6.3.5.1	Freisetzungsszenarien bei mechanischer Belastung	263
6.3.5.2	Freisetzungsszenarien bei thermischer Belastung	264
6.4.	Quantifizierung der Freisetzung	265
6.4.1.	Anforderungen	265
6.4.2.	Bewertungsmaßstab für die Aktivitätsableitung	265
6.4.3.	Bewertungsmaßstab für die Freisetzung	266
6.4.4.	Aktivitätsinventar	266
6.4.5.	Freisetzungsszenarien	268
6.4.5.1	Bestimmungsgemäßer Betrieb	268
6.4.5.2	Störfälle	271
6.4.6.	Bewertung der vorkommenden Ereignisse	273
6.4.7.	Offene Punkte der Freisetzungsanalyse	280
6.4.8.	Fazit	281
6.5.	Bewertung der Kritikalitätssicherheit bei der Rückholung	282
7.	Brand- und Explosionsschutz	285
7.1.	Brandschutz im sonstigen Grubengebäude	286
7.1.1.	Bauliche und anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen	286
7.1.2.	Branddetektion und Brandbekämpfung	286
7.1.3.	Brandlastführende Bereiche/Systeme und Brandschutzmaßnahmen	287
7.2.	Brandschutz im Strahlenschutzbereich	289
7.2.1.	Bauliche und anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen	289
7.2.2.	Branddetektion	290
7.2.3.	Brandlastführende Bereiche/Systeme und Brandschutzmaßnahmen	291

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 13

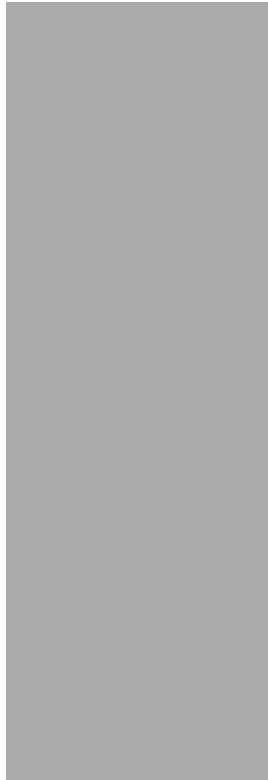
7.3. Explosionsschutz	291
8. Zusammenfassung	294
9. Fazit und Handlungsempfehlungen	298
9.1. Fazit	298
9.2. Handlungsempfehlungen	299
Literaturverzeichnis	301
Glossar	307
Anhänge	311

Stichworte: Konzeptplanung, Schildvortriebverfahren, Schildmaschine, Rückholkonzept 750-m-Sohle, Entsorgungskonzept, Sicherheits- und Nachweis Konzept, BIM-Prozesssimulation

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 14

Kurzfassung

Ersteller:



Titel: Konzeptplanung für die Rückholvariante Schildvortrieb mit Teilflächenabbau


Stand: 04.03.2022

Ein mögliches Rückholverfahren für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle ist der „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“. Die Machbarkeit dieses Verfahrens wurde bereits im Rahmen einer Machbarkeitsstudie [1] geprüft. In der vorliegenden Planung wird dieses Rückholverfahren konzeptionell weiter vertieft.

Die Rückholung mittels Schildvortrieb erfolgt durch drei Schildmaschinen, welche parallel die Einlagerungskammern der Südflanke auf der 750-m-Sohle von Ost nach West durchfahren und dabei die radioaktiven Abfälle freilegen und bergen. Die ELK 1/750 kann aufgrund ihrer Lage am nordöstlichen Baufeldrand nicht mit dem Schildvortrieb geleert werden, da auf Basis des vorliegenden geologischen Modells keine Möglichkeit zur Schaffung einer Anfahrkaverne besteht. In der Konzeptplanung wird somit ein alternatives Rückholverfahren für diese ELK berücksichtigt. Die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 2/750 Na2 ist aufgrund ihrer Lage im Zentralteil des Baufeldes mit dem Schildvortrieb aufwändig und wurde im Rahmen der vorliegenden Konzeptplanung nicht beauftragt. Diese ELK müsste ebenfalls durch ein alternatives Rückholverfahren geleert werden, welches hier nicht betrachtet wird.

Entlang der Einlagerungskammern werden zwei Abbaubegleitstrecken aufgefahren, aus denen heraus die Einlagerungskammern erkundet und deren Firste - sofern erforderlich - stabilisiert werden. Die drei Schildmaschinen werden in einer Montagekaverne montiert. Nach dem Start der Rückholung wird diese Kaverne entsprechend den logistischen Anforderungen der Rückholung zur Startkaverne umgebaut, sodass sich hier auf zwei Ebenen sowohl die radiologischen Filteranlagen als auch die Logistik, einschließlich weiterer erforderlicher Infrastrukturräume, befinden.

Stand: 04.03.2022


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 15

Der von den Schildmaschinen durchörterte Bereich wird hinter den Maschinen parallel zu den Rückholprozessen ausgebaut, dabei werden im hergestellten Ortbetonausbau mehrere Röhren zur Bewetterung, zum Transport von Materialien und Zugänglichkeit für Personal sowie zum An- und Abtransport der Umverpackungen für die gesamte Rückholdauer offengehalten.

Das Lösen und Laden der Gebinde in den Einlagerungskammern erfolgt mit Hilfe von Wechselwerkzeugen, die an je zwei Manipulatorarmen befestigt sind. Die geborgenen Abfälle werden in einen geschachtelten Behälter, bestehend aus Innenbehälter und Umverpackung, geladen. Nach Freimessung der Umverpackung in einer der beiden Schleusen der jeweiligen Schildmaschine, wird dieser Behälter durch die Transportröhren und das Grubengebäude bis zum SchachtASSE 5 transportiert. Während der Rückholung sind die Schildmaschinen sowohl aus einem auf der jeweiligen Schildmaschine befindlichen Steuerstand mit Sichtkontakt in die ELK sowie bei Bedarf auch aus einem zentralen Steuerstand außerhalb der Schildmaschinen über geeignete (visuelle) Übertragungssysteme bedienbar.

Die nördliche der drei Schildmaschinen wird in Abbau 3/750 demontiert. Die beiden weiteren Schildmaschinen fahren weiter bis zur ELK 10/750 und werden dort nach Abschluss der Rückholung demontiert.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 16
---	------------------

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vortrieb der Vorzugsvariante [1].....	31
Abbildung 2:	Schildmaschine der Studie [1] – oben: Tunneln und Ausrüstung im hinteren Teil, unten: Schnitt durch die Maschine	32
Abbildung 3:	Vorzugsvariante aus der Studie [1] – versetzt fahrende Schildmaschinen ohne seitlichen Abstand zueinander.....	33
Abbildung 4:	Vorzugsvariante Rückholung INGE KRS.....	34
Abbildung 5:	Längsschnitt durch die Schildmaschine.....	35
Abbildung 6:	Bergbauliche Situation auf der 750-m-Sohle – Übersicht der als geeignet bewerteten Korridore für Neuauffahrungen auf der 750-m-Sohle; Quelle: [3]	37
Abbildung 7:	Außenansicht eines KC V mit Abmessungen in mm, Quelle Eisenwerke Bassum GmbH (EWB)	40
Abbildung 8:	Verschiedene Varianten der Aufteilung des Innenbehälters der KC V	41
Abbildung 9:	Prinzipdarstellung des Ablaufs des parallelen Schildvortriebes mit drei Schildmaschinen von Ost nach West	49
Abbildung 10:	Schnitt durch die Schildmaschine der INGE KRS mit Blick auf die drei Ebenen ..	51
Abbildung 11:	Radiologische Bereiche und Bewetterungsprinzip der INGE KRS Schildmaschine.	52
Abbildung 12:	Vortrieb über das Abdrücken der Steuerzylinder gegen den Betonausbau.....	53
Abbildung 13:	Darstellung für die Steuerung mit Vorschubpressen, in Vortriebsrichtung (gedrückte Zylinder schwarz)	54
Abbildung 14:	Manipulatoren und teleskopierbarer, strahlengeschützter Steuerstand	55
Abbildung 15:	1. Ebene, Strahlenschutzbereiche; 2.Ebene, Strahlenschutzbereiche; 3. Ebene, Strahlenschutzbereiche	57
Abbildung 16:	Ausgangssituation mit Darstellung der offen gehaltenen Grubenbaue (Schächte, Wendelstrecke und 700 m-Sohle).....	62
Abbildung 17:	Bewetterungsschema zum Zeitpunkt 1.....	63
Abbildung 18:	Saugende Sonderbewetterung.....	64
Abbildung 19:	Querschnitt der BS2 Süd mit aufgehängter Abwetterlutte.....	64
Abbildung 20:	Wetterriss zum Zeitpunkt 2 bei laufender Rückholung der ELK 1/750	65
Abbildung 21:	Prinzipskizze: Aufteilung der Startkaverne und Frischwetterversorgung der Schildmaschine.....	66
Abbildung 22:	Wetterführung auf der Ebene 1 der Schildmaschine	67
Abbildung 23:	Wetterschema der Ebene 1 der Schildmaschine	67
Abbildung 24:	Führung der Frischwetter der Ebene 2 der Schildmaschine	68
Abbildung 25:	Wetterschema der Ebene 2 der Schildmaschine	68
Abbildung 26:	Frischwetterführung der Ebene 3 der Schildmaschine	69
Abbildung 27:	Wetterschema der Ebene 3 der Schildmaschine.....	70
Abbildung 28:	Abwetterführung der Ebene 3 der Schildmaschine.....	71
Abbildung 29:	Bewetterungsschema zum Zeitpunkt 3.....	72
Abbildung 30:	Beispiel einer umluftautarken Fluchtkammer der Firma Dräger (3,5 x 1,6 x 2 m)	75
Abbildung 31:	Horizontaler Schnitt durch die nebeneinander fahrenden Schildmaschinen auf Höhe des Steuerstandes mit Darstellung der erwarteten Dosisleistung	83
Abbildung 32:	Vertikaler Schnitt durch eine Schildmaschine mit Darstellung der erwarteten Dosisleistung in den Räumen.....	84
Abbildung 33:	Zeitpunkt 1 - Erkundung der ELK 11/750 (Prinzipskizze).....	88
Abbildung 34:	Zeitpunkt 2 - Erkundung der ELK 6/750, erste Schwebenstabilisierungsmaßnahmen und Errichtung erster Stützbauwerke in den Pfeilern (Prinzipskizze)	89
Abbildung 35:	Zeitpunkt 3 - Erkundung der ELK 4/750, forstschreitende Schwebenstabilisierung und Errichtung von Stützbauwerken in den Pfeilern (Prinzipskizze)	89
Abbildung 36:	Zeitpunkt 4 - Erkundung der ELK 10/750, fortschreitende Schwebenstabilisierung und Errichtung von Stützbauwerken in den Pfeilern (Prinzipskizze)	90
Abbildung 37:	Erstellung eines Injektionsbohrfächers zur vorauseilenden Schwebenstabilisierung aus der Begleitstrecke (Prinzipskizze)	93


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 17
---	------------------

Abbildung 38:	Situation nach erfolgter Injektion (Prinzipiskizze)	93
Abbildung 39:	Beispiel eines untertagegängigen Bohrwagens mit schwenkbarer Lafette (Quelle: dh Mining Systems).....	94
Abbildung 40:	Beispiele für Injektionszubehör: Blähpacker im offenen Bohrloch (links, Quelle: Desoi GmbH), Manschettenrohr (Mitte, Quelle: Züblin AG), Hohlstabanker in GFK-Ausführung (rechts, Quelle: Redpath Deilmann GmbH)	94
Abbildung 41:	Schematische Darstellung einer Inklinometer-Messkette in der Schwebe	97
Abbildung 42:	Beispiel einer Inklinometer-Messkette (links, Quelle: Geodata ZT GmbH); Einsatz in einem Rohrschirm im Tunnelbau (rechts, Quelle: Züblin AG)	97
Abbildung 43:	Beispielhaftes Abbild einer Laserscan-Messung in einem Füllort (Quelle: Redpath Deilmann GmbH)	98
Abbildung 44:	Zwischenstand aus der Phase A – Infrastrukturräume und Begleittrecken aufgefahren und eingerichtet sowie Stabilisierung der Schweben oberhalb der Einlagerungskammern 11/750, 7/750 und 6/750 und Erkundung der Einlagerungskammer 5/750	99
Abbildung 45:	Zwischenstand aus der Phase B – Radioaktive Abfälle aus den Einlagerungskammern 1/750, 2/750 und 12/750 zurückgeholt sowie Einlagerungskammern selbst verfüllt und Stabilisierung der Schweben oberhalb der Einlagerungskammern 6/750 bis 3/750 sowie Erkundungsmaßnahmen oberhalb ELK 4/750	100
Abbildung 46:	Übersicht der Maßnahmen in der Nachbereitung	101
Abbildung 47:	Korridore für Neuauffahrungen [6].....	105
Abbildung 48:	Pufferlager im Nahbereich der ELK 7/725	107
Abbildung 49:	Materiallager im Bereich der nördlichen Begleittrecke (BS 1 Nord)	108
Abbildung 50:	Nische für die Baustoffanlage (Verfüllung)	109
Abbildung 51:	Geologische Umgebung um das Materiallager Vortrieb und die mobile Baustoffanlage (Verfüllung).....	110
Abbildung 52:	Lage der Bohrwerkstatt in der BS 2 Süd und des Materiallagers Injektion in der BS1 Nord.....	111
Abbildung 53:	Geologische Umgebung um die Bohrwerkstatt und das Materiallager Injektion.	112
Abbildung 54:	Erforderliche Infrastrukturräume auf der 750-m-Sohle am Schacht 5	112
Abbildung 55:	Lage und Dimensionen des Materiallagers Schildmaschine auf der 750-m-Sohle... ..	113
Abbildung 56:	Baustofflager und Baustoffanlage mit Dimensionen	114
Abbildung 57:	In die Startkaverne integrierte Infrastrukturräume.....	115
Abbildung 58:	Materiallager für Sonstiges (Ausbau, Wettertechnik usw.).....	116
Abbildung 59:	Beispielhafter Schachttransport im Schacht Asse 2 (Quelle: BGE)	117
Abbildung 60:	Untertägige Werkstatt auf der Schachtanlage Asse II (Quelle: BGE).....	117
Abbildung 61:	Anfahrssituation nach der vollständigen Montage der drei Schildmaschinen.....	119
Abbildung 62:	Vorschub- und Transportsystem in der Startkaverne.....	120
Abbildung 63:	Startkaverne mit radiologischen Filteranlagen und angepassten Zugangspodesten	121
Abbildung 64:	Anordnung der radiologischen Filteranlagen sowie Verlauf der radiologischen Abwetterführung.....	122
Abbildung 65:	Startkaverne obere Ebene mit radiologischen Filtern, Werkstätten und Lagerräumen.....	123
Abbildung 66:	Untere Ebene der Startkaverne.....	124
Abbildung 67:	Beispielhafte Brandschutz Tore in den Transporttunneln im Ausbau hinter der Schildmaschine	128
Abbildung 68:	Transportfahrzeug Endlager Konrad [Quelle: DBE TECHNOLOGY]	132
Abbildung 69:	Pfeilerstützbauwerke.....	133
Abbildung 70:	Beispielhafte Anordnung der für das TFO-MA Verfahren benötigten Strecken- und Schleusensysteme	135
Abbildung 71:	Einlagerungssituation in der ELK 1/750 [23].....	136

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 18
---	------------------

Abbildung 72:	Beginn der Phase B (süd-)östlich der Kammergruppe Ost mittels drei parallel nebeneinander fahrender Schildmaschinen	137
Abbildung 73:	Aufbau der Schildmaschine in der Schnittdarstellung (Schnitt durch den Schleusenbereich)	138
Abbildung 74:	Ausbau hinter der Schildmaschine	139
Abbildung 75:	Werkzeugmagazin auf der Schildmaschine.....	141
Abbildung 76:	Manipulatorausleger mit rotierbarem Schnellwechselsystem	142
Abbildung 77:	Manipulator mit Metalldetektor beim Scannen der Ortsbrust	143
Abbildung 78:	Beispielhafte Auswahl an Anbauwerkzeugen zum Freilegen von Gebinden und Lösen von Salzgrus.....	144
Abbildung 79:	Manipulator mit Vibrationszahn beim Aufbrechen von verfestigtem Salzgrus	145
Abbildung 80:	Beispielhafte Auswahl an Anbauwerkzeugen zum Laden von Gebinden, Gebindeteilen und Salzgrus	146
Abbildung 81:	Gebinde (VBA) wird per Manipulator mit Fassgreifer in Umverpackung verladen....	146
Abbildung 82:	Umverpackung wird zur Schildmaschine transportiert	148
Abbildung 83:	Umverpackung fährt auf Verschiebe-Hubbühne und wird zur Schleuse versetzt	149
Abbildung 84:	Kontrollbereich - Ent-/Verdeckelungseinheit dockt an Umverpackung an.....	149
Abbildung 85:	Umverpackung wird in erste Schleuse gefahren	150
Abbildung 86:	Umverpackung wird an Ladeluke hydraulisch angedrückt und IB Deckel entfernt für Beladevorgang.....	150
Abbildung 87:	Umverpackung wird an Ladeluke hydraulisch angedrückt und IB Deckel entfernt für Beladevorgang.....	151
Abbildung 88:	Beladene und wischgeprüfte Umverpackung wird abtransportiert	151
Abbildung 89:	Beispiel Plateauwagen beladen mit einem Konrad-Container [Quelle: BGE].....	154
Abbildung 90:	Darstellung der Startkaverne mit geplanter Infrastruktur“	155
Abbildung 91:	Übergabeort zwischen Plateauwagen und Tieflader.....	156
Abbildung 92:	Bildung einer (stufenförmigen) Böschung bei der Rückholung mit drei Schildmaschinen parallel.....	159
Abbildung 93:	Schnitt der drei Schildmaschinen von vorne mit Stützbauwerken.....	159
Abbildung 94:	Schildschwanz mit Gleitschalung	161
Abbildung 95:	Übergang rad. Abwetterlutte Schildmaschine / Ausbau	164
Abbildung 96:	Fertigteillösung (Alternative zur Ortbetonbauweise)	165
Abbildung 97:	Bereiche mit möglichen Zugversagen (links) und möglichen Schubversagen (rechts) des freistehenden nachlaufenden Ausbaus in einer ELK unter vertikalen Auflasten.....	168
Abbildung 98:	Vertikalspannungen in IfG-Berechnung im Jahr 2043 (Auszug aus Anhang 35 [5])...	170
Abbildung 99:	Vertikalspannungen in IfG-Berechnung im Jahr 2044 (Auszug aus Anhang 36 [5])...	171
Abbildung 100:	Vertikalspannungen in IfG-Berechnung im Jahr 2045 (Auszug aus Anhang 37 [5])	171
Abbildung 101:	Anfahrtsituation für Schildvortrieb auf der 750-m-Sohle.....	172
Abbildung 102:	Generisches Modell zur Bestimmung der Tragfähigkeit des nachlaufenden Ausbaus – Gesamtmodell (links) und Modellausschnitt mit dem Ausbau (rechts)	173
Abbildung 103:	Abmessungen des nachlaufenden Ausbaus in den numerischen Berechnungen	174
Abbildung 104:	Festigkeit des Betons unter zweiachsiger Beanspruchung nach Kupfer [8] (links) und Modellapproximation (rechts)	176
Abbildung 105:	Isotroper Primärspannungszustand (links), Vergleichsspannung nach Ausbruch um den Hohlraum (rechts) – Strecke	177
Abbildung 106:	Einbau des nachlaufenden Ausbaus (links), Änderung der Vergleichsspannung infolge des Kriechens des Gebirges (rechts) – Strecke	177

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 19

Abbildung 107:	Horizontale (links) und vertikale Spannungen (rechts) – Berechnungsende (Strecke)	179
Abbildung 108:	Definition von Schnitten zur Berechnungsauswertung (Strecke).....	179
Abbildung 109:	Vergleichsmaß für inelastische Verformungen (Berechnung mit charakteristischen Festigkeiten) – Berechnungsende (Strecke)	180
Abbildung 110:	Vergleichsmaß für inelastische Verformungen – Berechnungsende (Strecke).....	180
Abbildung 111:	Generisches Modell (Einlagerungskammer)	181
Abbildung 112:	Horizontale (links) und vertikale Spannungen (rechts) – Berechnungsende (Einlagerungskammer)	182
Abbildung 113:	Vergleichsmaß für inelastische Verformungen – Berechnungsende (Einlagerungskammer)	182
Abbildung 114:	Anfahrssituation in der Startkaverne	183
Abbildung 115:	a) Ziehen der Gleitschalung nach vorne; b) Betonieren der neuen Ausbauschicht; c) Vorwärtsbewegung der Maschine	184
Abbildung 116:	Stützbauwerk zwischen den Schildmaschinen	186
Abbildung 117:	Einzelstütze - Fertigteile inklusive Bullflexschlauch	187
Abbildung 118:	Linienauflager - Fertigteile inklusive Bullflexschläuche	187
Abbildung 119:	Fertigteilewände inklusive Bullflexkissen	188
Abbildung 120:	Stützbauwerke in den Pfeiler - Stand von dem Durchörterern der Pfeiler	189
Abbildung 121:	Herstellung der Fertigteilwände unmittelbar vor dem Pfeiler – schrittweise Darstellung: a) Begin der Herstellung – 5 m vor dem Pfeilerstoß, b) Weiterbau c) Fertigteilwände zum bis Pfeilerstoß hergestellt.....	190
Abbildung 122:	Herstellung der Fertigteilwände im Pfeiler – schrittweise Darstellung	192
Abbildung 123:	Herstellung der Fertigteilwände unmittelbar nach dem Pfeiler – schrittweise Darstellung: a) Öffnen der ELK 5/750, b) Ende der Herstellung der Fertigteilwände c) Herstellung der Stützen zwischen den Schildmaschinen ..	194
Abbildung 124:	Fahrt der Schildmaschinen nacheinander durch die Pfeiler	195
Abbildung 125:	Verfülltes Grubengebäude am Ende der Phase C.....	196
Abbildung 126:	Ablauf der Verfüllung von Resthohlräume der Einlagerungskammern und des Ausbaus	197
Abbildung 127:	links) Demontagekaverne für die Schildmaschinen 2 & 3, rechts) Demontagekaverne für die Schildmaschine 1.....	198
Abbildung 128:	Demontagekaverne im Abbau 3/750	199
Abbildung 129:	Beginn der Demontage – Entfernung der Gerätschaften, Zwischenwände und Ebenen.....	200
Abbildung 130:	Herstellung der Stützrahmen und Demontage des Schildmantels	200
Abbildung 131:	Ende der Demontage der Schildmaschinen - die Außenschale verbleibt.....	201
Abbildung 132:	Notfallmaßnahmen im Fall eines AÜL.....	202
Abbildung 133:	Verfüllung der Einlagerungskammern	202
Abbildung 134:	Übersicht zeitlicher Bedarf der Rückholphasen A, B und C	204
Abbildung 135:	Sohlenriss der 750 m Sohle mit Verdachtsflächen (gelb), kontaminierten Bereichen (rot), nicht kontaminierten Bereichen (grün) sowie Fassstellen von Zutrittswässern (Kreise) [3].....	208
Abbildung 136:	Untertägige Pufferbereiche.....	210
Abbildung 137:	Massenströme an Haufwerk.....	211
Abbildung 138:	Volumen an Haufwerk bezogen auf ELK/Abbau/Strecke	212
Abbildung 139:	Nutzungsanalyse Schacht Asse 5	213
Abbildung 140:	Strahlenschutzbereiche auf der Schildmaschine Ebene 1	220
Abbildung 141:	Strahlenschutzbereiche auf der Schildmaschine Ebene 2	221
Abbildung 142:	Strahlenschutzbereiche auf der Schildmaschine Ebene 3	221
Abbildung 143:	Vorgehensweise bei der Berechnung von Quellstärken für die in der Schachanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfälle, die bei der Rückholung zu erwartenden Dosisleistungen führen am Beispiel von ELK 7/750	234



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 20

Abbildung 144:	Modelle für die Vergleichsrechnung zwischen explizit dargestellten und homogenisierten Gebinden entsprechend einer 5x5x5-Matrix im rechtwinkligen Gitter (hier VBA, Verfüllung mit Salz)	236
Abbildung 145:	Modell der Schildmaschine, Schnitt vertikal durch die Mitte der Maschine, relevante Detektoraufpunkte in dieser Ebene sind durch drei übereinanderliegende Kreise gekennzeichnet	242
Abbildung 146:	Horizontaler Schnitt durch die verschiedenen Ebenen der Schildmaschine mit Kennzeichnung der relevanten Arbeitsplätze (Die Frontscheibe der Kanzel besteht aus Bleiglas. Die übrigen Strukturen der Maschine sind aus Stahl) ..	243
Abbildung 147:	Testszenario – Drei Schildmaschinen fahren parallel die ELK 7/750 an, hier gezeigt mit einer Inventarfront, welche einen Winkel von 45° gegenüber der Senkrechten aufweist, Schnitt horizontal durch die 2. Ebene	244
Abbildung 148:	Skizze des Steuerstands mit Parametern, welche die Dosisleistung beeinflussen	245
Abbildung 149:	Anfahrt einer schrägen Böschung mit 45°. Inventartiefe minimal 4 m	248
Abbildung 150:	Vertikaler Schnitt durch die Schildmaschine, finales Modell mit schräger Böschung (hex., VBA, Ref. 1-3). Die Front der Kanzel besteht aus Bleiglas. Die übrigen Strukturen der Maschine sind aus Stahl.	251
Abbildung 151:	Horizontaler Schnitt durch die drei Schildmaschinen, welche eine schräge Inventarböschung anfahren. Das Inventar reicht auf Ebene 1 bis an die Schildmaschine. Hier: Schnitt durch Ebene 3/Steuerstand	251
Abbildung 152:	Dosisleistungsverteilung: Vertikaler Schnitt durch die mittlere Schildmaschine (Referenzspektrum 1).....	252
Abbildung 153:	Ausschnittvergrößerung des Bereichs des Steuerstandes in der Dosisleistungsverteilung. Die Punkte (rosa) kennzeichnen die Positionen der drei Detektoren am Arbeitsplatz. (Referenz 1).....	253
Abbildung 154:	Dosisleistungsverteilung: Referenz 1, Ebene 1 (Brusthöhe)	254
Abbildung 155:	Dosisleistungsverteilung: Referenz 1, Ebene 2 (Brusthöhe)	255
Abbildung 156:	Dosisleistungsverteilung: Referenz 1, Ebene 3 (Brusthöhe)	256
Abbildung 157:	Dosisleistungsverteilung: Referenz 1, Steuerstandsebene (Brusthöhe).....	257
Abbildung 158:	Jahresmeldung für die Schachanlage Asse II gemäß der Verordnung (Euratom) Nr. 302/2005	283
Abbildung 159:	ATEX geschützte Transformatorstation Trafstation (Quelle: Altgeld products)	293

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 21
---	------------------

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Räume der Schildmaschine unter Angabe der Raumnummer	77
Tabelle 2:	Auflistung der erforderlichen Infrastrukturräume für die Rückholung	106
Tabelle 3:	Modellparameter für Stoffmodell des Betons im nachlaufenden Ausbau	175
Tabelle 4:	Anforderungen an das Haufwerk bzgl. der Wiederverwendung als Verfüllmaterial... ..	206
Tabelle 5:	Insgesamt anfallende Haufwerksmenge (bei Auflockerungsfaktor 1,6)	209
Tabelle 6:	Eingelagerte Gebindetypen in den Kammern auf der 750-m-Sohle	222
Tabelle 7:	Energiegruppenspektren, Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.1980 (Einheit: 1/s)	225
Tabelle 8:	Energiegruppenspektren, Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.1980 nach Zerfall des Nuklidvektors über 0,5 Tage (Einheit: 1/s)	226
Tabelle 9:	Energiegruppenspektren, Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.2030 (Einheit: 1/s)	227
Tabelle 10:	Referenzspektren für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.1980 (nach Zerfall des Nuklidvektors über 0,5 Tage)	229
Tabelle 11:	Referenzspektren für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.2030	230
Tabelle 12:	Faktoren zwischen den berechneten Gesamtquellstärken zwischen 2030 und 1980	231
Tabelle 13:	Maximal einlagerungsfähige Quellstärken pro Gebinde in ELK 7/750 unter Einhaltung der Annahmebedingungen, grün kennzeichnet ein mittleres VBA-Gebinde	233
Tabelle 14:	Maximal einlagerungsfähige Quellstärken pro Gebinde (200 I, VBA) bezogen auf die drei Referenzspektren	235
Tabelle 15:	Vergleich der Dosisleistungsmaxima in 0 m, 1 m und 2 m entfernten Ebenen über das Verhältnis (Faktoren) zwischen expliziter und homogenisierter Darstellung des Inventars für die Nuklide Co-60 und Cs-137, Salz- und Luftverfüllung und zwei Gebindetypen (200-I-Fass, VBA)	237
Tabelle 16:	Parametereinfluss 200 I (Stapelung, Verfüllung)	239
Tabelle 17:	Parametereinfluss VBA (Stapelung, Verfüllung)	240
Tabelle 18:	Variation der Bleiglasdicke: Effekt auf die für die Arbeitsplätze berechneten Dosisleistungen	246
Tabelle 19:	Variation der Position des Steuerstandes: Effekt auf die für die Arbeitsplätze berechneten Dosisleistungen	246
Tabelle 20:	Variation der Wand und Deckenstärke des Steuerstandes: Effekt auf die für die Arbeitsplätze berechneten Dosisleistungen	247
Tabelle 21:	Dosisleistungen im Vergleich für eine senkrechte und eine mit 45° geneigte Inventarböschung bei homogenisierter Rechnung	249
Tabelle 22:	Faktoren, die bei der Änderung der Inventartiefe von 4 m zu 6 m zu 8 m zwischen den Dosisleistungen an den einzelnen Detektorpositionen auftreten	250
Tabelle 23:	Berechnete Dosisleistungen für die drei Referenzspektren	258
Tabelle 24:	Radiologische Klassifizierung der auftretenden Ereignisse (Beispiele)	260
Tabelle 25:	Durchlassgrade der Filter	262
Tabelle 26:	Freisetzungssanteile bei mechanischer Belastung	264
Tabelle 27:	Freisetzungssanteile im Störfall Brand für einen Konrad-Container	264
Tabelle 28:	Anzahl der Gebinde in den Einlagerungskammern	267
Tabelle 29:	Summenwert bei Absturz eines 400-I-Fasses in der Einlagerungskammer	269
Tabelle 30:	Summenwert bei Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf zehn 400-I-Fässer in den Einlagerungskammern	270
Tabelle 31:	Summenwert der jährlichen Aktivitätsfreisetzung durch Staubbildung bei Räumung der EKL	271
Tabelle 32:	Effektive Dosis des Betriebspersonal nach Aufenthalt in Arbeitsräumen nach Lastabsturz	272
Tabelle 33:	Summenwert im Störfall Brand bei einem betroffenen Gebinde	273
Tabelle 34:	Radiologische Bewertung möglicher Ereignisse	274



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 22

Tabelle 35: Im direkten Zusammenhang mit der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle stehende Brandschutzmaßnahmen für das sonstige Grubengebäude 288

Tabelle 36: Im direkten Zusammenhang mit der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle stehende Brandschutzmaßnahmen in den Strahlenschutzbereichen 291

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 23

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Nuklidvektoren 1980 und 2030.....	311
Anhang 2: Spezifische Aktivität des Abfalls in den Einlagerungskammern zum 01.01.2030.....	325

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 24

Abkürzungsverzeichnis

ABBergV	Allgemeine Bundesbergverordnung
ABVO	Allgemeine Bergverordnung Niedersachsen
a.F.	alte Fassung
AG	Auftraggeber
AGG	Abfallgebindegruppen
AN	Auftragnehmer
AP	Arbeitspaket(e)
Arge-KR	Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung
ASE	Bereich Asse der BGE
AtG	Atomgesetz – Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren
AÜL	Auslegungsüberschreitender Lösungszutritt
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung
BIM	Building Information Modeling
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BPL	Betriebsplan
BS	Begleitstrecke (inkl. Nummerierung)
DIN	Deutsche Industrie-Norm
EHB	Einschienehängbahn
ELK	Einlagerungskammer
ELS	Elektronische Lasersysteme
ESK	Entsorgungskommission
EÜ	Endlagerüberwachung
EVA	Einwirkungen von außen
EWP	Entwurfsplanung
EVI	Einwirkungen von innen
GFK	Glasfaserbewehrte Kunststoffe
GGs	Großgeräteschleuse
GPL	Genehmigungsplanung
GSF	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung
HBPL	Hauptbetriebsplan
HEU	Highly Enriched Uranium
HK	Herrenknecht AG
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HSFA	Hauptseilfahrtanlage
i.d.F.	in der Fassung vom...
IB	Innenbehälter
IfG	Institut für Gebirgsmechanik Leipzig GmbH
Inge KRS	Ingenieurgesellschaft „Konzeptplanung Rückholvariante Schildvortrieb“
KC	Konrad-Container
KG	Kammergruppe
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KPL	Konzeptplanung
KRS	Konzeptplanung Rückholvariante Schildvortrieb
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
KZL	Kennzeichenleiste
LAW	Low Active Waste (Schwach radioaktive Abfälle)
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Niedersachsen)
LEU	Lightly Enriched Uranium
LP	Leistungsphase
LWL	Lichtwellenleiter
MAW	Medium Active Waste (Mittelradioaktive Abfälle)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 25

MBS	Machbarkeitsstudie
NFP	Notfallplanung
NMU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
ODL	Ortsdosisleistung
PFV	Planfeststellungsverfahren
PKM	Personenkontaminationsmonitor
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
RBPL	Rahmenbetriebsplan
SAP	Schachtansatzpunkt
SB	Strömungsbarriere
SBPL	Sonderbetriebsplan
SEWD	Störmaßnahmen und Einwirkungen Dritter
SFA	Schachtförderanlage
SLS-SV	Steuerleitsystem Schildvortrieb
SM	Schildmaschine
SNK	Sicherheits- und Nachweiskonzept
StriSchG	Strahlenschutzgesetz
StriSchV	Strahlenschutzverordnung
SVV	Schildvortriebsverfahren
TFO-MA	Teilflächenbau von oben mit Ausbau
TSM	Teilschnittmaschine
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die UVP
VBA	Verlorene Betonabschirmung
VPS	Verpackungsstation

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 26

1. Einleitung

1.1. Ausgangssituation

Die Schachanlage Asse II bei Wolfenbüttel wurde von 1909 bis 1964 für die Gewinnung von Kali- und Steinsalz genutzt. Hierbei wurden ein Carnallitbaufeld und zwei Steinsalzbaufelder aufgefahren.

Im Zeitraum von 1966 bis Ende 2008 wurde die Schachanlage vom heutigen Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU), ehemals Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF), als Forschungsbergwerk für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Salzformationen betrieben. Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurden im Zeitraum von 1967 bis 1978 schwach- (LAW) und mittelaktive (MAW) radioaktive Abfälle in der Schachanlage Asse II eingelagert. Die Einlagerung von radioaktiven Abfällen wurde am 31. Dezember 1978 beendet. Insgesamt wurden im Rahmen der Versuchs- und Demonstrationsprogramme rund 124.500 Gebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen auf der 725-m- und 750-m-Sohle sowie etwa 1.300 Gebinde mit mittelradioaktiven Abfällen auf der 511-m-Sohle eingelagert.

Mit der Schachanlage Asse II wurde ein Bergwerk zur Einlagerung von radioaktiven Abfällen genutzt, das ursprünglich der Salzgewinnung diente. Insbesondere aus der Steinsalzgewinnung resultierte ein hoher Durchbauungsgrad an der Südflanke. Da die Südflanke bis Mitte der 1990er Jahre weitgehend unversetzt blieb, konnte das angrenzende bzw. anstehende Nebengebirge um mehrere Meter in das Grubengebäude konvergieren. Die starke Konvergenzbewegung führte zu einer Schädigung des Nebengebirges und dem Verlust der Barriereintegrität. Seit 1988 werden Lösungszutritte aus dem Nebengebirge beobachtet. Diese betragen aktuell etwa 12 bis 14 m³ pro Tag.

Seit Ende der 1990er Jahre wurde die Schließung der Schachanlage Asse II unter Verbleib der radioaktiven Abfälle systematisch vorbereitet. Der damalige Betreiber, das HMGU hatte hierfür ein Schließungskonzept nach BBergG erarbeitet, das im Wesentlichen das gezielte Verfüllen aller verbliebenen Hohlräume mit Salzversatz bzw. Sorelbeton und anschließender Einbringung eines Schutzfluides vorsah. Aufgrund der bereits bekannten Laugenzuflüsse wurde eine trockene Verwahrung der radioaktiven Abfälle ausgeschlossen.

Aufgrund von Bedenken bzgl. der Sicherheit des avisierten Schließungskonzepts und des daraus wachsenden Widerstands gegen die Schließungspläne, wurde eine Prüfung weiterer Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitssituation in der Schachanlage Asse II angekündigt. Zu diesem Zweck sollten weitere Schließungsoptionen erarbeitet und verglichen werden.

Im Rahmen eines Optionenvergleichs wurden die drei Stilllegungsoptionen Rückholung der Abfälle, Umlagerung der Abfälle und die Vollverfüllung der Schachanlage bewertet. Im Ergebnis des Optionenvergleichs ist die vollständige Rückholung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II die zu verfolgende Stilllegungsoption. Am 20. April 2013 wurde im Bundestag das „Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachanlage Asse II“ beschlossen. Demzufolge ist nach § 57b Abs. 2 AtG die Schachanlage Asse II „unverzüglich stillzulegen“. Vor der Stilllegung soll die Rückholung der Abfälle erfolgen. Die Rückholung und damit auch deren Planung ist somit gesetzlicher Auftrag. Die Rückholung ist abzubrechen, wenn deren Durchführung für die Bevölkerung und die Beschäftigten aus radiologischen oder sonstigen sicherheitsrelevanten Gründen nicht vertretbar ist.

Zur Erstellung des Optionenvergleichs wurden im Auftrag des damaligen Betreibers, dem Bundesamts für Strahlenschutz (BfS), Machbarkeitsstudien für die drei identifizierten Stilllegungsoptionen erarbeitet. Im Zuge der Untersuchung einer Rückholbarkeit wurde in [2] Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 27

festgestellt, dass „Zeitaufwendungen für die Entwicklung neuer Verfahren oder Maschinen entfallen“ können, da die „ausgewählten Vorgänge [...] vielfach erprobt und angewendet“ sind. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde das KIT mit der „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II“ beauftragt. Im Zuge dieser Arbeiten wurde die Rückholung mittels Schildvortrieb als eine Rückholvariante im Rahmen einer Machbarkeitsstudie betrachtet [1].

Zur Erarbeitung einer systematischen Planung wurde die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II in 3 Planungsstränge für die 3 Einlagerungssohlen aufgeteilt. Weiterhin wurde die Planung in die Phasen Konzeptplanung, Entwurfsplanung, Genehmigungserlangungs- und Ausführungsplanung sowie die Bauausführung eingeteilt. Mit der Erstellung einer Konzeptplanung für die Rückholung aller radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle wurde 2015 die Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung (Arge KR) beauftragt. Im Rahmen dieser Planung wurden systematisch aus bergmännischen Gewinnungsverfahren Rückholverfahren abgeleitet [3] und bewertet [4]. Im Zuge der Bewertung dieser Rückholverfahren wurde [1] aufgegriffen und mitbewertet. In dieser Bewertung wurden andere Rückholverfahren als vorteilhafter identifiziert; darüber hinaus ist der Schildvortrieb nicht für alle Einlagerungskammern der 750-m-Sohle geeignet. Seitens BGE wurde die Festlegung getroffen, nur den Teilflächenbau als Rückholverfahren für die 750-m-Sohle weiter zu betrachten, da dieser u. a. für alle Einlagerungskammern prinzipiell geeignet ist.


Im Jahr 2019 wurden Alber GeoMechanik (AGM) und das Institut für Gebirgsmechanik Leipzig (IfG) beauftragt, die gebirgsmechanischen Auswirkungen des prinzipiell kleinvolumigen Teilflächenbaus und des prinzipiell großvolumigeren Schildvortriebes gebirgsmechanisch zu untersuchen [5]. Im Ergebnis erwiesen sich beide Verfahren als machbar und es wurde empfohlen, beide Verfahren weiter zu optimieren.

Anlässlich dieses Ergebnisses wurde die Inge KRS mit der Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ beauftragt. Im Rahmen dieser Konzeptplanung soll die Rückholung mittels Schildvortrieb soweit konkretisiert werden, dass eine abschließende Bewertung der Rückholverfahren „Schildvortrieb“ und „Teilflächenbau“ ermöglicht wird und in eine Entwurfs- und Genehmigungserlangungsplanung eingestiegen werden kann.

1.2. Aufgabenstellung

Nach derzeitigem Planungsstand beginnt die Rückholung im Jahr 2033. Auf den Ablauf der Vorbereitungen der Rückholung wird im Unterkapitel 3.13 näher eingegangen. Der aktuelle Planungsstand der Rückholung ist im Rückholplan [6] und in einer planerischen Mitteilung [7] zusammengefasst.

Aufbauend auf [1] ist gemäß Leistungsbeschreibung [3] eine Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem südlichen Abbaufeld (Südflanke) der 750-m-Sohle der Schachanlage Asse II zu erbringen. Dabei sind die Planungsrandbedingungen und -annahmen aus [1] auf Aktualität zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten. Im Rahmen dieser Planung sollen die in der Studie beschriebenen Varianten des Schildvortriebs zu einem Konzept weiterentwickelt werden, welches eine Umsetzung dieses Verfahrens in genehmigungsrechtlicher und technischer Hinsicht erwarten lässt. Die Konkretisierung dieser Planung hin zu einer genehmigungsfähigen Planung soll in den weiteren Planungsphasen, der Entwurfsplanung (EWP) und der Genehmigungserlangungs- und Ausführungsplanung (GPL) erfolgen. Diese Planungsphasen sind nur bedingt mit den Planungsphasen der Honorarordnung für

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 28

Architekten und Ingenieure (HOAI) vergleichbar. Die Leistungsphasen (LPH) 1 und 2 der HOAI (Vorplanung) werden hier als „Konzeptplanung“ bezeichnet.

Die vorliegende Konzeptplanung gliedert sich in mehrere Rückholphasen A bis C, die im Unterkapitel 3.12 näher beschrieben werden. Die detaillierten Beschreibungen der Phasen sind in den Unterkapiteln 3.13, 3.14, und 3.15 zu finden. In diesen Unterkapiteln werden die einzelnen Schritte dieses Rückholverfahrens von der Montage der Schildmaschinen über das Anfahren der Einlagerungskammern und die eigentliche Rückholung bis zur Demontage der Schildmaschinen nach Abschluss der Rückholung konzeptionell beschrieben und bewertet.

Im Kapitel 5 und 6 werden die Grundzüge eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes (SNK) erarbeitet. Das konkrete SNK ist in nachfolgenden Planungsphasen - idealerweise in frühzeitiger Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden - fortzuschreiben.

Wegen des unzureichenden Kenntnisstandes über den Zustand des Nahfeldes der Einlagerungskammern sowie deren Inhalt (siehe auch Unterkapitel 2.2 und 2.3) zum jetzigen Zeitpunkt und zum vorgesehenen Zeitpunkt des Beginns der Rückholung, ist eine der Rückholung vorausgehende Erkundung unerlässlich. Dazu wird im Unterkapitel 3.9 der Erkundungsbedarf beschrieben und ein Erkundungskonzept erarbeitet, welches im Rahmen der weiteren Planungsphasen zu konkretisieren ist.

Die Abschätzung des Zeit- und Kostenaufwandes für die Rückholung mittels Schildvortrieb erfolgt mithilfe einer BIM-Ablaufsimulation. Diese wird in dem Unterkapitel 3.16 näher beschrieben. Eine Ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise zur Abschätzung der Rückholdauer und des Kostenaufwands ist in dem gesonderten Bericht der Inge KRS „Zeitermittlung & Kostenschätzung“ [8] enthalten.

Zur Bearbeitung dieser Planungsaufgabe „Konzeptplanung für die Rückholvariante Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ hat sich die Inge-KRS aus den Unternehmen ZPP Ingenieure AG, Redpath-Deilmann GmbH, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG sowie WTI Wissenschaftlich Technische Ingenieurberatung GmbH gebildet, welche die Bereiche Tunnelbau, bergbauliche Planung und Strahlenschutz abbilden. Die Erarbeitung der KPL erfolgte auf Grundlage von durch den AG zur Verfügung gestellten sowie vom AG veröffentlichten Unterlagen und Gesprächen mit Beteiligten innerhalb der BGE. Auf Erfahrungen mit vergleichbaren Vorhaben konnte nur in sehr begrenztem Umfang zurückgegriffen werden. In der Projektphase wurden die vertraglich festgelegten Projektfortschritte entsprechend der Arbeitspakete (AP) in regelmäßigen Statusgesprächen mit dem Auftraggeber erörtert. Es wurde weitgehend auf die vom AG zur Verfügung gestellten Unterlagen zurückgegriffen. In insgesamt 11 Fachgesprächen mit verschiedenen Abteilungen des AG sowie mit weiteren Auftragnehmern der BGE wurden die Planungsrandbedingungen im Laufe der Projektbearbeitung konkretisiert.

1.3. Schnittstellen


Wesentliche andere Teilprojekte der Rückholung sind die Planung und Ausführung des Rückholbergwerks inkl. des neu abzuteufenden SchachtsASSE 5 und zugehörige Tagesanlagen sowie die Planung der Abfallbehandlungsanlage. Weitere Schnittstellen bestehen zur Notfallplanung sowie zu den weiteren Planungssträngen der Rückholung für die 511- und 725-m-Sohle.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 29

1.4. Leistungsabgrenzung

Ausdrücklich kein Gegenstand der vorliegenden Planung sind:

- Planung der Verbindungsstrecken zwischen Bestands- und Rückholbergwerk: Hier wird unterstellt, dass Verknüpfungspunkte zwischen den vom neuen Schacht Asse 5 ausgehenden Strecken und den Zugangsstrecken zu den Einlagerungskammern definiert werden. Dieses betrifft die Ausrichtung und Dimensionierung der Strecken. Ebenso wird unterstellt, dass die Anlage von Infrastrukturräumen zur Vorbereitung und Durchführung der Rückholung im Unverritzten möglich ist.
- Charakterisierung des **Gebindeinhalts**: Bei der Planung wird von den im Unterkapitel 2.1 beschriebenen Daten über Inhalt und Aktivität der eingelagerten Gebinde ausgegangen. Die Charakterisierung der Gebinde erfolgt innerhalb der Abfallbehandlungsanlage.
- Umgang mit dem bei der Auffahrung anfallenden **Haufwerk**: Dabei ist zu unterscheiden zwischen radiologisch „unbelastetem“ Haufwerk (nicht kontaminiert), welches z.B. bei der Auffahrung von Strecken und Infrastrukturräumen anfällt und möglicherweise radiologisch „belastetem“ Haufwerk (kontaminiert) aus der Nähe der Einlagerungskammern oder dem zum Versatz der Einlagerungskammern verwendeten Salzgrus. Im Rahmen dieser Planung wird lediglich der Umgang mit dem Haufwerk unter Tage im Rahmen der Rückholung untersucht, nicht jedoch die weitere Verwendung, z.B. das Verbringen an einen Ort zur Pufferung und Lagerung des Haufwerks.
- Freimessverfahren: Sämtliche bei der Rückholung anfallenden und verwendeten Materialien und Geräte sind vor ihrer Ausförderung nach über Tage freizumessen. Das dafür verwendete Verfahren ist nicht Gegenstand dieser Planung.
- Planung der über- und untertägigen Infrastruktur: Dazu zählen insbesondere die Wetterführung und die Bereitstellung von Medien, z.B. Strom. Bei der Wetterführung wird im Rahmen dieser Planung lediglich die direkt mit dem Rückholverfahren verbundene Wetterführung am Ort der Rückholung betrachtet.
- **Genehmigungserlangungsplanung**: Die vorliegende Unterlage stellt keine Genehmigungsunterlage zur Verwendung in einem Genehmigungsverfahren dar. Diese Unterlagen werden im Rahmen der GPL erstellt. Die rechtlichen Randbedingungen (siehe Abschnitt 2.1.5) werden nur insoweit betrachtet, wie sie für die vorliegende Planung relevant sind. Eine Abstimmung der Genehmigungshöflichkeit des Schildvortriebsverfahrens erfolgte im Rahmen der KPL mit den zuständigen Genehmigungsbehörden nicht.
- **Schnittstellen mit anderen Planungen auf höheren Sohlen**: Die Planung der Rückholung aus der ELK 8a/511 und ELK 7/725 erfolgt im Rahmen anderer Planungsaufträge. Obwohl in der Studie [1] auch die Rückholung der Gebinde aus der ELK 2/750 Na2 betrachtet wird, ist diese Planung nicht Bestandteil der vorliegenden KPL. Es wird unterstellt, dass die Rückholung aus dieser Einlagerungskammer mit einem anderen Verfahren erfolgt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 30

2. Planungsrandbedingungen und Ist-Zustand der Schachanlage Asse II

Das Kapitel 2 umfasst die Analyse vorliegender Informationen, um daraus die Planungsgrundlagen und -randbedingungen abzuleiten. Dazu wurden sowohl vom AG übermittelte Unterlagen, als auch die Ergebnisse der Fachgespräche berücksichtigt.

Aktuellere Informationen als in den jeweiligen Berichtsständen dokumentiert, wurden in Fachgesprächen mit den entsprechenden Organisationseinheiten der BGE vermittelt, auf die in den jeweiligen Kapiteln Bezug genommen wird.

Eine zu Beginn der Konzeptplanung wesentliche Planungsgrundlage ist die Machbarkeitsstudie [1]. Auf diese wird im Abschnitt 2.1.1 näher eingegangen. Einen allgemeinen Überblick über den aktuellen Planungsstand gibt der „Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II - Rückholplan“ [6].

Die Darstellung der Randbedingungen bezieht sich teilweise auch auf Ausführungen der Konzeptplanung zur Rückholung von der 750-m-Sohle (Rückholvariante Teilflächenbau von oben – mit Ausbau) [9] und von der 511-m-Sohle (ELK 8a/511) [10]. Die dort beschriebenen Sachverhalte sind weitgehend unabhängig vom Rückholverfahren und deshalb übertragbar.

2.1. Planungsrandbedingungen und Annahmen

Wesentliche Planungsrandbedingungen sind bereits durch die Arge KR in [9] zusammengestellt. Darüber hinaus gehende relevante Grundlagen bzw. Aktualisierungen werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Zunächst werden die wesentlichen Ergebnisse der Machbarkeitsstudie [1] dargestellt. Diese diente zusammen mit dem Bericht AP 07 der Arge KR [4] als Grundlage für das Verständnis des Rückholverfahrens und der Ermittlung der vorhandenen Frage- bzw. Problemstellungen. Die Weiterentwicklungen der „Konzeptplanung für die Rückholvariante Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“, die im weiteren Verlauf des Berichtes beschrieben werden, sind zum Teil aus [4] abgeleitet worden.

Weitere Randbedingungen für die Rückholung werden im Abschnitt 2.1.5 zusammengefasst.

In den Unterkapiteln 2.2 und 2.3 werden der bergbauliche Zustand der Schachanlage Asse II zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Planung und zum vorgesehenen Beginn der Rückholung sowie die sich aus den Anforderungen des Strahlenschutzes ergebenden Randbedingungen dargestellt.

2.1.1. Zusammenfassung der Machbarkeitsstudie und Darstellung der wesentlichen Abweichungen gegenüber der Konzeptplanung

In der KIT-HK-Studie [1] wurden verschiedene Varianten der Rückholung mittels Schildvortrieb aus den Einlagerungskammern mit sowohl horizontalem als auch vertikalem Rückholweg gegenübergestellt und bewertet. Die Vorzugsvariante ist die Rückholung durch einen maschinellen Schildvortrieb mit den Abmessungen eines Schilds von 10 x 10 x 19 m (Breite x Höhe x Länge).

Abbildung 3 stellt die in der Studie [1] gewählte Vorzugvariante dar. Die Rückholung erfolgt von der ELK 1/750 bis zum Abbau 3/750 mit vier Schildmaschinen. Im Abbau 3/750 werden aufgrund der geringeren Breite der nachfolgenden Einlagerungskammern zwei Schildmaschinen demontiert und die Rückholung bis Abbau 9/750 mittels der beiden verbleibenden Schildmaschinen durchgeführt. Im Abbau 9/750 wird eine zusätzliche, fünfte Schildmaschine montiert. Im Anschluss erfolgt die restliche

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 31
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									

Rückholung bis zum westlichen Ende der ELK 10/750 mit drei Schildmaschinen. Die Demontage der drei Schildmaschinen erfolgt in der Demontagekaverne westlich der ELK 10/750 innerhalb des Sicherheitspfeilers des Schachtes Asse 1.




Abbildung 1: Vortrieb der Vorzugsvariante [1]

In Abbildung 1 ist zum einen dargestellt, dass die Montagekaverne (Baustelleneinrichtung) östlich der ELK 1/750 liegt und sich damit, nach dem derzeitigen Stand der Erkundungen bzw. den planerischen Randbedingungen der KPL, in einem geologisch kritischen Bereich befindet (siehe auch Abschnitt 3.13.3 „Auffahrung der Infrastrukturräume sowie der Montage- und Anfahrkavernen“). Des Weiteren ist ersichtlich, dass die Schildmaschinen in Querrichtung ohne seitlichen Abstand parallel sowie in Längsrichtung versetzt hintereinander durch die Einlagerungskammern fahren, siehe Abbildung 3. Aus diesem Grund muss die Rückholtechnik der Schildmaschinen in der Lage sein, in den Einlagerungskammern seitliche Böschungen herzustellen und zu beherrschen.

Der Aufbau der Schildmaschine nach [1] ist exemplarisch in der Abbildung 2 dargestellt. Zur Beschreibung der Schildmaschinen und der Transportröhren sowie der Abwetterlütten im Ausbau hinter den Schildmaschinen ist in der Studie Folgendes festgehalten:

„Zur Versorgung der Maschine sind ein Hydraulikaggregat mit Hydraulikpumpen und Hydrauliktank, ein Filter-/Kühlkreislauf mit Filter- und Kühlwasserpumpe sowie eine elektrische Anlage mit Transformator, Schaltschränken, Steuerkabine und Bedienpulten erforderlich. Die Bauteile werden im Schild installiert. Durch Schildgelenkzylinder kann der Schildschwanz gelenkig hinter der Maschine gezogen werden und jeglicher Kurven- oder Korrekturfahrt ohne Zwängungen folgen. Die Materiallogistik kann mit Radfahrzeugen oder auch gleisgebunden erfolgen. Für die Hohlraumverfüllung ist der Materialumschlag von Spritzbeton sowie von Verpressmörtel erforderlich. Zur Verlängerung von Versorgungsleitungen sind Kabeltrommeln und Schlauchtrommeln notwendig. Der Umschlag von Werkzeugen und Maschinenteilen kann mit Krananlagen innerhalb der Schildmaschine bewerkstelligt werden. Der Zugang innerhalb des Schildes z. B. für Wartungsarbeiten ist durch Podeste gewährleistet. Im Schutze des Schildes sind zwei Tunnelröhren herzustellen. Die Röhren sollen unabhängig voneinander für die Logistik genutzt werden und zudem als Fluchtweg dienen. Die kleinere der beiden Tunnelröhren dient der Zuführung von neuen Abbauwerkzeugen, dem Zugang von Personal und zur Versorgung mit Verbrauchsgütern. Die größere Tunnelröhre dient im Normalfall ausschließlich des Ein- und Ausfahrens von Transportbehältern sowie dem Abfordern von verpackten Gebinden und Abraum aus der ELK“ [1].

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 32

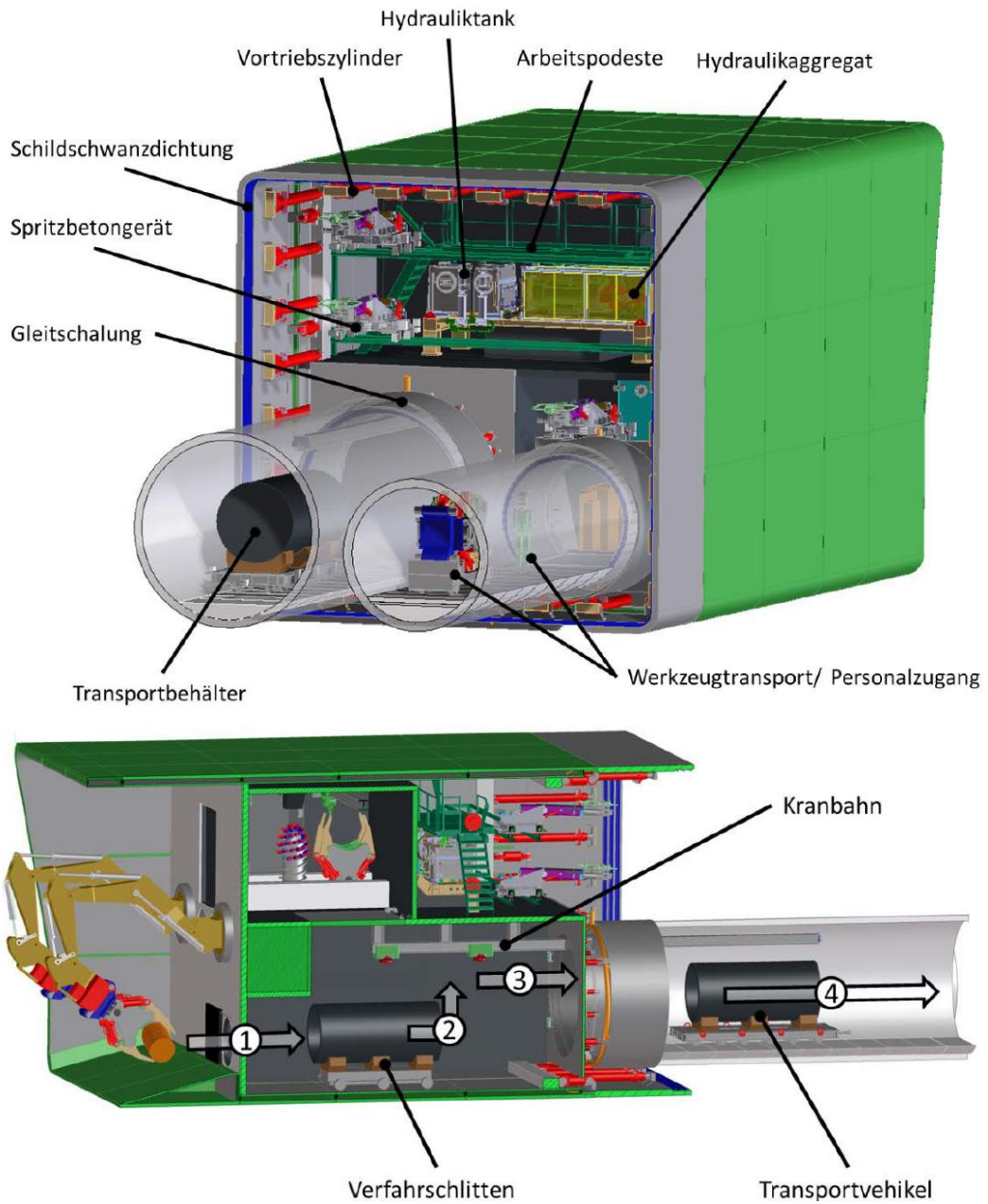



Abbildung 2: Schildmaschine der Studie [1] – oben: Tunneln und Ausrüstung im hinteren Teil, unten: Schnitt durch die Maschine

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 33

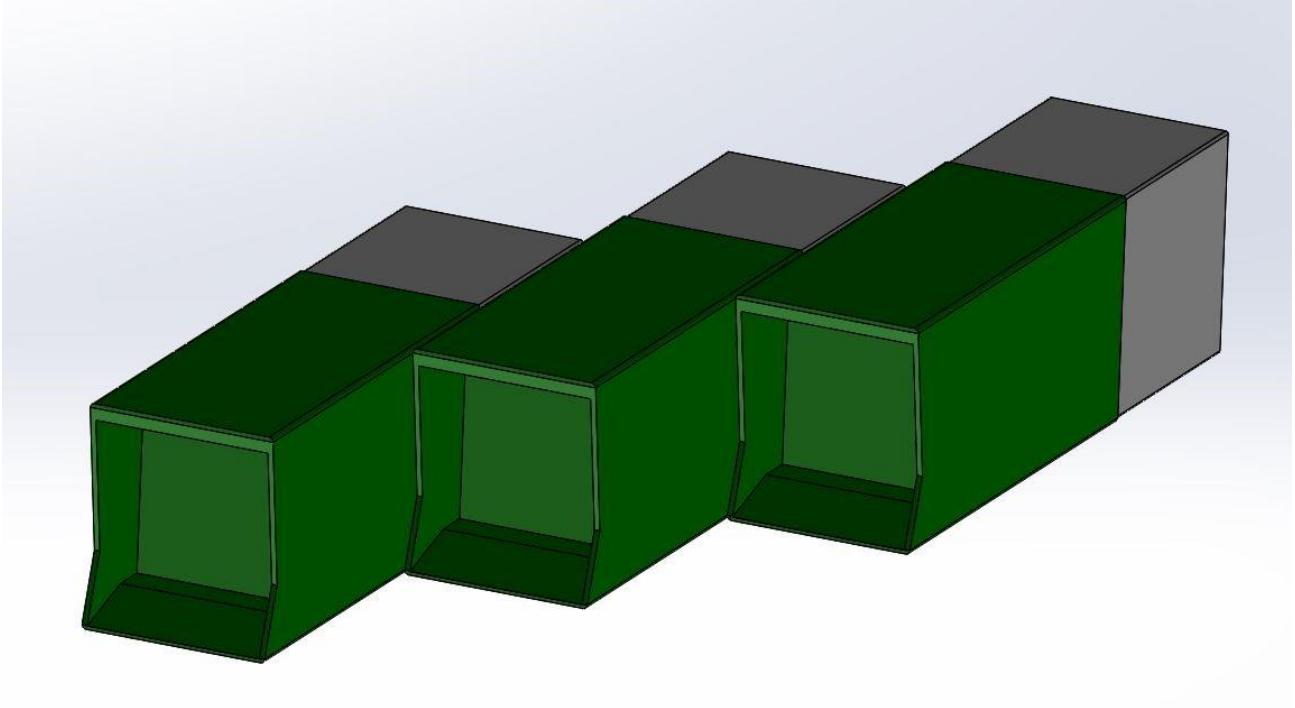


Abbildung 3: Vorzugsvariante aus der Studie [1] – versetzt fahrende Schildmaschinen ohne seitlichen Abstand zueinander

Bzgl. der Förderung und Verpackung von Gebinden steht in der Studie Folgendes:

„Um die Umsetzung der Anforderungen an den Strahlenschutz zu optimieren, soll kontaminiertes Material aus der Abbaukammer innerhalb der Schildmaschine direkt in einen Transportbehälter beladen werden. Nach dem Verschließen des Transportbehälters kann dieser durch einen Verfahrslitten, eine Kranbahn und ein Transportvehikel aus dem Schild durch den Tunnel zur Anfahrkaverne transportiert werden“ [1].


In der Studie [1] ist kein Raumkonzept der Schildmaschine enthalten. In den verschiedenen Abbildungen der Studie ist die Schildmaschine auf unterschiedliche Weisen dargestellt.

Die wesentlichen Abweichungen der vorliegenden KPL im Vergleich zum zuvor beschriebenen Rückholverfahren der Studie [1] werden nachfolgend beschrieben.

Die Abbildung 4 stellt die Vorzugsvariante der vorliegenden KPL dar. Die Montagekaverne liegt aufgrund derzeitig vorliegender Erkundungsergebnisse südöstlich der ELK 1/750 außerhalb des geologisch kritischen Bereiches. Daraus ergibt sich das Erfordernis, dass die Rückholung aus Teilen der ELK 1/750 mit einem alternativen Rückholverfahren durchgeführt werden muss. Dies erscheint unproblematisch, da oberhalb der ELK 1/750 keine Abbaue und somit keine Schweben vorhanden ist, sodass von einer ausreichenden Stabilität der Firste ausgegangen werden kann. Zudem ist die Einlagerungshöhe der Gebinde in der nicht versetzten ELK 1/750 gering.

Das vorliegende Konzept sieht vor, dass die Rückholung mit bis zu drei Schildmaschinen, die in einem seitlichen Abstand zueinander ohne Versatz in Vortriebsrichtung fahren, durchgeführt wird. Der variable Abstand zwischen den Maschinen (1,5 m - 4,0 m) reduziert nicht nur die Anzahl der Maschinen von bis zu fünf auf drei, sondern ermöglicht sowohl die Anordnung von Stützkonstruktionen zur Stabilisierung der Firste/Sohlen in den Einlagerungskammern als auch die Möglichkeit Anpassungen der Vortriebsstrecken (der Fahrbahnen) bei abweichenden Geometrien der Einlagerungskammern durchzuführen. Es wird durch diese Anordnung der Schildmaschinen

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 34

zudem erreicht, dass diese keine seitliche Böschung herstellen, die den Bereich der freigelegten Firste/Schweben in Summe deutlich vergrößern würde.

Die erste Demontagekaverne befindet sich analog zur Studie [1] im Abbau 3/750. Hier wird nach der vorliegenden Konzeptplanung die „nördliche“ Schildmaschine demontiert (siehe Demontagekaverne 1 in Abbildung 4). Der Zugang zum Abbau 3/750 kann von der nördlichen Begleitstrecke aus erfolgen, sodass die Erstellung der Demontagekaverne bereits vor dem Erreichen der Schildmaschinen erfolgen kann.

Die verbleibenden zwei Schildmaschinen führen die Rückholung fort und werden erst nach der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 10/750 in dieser demontiert. Wegen des variablen Abstands zwischen den Schildmaschinen ist die Erstellung einer zweiten Montagekaverne im Abbau 9/750 und die Montage einer zusätzlichen Schildmaschine für die Rückholung aus der ELK 10/750 im Gegensatz zu der in der Studie [1] gezeigten Vorzugsvariante nicht erforderlich (vgl. Anfahrkaverne 5 in Abbildung 1). Darüber hinaus liegt die Demontagekaverne 2 der vorliegenden KPL nicht im Sicherheitspfeiler vom Schacht Asse 1 (R = 300 m) westlich der ELK 10/750 (vgl. Demontagekaverne 1-2-5 in Abbildung 1). Durch die geplante Konstruktion der Schildmaschinen („Zwiebelprinzip Schildmantel“) kann die Demontage direkt in der ELK 10/750 (Demontagekaverne 2 in Abbildung 4), die vorher durch einen ausreichend großen Überschneidung dekontaminiert wird, erfolgen.

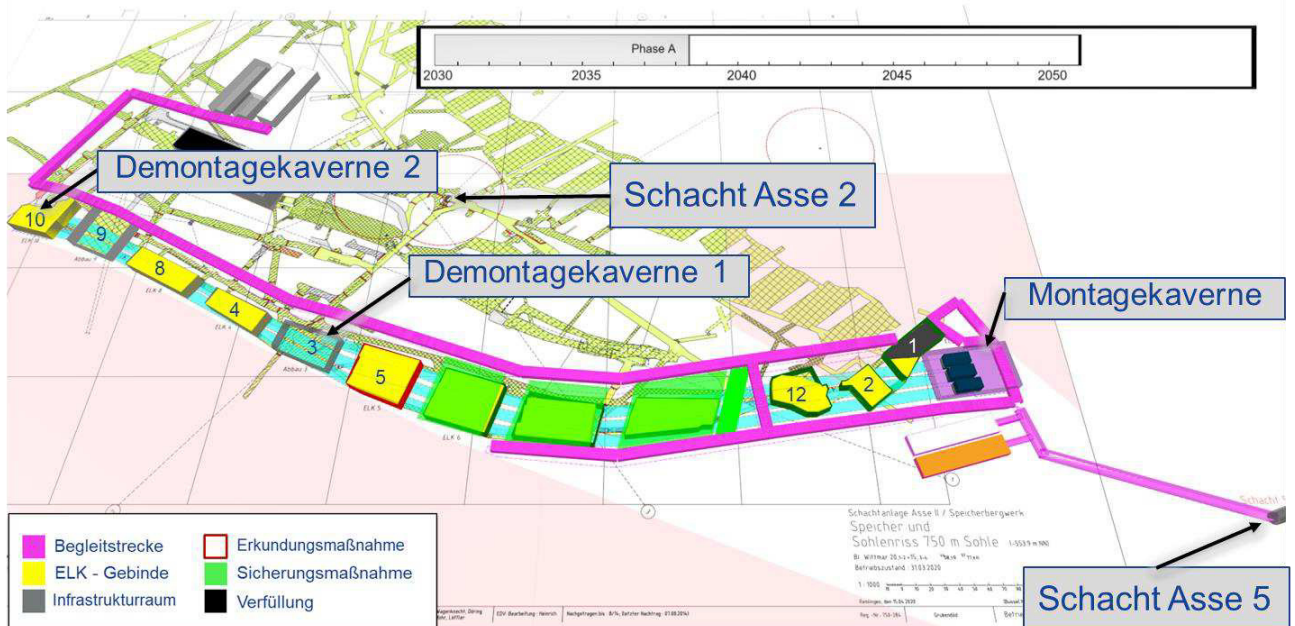



Abbildung 4: Vorzugsvariante Rückholung INGE KRS

Die in der vorliegenden KPL entwickelten Schildmaschinen sind analog zur Studie [1] 10 m hoch, mit ca. 20 m ungefähr gleich lang (gegenüber ca. 19 m) und mit 8,5 m etwas schmaler (gegenüber 10 m). Die KPL umfasst ein vollständiges Raumkonzept (inkl. Strahlenschutzbereichen), welches berücksichtigt, dass sämtliches, technisches in den Schildmaschinen erforderliches Equipment redundant vorhanden ist (Abbildung 5). Die Maschinenteknik der Schildmaschinen wird im Kapitel 3 beschrieben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 35
---	-----------

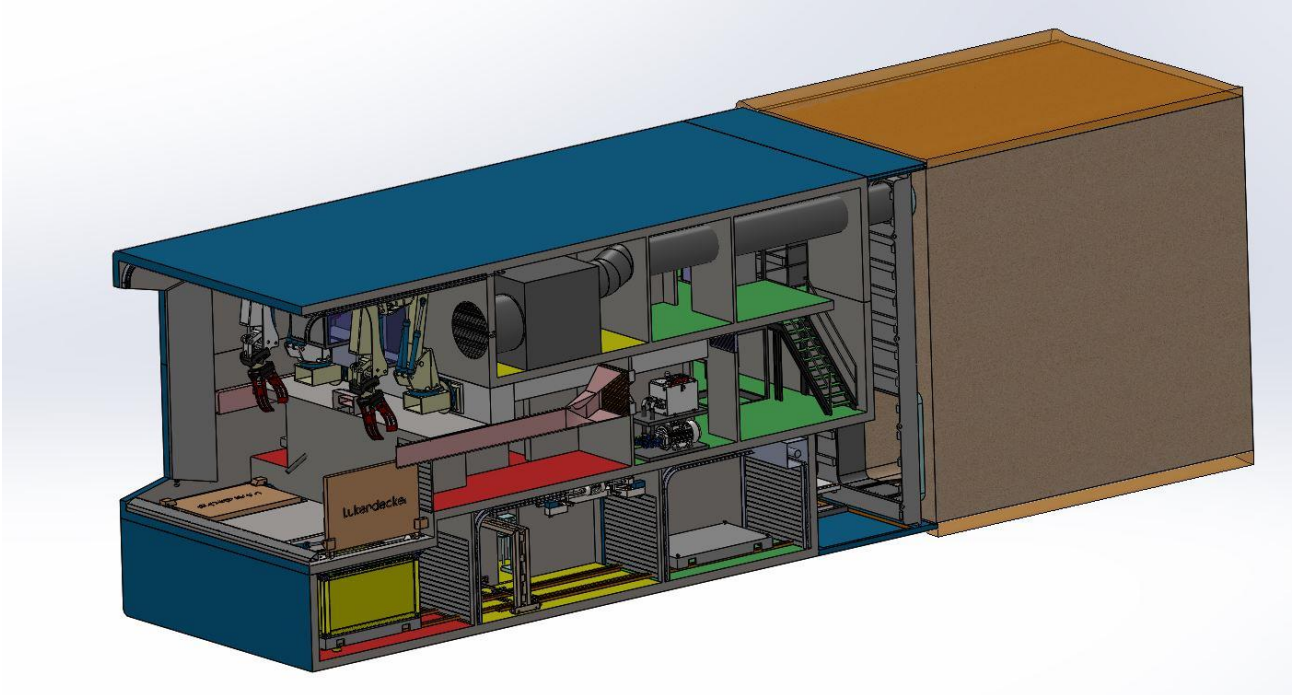


Abbildung 5: Längsschnitt durch die Schildmaschine

Durch die Weiterentwicklungen des Rückholverfahrens in der KPL ist im Weiteren ein Vergleich mit der Studie [1] nicht zielführend. Für die Problemstellungen aus der Studie wurden realisierbare Lösungen erarbeitet, die im Folgenden für einen ersten Überblick kurz beschrieben und im späteren Kapitel 3 detaillierter ausgeführt werden.

- **Manövrierbarkeit der Schildmaschinen (Flexibilität)**

Durch den anpassbaren Abstand zwischen den Schildmaschinen werden Einschränkungen und Abhängigkeiten hinsichtlich der Bewegungsfreiheit reduziert, sodass z.B. die Vortriebe in einem begrenzten Umfang unabhängig voneinander steuerbar sind. In dem Raum seitlich und zwischen den Schildmaschinen können zudem Stützelemente errichtet werden, die bei Bedarf die Schweben und die Pfeiler zusätzlich sichern.

- **Interventionsfähigkeit**

In der KPL werden Lösungen zum Freischneiden oder Freibohren einer festgefahrenen Schildmaschine entwickelt. Zum einen kann die benachbarte Schildmaschine in diesem Fall eingreifen und zum anderen können durch die nördliche bzw. die südliche Begleitstrecke Entlastungsbohrungen niedergebracht werden. Das Störfallszenario „Ausfall Teilsystem“ wurde durch die vollständig redundante Maschinenteknik gelöst.

- **Spritzbetonausbau und Wärmeentwicklung**

Auf Grund der hohen Temperaturdifferenzen von bis zu $\Delta+80$ K während des Abbindens von Sorelbeton, im Vergleich zur Umgebungstemperatur, und den damit verbundenen erhöhten Anforderungen u.a. an die Bewehrung (Kühlung, Energiebedarf) wurde für die Herstellung des Ortbetonausbaus ein alternativer Beton (Geopolymerbeton, Abschnitt 3.14.10) mit einer wesentlich geringeren Temperaturentwicklung von ca. $\Delta+12$ K gewählt. Durch die geplante Herstellung des Ausbaus mit diesem Werkstoff, lassen sich die Auswirkungen (reduzierte Frischwettermenge, reduzierter Energiebedarf, reduzierte Rissbildung im Beton, kein Rückprall, keine zusätzliche Staubbelastung) auf den Rückholprozess merklich reduzieren.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 36

- **Energiebedarf**

Die technischen Komponenten der Schildmaschinen sind so ausgelegt, dass der höchste Energiebedarf einer Schildmaschine bei max. 355 KW liegt, und somit unterhalb der zur Verfügung gestellten Energiekapazität. Zusätzlich wird hierdurch auch die Wärmeentwicklung und der Bedarf an Frischwetter (keine Kühlung erforderlich) reduziert.

- **Handhabung und Ausschleusung der Umverpackungen**

Die zu Beginn noch leeren Umverpackungen mit integriertem Innenbehälter (max. Größe entspricht denen eines KC V) werden vom Füllort des Schachtes Asse 5 zur Startkaverne transportiert und dort auf einen schienengebundenen Plateauwagen umgeladen. Anschließend werden die Umverpackungen durch die Transportröhren im Ausbau höhengleich zu den Schildmaschinen gefahren.

Die Entdeckelung der Umverpackungen erfolgt automatisiert innerhalb der Schildmaschinen in einer der Schleusen bzw. der Ladestation. Nach dem Andocken an die Ladestation öffnet sich die Luke zur ELK und der Beladevorgang (Gebinde und/oder Haufwerk) mittels der Manipulatorarme startet.

Nachdem der Innenbehälter befüllt ist, wird zunächst dieser und anschließend die Umverpackung verschlossen und im Kontrollbereich eine automatische Freimessung durchgeführt. Nach einer entsprechenden Freigabe folgt der Transport zum Füllort des Schachtes Asse 5 höhengleich analog zum Hinweg.

- **Fernbedienbarkeit der Schildmaschinen**

Die Schildmaschinen werden, solange es die Ortsdosisleistung zulässt, über den teleskopierbaren abgeschirmten Steuerstand (Sichtfenster aus Bleiglas) im vorderen Abschnitt der Schildmaschinen gesteuert. Der Bereich des Steuerstands ist als Überwachungsbereich deklariert und daher im Regelfall ohne gesonderte Strahlenschutzmaßnahmen für das Personal zugänglich. Im Falle unzulässig hoher Ortsdosisleistung kann die Steuerung der Schildmaschinen auch fernbedient (Redundanz) mit Hilfe eines Kamerasystems aus sicherer Entfernung erfolgen (über- wie auch untertägig).

- **Durchörterung der Pfeiler/gebirgsmechanische Betrachtung**


Für die Stabilisierung des Grubengebäudes während der erforderlichen Durchörterungen der Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern werden Stützbauwerke erstellt, die zum einen von der südlichen Begleitstrecke aus und zum anderen aus den Schildmaschinen heraus erstellt werden können.

- **Lage der Startkaverne in geologisch kritischen Bereichen**

Die Montage- und Startkaverne liegt nach derzeitigen Erkenntnissen in einem geologisch vertretbaren Bereich südöstlich der ELK 1/750. Hieraus resultiert das Erfordernis der Teilrückholung der ELK 1/750 mit einem alternativen Rückholverfahren wie z.B. dem TFO-MA.

- **Wartungsaufwand**

Die Wartung der durchgehend redundanten Hauptkomponenten der Schildmaschinen erfolgt überwiegend in den Überwachungsbereichen und im geringen Umfang (unter Verwendung entsprechender Schutzausrüstung) im Kontrollbereich sowie in Ausnahmefällen im Sperrbereich auf der Schildmaschine. Durch die grundsätzlich redundante Auslegung der Technik innerhalb der

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 37

Schildmaschine können die wesentlichen Wartungs- und Reparaturarbeiten parallel zu den Rückholprozessen erfolgen.

- **Entwicklungsaufwand**

Der Entwicklungsaufwand für die Schildmaschine gemäß vorliegender Konzeptplanung ist durch die Weiterentwicklungen und die Zuordnung der Hauptkomponenten der Schildmaschine in Überwachungsbereichen deutlich reduziert. Der überwiegende Anteil der vorgesehenen technischen Ausrüstung ist bereits am Markt verfügbar und entspricht dem Stand der Technik. Allerdings stellt u.a. die Herstellung des Schildmantels („Zwiebelprinzip“) und die Konstruktion der Manipulatoren, aus derzeit nur zum Teil vorhandenen Komponenten, eine Herausforderung dar.

2.1.2. Rückholung aus der ELK 1/750 - Integration anderer Rückholverfahren

Die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750 ist aufgrund der aktuellen geologischen Erkenntnisse und den damit verbundenen Randbedingungen zur Lage der Startkaverne im auszuschließenden Bereich nordöstlich der ELK 1/750 nicht mittels Schildvortrieb durchführbar. Der Kammerzugang zur Einlagerungskammer aus Richtung Norden ist aufgrund des naheliegenden Kaliabbaus ausgeschlossen und der Zugang von Westen wegen möglicher Gebinde in den Durchhieben zu vermeiden [3]. In Abbildung 6 sind die zu vermeidenden Bereiche im Umfeld der ELK 1/750 dargestellt. Der gelb eingerahmte Bereich ist zu klein, um dort eine ausreichend große Startkaverne innerhalb der als unbedenklich eingeschätzten Geologie herzustellen. Daher wird die Montage-/Startkaverne in einen geologisch unbedenklichen Bereich südöstlich der ELK 1/750 angeordnet (grüner Kasten in Abbildung 6).

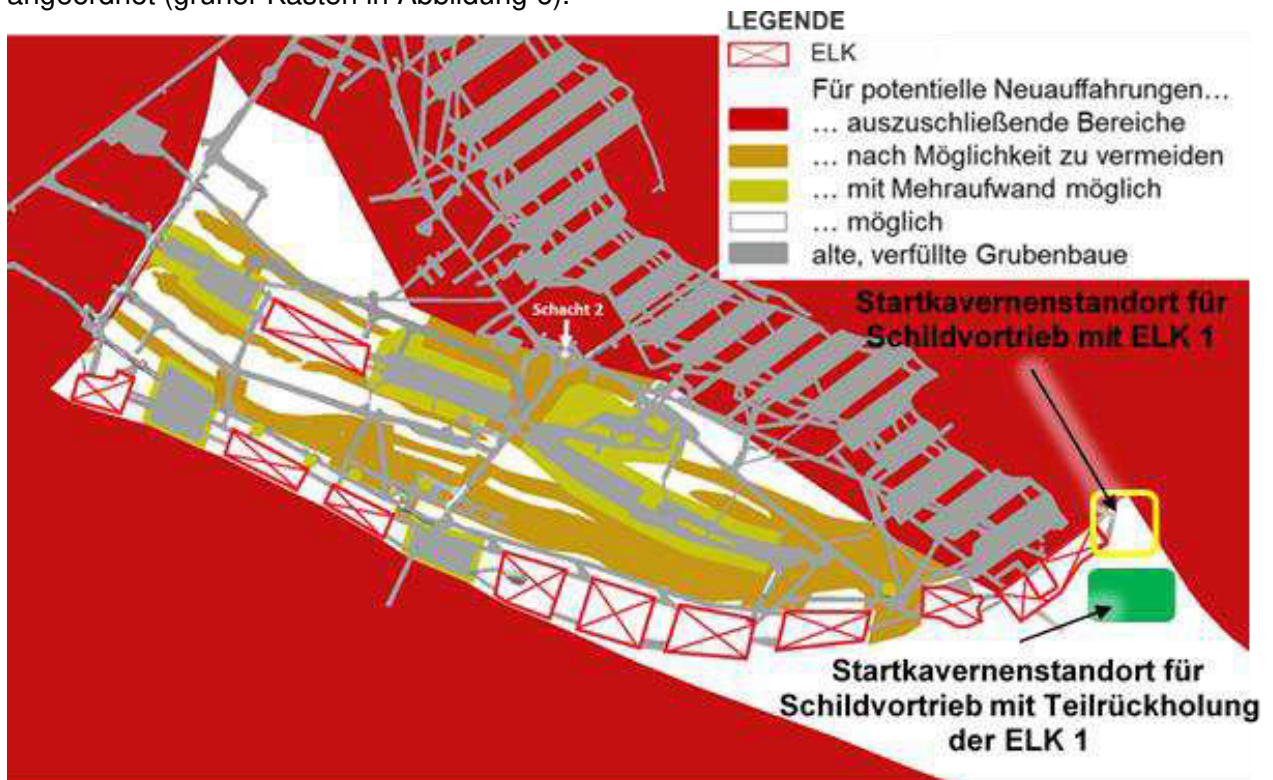



Abbildung 6: Bergbauliche Situation auf der 750-m-Sohle – Übersicht der als geeignet bewerteten Korridore für Neuauffahrungen auf der 750-m-Sohle; Quelle: [3]

Für den Fall, dass aus den aktuell durchgeführten geologischen Erkundungsmaßnahmen neue, anderslautende Erkenntnisse hinsichtlich des geologisch auszuschließenden Bereichs ergeben, ist eine Lage der Start- und Montagekaverne nordöstlich der ELK 1/750 in der Entwurfsplanung zu Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 38

prüfen. Das hier beschriebene Rückholkonzept „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ ist technisch auch für die Rückholung der radioaktiven Abfälle der ELK 1/750 geeignet.

Aufgrund der beschriebenen geologisch-technischen Situation ist für eine Teil-Rückholung aus der ELK 1/750 ein weiteres Verfahren anzuwenden. Hierfür kann das durch die Arge KR erarbeitete Rückholverfahren „Teilflächenbau von oben – mit Ausbau (TFO-MA) angewendet werden. Die Herleitung dieses Rückholkonzepts ist in den Berichten [3] und [4] dargelegt. Die Technische Ausgestaltung der in diesen Unterlagen hergeleiteten Vorzugsvariante ist [3] zu entnehmen.

Der Schildvortrieb startet nach abgeschlossener Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750 mittels TFO-MA parallel südöstlich der ELK 1/750 aus der Startkaverne heraus und durchörtert die radiologische Barriere im äußersten südwestlichen Teil jener ELK. Eine Beschreibung zur Vorgehensweise der Rückholung aus der ELK 1/750 ist im Abschnitt 3.13.12 dargestellt.

2.1.3. Ermittlung und Beschreibung der wesentlichen Anforderungen und Annahmen für die Planung

Zunächst werden die wesentlichen Annahmen zum Zeitpunkt des Beginns der Rückholung zusammengefasst:

- Der Schacht Asse 5 und die dazugehörigen Teile des Rückholbergwerks sind betriebsbereit, so dass vorbereitende Maßnahmen zur Rückholung, z.B. der Transport der Rückholtechnik nach unter Tage möglich sind. Die Leistungsfähigkeit der SFA ist auf die Anforderungen der Rückholung mittels Schildvortrieb abgestimmt.
- Im Zusammenhang mit der Auffahrung des Rückholbergwerks und dessen Verbindung mit der Schachanlage Asse II ist eine Umstellung der Wetterführung erfolgt. Der Schacht Asse 2 dient nun als einziehender und der Schacht Asse 5 als ausziehender Schacht, wobei radiologisch „unbelastete“ und „belastete“ Abwetter getrennt abgeführt werden. Die über den Schacht Asse 2 zugeführte Wettermenge von ca. 12.000 m³/min und die anschließend für die Rückholung zur Verfügung gestellte Wettermenge ist für den Wetterbedarf des Schildvortriebsverfahrens ausreichend.
- Die Maßnahmen der Notfallplanung sind abgeschlossen, die Notfallbereitschaft ist hergestellt; mit der Auffahrung der weiteren Grubenräume kann begonnen werden.
- Die ausreichende Versorgung mit Medien, insbesondere Strom ist gewährleistet.
- Sämtliche erforderlichen Genehmigungen und Zulassungen liegen vor, ggf. auch in Form von Teil- und Vorabgenehmigungen gem. § 57b Abs. 3 AtG [11] i.V.m. § 57b BbergG [12]. (Die Prüfung der Genehmigungshöflichkeit ist ausdrücklich nicht Gegenstand der vorliegenden Planung.)

Es wird nicht beabsichtigt, das aus dem Tunnelbau bekannte und bewährte Verfahren des Schildvortriebs vollständig auf die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II zu übertragen. Folgende Abgrenzungen zum Tunnelbau sind festzuhalten:

- Vorrangiger Zweck des Schildvortriebsverfahrens in der Schachanlage Asse II ist nicht der Bau eines „Tunnels“ bzw. die Auffahrung einer Strecke (auch wenn das zwangsläufig stattfindet), sondern die Rückholung der Gebinde mit radioaktiven Abfällen aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle.
- Es ist kein Einsatz einer Vollschnittmaschine vorgesehen.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 39

- Eine direkte Anfahrt der Schildmaschine von über Tage ist nicht möglich, vielmehr muss diese in schachtgängigen Einzelteilen durch den Schacht Asse 5 nach unter Tage gefördert und dort montiert werden.
- Die Schildmaschinen verbleiben nach Abschluss der Rückholung nicht unter Tage. Derzeit ist davon auszugehen, dass die Schildmaschinen anschließend dekontaminiert, demontiert und zur Entsorgung nach über Tage gebracht werden müssen.
- Die Vorbereitung und Durchführung der Rückholung erfolgt unter Berücksichtigung des Strahlenschutzes, was beispielsweise besondere Anforderungen an die Ausführung der Schildmaschinen stellt.

Eine bei konventionellen Tunnelbauprojekten erprobte und bewährte Technik kann nicht ohne weiteres für die Rückholung eingesetzt werden. Vielmehr ist diese Technik in wesentlichen Teilen für die besonderen Verhältnisse der Schachanlage Asse II neu zu entwickeln bzw. anzupassen. Die Funktionsfähigkeit des angepassten Schildvortriebs als Bergetechnik ist durch eine Erprobung (sog. „Kalterprobung“) unter realistischen Bedingungen nachzuweisen.

2.1.4. Behälterkonzept

Der Transport von Gütern, Werkzeugen, Verbrauchsmaterialien sowie von Haufwerk wird mit spezialisierten Containern durchgeführt.

Grundsätzlich werden zwei Kategorien von Containern verwendet:

- Allgemeiner Container ohne erhöhte Sicherheitsanforderungen
- Zertifizierte Container (Umverpackungen) für den Transport von radioaktivem Material


Die allgemeinen Container sind auch zum Transport in der oberen Transportröhre im Ausbau bestimmt, in der auch die Personenfahrt stattfindet.

Die Container für den Transport von radioaktivem Material (Umverpackungen) werden ausschließlich in den unteren beiden Transportröhren des Ausbaus sowie in der unteren Ebene der Schildmaschine bewegt.

Im Rahmen der Konzeptplanung werden Anforderungen an die Container-Kategorien formuliert, die in weiterführenden Planungen zu konkretisieren sind. Die allgemeinen Container müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Kompatibilität zum eingesetzten Transportsystem in den Transportröhren im Ausbau,
- Abmessungen und Gewicht müssen den Anforderungen aus dem Design der Schildmaschine genügen,
- Menschen oder Einrichtungen der Schildmaschinen und Transportröhren im Ausbau dürfen nicht gefährdet werden,
- Sie müssen für den Transport der vorgesehenen Güter geeignet sein.

In den allgemeinen Containern werden vor allem Verbrauchsmaterialien (wie Schmier- und Einsatzstoffe, Werkzeuge, Ersatzteile) und sonstige Ausrüstungen zur Schildmaschine transportiert und dort händisch entladen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 40
---	-----------

Auf dem Weg von der Schildmaschine zur Startkaverne transportieren die allgemeinen Container nicht mehr benötigte Materialien, ausgetauschte (defekte) Apparate, Werkzeuge und konventionellen Abfall (nicht kontaminiert).

Für einen Transport vom radioaktiven Material werden die für den Transport von radioaktiven oder radioaktiv kontaminierten Güter zertifizierten Konrad-Container (KC) vorgesehen.

Im Zuge der KPL wurden verschiedene KC-Typen untersucht und die Typenreihe KC V als optimale Lösung bezüglich Handhabbarkeit, Transportfähigkeit und Sicherheit ermittelt. Im Folgenden wird sich im Zusammenhang mit dem Transport der radioaktiven Abfälle auf den KC V bezogen. Andere Behältertypen werden explizit benannt.

Das Konzept kann auch auf den Typ KC IV umgestellt werden, was aber zu einer signifikant höheren Anzahl der benötigten Container und zu einer Verlängerung der Rückholzeit führen würde.

Grundsätzlich bestehen die KC aus einem Stahlkorpus, der die äußere Integrität und die Statik sichert, sowie einem oder mehreren Innenkörben, die je nach Verwendungszweck und zu transportierenden Gütern unterschiedlich ausgestattet sind. Die Einbauten und der äußere Korpus sind jeweils mit einem separaten Deckel verschlossen.

Abbildung 7 zeigt die Außenansicht eines KC V mit den äußeren Abmessungen. Das Anheben und die Verriegelung beim Stapeln erfolgen über die standardisierten Ecken der Container.

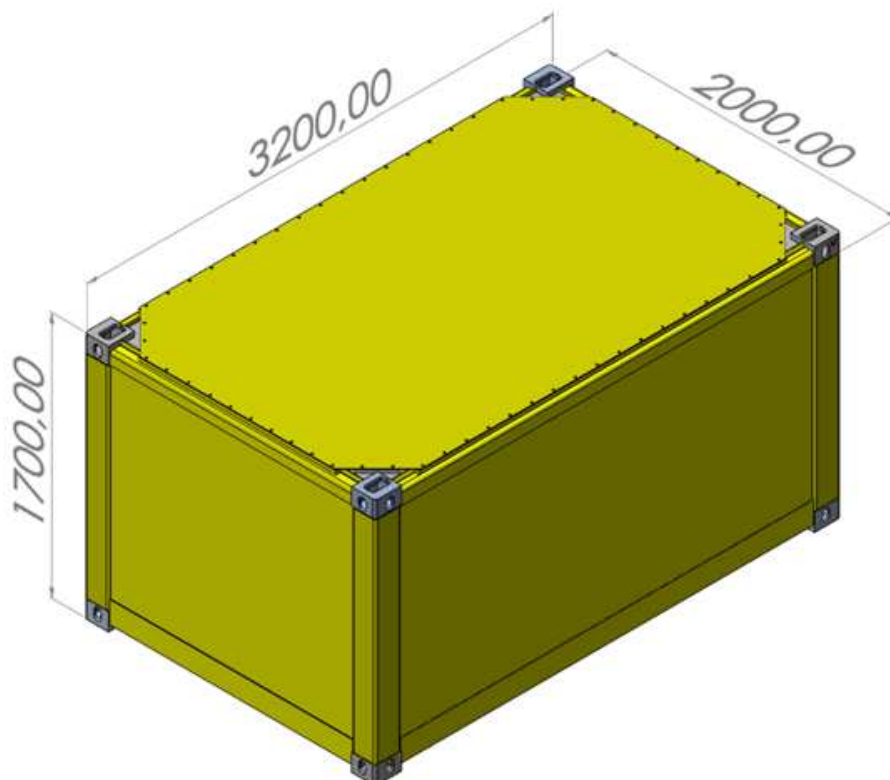



Abbildung 7: Außenansicht eines KC V mit Abmessungen in mm, Quelle Eisenwerke Bassum GmbH (EWB)

Die aktuelle Konzeptplanung sieht vor, die Innenbehälter nicht aus der Umverpackung im Zuge der Beladung zu entnehmen.

Abbildung 8 zeigt verschiedene Varianten der Gestaltung der Innenbehälter bei KC V. Durch die Aufteilung in Sektionen kann das Risiko des Verrutschens der Ladung verringert werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 41

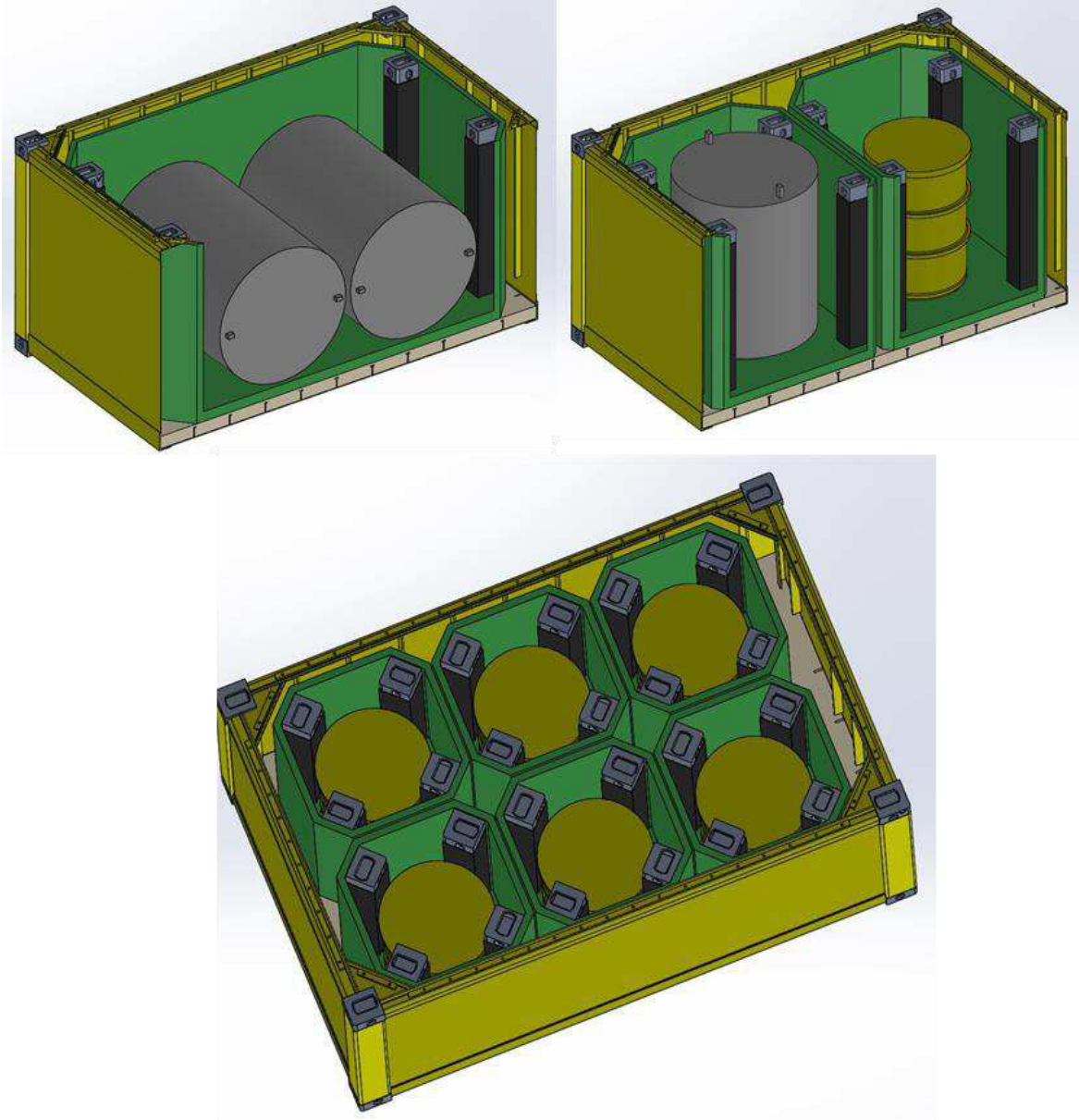


Abbildung 8: Verschiedene Varianten der Aufteilung des Innenbehälters der KC V

Die KC sind für den Transport von Verbrauchs- und Einsatzgütern aus der Startkaverne zu dem Arbeitsbereich der Schildmaschinen vorgesehen. In den Verpackungsstationen (Räumen 1.03 und 1.06 in Abbildung 15) der Schildmaschine werden die KC mit Hilfe des Manipulatorarms entladen.

Die Beladung mit Abfällen und Salzgrus aus den Einlagerungskammern erfolgt ebenfalls mit Hilfe der Manipulatorarme. Dazu werden KC mit geeigneten Innenbehältern aus dem Pufferlager für leere KC in die Verpackungsstation (Räume 1.03 und 1.06) verfahren und dort beladen. Der Innenbehälter verbleibt während der Beladung im äußeren Korpus.

Durch die Aufteilung der Innenbehälter in verschiedene Sektion wird die Ladung fixiert. Außerdem wird durch die Separierung eine spätere Klassifizierung zur weiteren Konditionierung vereinfacht. Die detaillierte Beschreibung des Entlade- und Beladeprozesses erfolgt im Abschnitt 3.14.5.

Für die allgemeinen Container und die KC werden getrennte Transportlogistik-Systeme aufgebaut. Diese Systeme basieren auf industriell erprobter Technik (z.B. in Logistikzentren, Flughäfen).

Über ein redundantes elektronisches Label-System, ergänzt durch optische Merker, werden die Container auf ihrem Weg durch das Rückholbergwerk begleitet. Auf diese Weise ist jederzeit
Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 42

zweifelsfrei der Standort jedes Containers zu bestimmen, einschließlich seines Inhaltes, der beim Beladen und Entladen dokumentiert wird. Weitere Ausführungen dazu sind im Unterkapitel 3.4 (Schleusenkonzept) dargelegt.

2.1.5. Rechtliche Randbedingungen und Anforderungen an das Genehmigungsverfahren

Im Folgenden wird auf die Rechtslage soweit eingegangen, wie sie für die weitere Planung und das im Rahmen der KPL betrachtete Rückholverfahren relevant ist.

• Atom- und strahlenschutzrechtliche Genehmigungen

Die Einlagerung der radioaktiven Abfälle erfolgte nach Bergrecht. Erst mit Übertragung des Betriebs auf das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurde die Anlage dem Regime des Atom- und Strahlenschutzrechts unterstellt. Auf dieser Grundlage ergingen zwei wesentliche Genehmigungen:

- Genehmigungsbescheid 1/2010 des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (NMU)¹ vom 08.07.2010 zum Umgang mit radioaktiven Stoffen gem. § 7 StrlSchV [13]. Diese „Umgangsgenehmigung“ regelt bis heute den Betrieb der Schachtanlage Asse II im strahlenschutzrechtlichen Sinne. Dieser Bescheid kann jedoch nicht auf die Rückholung übertragen werden. Für Abweichungen von diesem Bescheid ist nach der Neuordnung des Atom- und Strahlenschutzrechts eine neue Genehmigung, nun nach § 12 StrlSchG [14] bzw. § 9 AtG [11] erforderlich. Die o.g. Umgangsgenehmigung legt u.a. die Aktivitätsmengen für die Ableitung radioaktiver Stoffe (H-3, C-14, Rn-222 und Aerosole [Pb-210]) sowie den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen mit einer spezifischen Aktivität unterhalb des 100-fachen der Freigrenze gem. Anlage III, Tabelle 1 Spalte 3 StrlSchV [13] (a.F.) sowie mit Kernbrennstoffen gem. § 2 Abs. 3 AtG [11] fest. Diese Werte können nicht ohne weiteres auf die Rückholung übertragen werden, geben aber einen Hinweis auf die zulässigen Umgangswerte im Rahmen der Rückholung, da nicht damit gerechnet werden kann, dass im Rahmen der Rückholung höhere Werte zugelassen werden.
- Genehmigungsbescheid 1/2011 des NMU gem. § 9 AtG [11] zur Durchführung des Schrittes 1 der Faktenerhebung. Auch hier werden Grenzwerte festgelegt, die denen der o.g. Umgangsgenehmigung entsprechen. Diese Genehmigung ist jedoch rein auf die Faktenerhebung beschränkt. In den zahlreichen Auflagen dieser Genehmigung finden sich jedoch Hinweise darauf, was evtl. im Rahmen der Rückholung an Auflagen zu erwarten ist. Dieses betrifft z.B. die Vorgehensweise bei der Annäherung von Bohrungen und des Vortriebs an die Einlagerungskammer.

Insbesondere die Umgangsgenehmigung gem. § 7 StrlSchV [13] wurde inzwischen durch ein umfangreiches Regelwerk von „Strahlenschutzanweisungen“ und „Änderungsmitteilungen“, dem sog. „untergesetzlichen Regelwerk“ ergänzt.

Beide o.g. Genehmigungen haben jedoch keine direkte Relevanz für die Planung und Genehmigung der Rückholung.

• Bergrechtliche Zulassungen

Der Betrieb der Schachtanlage Asse II ist in bergrechtlicher Hinsicht auf der Grundlage von Haupt- (HBPL) und Sonderbetriebsplänen (SBPL) geregelt. Die HBPL werden regelmäßig fortgeschrieben,

¹ Derzeitige Bezeichnung: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Stand: 04.03.2022


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 43

für einzelne Maßnahmen werden SBPL zugelassen. Die geltenden Betriebspläne haben keine direkte Relevanz für die Planung der Rückholung, geben jedoch ebenfalls Hinweise auf das Zulassungsverfahren der Rückholung. Oftmals ist es so, dass strahlenschutzrechtliche Genehmigungen durch bergrechtliche Zulassungen ergänzt werden und strahlenschutzrechtliche Auflagen und bergrechtliche Nebenbestimmungen aufeinander abgestimmt sind. Bisher war es so, dass bergrechtliche Zulassungen der Bergbehörde (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie / LBEG) der Zustimmung der Endlagerüberwachung (EÜ) des BfS bedurften. Nach Neuordnung der genehmigungsrechtlichen Zuständigkeiten erfolgt die Zulassung von Betriebsplänen durch das LBEG i.d.R. im Einvernehmen mit dem zuständigen Bundesamt für die Sicherheit der kerntechnischen Entsorgung (BASE). Das bedeutet, dass alle einer bergrechtlichen Zulassung bedürftigen Vorgänge immer auch einer Prüfung auf ihre strahlenschutzrechtliche Relevanz bedürfen.

• Geplantes Genehmigungsverfahren für die Rückholung

Die grundsätzliche Rechtsgrundlage für die Rückholung bildet der § 57b AtG [11] („Lex Asse“, „Betrieb und Stilllegung der Schachanlage Asse II“). Dieser legt nicht nur die Rückholung gesetzlich fest, sondern gibt auch einige bei der Planung zu beachtende Randbedingungen vor:

- § 57 b Abs. 2 Satz 4 ff. AtG [11]: *„Die Rückholung ist abubrechen, wenn deren Durchführung für die Bevölkerung und die Beschäftigten aus radiologischen oder sonstigen sicherheitsrelevanten Gründen nicht vertretbar ist. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Dosisbegrenzung nach § 5 der StrlSchV ... nicht eingehalten oder die bergtechnische Sicherheit nicht mehr gewährleistet werden kann.“* Dieses bedeutet, dass ein Verzicht auf die Rückholung oder ein Abbruch derselben nur unter diesen Voraussetzungen möglich ist. Die Möglichkeit eines Verzichts auf die Rückholung oder Abbruchs derselben aus technischen Gründen ist nicht vorgesehen. Im Zuge der Planung der Rückholung ist deshalb nachzuweisen, dass o.g. Voraussetzungen für einen Abbruch der Rückholung nicht gegeben sind. Über einen Abbruch der Rückholung aus den o.g. Gründen muss erneut der Bundestag entscheiden.
- § 57 b Abs. 3 Satz 2 ff. AtG [11] ermöglicht, dass mit *„zulassungsbedürftigen Vorbereitungsmaßnahmen bereits vor Erteilung (der Genehmigung der Rückholung selbst) begonnen werden kann, wenn mit einer Entscheidung zugunsten des Antragstellers gerechnet werden kann ...“*. Das bedeutet, dass bereits bei der Planung vorbereitender Maßnahmen, z.B. der Auffahrung von Strecken und Infrastrukturräumen, die Genehmigungsfähigkeit der Gesamtmaßnahme berücksichtigt werden muss. Bereits im Rahmen der KPL ist deshalb zu prüfen, ob die Genehmigungsvoraussetzungen vorliegen.
- § 57 b Abs. 5 AtG [11] regelt Ausnahmen von geltenden Vorschriften bzgl. des Umgangs mit „nicht radioaktiven Stoffen“ und setzt fest, dass der Störfallplanungswert im Einzelfall festzulegen ist.
- Das für die Genehmigung der Rückholung geplante Genehmigungsverfahren wird in der „Planerischen Mitteilung“ [7] geschildert. Danach ist ein atomrechtliches „Rahmenverfahren“ gem. § 9 AtG [11] vorgesehen. Dieses wird untersetzt durch bergrechtliche Zulassungsverfahren, vor allem durch einen (obligatorischen) Rahmenbetriebsplan (RBPL) gemäß § 52 Abs. 2a BbergG [12], der in einem bergrechtlichen Planfeststellungsverfahren (PFV) gemäß § 57a BbergG [12] mit Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zugelassen werden soll. Für die Durchführung einzelner Maßnahmen werden untersetzende Sonderbetriebspläne (SBPL) und Genehmigungen gemäß § 12 StrlSchG [14] erforderlich sein.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 44

Gemäß „Planerischer Mitteilung“ [7] soll das Genehmigungsverfahren für die Rückholung in vier „Antragskomplexe“ aufgeteilt werden. Die Rückholung selbst wird unabhängig vom Rückholverfahren dem „Antragskomplex IV“ zugeordnet. Dieser beinhaltet die „Rückholung der radioaktiven Abfälle im engeren Sinne“ und umfasst folgende Maßnahmen:

- Das Öffnen der Einlagerungskammern
- Die Bergung der Abfälle aus den Einlagerungskammern
- Das Einbringen der radioaktiven Abfälle in Umverpackungen
- Den Transport der radioaktiven Abfälle in Umverpackungen unter Tage (bis zum Füllort am Schacht)
- Die geänderte Ableitung radioaktiver Stoffe einschließlich des dafür erforderlichen Abwetterbauwerks.

Die „Planerische Mitteilung“ legt weiter dar, dass die Genehmigung sich sowohl auf einzelne Einlagerungskammern sowie Kammergruppen beziehen könne und die konkrete Vorgehensweise erst nach Abschluss der Rückholplanung festgelegt werden könne.

Auch wenn die Genehmigungserlangungsplanung (GPL) kein Gegenstand der vorliegenden Planung ist, ist die Aufteilung des Rückholverfahrens in die o.g. Genehmigungsgegenstände zu berücksichtigen.

Die übrigen Antragskomplexe sind:

- Antragskomplex I: u.a. Umstellung der Wetterführung, Teufen des Schachtes Asse 5, Umgang mit den bei der Auffahrung anfallenden Haufwerksmassen sowie die untertägige Verbindung zwischen Bestands- und Rückholbergwerk.
 - Antragskomplex II: u.a. die Errichtung der Schachtförderanlage (SFA) und der übertägigen Infrastruktur (Tagesanlagen), den Transport der umverpackten Abfallgebände zur Abfallbehandlungsanlage und „die Auffahrung der sowohl für den konventionellen Betrieb als auch für die Rückholung ohne Öffnen der Einlagerungskammern erforderlichen untertägigen Infrastruktur.“
 - Antragskomplex III: u.a. umfasst die Abfallbehandlungsanlage bestehend aus Charakterisierungs- und Konditionierungsanlage sowie Zwischenlager.
- **Atom- und strahlenschutzrechtliche Randbedingungen**


Die atom- und strahlenschutzrechtliche Rechtslage ist insoweit von Relevanz für die Planung der Rückholung, als bereits in der Phase der KPL die Genehmigungshöflichkeit zu berücksichtigen ist.

Im Folgenden werden wesentliche Genehmigungsanforderungen aufgezählt.

Die Genehmigung gem. § 9 AtG [11] darf nur erteilt werden, wenn:

- „Die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Verwendung der Kernbrennstoffe gegeben ist“ (§ 9 Abs. 2 Nr.3 AtG [11]). Diese Forderung geht über den bei sonstigen Vorhaben geforderten und in Normen geregelten „Stand der Technik“ hinaus, indem auch der „Stand der Wissenschaft“ einzubeziehen ist. Auch wenn in der Schachanlage Asse II nur in geringem Umfang Kernbrennstoffe eingelagert wurden, ist diese Forderung jedoch dahingehend zu beachten, da nicht eindeutig bekannt ist,

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 45
---	-----------

in welchen Einlagerungskammern und Gebinden tatsächlich Kernbrennstoffe eingelagert sind. Bis zur endgültigen Charakterisierung der Abfälle muss deshalb davon ausgegangen werden, dass theoretisch alle Gebinde Kernbrennstoffe enthalten können.

- „Der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter gewährleistet ist“ (§ 9 Abs. 2 Nr. 5 AtG, SEWD [11]). Dieses betrifft vor allem terroristische Angriffe, die jedoch unter Tage nicht zu erwarten sind. Ergänzend hierzu ist auch Vorsorge gegen „Einwirkungen von innen“ (EVI), z.B. Brände und „Einwirkungen von außen“ (EVA), z.B. Brände und Explosionen, Naturkatastrophen z.B. Erdbeben oder unbeabsichtigte Flugzeugabstürze zu treffen. Während die EVA für die Rückholplanung selbst weitgehend ohne Belang sind, wird auf die EVI im Rahmen des Sicherheits- und Nachweiskonzepts (siehe Kapitel 5 und Kapitel 6) näher eingegangen.

Hinzu kommen des Weiteren Regelungen aus der Strahlenschutzgesetzgebung (StrlSchV [13] und StrlSchG [14]).

- § 12 StrlSchG [14] regelt die genehmigungsbedürftigen Tätigkeiten, er ersetzt den § 7 StrlSchV [13] a.F. Die Anwendbarkeit auf die Schachanlage Asse II und die Rückholung ergibt sich insbesondere aus § 12 Abs. 1 Nr. 3 StrlSchG: Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen.
- § 13 StrlSchG [14] regelt die Genehmigungsvoraussetzungen. Relevant sind hier u.a.:
 - Es ist zu gewährleisten, dass „Ausrüstungen vorhanden und Maßnahmen nach WuT getroffen sind, um die Schutzvorschriften einzuhalten“.
 - Die Vorsorge gegen SEWD ist nachzuweisen.
- Darüber hinaus regelt die StrlSchV [13] in mehreren Paragraphen Umstände, die bei der Planung der Rückholung und der dabei zum Einsatz kommenden Geräte und Anlagen zu berücksichtigen sind, u.a.:
 - Kapitel 2, Abschnitt 3 (§§ 16 ff.): Bauartzulassungen
 - Kapitel 6, Abschnitt 1 (§§ 53 ff.): Strahlenschutzbereiche
 - Kapitel 6, Abschnitt 2 (§§ 71 ff.): Schutz des Personals
 - Kapitel 6, Abschnitt 6 (§§ 99 ff.): Schutz der Bevölkerung und hier insbesondere die §§ 99 (Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe, 102 (Zulässige Ableitungen), 103 (Emissions- und Immissionsüberwachung) und 104 (Begrenzung der Exposition durch Störfälle)
 - Kapitel 6, Abschnitt 7 (§§ 105 ff.): Not- und Störfälle.
 - Im Zuge der Planung der Rückholung wird nachzuweisen sein, dass diese Vorgaben eingehalten werden.
 - Darüber hinaus ist die Anwendbarkeit des sog. „untergesetzlichen Regelwerks“, z.B. der Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA-Regeln) zu prüfen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 46


• Bergrechtliche Randbedingungen

Die wesentlichen Voraussetzungen für die Zulassung eines Betriebsplans sind in § 55 BbergG [12] geregelt. Für die Planung der Rückholung ist hier die Voraussetzung gem. § 55 Abs. 1 Nr. 3 BbergG [12] von Relevanz, wonach die „erforderliche Vorsorge gegen Gefahren für Leben, Gesundheit und zum Schutz von Sachgütern, Beschäftigten und Dritter“ zu gewährleisten ist, dieses betrifft insbesondere den Arbeitsschutz.

Für den Planungsgegenstand relevante Vorschriften finden sich auch hier im „untergesetzlichen Regelwerk“:

- § 224 der niedersächsischen Allgemeinen Bergverordnung (ABVO [15]) enthält „Sondervorschriften für Salzbergwerke“. Danach sind „Sicherheitspfeiler“ zu belassen, in denen Bohrungen und Auffahrungen verboten oder nur unter bestimmten Voraussetzungen zulässig sind. Von besonderer Relevanz für das hier zu betrachtende Schildvortriebsverfahren ist die Forderung der Einhaltung eines Sicherheitspfeilers von mindestens 150 m „gegen den Salzspiegel, die Salzstockbasis sowie die Salzstockflanken“ (§ 224 Abs. 1 f ABVO) [15]. Während die Einhaltung gegen Salzspiegel und Salzstockbasis nachgewiesen werden dürfte, ist der Nachweis des Abstandes gegen die Salzstockflanken von 150 m, in diesem Fall der Südflanke schwierig, da die im Rahmen des Schildvortriebsverfahrens zu durchörternden Pfeiler teilweise nur 20 m von der Südflanke entfernt liegen.
- Kann der Verlauf der Salzstockflanke nicht genau ermittelt werden, ist dieser Abstand sogar auf 200 m zu vergrößern. Der genaue Verlauf der Südflanke im Bereich der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle wird derzeit durch Erkundungen, z.B. die 3-D-Seismik ermittelt. Eine Verringerung dieses Sicherheitspfeilers ist nur zulässig, wenn nachgewiesen werden kann, dass das Nebengestein an den Salzstockflanken in einer Stärke von mindestens 150 m trocken ist. Dieser Nachweis dürfte schwer zu erbringen sein, da das Vorhandensein jeglicher Wegsamkeiten auszuschließen ist. In diesen Sicherheitspfeilern dürfen allerdings gem. § 224 Abs. 2 ABVO [15] Bohrungen durchgeführt werden. Grubenbaue sind hier nicht ausdrücklich erwähnt, auch wenn diese in Satz 3 dieses Absatzes nicht genannt sind².
- § 13 Abs. 3 Allgemeine Bundesbergverordnung (ABergV) [16] schreibt vor, dass für die Sicherheit bedeutsame Geräte und Anlagen im Notfall fernbedienbar sein müssen oder „auf andere Weise selbsttätig einen gefährlichen Zustand verhindern“ können.
- § 15 Abs. 1 Nr. 1 ABergV [16] schreibt vor, dass „jeder untertägige Betrieb über mindestens zwei getrennte [...] und für die Beschäftigten leicht zugängliche Wege mit der Oberfläche verbunden ist.“
- § 15 Abs. 2 ABergV [16] schreibt vor, dass sicherzustellen ist, dass jede untertägige Arbeitsstätte (Betriebspunkt) auf mindestens zwei getrennten Wegen voneinander verlassen werden kann. Selbst wenn davon ausgegangen werden kann, dass die Schildmaschine weitgehend fernhantiert betrieben werden soll, ist die Erfüllung dieser Vorschriften auch für den Interventionsfall oder für Wartungsarbeiten nachzuweisen, wenn sich Personal in der Maschine befindet. Die Voraussetzungen für die Ausnahme, wonach ein zweiter Fluchtweg nicht für Betriebsräume von kurzer Erstreckung (< 400 m) § 49 Abs. 3 ABVO [15] oder „in

² S.2: „In Sicherheitspfeilern nach Absatz 1 Buchstabe ... f ... dürfen Bohrungen durchgeführt werden.“ S.3: Keine Grubenbaue oder Bohrungen dürfen in Sicherheitspfeilern nach Abs. 1 Buchstabe a,c,e,h und i hergestellt werden.“

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 47

Auffahrung befindliche Grubenbaue“ gilt, dürfte auch nach der bisherigen Praxis in der Schachanlage Asse II nicht gegeben sein. Es wird nachzuweisen sein, ob die jeweils drei Transportröhren, mit denen die Schildmaschinen mit dem übrigen Grubengebäude verbunden sind, diese Anforderungen erfüllen. Für „Endlager“ i.S.d. § 126 BbergG [12] können Ausnahmen zugelassen werden, wenn auf andere Weise ausreichende Sicherheitsvorkehrungen getroffen sind, was nachzuweisen wäre. Zu diesen Sicherheitsvorkehrungen gehören z.B. Fluchtbohrungen auf höhere Sohlen oder „Rettungskammern“.

- § 16 ABergV [16] trifft Vorschriften für die Bewetterung, welche durch die Klima-Bergverordnung (KlimaBergV) ergänzt werden. Letztere regelt u.a. die zulässigen Temperaturen und Aufenthaltsdauern für Beschäftigte.
- § 17 ABergV [16] regelt den Arbeitsschutz der Beschäftigten an allen eingesetzten Anlagen und Maschinen. Dieses gilt auch für die Schildmaschine, für welche eine Gefährdungsbeurteilung gem. § 3 ABergV [16] zu erstellen ist.
- **Sonstige rechtliche Randbedingungen:**
 - Die für die Genehmigung der Rückholung insgesamt und hier insbesondere der Tagesanlagen sowie der Abfallbehandlungsanlage relevanten umweltrechtlichen Vorschriften z.B. nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) oder dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) sind für die Planung der untertägigen Rückholung im aktuellen Planungsstadium und Zeitpunkt von untergeordneter Bedeutung, weshalb hierauf nicht näher eingegangen wird. Inwieweit andere fachrechtliche Vorschriften, z.B. nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) zu beachten sind, bedarf der Prüfung im Einzelfall. Genehmigungen nach anderen Fachgesetzen können in die Konzentrationswirkung des bergrechtlichen Planfeststellungsbeschlusses (PFB) einbezogen werden, was jedoch nicht von der Beachtung des materiell-rechtlichen Inhalts dieser Vorschriften entbindet.
 - In den weiteren Kapiteln, insbesondere in Kapiteln 5 und 6 (Sicherheits- und Nachweiskonzept) wird auf die rechtlichen Randbedingungen weiter eingegangen.

2.2. Geologischer und Bergbaulicher Ist-Zustand

Eine detaillierte Beschreibung der Lithologie und Stratigraphie der Asse-Salzstruktur findet sich in [17]. Der grundsätzliche geologische Aufbau der Asse-Salzstruktur geht aus dem Risswerk [18] der Schachanlage Asse II hervor.

Aktuell werden noch Erkundungsmaßnahmen wie die 3D-Reflexionsseismik sowie zahlreiche über- und untertägige Erkundungsbohrungen und geologische Kartierungen durchgeführt. Anhand dieser Ergebnisse wird das Risswerk regelmäßig überarbeitet. Die Konzeptplanung bezieht sich auf den Stand vom 31.03.2020.

Von zentraler Bedeutung für die Rückholung ist die großräumige gebirgsmechanische Situation und die damit verbundene verletzte Integrität der Steinsalzbarriere an der Südflanke der Asse-Sattelstruktur gegenüber dem Deckgebirge, die zu Lösungszutritten in die Schachanlage Asse II führt. Im Rückholplan [6] ist der bergbauliche Ist-Zustand in einem für die Konzeptplanung ausreichenden Tiefgang zusammengefasst.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 48

Auf detailliertere Erkenntnisse aus dem Nahbereich der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle wird hinsichtlich Gebirgsmechanik, Lösungszutritten und potenziellen Kontaminationen gesondert in den Unterkapiteln 3.13 und 3.14 eingegangen.


Spezifische Daten zu den Einlagerungskammern, wie z.B. recherchierte Kammerabmessungen, geschätzte Kammervolumina, sowie Informationen zum Einlagerungsinventar und zu Einlagerungstechniken sind u.a. in [9], [19], [20] und [21] zusammengestellt.

Auf den radiologischen Ist-Zustand in den Einlagerungskammern wird im Unterkapitel 2.3 eingegangen.

2.3. Radiologischer Ist-Zustand

Die radiologische Beschreibung der Einlagerungskammern der 750-m-Sohle basiert im Wesentlichen auf den Unterlagen [22], und [23]. Es handelt sich hier meistens um Gebinde in Form von 200-l-Fässer, 400-l-Fässer, VBA-Gebinde und Sonderbehälter gefüllt mit dem variablen Inventar.

Der radiologische Ist-Zustand und die Herleitung der benötigten Informationen (z.B. Nuklidvektor) werden im Abschnitt 6.2.2.3 genauer beschrieben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 49
---	-----------

3. Rückholkonzept „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“

3.1. Allgemeine Beschreibung des Verfahrens

Bei der Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ erfolgt die Rückholung der eingelagerten radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle mit bis zu drei Schildmaschinen parallel auf einer Höhe sowie sukzessive eine Einlagerungskammer nach der nächsten beginnend von der Montagekaverne aus östlich der ELK 1/750 nach Westen bis hin zur ELK 10/750 wie in Abbildung 9 dargestellt.

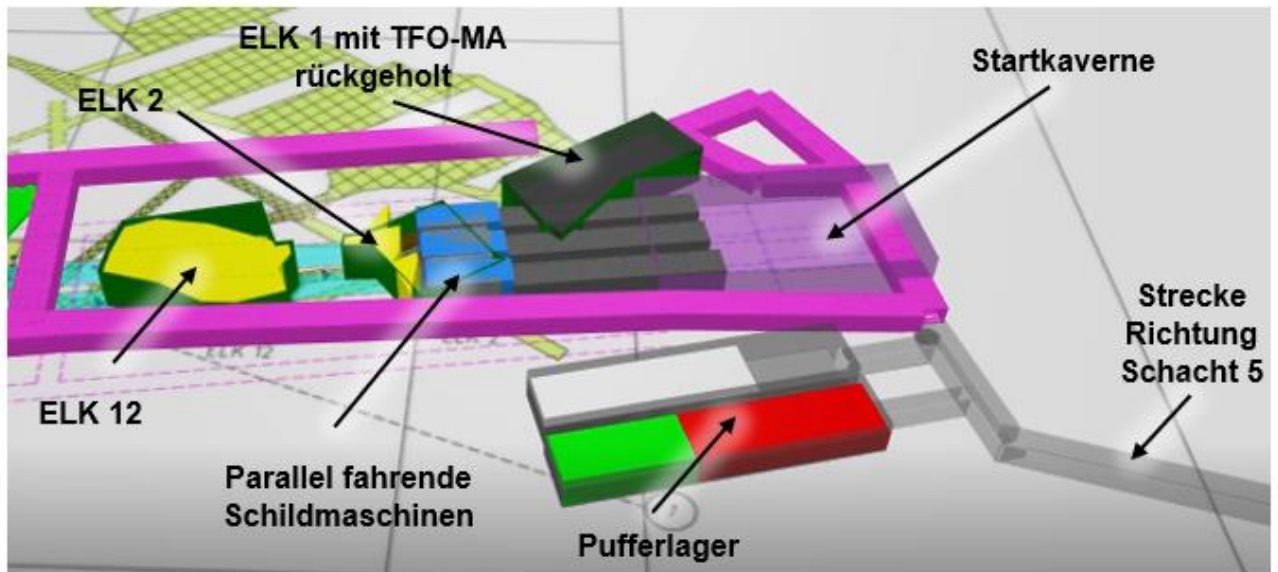



Abbildung 9: Prinzipdarstellung des Ablaufs des parallelen Schildvortriebes mit drei Schildmaschinen von Ost nach West

Jede dieser Schildmaschinen besteht im Wesentlichen aus einem umlaufenden rechteckigen Schildmantel aus Stahl (ggf. in Sandwichbauweise) ähnlich dem einer Tunnelvortriebsmaschine. Die Kappe des Schildmantels ist zur Sicherung der Firste im vorderen Bereich etwas vorgezogen, sodass ein gesicherter Arbeitsraum für die Manipulatoren geschaffen wird. Innerhalb dieses Schildmantels befindet sich die vollständige Rückholtechnik inkl. der Schleusentechnik sowie der Betriebs- und Versorgungstechnik. Um eine Unterbrechung der Rückholung zu vermeiden, sind alle relevanten Systeme redundant ausgelegt. Dies bedeutet u. a., dass jede Schildmaschine über zwei voneinander unabhängige Manipulatoren zur Rückholung der radioaktiven Abfälle, zwei vollständige Schleusensysteme zur Abfertigung der Umverpackungen sowie zwei Entstaubungsanlagen mit dazugehöriger Abwetterlutte für die Abführung potenziell radioaktiver Wetter verfügen wird. Die zwei Manipulatoren, von denen jedoch immer nur einer aus Sicherheitsgründen betrieben wird, werden hauptsächlich zum Lösen und Laden der radioaktiven Abfälle und des Salzgruses eingesetzt. Zwischenzeitlich werden sie bei Bedarf auch zum Einbringen zusätzlicher Stützelemente in die geleerten Bereiche zwischen den Schildmaschinen eingesetzt.

Sowohl die freigelegten radioaktiven Abfälle als auch das gelöste Salzgrus werden von den Manipulatoren aufgenommen und direkt in Innenbehälter verladen. Diese Innenbehälter befinden sich durchgehend in den Umverpackungen, welche in der unteren Ebene der Schildmaschine auf Plateauwagen durch die Schleusensysteme hindurch an- und abtransportiert und zur Beladung über ein Doppeldeckelsystem dicht an die Verpackungsstation angedockt werden (s. Abschnitt 2.1.4). Alle weiteren für die Rückholung benötigten Gerätschaften, wie z. B. neue Anbauwerkzeuge oder Einzelteile der Ausbauelemente zur Sicherung des Bereiches zwischen den Schildmaschinen,

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 50

werden ebenfalls über Umverpackungen durch die Schleusen bis zu den Verpackungsstationen angeliefert bzw. in umgekehrter Richtung abtransportiert.

Die Transporte der Umverpackungen von der ehemaligen Montagekaverne aus zu den Schildmaschinen hin sowie in umgekehrter Fahrtrichtung erfolgen aufgrund der potenziell radioaktiven Belastungen über zwei separate Frischwettertunnel im unteren Bereich des erstellten Betonausbaus hinter den Schildmaschinen. Für radiologisch unbelastete Transporte von Material, Geräten sowie zur Fahrung von Personal wird ein dritter Frischwettertunnel im oberen Bereich des Ausbaus genutzt. Neben diesem Tunnel, aber voneinander getrennt, befinden sich auch die beiden im Betonausbau integrierten, separaten Abwetterlütten für die entstaubten radiologischen Abwetter, welche aus dem Rückholbereich der Einlagerungskammer vor den Schildmaschinen abgesaugt, entstaubt und zu Beginn der Rückholung zu den radiologischen Filtern in der Montagekaverne bzw. später im sonstigen Grubengebäude geleitet werden. Durch die redundante und kontinuierlich saugende Bewetterung können auch im Falle von Leckagen keine radioaktiven Partikel aus den Abwetterlütten entweichen. Das Strahlenschutzkonzept wird detailliert im Unterkapitel 3.8 erläutert.

3.2. Aufbau der Schildmaschinen

Das Rückholkonzept der Inge KRS sieht bis zu drei Schildmaschinen vor, die parallel nebeneinander und mit einem Abstand von ca. 1,5 m bis 4 m zueinander die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle betreiben.

Die Schildmaschine wurde räumlich in drei übereinanderliegende Ebenen eingeteilt (siehe Abbildung 10). In der unteren Ebene sind alle Räumlichkeiten und Einrichtungen für das Ein- und Ausschleusen sowie die radiologischen Kontrollen der Umverpackungen und die Vorrichtungen für die Beladung vorgesehen. Die Beladungsvorrichtung kann für KC IV und KC V ausgelegt werden.

In der mittleren Ebene befindet sich ein Teil der Maschinenteknik für den Betrieb der Schildmaschine (Hydraulik für die Manipulatoren sowie die Vorschubpressen, elektrische Versorgung und Steuertechnik) sowie das Werkzeugmagazin, in welchem eine grundsätzliche Ausstattung der am häufigsten genutzten Anbauwerkzeuge (siehe dazu Abschnitt 3.13.12) untergebracht ist.

Auf der oberen Ebene befinden sich der Zugang zum teleskopierbaren Steuerstand im vorderen Arbeitsbereich der Schildmaschine, die Entstaubungsanlagen sowie weitere Betriebstechnik. Im hinteren Bereich, über alle drei Ebenen reichend, befindet sich die Gleitschalungswand. Diese ist für die Verfüllung mit Ortbeton hinter der Schildmaschine erforderlich. Im ausgebauten Bereich befinden sich die Transportröhren, durch die Frischwetter zu der Schildmaschine geführt werden (zwei in der unteren Ebene, eine in der oberen Ebene) sowie die zwei radiologischen Abwetterlütten.

Eine Darstellung der Ebenen der Schildmaschinen ist im Unterkapitel 3.4 sowie eine detaillierte Beschreibung des Strahlenschutzsystems im Unterkapitel 3.8 zu finden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 51

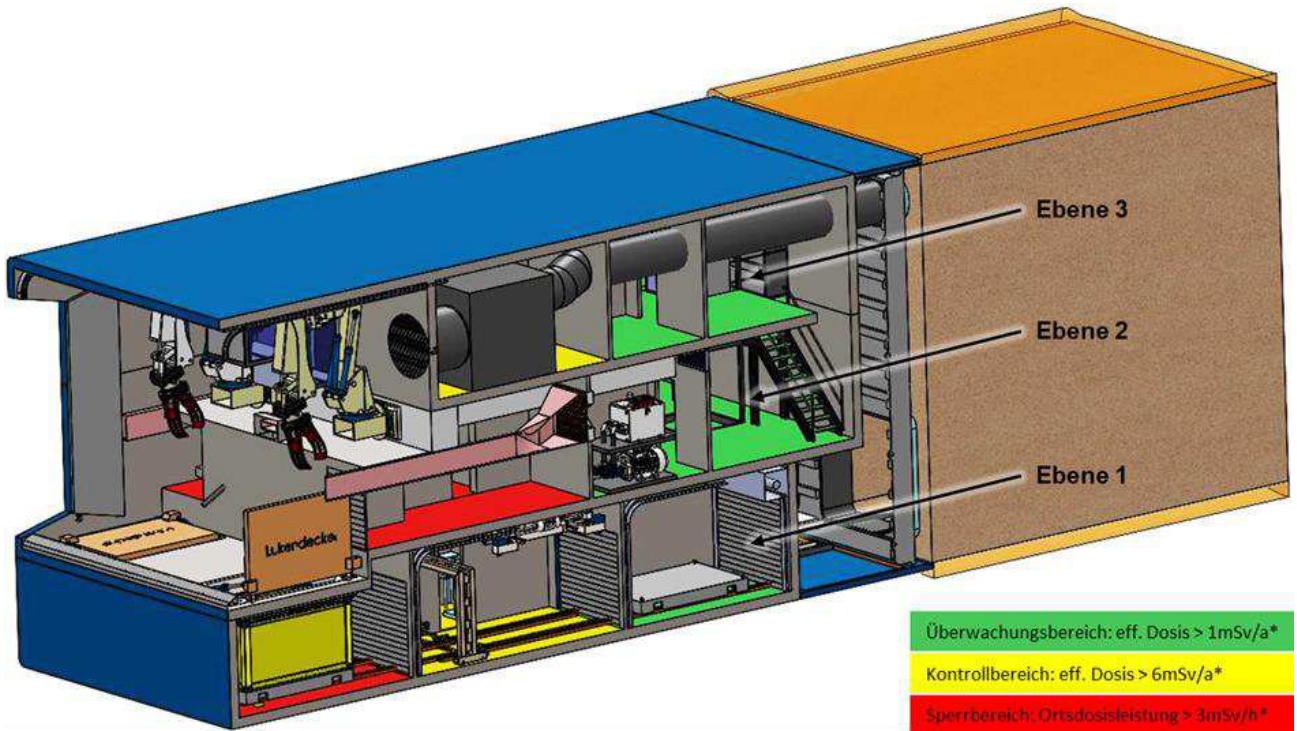



Abbildung 10: Schnitt durch die Schildmaschine der INGE KRS mit Blick auf die drei Ebenen

Die relevanten Systeme wurden dabei redundant ausgelegt, um Stillstandzeiten zu vermeiden und eine kontinuierliche Bewetterung zu gewährleisten. Dabei wurde darauf geachtet, dass für die erforderlichen Wartungen die Zugänglichkeiten zu den Systemen gewährleistet sind und diese in den Überwachungs- bzw. Kontrollbereichen liegen.

In Abbildung 11 wird schematisch das radiologische sowie das grundsätzliche Bewetterungskonzept dargestellt. Dieses wird näher im Unterkapitel 3.6 erläutert. Alle Bereiche, die direkten Kontakt mit der Atmosphäre der ELK, in welcher die Rückholung aktuell durchgeführt wird, haben, sind als Sperrbereiche (rot) deklariert. Dies ist der Arbeitsbereich der Manipulatoren, des Werkzeugmagazins sowie des Ladebereichs unterhalb der Manipulatoren inklusive der Hubtischbereiche in der unteren Ebene.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 52

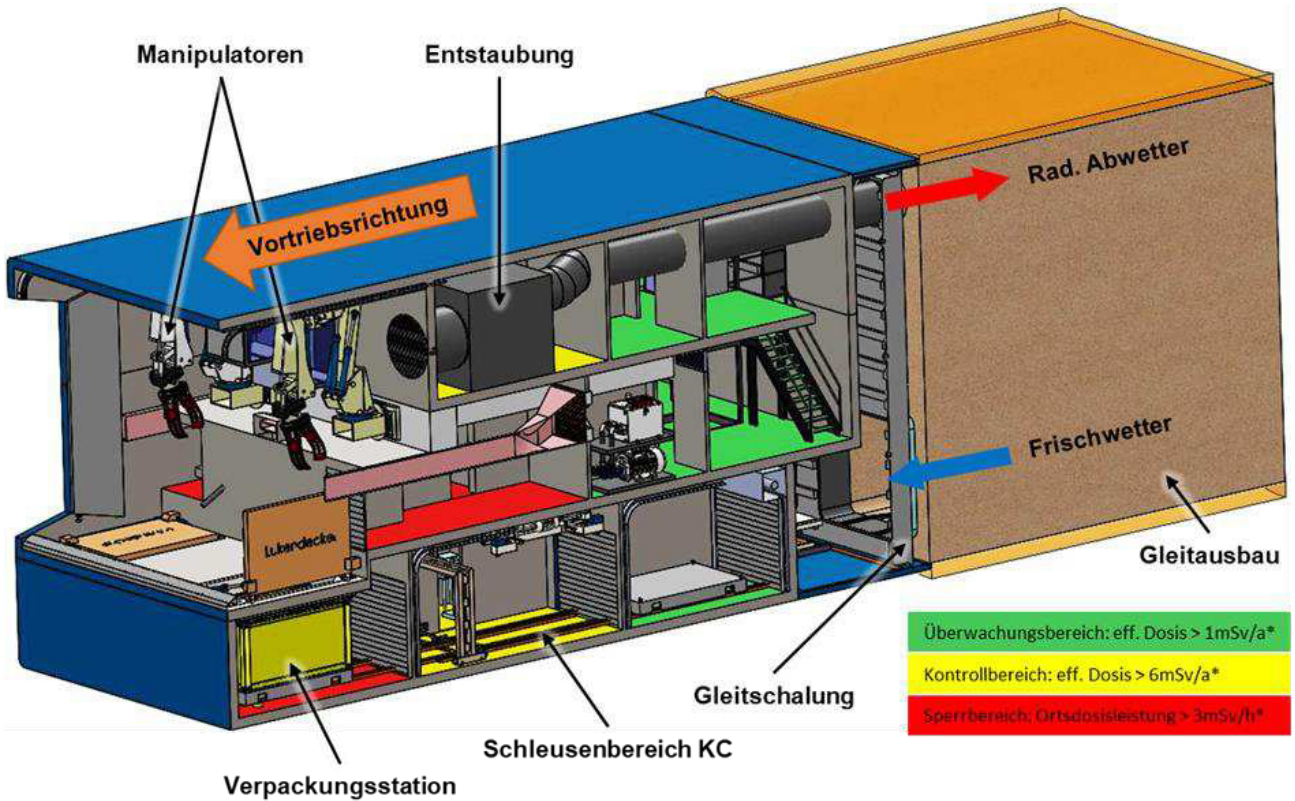


Abbildung 11: Radiologische Bereiche und Bewetterungsprinzip der INGE KRS Schildmaschine


Kontrollbereiche (gelb) sind alle Bereiche, welche Kontakt zum Sperrbereich haben. Dies sind die radiologischen Schleusen und Labore auf der unteren Ebene sowie die Bereiche der Entstaubung auf der oberen Ebene. Alle hinteren Bereiche und generell alle Bereiche mit effektiver Dosisleistung < 1 mSv/a sind als Überwachungsbereiche deklariert (grün).

Hierauf basierend ist die Bewetterung der Schildmaschine aufgebaut. Die Frischwetter durchlaufen die Bereiche von geringer zu hoher potenzieller Strahlenbelastung. Ausgehend von der Startkaverne und dem sonstigen Grubengebäude werden die Frischwetter saugend durch die drei Transporttunnel der Schildmaschine zugeführt. Die Schildmaschine beinhaltet ein spezielles Lüftungssystem aus Lüftungskanälen und Lüftungsklappen, die die Frischwetter gezielt durch alle Räume in Richtung ELK leiten.

Dabei nehmen die Wetter die innerhalb der Maschine erzeugte Abwärme mit. Die dadurch erwärmten Wetter fließen weiterhin als Frischwetter in die ELK, um die Bewetterung dort inklusive der erforderlichen Verdünnung eventuell auftretender Gase zu gewährleisten.

Zwei Entstauber mit jeweils ca. 500 m³/h Leistung filtern die ggf. staub- und radiologisch belasteten Wetter aus der ELK. Der Grobstaub wird abgeschieden und kann direkt in eine bereitstehende Umverpackung (KC V) entsorgt werden.

Die grobentstaubten Abwetter werden dann in zwei Blechlutten DN 800 mm in die im Ausbau befindlichen Abwetterkanäle weitergeleitet. Über diese werden die Abwetter zu den radiologischen Filtern in oder in der Nähe der Startkaverne weitergeleitet und radiologisch gefiltert, bevor sie über Schacht Asse 5 ausgewettert werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 53

3.3. Steuerung der Schildmaschinen

Dieses Unterkapitel beschreibt die Steuerung des Vortriebes (Vorschub nach vorne) und die Steuerung der Manipulatorarme.

3.3.1. Steuerung des Vortriebs

Im hinteren Bereich der Schildmaschine (im Schildschwanzbereich) befinden sich die Vorschub- bzw. Steuerzylinder, welche die Schildmaschine durch Abstützung auf der Gleitschalung und auf dem Ausbau nach vorne drücken (Abbildung 12). Dieser Vorschub ist erst möglich, wenn der hinter der Schalung eingebrachte Beton für den Ausbau eine ausreichende Festigkeit erreicht hat, um die Vorschublasten zu übernehmen und abzuleiten (Siehe Abschnitt 3.14.12 „Vortrieb der Schildmaschine“). Die Dimensionierung des Betons ist im Abschnitt 3.14.11 „Dimensionierung des Gleitausbaus“ beschrieben.

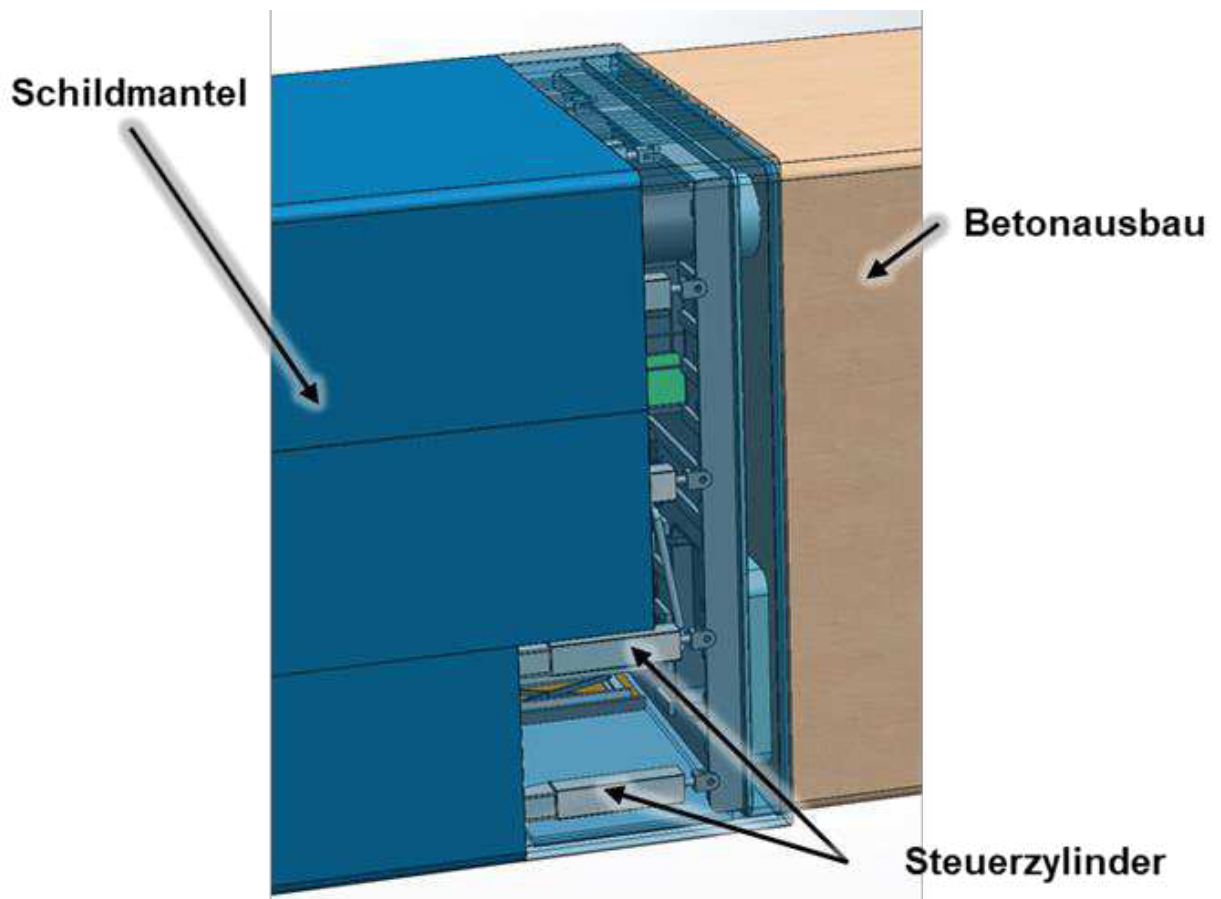



Abbildung 12: Vortrieb über das Abdrücken der Steuerzylinder gegen den Betonausbau

Die für die Vorschubpressen verwendeten Hydraulikzylinder sind üblicherweise in Gruppen angeordnet. Zur Bewältigung von Bogenfahrten müssen die Kolben, der gegenüber der Bogenmitte angeordneten Steuerpressen, ausgefahren werden (siehe Abbildung 13). Im vorderen Bereich der Schildmaschinen sind weitere, bei der Steuerung der Schildmaschine unterstützende Steuerelemente vorgesehen. So werden im Boden der Schildmaschine Hubzylinder eingesetzt, um eine vertikale Steuerung zu ermöglichen. Um die seitliche Steuerung der Schildmaschine zu unterstützen, können im vorderen Bereich der Schildmaschine auch horizontal angeordnete

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 54

Steuereinheiten berücksichtigt werden. In der folgenden Planungsphase (Entwurfsplanung) ist zu prüfen, ob weitere Steuerungselemente im vorderen Teil der Schildmaschine notwendig sind.

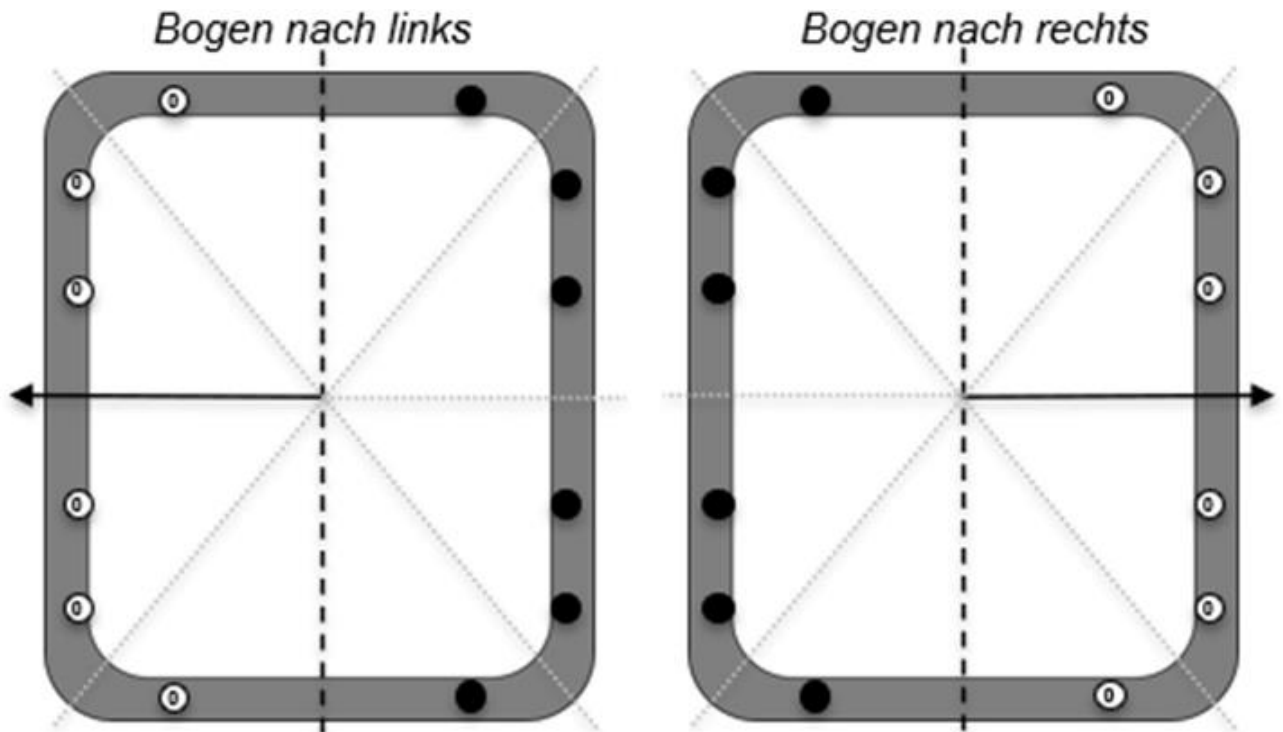



Abbildung 13: Darstellung für die Steuerung mit Vorschubpressen, in Vortriebsrichtung (gedrückte Zylinder schwarz)

Die Position der Schildmaschine wird durch Messreferenzen bestimmt. Die Bestimmung der einzelnen Positionen muss auf die Vortriebsstationierung und seitliche Position sowie Höhe (x, y, z) ausgedehnt werden. Wenn die Ist-Position und die Soll-Position nicht übereinstimmen, muss beim nächsten Vorschub eine Kurskorrektur eingeleitet werden.

Bei Schildvortrieben auf gekrümmten Trassen eignen sich auch folgende Lösungen für Routinemessungen:

- Das Steuerleitsystem Schildvortrieb besteht aus einer aktiven Laserzielplatte (elektronische Lasersysteme), einem Positionsreferenzzentrum und einem Präzisionstheodoliten mit einer Laserstation und drei Theodolit-Referenzprismen. Der Theodolit misst permanent die genaue Lage der Prismen. Die Navigationssoftware bewertet die Lage der Prismen mit dem Aufprallpunkt des Lasers auf der sich bewegenden Lasertafel. Daraus wird die Lage der Schildmaschine berechnet und in der Kontrollstation auf dem Kontrollmonitor angezeigt, wo dann auf die Routenabweichung durch Gegensteuerungsmaßnahmen reagiert werden kann.
- Die Positionsbestimmung erfolgt mithilfe eines Kreiselkompasses mit Nordsuchermodul, elektronischer Schlauchwaage zur geodätischen Höhenbestimmung und zweiachsigem Inklinometer zur Bestimmung von Nick- und Rollwinkel der Schildmaschine.

Während des Vorschubs wird die „Rückholung im engen Sinne“ nicht betrieben, da der Vorschub der Schildmaschine, auch wenn er langsam ist, das Lösen und Laden der Gebinde und des Salzes/Salzgruses erschweren würde. Da Vorschub und Rückholung nicht gleichzeitig erfolgen, können die beiden Prozesse von demselben Personal gesteuert werden. Die Steuerungseinrichtung der Vorschubpressen befindet sich grundsätzlich im Steuerstand und kann zusätzlich auch im

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 55
---	-----------

hinteren Teil der Schildmaschine gesteuert werden. Die Pressen können so mit Sichtkontakt zu den Hydraulikzylindern gesteuert werden. Neben der manuellen Steuerung im Schildschwanzbereich mit Sichtkontakt ist bei Bedarf auch die Fernsteuerung möglich.

3.3.2. Steuerung der Manipulatorarme

Zusätzlich zur Steuerung des Vortriebes müssen auch beide Manipulatorarme gesteuert werden. Aus Redundanzgründen wird das Lösen und Laden der Gebinde sowie des Salzes abwechselnd mit jeweils nur einem Manipulatorarm betrieben. Das Bedienpult für die Manipulatorarme befindet sich im Steuerstand. Dieser ist durch Bleiglas in der erforderlichen Materialstärke und den dazugehörigen Sonderbewetterungs-, Klima- und Luftfiltersystemen vor radioaktiver Strahlung und Kontamination geschützt. Abbildung 14 zeigt den teleskopierbaren Steuerstand im zurückgefahrenen Zustand mit den Manipulatorarmen links und rechts im Ruhezustand.

Bei Überschreiten zulässiger Grenzwerte im Steuerstand wird dieser in die Schildmaschine zurückgezogen. Die Steuerung der Manipulatoren erfolgt dann über ein Kamerasystem, Sensoren und Monitore ohne direkte Sicht in die ELK. Optional kann der Steuerstand mit einer Virtual-Reality-Brille ausgestattet werden, um eine noch präzisere Bedienung der Manipulatoren zu ermöglichen. Es sind im Hinblick auf die weitere Planung des Rückholverfahrens auch neue Möglichkeiten der Steuerung z.B. mit Hilfe „Künstlicher Intelligenz“ (KI) zu berücksichtigen.

Aus Redundanzgründen ist vorgesehen, einen Fernsteuerstand einzurichten, der sich nicht innerhalb der Schildmaschine befindet. Dieser Steuerstand hat die gleichen Funktionen wie der Steuerstand in der Schildmaschine.

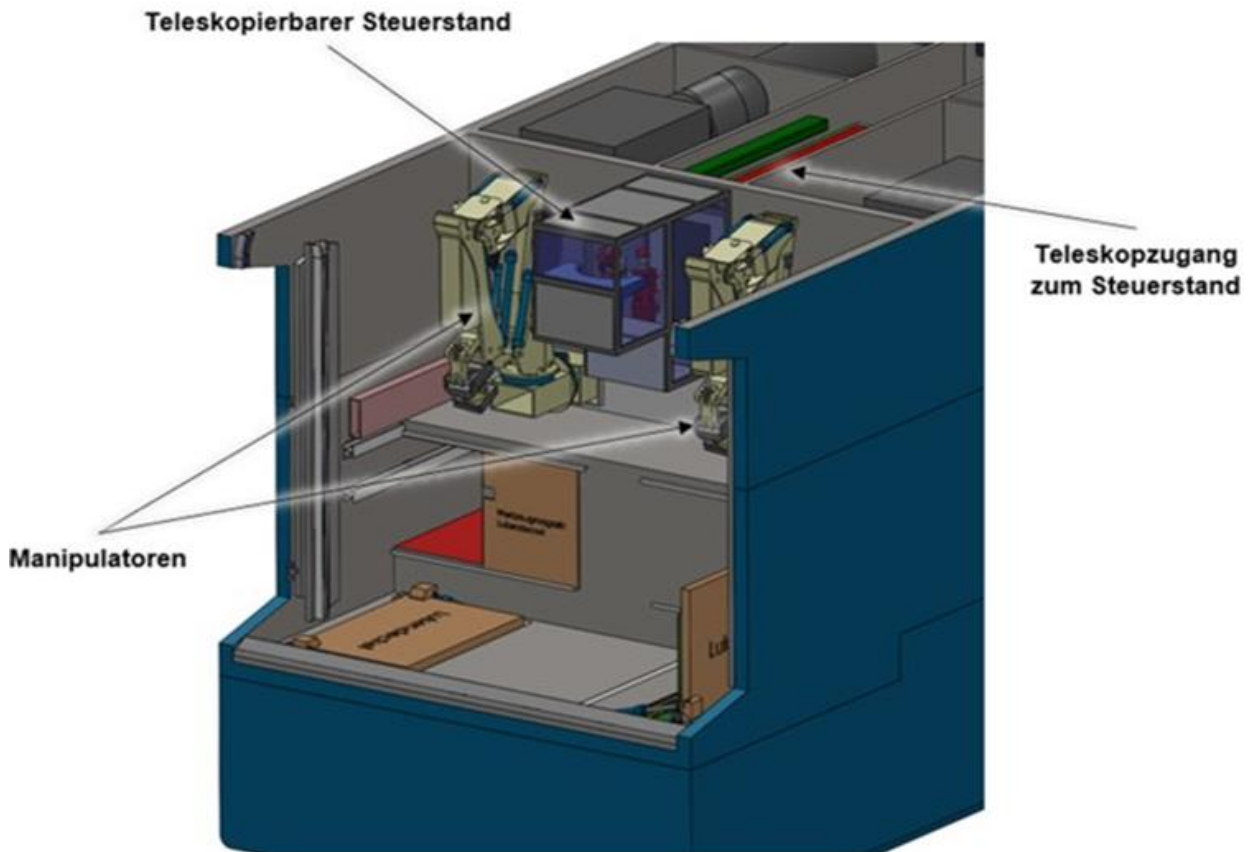


Abbildung 14: Manipulatoren und teleskopierbarer, strahlengeschützter Steuerstand

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 56

3.4. Schleusenkonzept

Entsprechend §8Abs. 2 StrlSchG [14] ist die Strahlenbelastung der Bevölkerung und der Mitarbeiter im emittierenden Betrieb so gering wie möglich zu halten.

Dazu sind geeignete Barrieren für die Verschleppung von radiologischer Kontamination in allen auftretenden Formen zu schaffen. Angelehnt an die Anforderungen der DIN 25425-1 „Radionuklidlaboratorien“, werden die Räume und Schleusen der Schildmaschine so ausgelegt, dass eine direkte oder indirekte Gefährdung der Mitarbeiter und der Bevölkerung ausgeschlossen wird.

Eine Verschleppung und Verbreitung von Kontaminationen können während der Rückholung vorrangig auf zwei Wegen erfolgen:

- In Form von luftgetragenen Radionukliden (Aerosolen)
- In Form von Radionukliden enthaltenden Feststoffen und Flüssigkeiten als Anhaftungen an Transportmitteln und Personen.


Potenzielle Verschleppungswege sind durch die Wetterströme im System der Bewetterung der Vortriebsmaschine und der vor- und nachgelagerten Transportwege sowie durch den Transport des Abraumgutes aus den ELKs in das Zwischenlager gegeben.

Um die Verschleppung von Radionukliden mit der Bewetterung der Schildmaschine auszuschließen, wurde ein Bewetterungskonzept mit gerichteter Wetterführung und Filteranlagen erstellt. Dieses entspricht sinngemäß den Anforderungen der DIN 25425-1, Punkt 9.2.1. Einzelheiten dazu sind ausgeführt im Unterkapitel 3.6.

Die Verschleppung von radiologischen Kontaminationen in Form von Feststoffen und Flüssigkeiten wird durch die Anordnung von Kontrollen und Interventionsmöglichkeiten verhindert, die weiter unten in diesem Kapitel beschrieben werden.

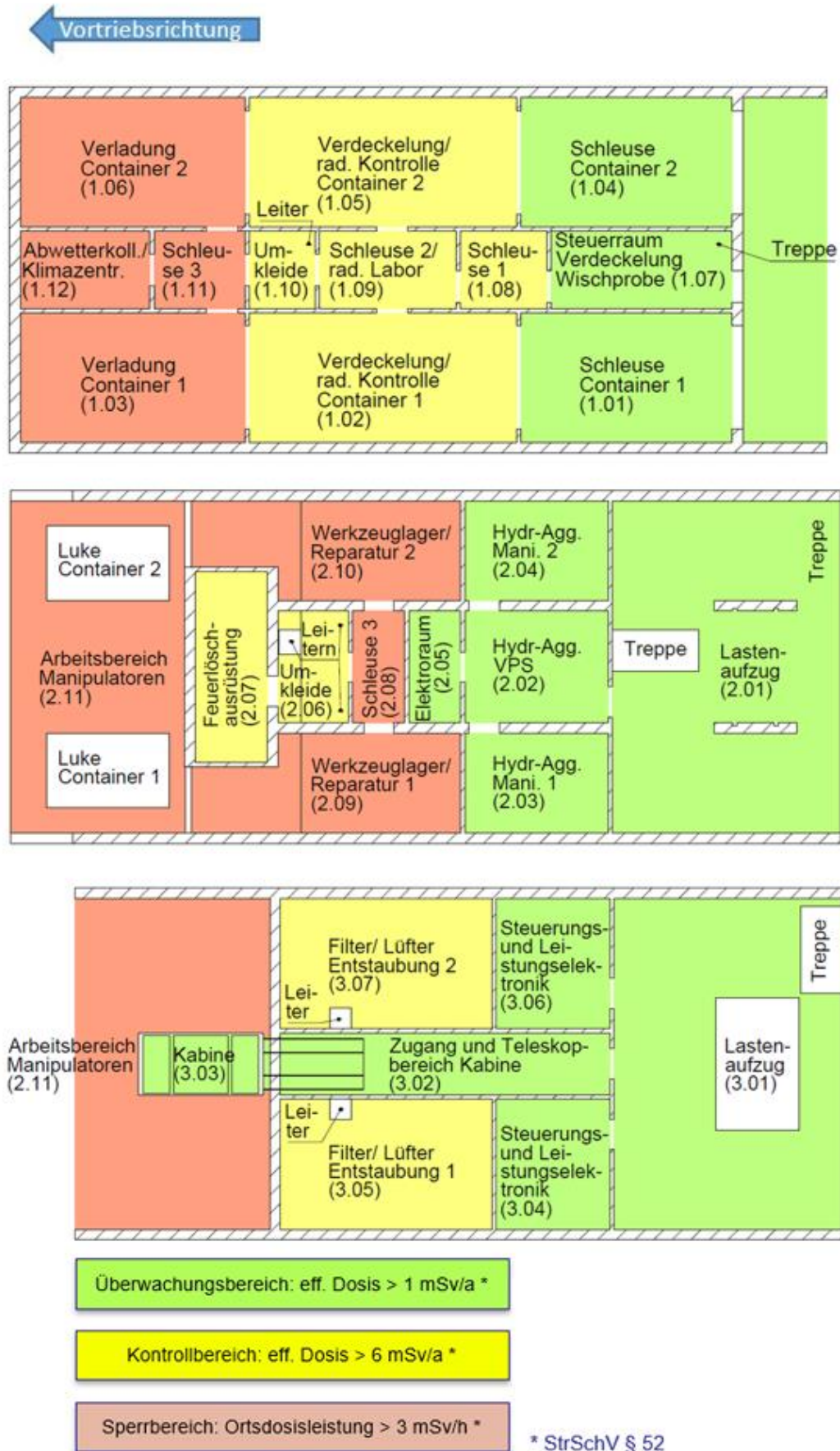
Im Unterkapitel 3.8 ist ausgeführt, dass gemäß StrlSchV [13] die Bereiche in und um die Schildmaschinen in Sperrbereich, Kontrollbereich und Überwachungsbereich eingeteilt sind. Siehe dazu die Schemata in Abbildung 15.

Die Abbildungen zeigen die drei Ebenen der Schildmaschine mit der farblichen Kennzeichnung der Strahlenschutzbereiche und den zugehörigen zulässigen Strahlungswerten.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 57




KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Abbildung 15: 1. Ebene, Strahlenschutzbereiche; 2.Ebene, Strahlenschutzbereiche; 3. Ebene, Strahlenschutzbereiche

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 58
---	------------------

Damit sind die potenziell kontaminationsgefährdeten Bereiche kompakt und sicher abgegrenzt nur innerhalb der Schildmaschinen angeordnet. Eine Verschleppung von Kontaminationen wird sicher verhindert. Die Transporttunnel sowie der Personentunnel sind als allgemeiner Grubenbereich mit erhöhtem Kontrollaufwand eingeordnet.

Als Überwachungs-, Kontroll- oder Sperrbereich ausgewiesene Räume innerhalb und außerhalb der Schildmaschinen werden im Raumbuch vermerkt und bei der Planung der Ausrüstungen und den Zugangsmöglichkeiten entsprechend berücksichtigt. Innerhalb der Schildmaschine sind zwei Arten von Schleusen vorgesehen, welche die Bereiche der Schildmaschine gemäß ihrer radiologischen Einordnung abtrennen: Personen-/Materialschleusen und Containerschleusen. Diese werden nachfolgend beschrieben:

- **Personen-/Materialschleusen**

Über die Personen-/Materialschleusen können befugte und eingewiesene Mitarbeiter die als Kontrollbereich ausgewiesenen Räume der Schildmaschine erreichen.

Über eine weitere nachgeschaltete Schleuse sind bei Notwendigkeit und unter Beachtung der vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen (u.a. vollständiger Wechsel der Bekleidung und Anlegen von Schutzausrüstungen), die als Sperrbereich gekennzeichneten Räume in der Schildmaschine zu erreichen. In jeder Schleuse werden die nach DIN 25425, Punkt 12.2, notwendigen Kontrollen durchgeführt und protokolliert.

Durch elektrische oder mechanische Verriegelung ist sicherzustellen, dass zwei aufeinander folgende Türen oder Tore der Schleusen nicht gleichzeitig geöffnet sind.

Der Sperrbereich außerhalb der Maschine ist nur eingeschränkt im Bereich der Schildmaschine im Arbeitsbereich der Manipulatoren (Raum 2.11, z.B. bei einer Intervention an den beiden Manipulatoren) begehbar. In der Maschine ist dafür eine geeignete Schleuse auf der zweiten Ebene (Schleuse 3, Raum 2.08) vorgesehen. Der Zugang erfolgt über eines der beiden Werkzeuglager (Raum 2.09 oder 2.10.)

- **Containerschleusen**

Durch die Containerschleusen werden leere und gefüllte KC durch die Bereiche der Schildmaschine gefördert.

Die leeren oder mit Verschleiß- oder Verbrauchsgütern für den Abbaubereich beladenen KC erreichen die Schildmaschinen durch den KC-Transporttunnel im Ausbau hinter der Schildmaschine.

Die erste Schleuse (Raum 1.01 und 1.04) dient vor allem der Abtrennung der Lufträume im allgemeinen Grubengebäude und dem Überwachungsbereich der Schildmaschine.

Nach dem Passieren der ersten Schleuse werden die KC in die zweite Schleuse (Raum 1.02 und 1.05) gefahren. Dort werden die Schrauben des äußeren Deckels gelöst und der Deckel mit einer Hebeanlage so weit angehoben, dass der KC unter dem Deckel in den Verladerraum gefahren werden kann. Der Deckel verbleibt im Schleusenraum und wird später wieder für den gleichen KC genutzt.

Außerdem werden die KC so weit angehoben, dass der im Ausbau genutzte Transportwagen durch einen speziellen Transportwagen mit engerer Spurweite ersetzt werden kann. Dieser neue Transportwagen pendelt zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen über die Räder nur zwischen den Schleusen 2 und 3.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 59

Im dritten Schleusenraum (Raum 1.03 und 1.06) erfolgt die Entladung der Verschleiß- und Verbrauchsmaterialien und die Beladung. Dieser Vorgang wird ausführlich im Abschnitt 3.14.6 beschrieben.

Nach erfolgter Beladung und dem Aufsetzen des Innendeckels wird der KC von der Verladeeinrichtung abgedockt und über in die Hebevorrichtung integrierte Waageelemente einer Gewichts- und Schwerpunktkontrolle unterzogen.

Wird eine Überladung oder unsymmetrische Beladung festgestellt, muss der KC mittels der Manipulatorarme teilentladen oder umgeladen werden.

Danach wird der KC in den zweiten Schleusenraum (Raum 1.02 und 1.05) zurückgefahren.

Dort wird der äußere Deckel wieder aufgesetzt und mit 8 Schrauben verschraubt. Diese Schrauben sichern eine ausreichende Abdichtung des Inhaltes der KC gegen den Außenraum.

Weiterhin wird der KC angehoben und der Transportwagen zurückgetauscht.

Nachfolgend wird der KC einem Wischtest der äußeren Flächen unterzogen, um eventuell außen anhaftende Kontaminationen festzustellen. Der Wischtest erfolgt in Übereinstimmung mit DIN ISO 7503-1 und 2. Sollten Kontaminationen festgestellt werden, muss der KC so lange händisch-mechanisch gereinigt werden, bis die Kontamination unter die festgelegten Grenzwerte gesenkt wurde. Die Dekontamination erfolgt in Übereinstimmung mit DIN 25425 Teil 5.

Sollte es mit den in der Schildmaschine vorhandenen Mitteln nicht möglich sein, die äußere Kontamination unter den vom Strahlenschutz festgelegten Grenzwert zu verringern, sind die betroffenen Flächen des Containers durch festhaftende und dicht schließende Folien so abzukleben, dass auf dem Transportweg nach über Tage keine Kontamination abgetragen werden kann. Diese Container sind mit Etiketten und im elektronischen Logbuch entsprechend zu kennzeichnen.

Nach der erfolgreichen Kontaminationskontrolle werden die KC in den ersten Schleusenraum ausgefahren (Raum 1.01 bzw. 1.04).

Zur Kontrolle der Einhaltung der äußeren Dosisleistung werden die KC mit stationär an den Wänden und am Boden des ersten Schleusenraums (Räume 1.01 und 1.04) angebrachten Dosisleistungsmessgeräten untersucht. Die Dosisleistung an der Oberfläche darf maximal 2 mSv/h betragen [24].

Wenn eine radiologische Überladung festgestellt wurde, ist der KC zurück in den Verladeraum zu fahren. Dort wird der KC teilentladen, das Gewicht und der Schwerpunkt erneut kontrolliert und nach erfolgreichem Wischtest zurück in den ersten Schleusenraum (Räume 1.01 und 1.04) zur Dosisleistungs-Nachkontrolle verfahren.

Anschließend wird der KC nach Passieren des ersten Schleusenraums durch den Transporttunnel in das allgemeine Grubengebäude befördert, um über den SchachtASSE 5 nach über Tage verbracht zu werden.

• Funktionen und Ablauf beim Schleusen von Personen und Kleinteilen

Die Personen- und Kleinteilschleusen sind ebenfalls dreistufig organisiert, wobei jede Stufe einem Schutzbereich (Überwachungs-, Kontroll-, und Sperrbereich) zugeordnet ist. Die Schleusvorgänge werden nachfolgend beschrieben:

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 60

- **Betreten der Schutzbereiche der Schildmaschine**

- Personenschleuse 1 (Raum 1.08): In der Personenschleuse 1 wird eine leichte Schutzkleidung angelegt. Das kann je nach Art der geplanten Arbeiten und nach Festlegung des Strahlenschutzbeauftragten ein Arbeitskittel oder ein Overall sowie ein leichter Atemschutz sein.
- Personenschleuse 2 (Raum 1.09): In der Personenschleuse 2 (auch radiologisches Labor) werden weitere für die geplanten Arbeiten notwendige Schutzausrüstungen angelegt, z.B. Überzieher für Arbeitsschuhe, Atemmasken, Schutzhandschuhe.
- Personenschleuse 3 (Räume 1.10 und 2.08): In der Personenschleuse 3 werden die bisher getragenen Kleidungsstücke abgelegt und es wird eine für Arbeiten im Sperrbereich geeignete Schutzausrüstung angelegt. Einzelheiten dazu regelt der Strahlenschutzbeauftragte in Abhängigkeit von den geplanten Arbeiten und der radiologischen Situation am geplanten Arbeitsort. Diese Ausrüstung muss geeignet sein, die Strahlenbelastung der Mitarbeiter während der Arbeiten im Sperrbereich so gering wie möglich zu halten und eine Verschleppung von Kontamination in die Schildmaschine zu vermeiden.

- **Verlassen der Schutzbereiche der Schildmaschine:**


- Personenschleuse 3 (Räume 1.10 und 2.08): Nach dem Verlassen des Sperrbereiches ist beim Betreten der Personenschleuse 3 die Arbeitskleidung mit einem Handmonitor auf Kontamination zu überprüfen. Wird radioaktive Kontamination festgestellt, ist die Schutzkleidung mit trockenen oder feuchten Spezialtüchern so lange zu reinigen, bis das durch den Strahlenschutzbeauftragten festgelegte zulässige Niveau an Kontamination erreicht ist. Danach kann die Schutzkleidung abgelegt und in der Schleuse 3 verstaut werden. Der Mitarbeiter geht durch die Tür in die Personenschleuse 2 (Raum 1.09)
- Personenschleuse 2 (Raum 1.09): nach Betreten des Schleusenraums 2 wird die hier abgelegte normale Arbeitskleidung wieder angezogen. Zum Verlassen des Schleusenraums 2 in Richtung Schleusenraum 1 ist das mitgeführte Material und die Werkzeuge im Kleinteilemonitor freizumessen. Die Mitarbeiter benutzen den zwischen Schleusenraum 1 und 2 installierten Personenkontaminationsmonitor (PKM) zum Nachweis der Kontaminationsfreiheit. Sollte Kontamination festgestellt werden reinigen sich die Mitarbeiter mit trocknen oder feuchten Wischtüchern, bis Kontaminationsfreiheit festgestellt wird.
- Personenschleuse 1 (Raum 1.08): nach dem Passieren des Schleusenraums 2 kommen die Mitarbeiter in Schleusenraum 1, wo sie die spezielle Arbeitskleidung (Kittel oder Staubschutzoverall) ablegen und die Schildmaschine in Richtung Ausbau verlassen.

3.5. Energieversorgung

In der Studie [1] wurde der Energieverbrauch einer Schildmaschine mit ca. 1.450 kW angegeben. Dementsprechend wurde der Energieverbrauch für vier Schildmaschinen mit mindestens 5.800 kW geplant.

Es wird angenommen, dass 30 bis 35 MVA (ca. 24 bis 29,8 MW) für die gesamte Schachanlage Asse II zur Verfügung stehen werden. Darüber hinaus wurde die Zuteilung von 5,4 bis 5,5 MW für den Förderbetrieb Schachanlage Asse II, ca. 6 MW für den Grubenbetrieb der Schachanlage Asse II und >20 MW für die Rückholung und den Betrieb der Abfallbehandlungsanlage definiert.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 61

Um die Funktion der Förderanlagen in den Schächten Asse 2, Asse 4 und in Zukunft Schacht Asse 5 bei Stromausfall o.ä. Notfällen zu gewährleisten sowie Bewetterung oder Pumpensysteme in Betrieb zu halten, ist der Einsatz von zwei Netzersatzanlagen (Notstromdieselaggregate) mit insgesamt 4 MVA (ca. 3,2 bis 3,4 MW) geplant [25].

Die 20-kV-Energieleitung für die Rückholung mittels Schildvortrieb wird über Schacht Asse 5 mit einer Umspannung von 20 auf 5 kV und einer Verteilung über Mittelspannungsanlagen bis zur Startkaverne durch den Grubenbetrieb der Schachtanlage zur Verfügung gestellt. Der Leistungsbedarf wird aus den Planungen des Rückholbergwerkes abgeleitet. Es wird auch die Möglichkeit einer Verlängerung der 20 oder 5 kV Leitung bis zur Startkaverne angenommen [25]. In oder nahe der Startkaverne, im Bereich der Infrastrukturräume, werden die erforderlichen Transformatoren und Verteilungsstationen für die Versorgung der drei Schildmaschinen sowie der angehängten Infrastruktur installiert.

Die Energieversorgung der jeweiligen Schildmaschine wird über Kabeltrommeln als Schleppkabel von der Montagekaverne aus mitgenommen. Um lange Kabelwege und große Leitungsquerschnitte zu vermeiden, sollte der Einsatz von transportablen Umspannungsstationen in den nächsten Planungsphasen genauer betrachtet werden. In den Transporttunneln befinden sich im Sohlenbereich Medienkanäle für das geschützte Mitführen von Energie-, LWL- und anderen Versorgungsleitungen. Die Energiekabel werden über Laufrollen mitgezogen. Die Verlängerungen der Versorgungsleitungen im Zuge der Rückholung sollen bei Bedarf manuell durchgeführt werden.

Die Einschätzung des Energiebedarfs sowie der installierten Leistung der eingesetzten festen sowie mobilen Geräte und Maschinen erfolgte auf Grundlage des aktuellen 3D-Modells bzw. des Raumplans der Schildmaschine. Es wurde dabei ein minimaler und ein maximaler Energiebedarf der Betriebszustände herausgearbeitet:

- Vorgang mit geringstem zusätzlichem Energiebedarf: Detektion mit Bodenradar – ca. 216 kW.
- Vorgang mit höchstem zusätzlichem Energiebedarf: Kombibetrieb Fräsen und Betonieren – ca. 355 kW.


Die maximale installierte Leistung inkl. Grundlast beträgt ca. 845 kW. Als Grundlast wurden die von einem ständigen Betrieb ausgehenden Prozesse wie Beleuchtung, Kameratechnik, Schleusenbetrieb, Bewetterung und Entstaubung abgeschätzt.

Als zusätzlicher Energiebedarf wurde der Betrieb für die einzelnen Arbeitsschritte entsprechend Lösen und Laden mithilfe der hydraulischen Manipulatoren mit Löse-/Ladegeräten berechnet. Die Abschätzung des maximalen zusätzlichen Energiebedarfs wurde durch parallele Vorgänge wie Fräsbetrieb (Manipulator + Anbaufräse) und Betonage im Schildschwanzbereich durchgeführt.

Der Gesamtenergiebedarf der drei gleichzeitig in Betrieb befindlichen Schildmaschinen beträgt demnach: $845 \text{ kW} \times 3 = 2,535 \text{ kW}$.

3.6. Bewetterungskonzept

Im Folgenden wird das Bewetterungskonzept beschrieben, welches speziell auf die Belange der Rückholung Schildvortrieb ausgelegt wurde. Es ist unwahrscheinlich, dass dieses Bewetterungskonzept bzw. Teile daraus auf andere Rückholverfahren übertragen werden können.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 62

Annahmen

Für die Konzipierung der im Folgenden beschriebene Bewetterung wurden folgende Annahmen getroffen [4]:

- Schächte Asse 2 (und Asse 4) sind einziehend.
- Schacht Asse 5 ist auf der 700-m-Sohle an das bestehende Grubengebäude angeschlossen [26].
- Der Schachtnahbereich der 700-m-Sohle ist das unterste Ende des geplanten Offenhaltungsbetriebes (siehe Abbildung 16).
- Die Aus- und Vorrichtungen der vorgezogenen Rückholung (ELK 7/725) sind aufgefahren; gleiches gilt für die Wetterverbindungsbohrung und Infrastrukturräume auf der 725-m-Sohle [26].
- Die Rückholung der ELK 7/725 ist abgeschlossen und die Zugänge in die ELK 7/725 sind verfüllt.

Abbildung 16 zeigt die für die Rückholung mittels SVV angenommene Ausgangssituation für die Wetterführung. Für die Rückholung stehen ca. 6000 m³/min Frischwetter zur Verfügung [27]. Hiervon werden je Schildmaschine ca. 1000 m³/min benötigt, um die erzeugte Abwärme abzuführen und die untertägige Belegschaft mit Frischwettern zu versorgen. Beim Einsatz von drei Maschinen verbleibt eine Wettermenge von 3000 m³/min für die Bewetterung der Strecken und Infrastrukturräume [27].

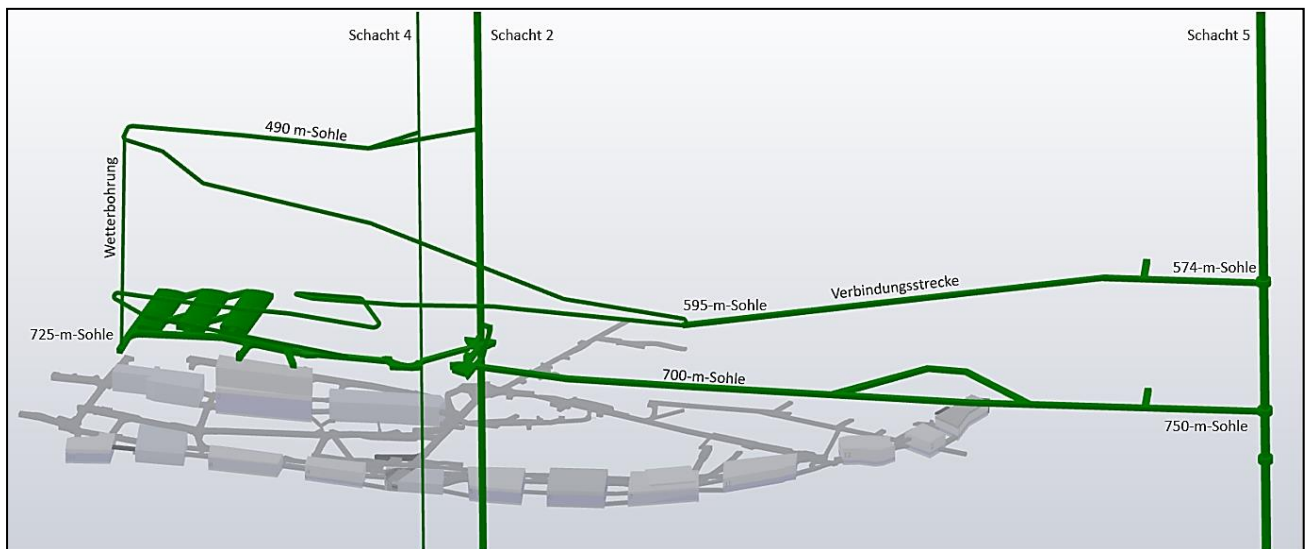



Abbildung 16: Ausgangssituation mit Darstellung der offen gehaltenen Grubenbaue (Schächte, Wendelstrecke und 700 m-Sohle)

Das Bewetterungskonzept wurde ausschließlich für die Phase B – Rückholung entwickelt und nachfolgend in einzelnen Zeitpunkten konzeptionell beschrieben. Die Wetterwege (Frischwetter/Abwetter) in den unterschiedlichen Grubenteilen, die nur für die Rückholung mittels SVV relevant sind, wurden betrachtet und gezeichnet.

Die Wetterführung in der Wendelstrecke von der Teufe 595 m bis zur Tagesoberfläche, die nicht mit der Rückholung im Zusammenhang steht, wurde nicht betrachtet.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 63
---	-----------

Zeitpunkt 1

Zum Zeitpunkt 1 ist die Auffahrung aller für den Beginn der Rückholung erforderlichen Grubengebäude abgeschlossen. Im Laufe dieser Zeitphase werden die Schildmaschinen montiert und es werden die Schleusen für die separat durchzuführende Rückholung der ELK 1/750 errichtet.

Im durch das Wettertor abgesperrten Abschnitt der BS1 Nord werden die Erkundungsmaßnahmen im Umfeld der ELK 1/750, ELK 2/750 und ELK 12/750 durchgeführt. Da hierbei Radioaktivität freigesetzt werden kann, muss der Streckenabschnitt die wettertechnischen Anforderungen an Strahlenschutzbereiche erfüllen (siehe Abbildung 17).

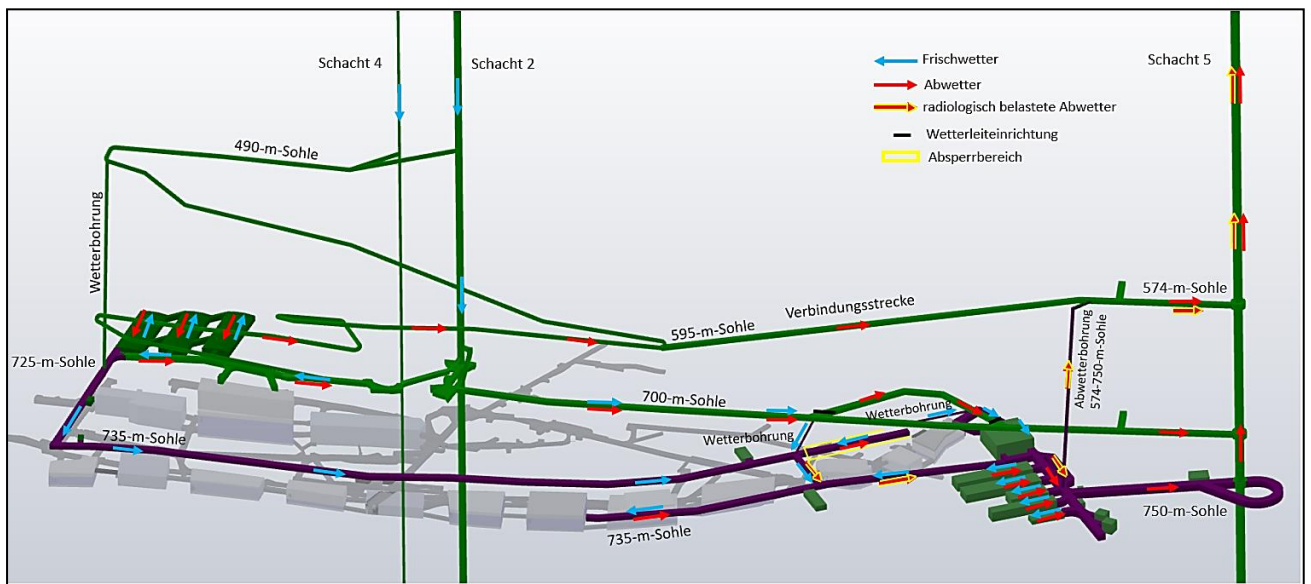


Abbildung 17: Bewetterungsschema zum Zeitpunkt 1

Frischwetterführung

700-m-,735-m-Sohle – 750-m-Sohle

- Das Bestands- und Rückholbergwerk wird durch die Schächte Asse 2 und 4 aufwärts frischbewettert [27], [26]. Die Frischwetter werden weiter bis zur 700-m-Sohle eingeströmt und dort in zwei separate Frischwetterströme unterteilt. Ein Wetterstrom versorgt den westlichen Teil des Bergwerkes, ein zweiter Frischwetterstrom durchströmt die 700-m-Sohle nach Osten bis zum Schacht Asse 5. Um zusätzliche Wettermengen für die Vortriebsarbeiten und die Rückholung zu gewinnen, werden zwei Wetterverbindungsbohrungen von der 700-m-Sohle niedergebracht: eine bis zur Teufe von 735-m, sowie eine weitere bis zur 750-m-Sohle.
- Ein Abschnitt der BS2 Süd entlang der ELK 7/750 und ELK 11/750 verfügt über eine Länge von ca. 150-200 m und soll sonderbewettert werden. Um den Streckenabschnitt mit frischer Luft zu versorgen, ist es erforderlich, eine saugende Sonderbewetterung zu organisieren. Bei saugender Sonderbewetterung werden die Wetter vor Ort mit Hilfe des Luttenlüfters unter Unterdruck durch den Luttenstrang angesaugt (siehe Abbildung 18, Abbildung 19).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 64

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

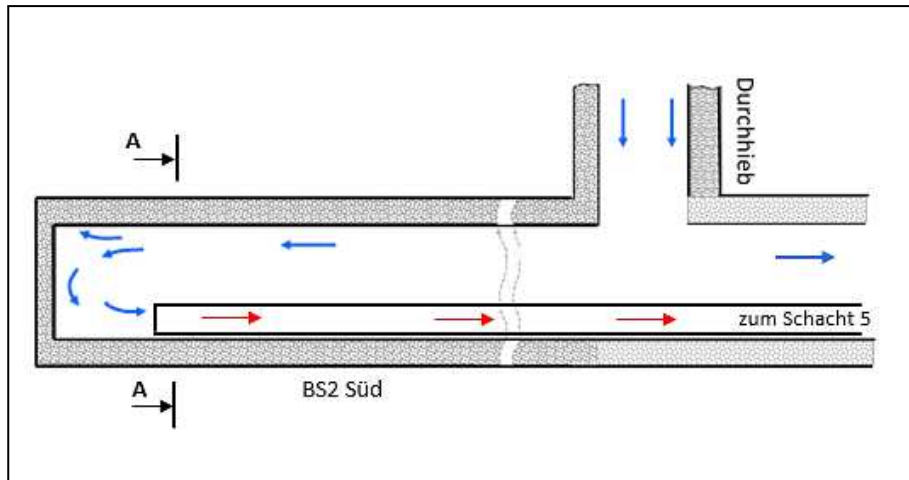


Abbildung 18: Saugende Sonderbewetterung

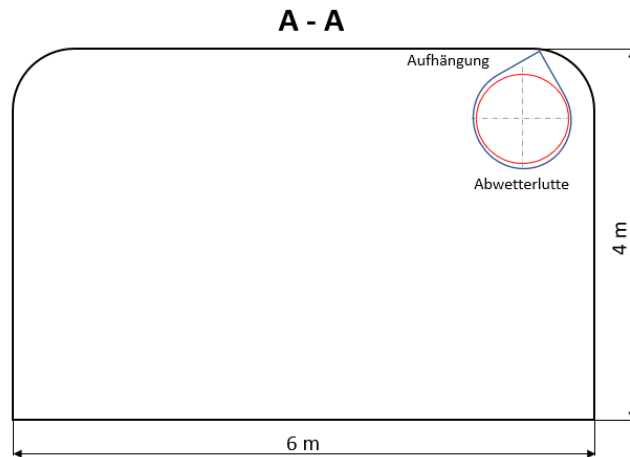


Abbildung 19: Querschnitt der BS2 Süd mit aufgehängter Abwetterlutte

Ableitung der Abwetter

700-m-,735-m-Sohle – 750-m-Sohle

- Die radiologisch unbelasteten (konventionellen) Abwetter aus den Begleitstrecken und der Montagekaverne (Startkaverne) werden durch das Streckennetz zum Schacht Asse 5 abgeführt.
- Die kontaminierten und staubbelasteten Wetter aus dem Strahlenschutzbereich (Erkundungsbereich in der BS1 Nord) sollen in der Abwetterlutte gesammelt, entstaubt, über die radiologische Filteranlage abgesaugt, zur 574-m-Sohle durch eine Abwetterbohrung geführt und über den Schacht Asse 5 abgeleitet werden. Die Abwetterbohrung für die Ableitung der radiologisch belasteten Abwetter befindet sich im Schutzpfeilerbereich des Schachtes 5, deren Position und Auswirkung auf die Standsicherheit des Schachtes gebirgsmechanisch bzw. numerisch nachgewiesen werden soll.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 65
---	-----------

Zeitpunkt 2

Zum Zeitpunkt 2 hat die Rückholung aus den anderen Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle mittels SVV begonnen. Das Bewetterungsschema zu diesem Zeitpunkt ist in Abbildung 20 dargestellt.

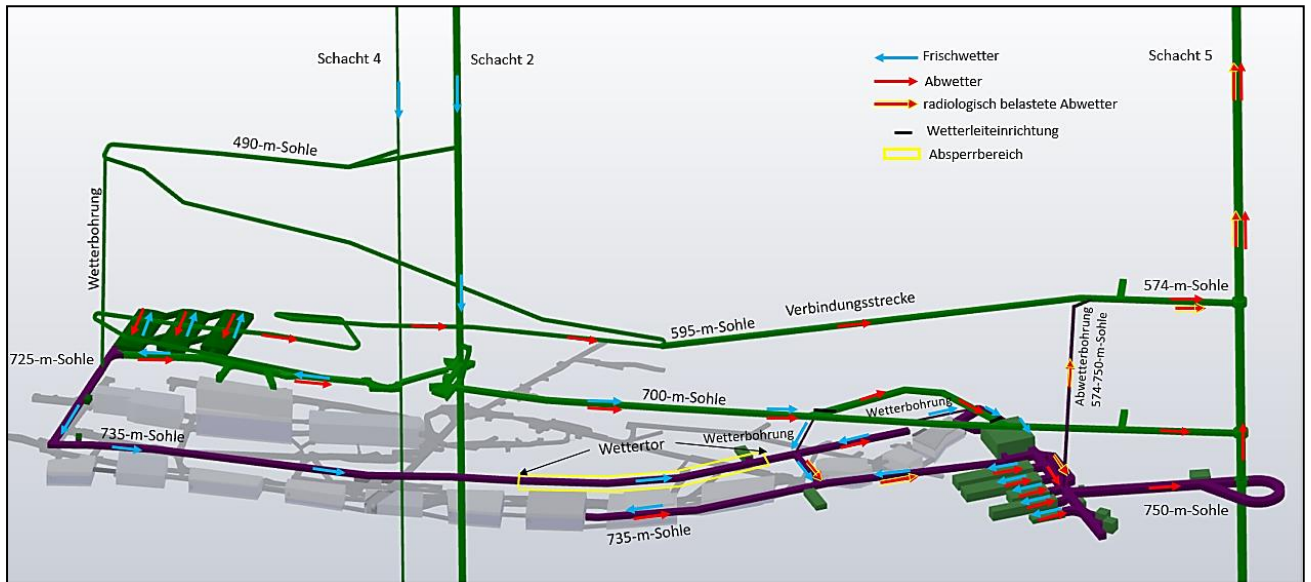


Abbildung 20: Wetterriss zum Zeitpunkt 2 bei laufender Rückholung der ELK 1/750

Frischwetterführung

700-m-, 735-m – 750-m-Sohle

- Zu diesem Zeitpunkt bleibt die Versorgung der BS1 Nord mit Frischwettern von der 700-m-Sohle durch die 725-m-Sohle infolge weiterer Erkundungs- und Stabilisierungsmaßnahmen der Schwebe eingeschränkt und ein Abschnitt der BS1 Nord entlang der ELK 3/750, 4/750 und 8/750 wird von beiden Seiten unter dem Einsatz von Wettertoren abgesperrt. Der Absperrbereich wird durch Frisch- bzw. Abwetterluten bewettert.
- Der restliche Teil der BS1 Nord sowie die BS2 Süd werden durch die von der 700-m-Sohle niedergebrachte Wetterbohrung frischbewettert.
- Die Rückholung aus der ELK 1/750 ist zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen und die ELK ist mit Sorelbeton verfüllt. Die Zugangsstrecken bleiben offen und können weiter zur Frischwetterversorgung genutzt werden.

Die Schildmaschinen werden mit Frischwettern durch die Wetterbohrung in der Nähe der ELK 1/750 bzw. teilweise durch die Wetterbohrung in der BS1 Nord versorgt. Jede Schildmaschine benötigt ca. 1000 m³/min Frischwettermenge, u.a. um die entstehende Abwärme abzuführen. Die Konstruktion jeder Schildmaschine fordert eine Aufteilung der Startkaverne in zwei Etagen, um ein reibungsloses Ein- bzw. strahlengeschütztes Ausblasen der Wetter zu gewährleisten (siehe Abbildung 21).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 66

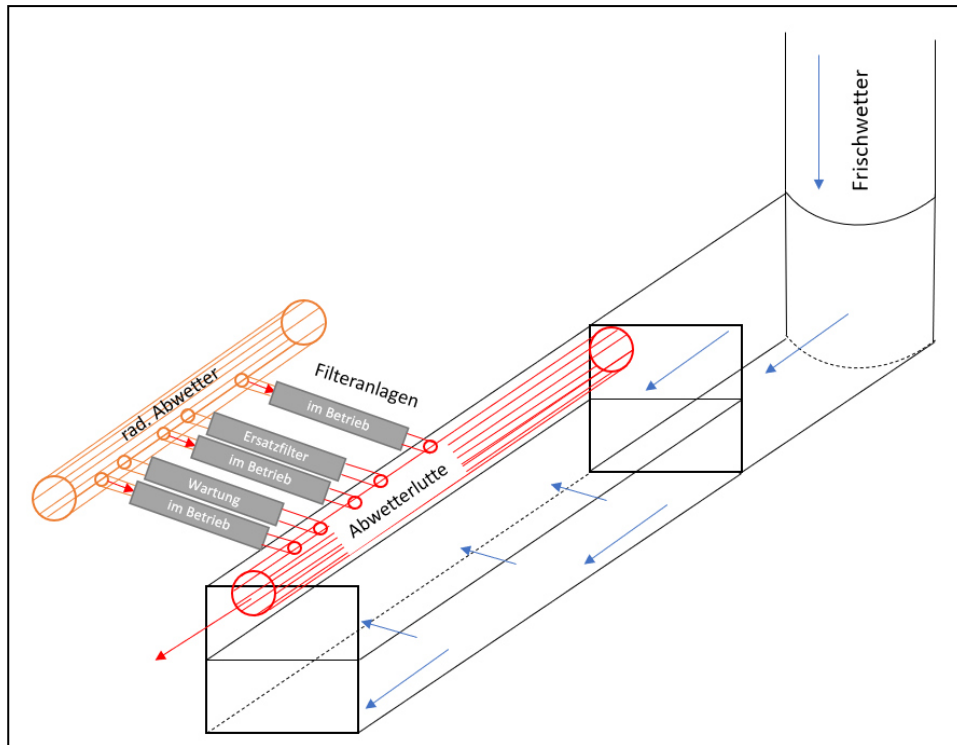


Abbildung 21: Prinzipskizze: Aufteilung der Startkaverne und Frischwetterversorgung der Schildmaschine


- Von der unteren Ebene aus über die Startkaverne in die drei Transporttunnel werden die Frischwetter durch ein Lüftungssystem bis zur Vorderseite der Schildmaschine eingeströmt. Die Wetterbewegung erfolgt saugend, d.h. die Luftführung erfolgt so, dass in jedem folgenden Raum ein niedrigerer Luftdruck eingestellt sein muss als im davorliegenden Raum. Die Regelung des Druckabfalls erfolgt über einstellbare Luftklappen und Rückschlagklappen. Der Druckunterschied zwischen den Räumen beträgt zwischen 10 und 40 Pa.
- Die Türen und Tore zwischen den Räumen sowohl der Containerstrecken als auch der Personenschleusen sind so zu verriegeln, dass zwei aufeinander folgende Türen und Tore nicht gleichzeitig geöffnet sein dürfen, um ein unkontrolliertes und ungebremstes Abströmen der Wetter zu vermeiden.
- Die Wetterführung in der Schildmaschine erfolgt nach dem in Abbildung 22 bis Abbildung 28 dargestellten Prinzip.

Entsprechend den berufsgenossenschaftlichen Arbeitsschutznormen BGR 160 "Sicherheitsregeln für Bauarbeiten unter Tage" sind folgende Werte für die Bewetterung einzuhalten:

- Die mittlere Luftgeschwindigkeit des Wetterstroms muss zwischen 0,2 und 6 m/s betragen.
- Der Sauerstoffgehalt der Luft muss mindestens 19 % betragen.
- Es müssen mindestens 2 m³/min je Arbeitskraft im bewetterten Bereich zugeführt werden.

In Abbildung 22 und Abbildung 23 ist die Wetterführung und das Wetterschema auf der (untersten) Ebene 1 dargestellt. Die Wetter werden vom Schildschwanz parallel in drei Strängen durch die Ebene geführt und im Raum 1.12 Abwetterkollektor/Klimazentrale gesammelt. Dort durchlaufen sie die Wärmetauscher der zentralen Klimaanlage und werden in die ELK abgegeben. Der Raum 1.12 sammelt nicht nur die Abwetter aus der Ebene 1, sondern auch aus den beiden höheren Ebenen.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 67

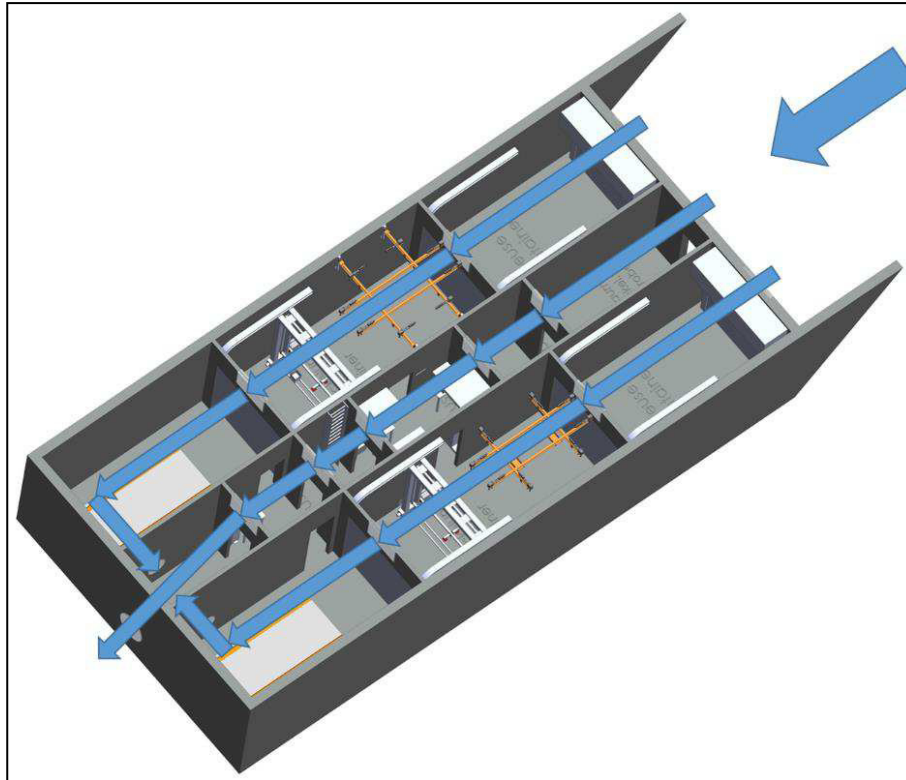


Abbildung 22: Wetterführung auf der Ebene 1 der Schildmaschine

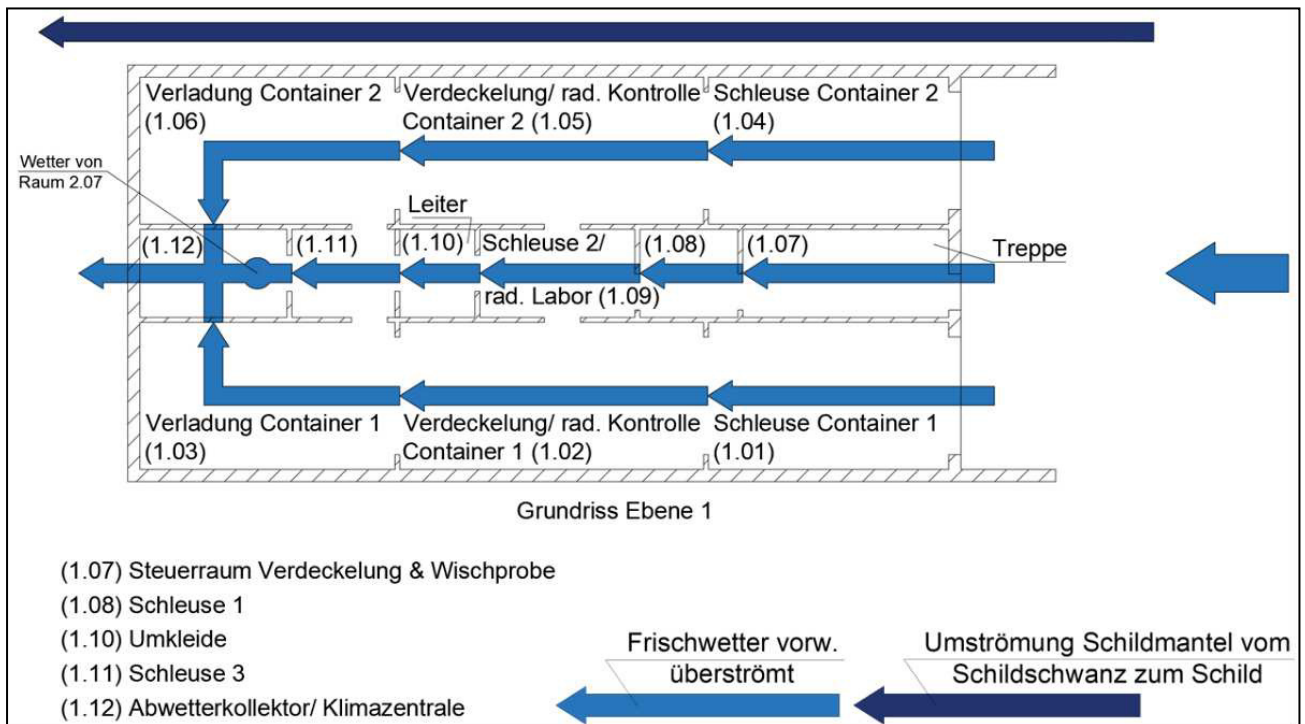



Abbildung 23: Wetterschema der Ebene 1 der Schildmaschine

Abbildung 24 und Abbildung 25 zeigen die Führung der Frischwetter und das Wetterschema der mittleren Ebene der Schildmaschine. Nach dem Durchströmen der Technikräume wird der Hauptstrom der Wetter über die Werkzeuglager zum Kollektor in Raum 1.12 geführt. Von den Hydraulikaggregaten in den Technikräumen werden separate Abwetterluten in die ELK geführt, um

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 68

die Wärme direkt aus der Schildmaschine abzuführen. Diese Lutten sind zur besseren Übersichtlichkeit der Zeichnung hier nicht dargestellt.

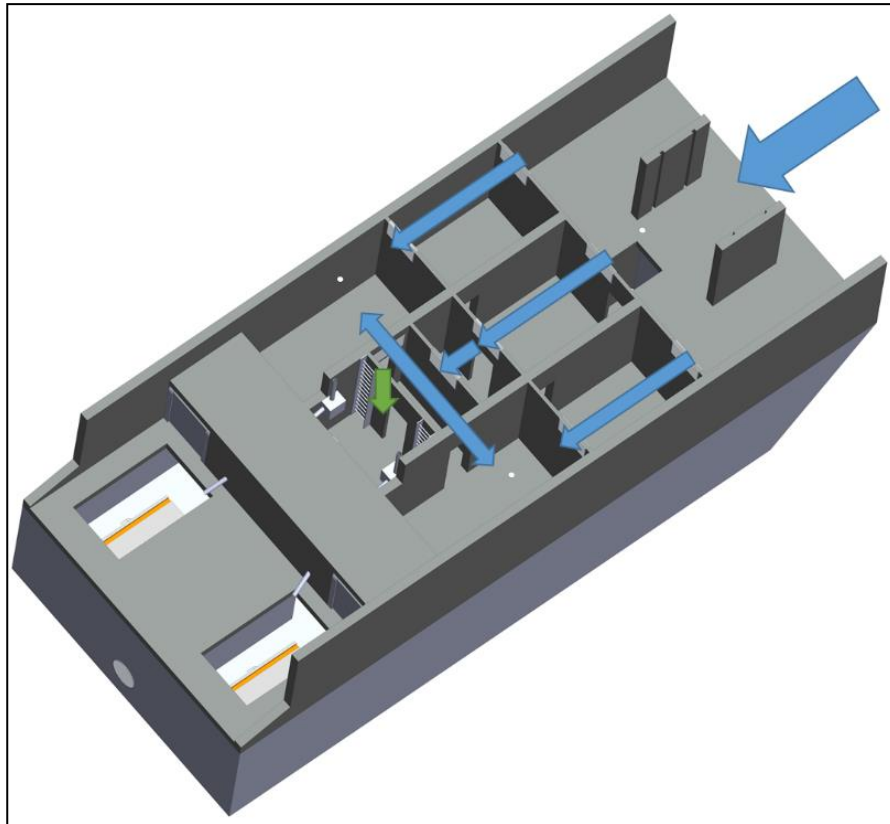


Abbildung 24: Führung der Frischwetter der Ebene 2 der Schildmaschine

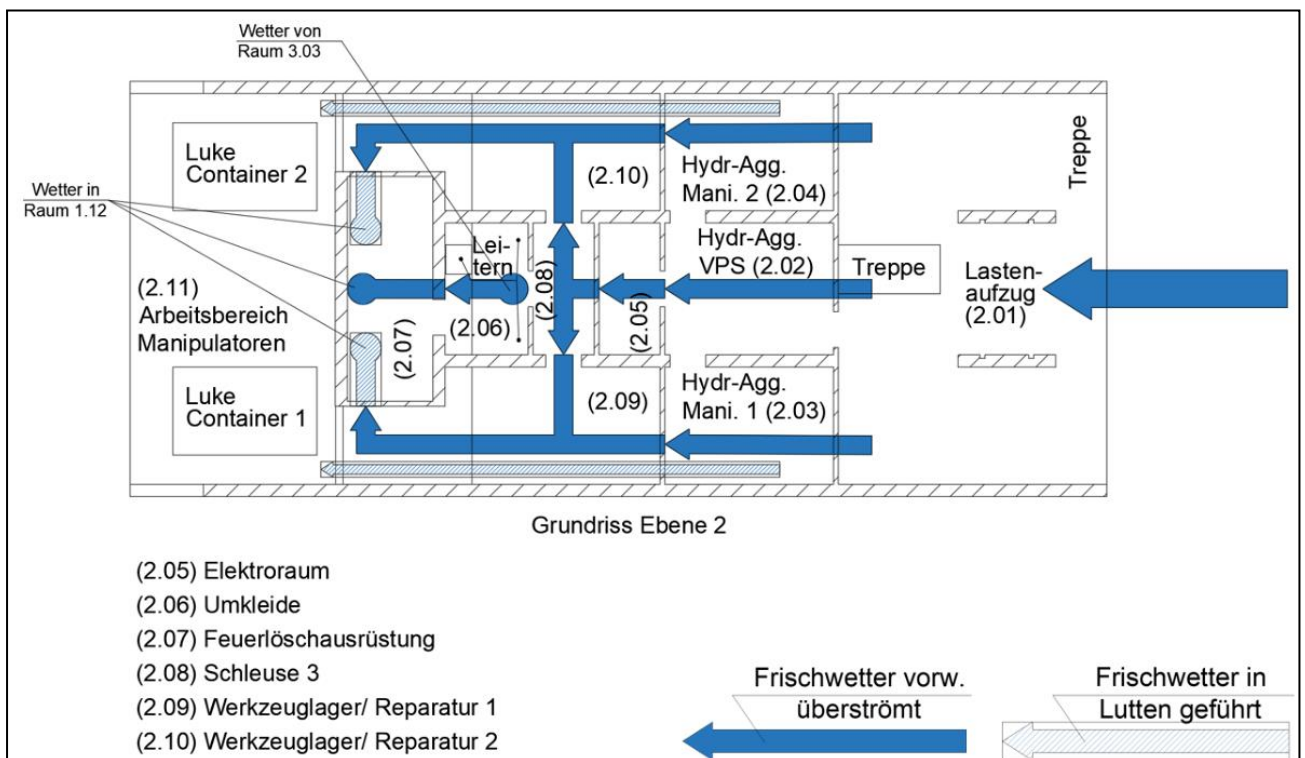



Abbildung 25: Wetterschema der Ebene 2 der Schildmaschine

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 69
---	-----------

Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen die Wetterführung der einströmenden Wetter und das Wetterschema auf der oberen Ebene der Schildmaschine. Der Steuerstand (Raum 3.03) erhält eine teilautonome Bewetterung, welche die Frischwetter aus der Klimaanlage bezieht und die Abwetter mit einem kleinen Gebläse abfördert.

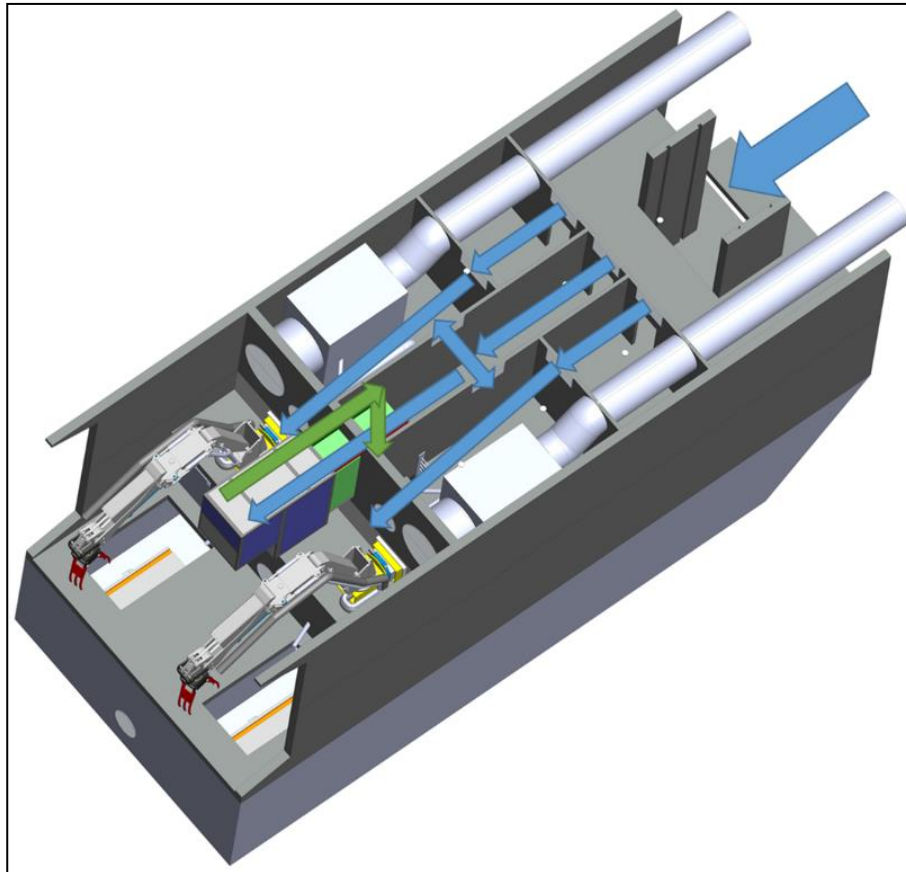


Abbildung 26: Frischwetterführung der Ebene 3 der Schildmaschine

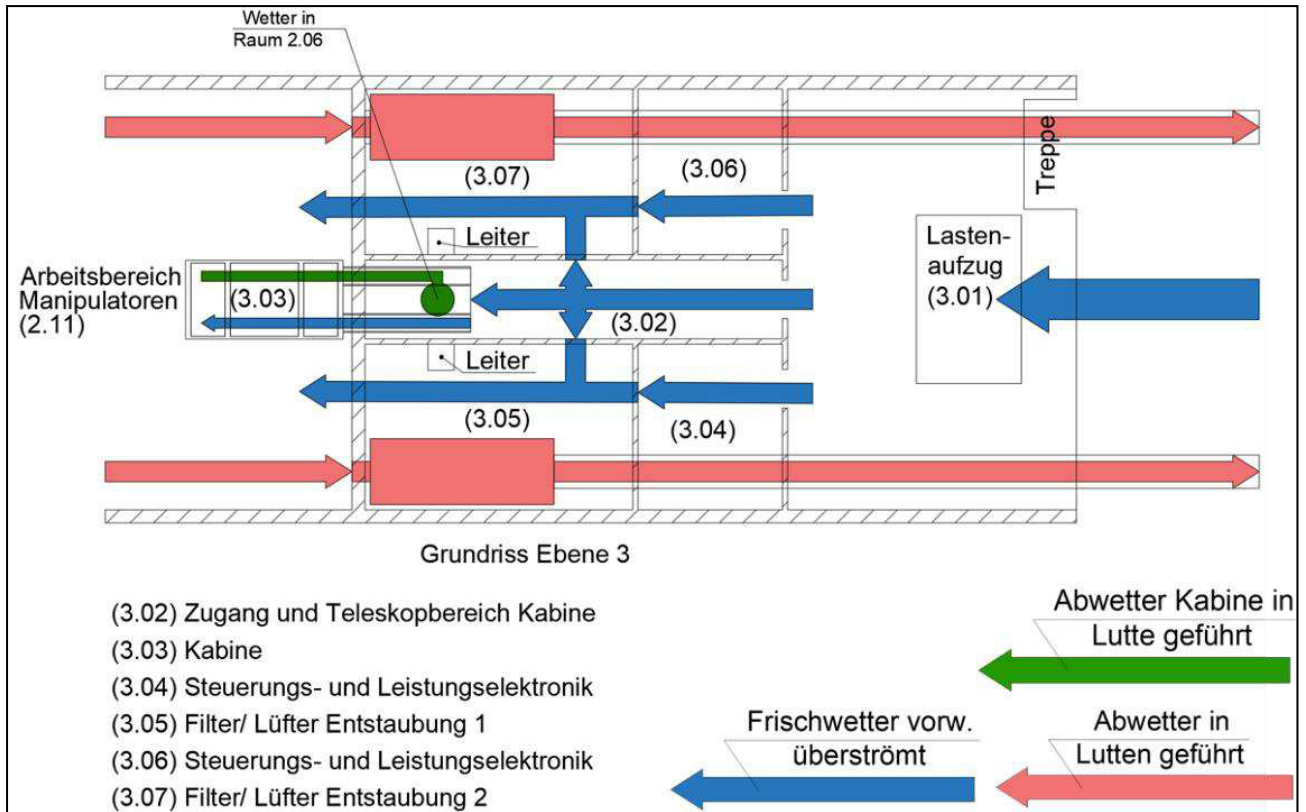



Abbildung 27: Wetterchema der Ebene 3 der Schildmaschine

Abbildung 28 zeigt die Führung der Abwetter über die obere Ebene der Schildmaschine. Die Abwetter aus dem Abbauraum werden durch entsprechende Öffnungen im Schild und durch Absaugschläuche an den Manipulatoren in die beiden Abwetterluten der Schildmaschine eingesogen. Dort durchlaufen sie die Grobfilterung und werden anschließend über bewegliche Lutten an die Abwetterkanäle im Ausbau abgegeben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 71

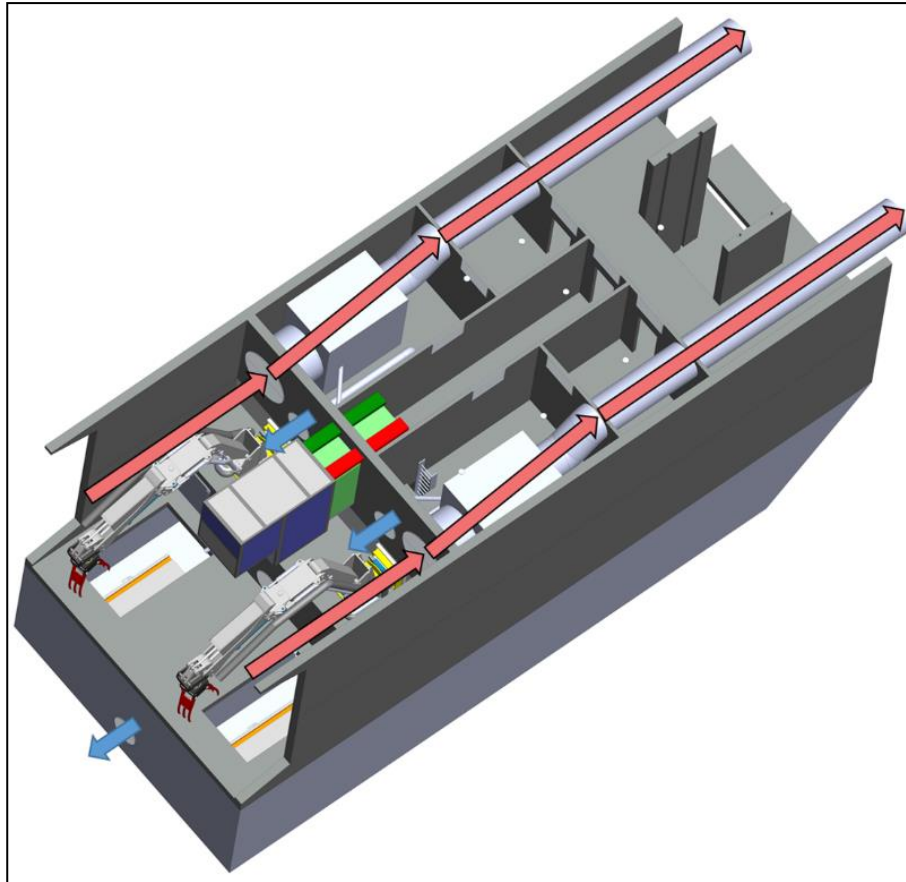


Abbildung 28: Abwetterführung der Ebene 3 der Schildmaschine

Ziele der Wetterführung im Arbeitsraum sind:

- Sicherung der Sichtfähigkeit zur Führung der Arbeitsinstrumente im Arbeitsraum durch ausreichende Entstaubung
- Verhinderung der Bildung von brennbaren, explosiven oder anderweitig gefährlichen Gasgemischen im Arbeitsraum

Zur Überwachung wird eine geeignete permanente Luftüberwachung im Arbeitsraum der ELK installiert. Eine Teilmenge der Frischwetter strömt vom Schildschwanz kommend am Schildmantel vorbei in den Arbeitsraum.


Bei stauberzeugenden Arbeiten, wie z.B. Fräsen, wird die Einsaugvorrichtung möglichst nahe an den stauberzeugenden Werkzeugen am Manipulatorarm positioniert. Die Entstaubungsanlage wird so konzipiert, dass sie die Luft des Arbeitsraums in angemessener Zeit entstauben kann, so dass die ungehinderte Sicht auf die Abbaugeräte gesichert wird.

Ableitung der Abwetter

Vor der Schildmaschine abgesaugte Abwetter können radioaktive Partikel und Stäube enthalten. In der Schildmaschine erfolgt eine erste Vorfiltration, um groben Staub abzuscheiden und ein Zusetzen der nachfolgenden radiologischen Abwetterführung im Ausbau zu verhindern. Das beschriebene Abwettersystem ist in jeder Schildmaschine zweifach redundant vorhanden.

Das Filtersystem erlaubt einen kontaktlosen Austrag des Filtergutes, welches über die Verladekammer (Räume 1.03 und 1.08) in die KC abgeworfen wird. Ein Wechsel der Filterelemente

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 72

ist ebenfalls so auszuführen, dass der Schutz der Mitarbeiter gesichert ist und keine Kontamination in die Schildmaschine getragen wird. Die Filterelemente werden ebenfalls über die KC entsorgt.

Nach dem Passieren der Grobfilter (2-fach redundant installiert) werden die Abwetter über Lutten durch die Schildmaschine und weiter durch Abwetterkanäle im Ausbau bis zur Anfahrkaverne geleitet.

Ein Teil der Anfahrkaverne der drei Schildmaschinen wird mit der radiologischen Filteranlage während der Rückholung nachgenutzt. Hier erfolgt die radiologische Filterung der Abwetter mit Filteranlagen (angelehnt an Filtertyp F13). Es werden sieben Filteranlagen installiert und miteinander verschaltet, um bei drei Schildmaschinen mit jeweils zwei Abwetterkanälen eine ausreichende Redundanz zu sichern.

Die radiologische Situation in den Abwettersträngen wird kontinuierlich gemessen und die durch den Schacht Asse 5 abgeleiteten Abwetter werden radiologisch überwacht.

Sollte diese Messung bzw. ein Ereignis in der ELK zu erhöhten Ableitwerten führen, können zusätzliche Filter (sog. Havariefilter) in Reihe hinter dem Hauptfiltern geschaltet werden, um die Einhaltung der radiologischen Grenzwerte zu sichern. Dazu werden drei Filteraggregate mit je 100 % der Wettermenge für eine Schildmaschine vorgehalten.

Zeitpunkt 3

Der Zeitpunkt 3 wird als letzter Zeitpunkt für die Betrachtung der Wetterführung berücksichtigt (siehe Abbildung 29).

Zu diesem Zeitpunkt sind die Erkundungs- und Stabilisierungsmaßnahmen der Schweben oberhalb der Einlagerungskammern abgeschlossen. Die beidseitige Absperrung in der BS1 Nord ist nicht mehr erforderlich und wurde aufgehoben.

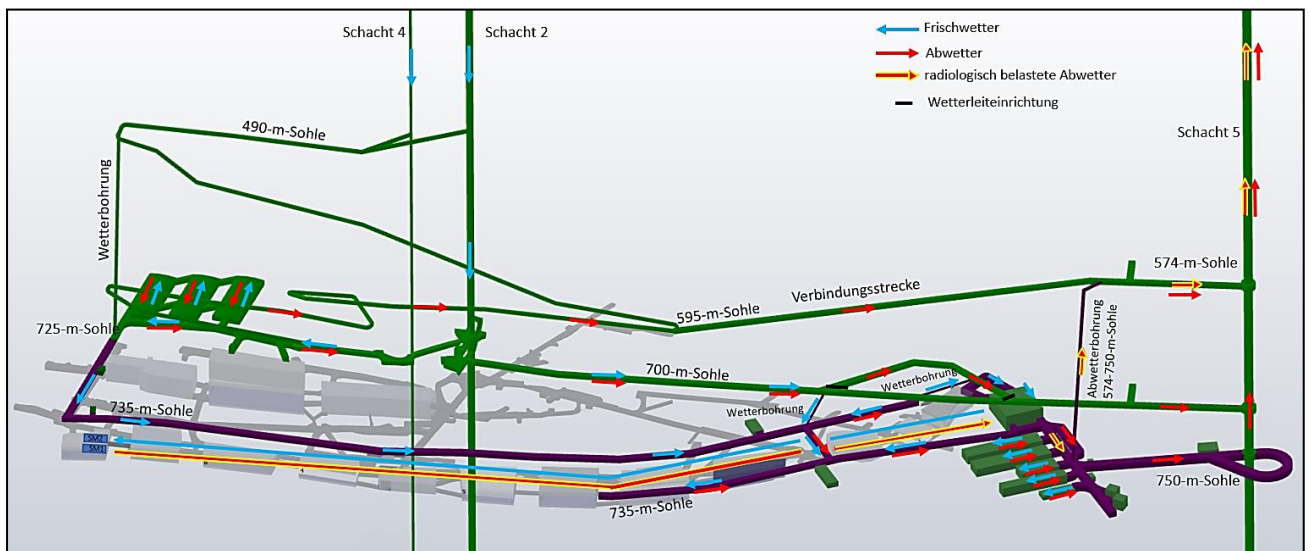


Abbildung 29: Bewetterungsschema zum Zeitpunkt 3

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 73

Frishwetterführung

700-m-, 735-m – 750-m-Sohle

- Zu diesem Zeitpunkt gelangen die Frishwetter über die Schächte Asse 2 und 4, die Frishwettersohle (700-m-Sohle), beide Begleitstrecken und die o.a. Wetterbohrungen bis zur Startkaverne).
- Die Rückholung aus der ELK 10/750 erfolgt mittels Schildvortrieb und wird mit Frishwettern durch die Wetterbohrung in der Nähe der ELK 1/750 bzw. wird teilweise durch die Wetterbohrung in der BS1 Nord versorgt. Von der Startkaverne und Zugangsstrecken auf der 750-m-Sohle werden die Frishwetter saugend durch die drei Transporttunnel der Schildmaschine zugeführt. Jede Schildmaschine benötigt ca. 1000 m³/min Frishwettermenge, u.a. um die entstehende Abwärme abzuführen (Abbildung 29).

Ableitung der Abwetter

700-m-, 735-m – 750-m-Sohle

- Die radiologisch unbelasteten Abwetter aus den Begleitstrecken und der Montagekaverne (Startkaverne) werden durch das Streckennetz zum Schacht Asse 5 abgeführt.
- Die staub- und radiologisch belasteten Wetter aus den Strahlenschutzbereichen (ELK 10/750) werden in die Abwetterlutte eingesogen und durch zwei Entstauber mit jeweils ca. 500 m³/h Leistung entstaubt, radiologisch gefiltert und über den Schacht Asse 5 abgeleitet.

3.7. Fluchtwegs- und Rettungskonzept

Regelungen zur Arbeitssicherheit und zum Gesundheitsschutz für die Arbeit unter Tage in der Schachanlage Asse II sind grundsätzlich über die ABergV [16], GesBergV und KlimaBergV sowie auf Landesebene über die ABVO [15] und BVOASi festgeschrieben. Diese dienen dazu, bei der Einrichtung von Arbeitsplätzen sowie beim Betrieb von Maschinen und Anlagen ein ausreichendes Sicherheitsniveau zu gewährleisten und beschreiben auch die sichere Organisation und Durchführung von Arbeiten im Bergbau. Neben diesen, allgemein im Bergbau geltenden Vorschriften auf Landesebene, sind weitere Anlagen- bzw. Arbeitsspezifische Vorschriften zu beachten. Hierzu zählen die EIBergV für die Errichtung und den Betrieb von elektrischen Anlagen im Bergbau, die BVOS und TAS für die Errichtung und den Betrieb von Schachtförderanlagen im Bergbau sowie der Leitfaden Gleislos-Fahrzeuge für die Beschaffenheit und den Betrieb von nicht schienengebundenen Fahrzeugen (z. B. Radlader, Pritschenfahrzeuge) und zugehörigen Einrichtungen im Bergbau.

Insbesondere hinsichtlich der Maßnahmen zur Bewetterung, des Brandschutzes (siehe dazu auch Kapitel 7) sowie der Flucht- und Rettungswege wurden beim Konzept „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ die planerischen Vorgaben der ABergV [16] berücksichtigt. Dies gilt insbesondere für die §§ 11, 15 und 16 der ABergV [16], nach denen sicherzustellen ist, dass Arbeitsstätten auf zwei voneinander unabhängigen Fluchtwegen verlassen werden können.

In zukünftigen Planungsphasen sind Maßnahmen zur Vermeidung und Behebung bzw. Bekämpfung von Ereignissen, wie Lösungs- oder Gaszutritt infolge von Bohrungen oder Auffahrungen, Brand, Ausfall der Bewetterung oder der Stromversorgung, Havarie von Ausrüstungen oder Anlagen und

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG Blatt: 74

ggf. in Zusammenhang mit den vorgenannten Ereignissen eintretenden Personenschäden, im Detail zu erarbeiten und zu bewerten.

Auf dieser Bewertung als Grundlage wird die betriebsplanmäßige Regelung organisatorischer und technischer Maßnahmen bzw. Verfahrensweisen mit bergbehördlicher Prüfung und Zulassung, betrieblicher Umsetzung über beispielsweise Arbeitsanweisungen sowie betriebliche und bergbehördliche Überwachung erarbeitet und umgesetzt. Der allgemeine Betrieb der Schachtanlage Asse II wird dabei über den regelmäßig fortzuschreibenden und bergbehördlich zugelassenen Hauptbetriebsplan durchgeführt. Spezifische Arbeiten im Sinne von wiederkehrenden Arbeitsabläufen oder auch von in sich geschlossenen Arbeitspaketen werden über dafür erstellte und bergbehördlich zugelassene Sonderbetriebspläne geregelt.

Für den Schildvortrieb mit Teilflächenabbau wurde folgendes Flucht- und Rettungssystem konzipiert:

Eine Flucht von der bzw. den Schildmaschinen ist stets über zwei Wege möglich. Alle drei Transportröhren hinter jeder Schildmaschine, welche gleichzeitig den Zugang zu den Maschinen bilden, werden ständig mit Frischwettern versorgt. Die Frischwetter gelangen über zwei separate Wetterwege in die Startkaverne der Schildmaschinen.


Die Personenfahrgang und der kontaminationsfreie Materialtransport werden über den oberen der drei Zugangstunnel durchgeführt. Im Falle eines Brandes kann sich Personal, welches sich ggf. in der Schildmaschine befindet, mit Sauerstoffselbstrettern über mehrere voneinander unabhängigen Wege auch zu einem der beiden Transportröhren im unteren Bereich des Ausbaus hinter den Schildmaschinen begeben und von dort aus Richtung Startkaverne flüchten. Sauerstoffselbstretter sind für jeden unter Tage Beschäftigten immer am Körper mitzuführen. Bei der Arbeit sind die Sauerstoffselbstretter in möglichst kurzer Distanz zum Arbeitsplatz leicht und schnell zugänglich vorzuhalten.

Je nach Fortschritt der Rückholung ist eine Flucht durch die Röhren zur Startkaverne zu lang. Es sind daher mindestens zwei Querschläge mit Anschluss an die frischbewetterten Begleitstrecken vorzusehen

Gegen die Ausbreitung von Brandrauch werden in allen drei Röhren sowie an den Querschlägen Rauch-/Brandschutztüren installiert, die bei Bedarf voneinander unabhängig zu verschließen sind. Die Schildmaschine selbst verfügt zur Trennung von Brandabschnitten über spezielle Brand-/Feuerschutzklappen in den Lüftungskanälen.

Aufgrund der fortschreitenden Rückholung und der damit einhergehenden größeren Distanzen von den Schildmaschinen zur Startkaverne bzw. zu einem Querschlag sowie für den Fall eines mehrteiligen Brandereignisses, werden alle 300 m gemäß ABVO § 49, neben den Querschlägen auch spezielle umluftautarke und feuerfeste Selbstrettungseinrichtungen, sogenannte Rettungskammern, vorgesehen.

Die Kapazität dieser Rettungskammern ist auf die maximale Anzahl von Personen unter Tage auszulegen. Die Rettungskammer ist entsprechend der zu erwartenden dynamischen Einwirkungen zu dimensionieren (z.B. Belastung beim Feuer).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 75
---	-----------

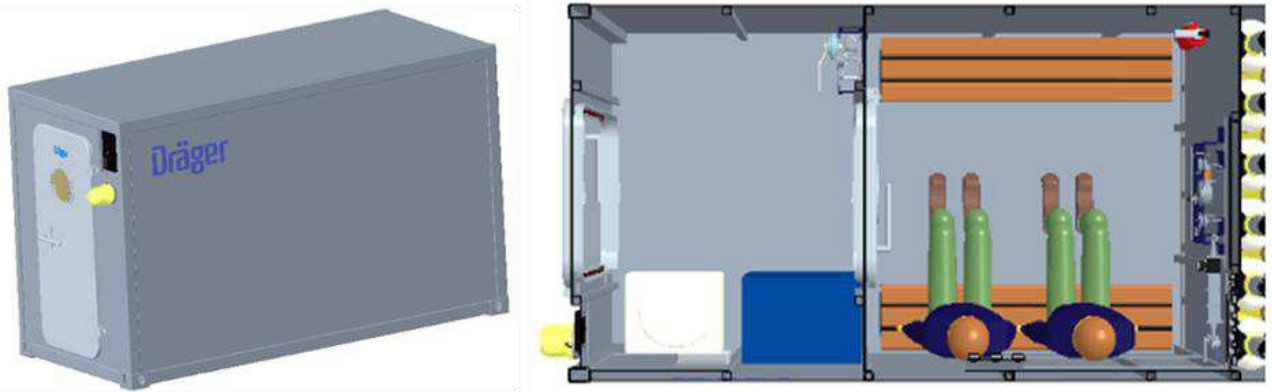


Abbildung 30: Beispiel einer umluftautarken Fluchtkammer der Firma Dräger (3,5 x 1,6 x 2 m)

In einer solchen Rettungskammer (Abbildung 30) kann sich das Personal bis zu 8 Stunden vor Rauch, -gasen und Feuer sicher aufhalten, bis eine Rettung durch die Grubenwehr erfolgt. Die Kammer ist dafür feuerfest ausgelegt mit einer kleinen Schleuse, einer Sauerstoffversorgung über Druckflaschen, einer Klimaanlage sowie einer autarken Batteriestation für den Betrieb im Notfall ohne äußere Energieversorgung.

Auch bei den Auffahrungsarbeiten der Begleitstrecken sind solche Rettungskammern, ausgelegt auf die Anzahl des im Vortrieb arbeitenden Personals, vorzuhalten und im rückwärtigen Bereich (max. 50 m vom Vortrieb entfernt) mitzuziehen.

Um ein Brandereignis bereits in der Entstehung zu entdecken und möglichst schnell zu bekämpfen, sind verschiedene Branddetektionssensoren, automatische Löschanlagen (z. B. INERGEN Gas, CO₂) in Maschinenräumen oder direkt auf den Transportfahrzeugen sowie klassische auf die Brandlast (elektrische Anlagen, Betriebsstoffe etc.) abgestimmte Feuerlöscher einzusetzen bzw. vorzuhalten. Detaillierte Ausführungen sind hierzu im Abschnitt 3.13.8 zu finden.


Aufgrund der stetigen Versorgung der Schildmaschinen mit Frischwettern über die Transporttunnel im Ausbau hinter den Schildmaschinen und einer vollständig separierten Ableitung der Abwetter aus den Einlagerungskammern vor den Schildmaschinen über zwei radiologische Abwetterluten/-kanäle im Ausbau, wird das Eintreten von Brandrauch oder Brandgas in die Transporttunnel reduziert. Eine durchgängig saugende Bewetterung sorgt dafür, dass auch bei kleineren Undichtigkeiten in den Abwetterleitungen, keine Kommunikation mit dem Frischwetter erfolgt.

3.8. Übergeordneter Strahlenschutz

Der Umgang mit (sonstigen) radioaktiven Stoffen umfasst die Bergung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern, die Verpackung und den Transport bis zum Schacht Asse 5 und Transport nach über Tage. Zur Umverpackung der Gebinde (außen kontaminationsfrei) werden hier KC V betrachtet.

Im vorliegenden Kapitel wird das Strahlenschutzkonzept für die Rückholung der radioaktiven Abfälle mittels Schildvortrieb aus der Schachtanlage Asse II beschrieben.

Eine der Grundlagen des Schildvortriebs ist, dass bei der Rückholung Arbeiten mit offenem Inventar nur innerhalb der Einlagerungskammern und der Schildmaschinen ausgeführt werden. Der Transport der beladenen Umverpackungen erfolgt in geschlossenem Zustand. Damit ist das Risiko einer Kontamination der Transportwege gering.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 76

• **Schutzziele**

Die radiologischen Schutzziele, denen die Bergung, Handhabung und Lagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung entsprechen muss, bestehen darin,

- jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden (§ 8, Abs. 1 StrlSchG [14]) und
- jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der festgesetzten Grenzwerte so gering wie möglich zu halten (§ 8 Abs. 2 StrlSchG [14]).

Bei der Planung baulicher oder sonstiger technischer Schutzmaßnahmen gegen auslegungsbestimmende Störfälle sind die Anforderungen von §§ 104 mit § 194 StrlSchV [13] zu Grunde zu legen.

Hieraus abgeleitet ergeben sich für die Abfallgebinde folgende grundlegende Schutzziele:

- sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung,

ggf. für spezielle Abfälle auch

- sichere Einhaltung der Unterkritikalität


sowie folgende abgeleitete Anforderungen:

- Abschirmung der ionisierenden Strahlung,
- betriebs- und instandhaltungsgerechte Auslegung, Ausführung der Einrichtungen,
- sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Betriebes,
- sichere Handhabung und sicherer Transport der radioaktiven Stoffe,
- Auslegung gegen Störfälle und
- sofern wegen des Freisetzungspotenzials erforderlich, Maßnahmen zur Begrenzung der Schadensauswirkungen von auslegungsüberschreitenden Ereignissen.

• **Räume in der Schildmaschine**

Zum besseren Verständnis der folgenden Erläuterungen sind in der folgenden Tabelle die Räume der Schildmaschine aufgelistet. Die Lage der hier aufgeführten Räume ist aus den Grundrissen der Ebenen ersichtlich.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDEGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 77
---	------------------


Tabelle 1: Räume der Schildmaschine unter Angabe der Raumnummer

Ebene 1	
Raum-Nr.	Bezeichnung
1.01	Schleuse Container 1
1.02	Verdeckelung/radiologische Kontrolle Container 1
1.03	Verladung Container 1
1.04	Schleuse Container 2
1.05	Verdeckelung/radiologische Kontrolle Container 2
1.06	Verladung Container 2
1.07	Steuerraum Verdeckelung + Wischprobe/Treppenhaus
1.08	Schleuse 1 Personen
1.09	Schleuse 2 Personen radiologisches Labor
1.10	Umkleide Schleuse 3 Personen, Leiterraum
1.11	Schleuse 3 Personen
1.12	Abwetterkollektor/Klimazentrale

Ebene 2	
Raum-Nr.	Bezeichnung
2.01	Treppenhaus
2.02	Steuer-/Hydraulikraum VPS
2.03	Steuer-/Hydraulikraum Manipulator 1
2.04	Steuer-/Hydraulikraum Manipulator 2
2.05	Elektroraum
2.06	Umkleide Schleuse 3 Personen, Leiterraum
2.07	Feuerlöschschränke
2.08	Schleuse 3 Personen
2.09	Lager/Reparatur Manipulator-Werkzeuge 1
2.10	Lager/Reparatur Manipulator-Werkzeuge 2
2.11	Arbeitsbereich Manipulatoren

Ebene 3	
Raum-Nr.	Bezeichnung
3.01	Treppenhaus
3.02	Zugang und Teleskopbereich Kabine
3.03	Kabine Bediener
3.04	Steuerungs- und Leistungselektronik
3.05	Filter/Lüfter Entstaubung 1
3.06	Steuerungs- und Leistungselektronik
3.07	Filter/Lüfter Entstaubung 2

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 78

Die Bewetterung der Schildmaschine erfolgt mit einem Druckgefälle absteigend von den Räumen mit geringer Kontaminationsgefahr zu den Räumen mit höherer Kontaminationsgefahr.

Die Tore und Türen in den Container-Schleusenstrecken und den Personenschleusen sind elektrisch oder mechanisch so zu verriegeln, dass zwei aufeinanderfolgende Tore oder Türen nicht gleichzeitig geöffnet sein können. Damit wird verhindert, dass Kontaminationen luftgetragen ausgetragen werden.

• **Strahlenquellen**

Die primären Strahlungsquellen sind die rückzuholenden Abfälle in den Einlagerungskammern. Daraus ergeben sich sekundäre Quellen wie die beladenen KC, die Abwetterlatten für potentiell kontaminierte Abwetter sowie radiologische Betriebsabfälle wie Wischpads und Tücher zur Dekontamination.

Zusätzlich werden ggfs. im Raum 1.09 (Labor) Prüfpräparate z.B. zur Kalibrierung benötigter Messgeräte aufbewahrt.

• **Einteilung in Strahlenschutzbereiche**

Im Rückholbergwerk und speziell innerhalb der Schildmaschine werden gemäß § 52 und § 53 StrlSchV [13] folgende Strahlenschutzbereiche eingerichtet und gekennzeichnet:

- Überwachungsbereich,
- Kontrollbereich und
- Sperrbereich.

Die Einteilung der Strahlenschutzbereiche innerhalb der Schildmaschine ist in der Abbildung 15 dargestellt. Darüber hinaus sind die Bereiche um die radiologischen Filter in der Anfahrkaverne als Kontrollbereiche auszuweisen und ggf. räumlich abzugrenzen. Die Ausweisung oder Umwidmung weiterer Räume oder Bereiche als Strahlenschutzbereiche erfolgt nach Notwendigkeit bei der Entwurfsplanung und nachfolgend durch den betrieblichen Strahlenschutz bei sich ändernden Betriebsbedingungen.

• **Zugang des Betriebspersonals**

Im Folgenden werden die Abläufe beim Zugang des Betriebspersonals zur Schildmaschine dargestellt. Detaillierte Regelungen werden in einer Strahlenschutzanweisung sowie weiteren innerbetrieblichen Regelwerken festgelegt.


Zugang des Betriebspersonals zur Schildmaschine:

Die Vorgehensweise zum Betreten und Verlassen des Kontrollbereichs wird im Folgenden beschrieben. Details werden in einer Strahlenschutzanweisung sowie weiteren innerbetrieblichen Anweisungen geregelt.

Ablauf zum Betreten der Strahlenschutzbereiche

- Betreten des Schildschwanzbereiches mit Personenzugang (Raum 2.01 (Treppenhaus)).
- Anmeldung beim Strahlenschutz im Raum 1.09 (Labor, Arbeitsraum Strahlenschutz) und Überprüfung der Zutrittsberechtigung für den Kontrollbereich. Im Anschluss erfolgt die Freigabe zum Öffnen der Tür zum Raum 1.08 (Personenschleuse 1).

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 79

- Gegebenenfalls Anlegen der für den Kontrollbereich erforderlichen Mindestschutzkleidung im Raum 1.08 z. B. Schutzmantel/Kittel und Überschuhe.
- Entnahme eines betrieblichen, direkt ablesbaren Dosimeters aus dem Dosimeterdepot im Raum 1.08. Alternativ kann die Übergabe/Entnahme auch über den Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz) bzw. durch den örtlichen Strahlenschutz erfolgen.
- Personenidentifikation sowie Personenverifikation und Betreten des Kontrollbereichs durch die Personenschleuse über den Ausweis-/Dosimeterleser im Raum 1.08 (Personenschleuse 1).
- Betreten des Labors durch die Tür zwischen den Räumen 1.08 und 1.09.

Zur Reparatur- oder Inspektionsarbeiten kann der Sperrbereich wie folgt betreten werden:

- Mit Zulassung des Strahlenschutzes (Erlaubnisschein entsprechend den betrieblichen Regelwerken) können Mitarbeiter vom Raum 1.09 in die Schleuse 3 (Räume 1.10 und 1.11 auf der Ebene 1 und Raum 2.06 auf der Ebene 2) wechseln.

Dort werden die notwendigen PSA für die vorgesehenen Arbeiten angelegt und geprüft. Danach können die als Sperrbereiche gekennzeichneten Räume betreten werden.

Ablauf zum Verlassen der Strahlenschutzbereiche

- Vor dem Verlassen der als Sperrbereich gekennzeichneten Räume wird in der Schleuse 3 mit Handmonitoren die PSA auf äußere Kontamination geprüft. Bei vorliegender Kontamination erfolgt eine Information des Strahlenschutzes zur Festlegung und Durchführung der Dekontaminationsmaßnahmen. Für Dekontaminationsmaßnahmen stehen trockene und feuchte Tücher bereit. Sollte die Kontamination nicht entfernt werden können, werden die betroffenen Teile der PSA in luftdichte Müllsäcke verpackt und zur weiteren Bearbeitung/Entsorgung gebracht.
- Verlassen der Schleuse 3 in den Raum 1.08 (Labor und Strahlenschutzraum).
- Beim Verlassen des Raumes 1.09 erfolgt Personenkontaminationskontrolle an einem Personenkontaminationsmonitor (PKM). Der PKM verfügt über ein Kleinteilefach. Vor der Personenkontaminationskontrolle erfolgt eine Personenidentifikation durch den PKM.
- Bei vorliegender Kontamination erfolgt eine Information des Strahlenschutzes zur Festlegung und Durchführung der Dekontaminationsmaßnahmen.

Sofern Gegenstände wie z. B. Werkzeug aus dem Kontrollbereich herausgebracht werden sollen, erfolgt dies über den Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz). Die Freimessung erfolgt über einen Kleinteilemonitor oder das Kleinteilefach des PKM.

Verlassen des Kontrollbereichs über die Personenschleuse 1 (Raum 1.08) durch Ausbuchung an der Dosimeterlesestation. Abgabe des betrieblichen Dosimeters in das Dosimeterdepot. Alternativ kann die Abgabe auch über den Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz) bzw. an den örtlichen Strahlenschutz erfolgen.

- Gegebenenfalls Ablegen der Schutzkleidung im Raum 1.08 (Personenschleuse 1).
- Abmeldung beim Strahlenschutz im Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz) und ggf. Auschecken.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 80

- Verlassen der Schildmaschine über den Raum 3.01 (Treppenhaus).

Die Türen, die den Kontrollbereich abgrenzen, sind gegen das Öffnen von außen gesichert. Sie stehen für einen eventuellen Flucht- und Rettungsvorgang uneingeschränkt zur Verfügung. Die Verriegelung lässt sich von innen ohne Hilfsmittel aufheben, wobei der Zustand (offen/geschlossen) überwacht wird. Für den Rettungsvorgang ist der Eintritt über diese Türen administrativ geregelt.

• **Zugang des Betriebspersonals zu den Containerschleusen**

Nach der Einrichtung und Inbetriebnahme der Strahlenschutzbereiche dürfen die als Kontroll- und Sperrbereich ausgewiesenen Räume nur noch durch die Personenschleusen betreten werden. Die dazu geltenden Abläufe sind im Kapitel 6 dargelegt.

Betrieblicher Strahlenschutz

Die Strahlenschutzüberwachung des Betriebs des Rückholbergwerkes einschließlich der Schildmaschinen erfolgt nach Festlegungen in einer Strahlenschutzanweisung sowie weiterer innerbetrieblicher Regelwerke. Dort werden die Zuständigkeiten beim Betrieb der Schildmaschinen, die Strahlenschutzorganisation, das Verhalten im Kontroll- und Sperrbereich, die Raum- und Arbeitsplatzüberwachung, die Maßnahmen zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle, das Vorgehen bei Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten und bei Störfällen im Detail festgelegt.

Erforderliche mobile Messgeräte wie Kontaminationsmessgeräte, Dosisleistungsmessgeräte und Aerosolmessgeräte werden im Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz) vorgehalten. Es werden nur für den jeweiligen Messzweck geeignete Messgeräte eingesetzt.

• **Dokumentation der rückgeholten Gebinde**

Vor jeder Ausfahrt von KC in die Transportröhren sind diese einer Ausgangskontrolle zu unterziehen. Diese Kontrollen dienen der Verifikation der KC und müssen folgende Nachweise ermöglichen:

Identifikationskontrolle

Es erfolgt eine Kontrolle der Identifikationsnummern und der korrekten Kennzeichnung der KC entsprechend der elektronischen Dokumentation:

- Einhaltung der Annahmebedingungen des Zwischenlagers,
- Masse,
- Freiheit von äußerer Kontamination,
- Dosisleistung außerhalb des KC,
- Vollständigkeit der elektronischen Dokumentation des KC,
- Fotos/Videos vom Beladevorgang,
- Anmerkungen des Verladepersonals zu Besonderheiten oder wichtigen Beobachtungen.

Über alle An- und Ablieferungsvorgänge und Abtransporte wird in geeigneter Form (elektronisch oder in Papierform) Buch geführt. Diese Buchführung gewährleistet insbesondere die Einhaltung der radiologischen Anforderungen gemäß technischer Annahmebedingungen der weiteren Abfallbehandlung. Weiterhin werden die Vorgaben der ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung bzw. Konditionierung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung beachtet.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 81

• **Raum- und Arbeitsplatzüberwachung**

In regelmäßigen Zeitabständen, nach Durchführung einer bestimmten Anzahl von Abtransporten sowie nach Abschluss von Behandlungskampagnen in einer ELK wird an festgelegten Punkten in der Schildmaschine die Ortsdosisleistung gemessen. Die Messung erfasst dabei die Gammadosisleistung. In Räumen, in denen theoretisch Kontaminationen auftreten können, werden in regelmäßigen Abständen Raumluftkontaminationsmessungen durchgeführt. Darüber hinaus werden Kontaminationsmessungen an Arbeitsplätzen, beweglichen Einrichtungen (z. B. Transport- und Anschlagmittel) sowie Verkehrswegen und den Verkehrsflächen in und hinter der Schildmaschine durchgeführt. Die Messergebnisse werden protokolliert.

Die Einhaltung der nach StrlSchV [13] festgelegten Grenzwerte für Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche wird durch Messungen des betrieblichen Strahlenschutzes überwacht.

• **Abwetterüberwachung**

Es erfolgt eine kontinuierliche radiologische Überwachung der Abwetter. In der Fortluft wird hierzu ein Anschluss für Probennahmen (Tritium), eine Aerosol-Überwachung sowie eine Dosisleistungsmessung im Abwetterstrom vorgesehen.

Die vorgesehenen radiologischen Feinfilter in den Anfahrkavernen (in Anlehnung an den Typ HEPA-Filter/H13) halten Aerosole aus der Abluft zurück. Zusätzliche Havariefilter können bei Bedarf in Reihe zu den Feinfiltern geschaltet werden

Einzelheiten werden vor Betriebsaufnahme in einer Strahlenschutzanweisung sowie weiteren innerbetrieblichen Regelwerken festgelegt.

• **Überwachung der Personen- und Körperdosen**

Zur Ermittlung der Personen- und Körperdosen werden

- amtliche Dosimeter zur Messung von Gammadosen,
- betriebliche, direkt ablesbare Dosimeter zur Messung von Gammadosen und
- erforderlichenfalls Zusatzdosimeter zur Ermittlung von Teilkörperdosen (z.B. Fingerringdosimeter) eingesetzt.

Die Dosimeter werden eigenverantwortlich oder dienstleistend von der BGE bereitgestellt. Die Abwicklung der amtlichen Dosimetrie für das Eigenpersonal sowie von ggf. erforderlichen Inkorporationsmessungen erfolgt eigenverantwortlich oder dienstleistend durch die BGE.

• **Kontaminationsüberwachung von Personen, Anlagen und Gegenständen**

Am Ausgang des Kontrollbereiches befindet sich ein Personenkontaminationsmonitor (PKM) mit integriertem Kleinteilefach zur Kontaminationskontrolle von Personen, die den Kontrollbereich verlassen (vgl. Kontroll- und Sperrbereichsgrenze in der Abbildung 15). Mobile Kontaminationsmessgeräte werden nach Erfordernis eingesetzt. Als PKM kann ein mittels Zählglas betriebener PKM oder ein PKM mit gaslosem Messverfahren eingesetzt werden.

Zusätzlich befindet sich im Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz) ein Kleinteilemonitor zur Freimessung von Kleinteilen wie z. B. Werkzeugen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 82

Die abzutransportierenden Behälter werden einem Wischtest zur Kontrolle auf äußere Kontamination unterzogen. Die dazu vorgehaltenen Maschinen sowie die Abläufe werden im Unterkapitel 3.4 und im Kapitel 6 beschrieben.

Die Feststellung möglicher Oberflächenkontaminationen in der Anlage, an Einrichtungen, Behältern, Hilfsmitteln, beweglichen Gegenständen und Fahrzeugen erfolgt, so weit möglich, direkt mit mobilen Kontaminationsmonitoren oder indirekt mittels Wischtest/Screenings. Die Messgeräte werden u.a. im Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz) vorgehalten.

Im Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz) befindet sich auch ein Tresor für radioaktive Prüfpräparate zur Kalibrierung und Prüfung der benötigten radiologischen Messgeräte.

- **Maßnahmen bei Aktivitätsfreisetzung**

Bei eventueller Aktivitätsfreisetzung in der Schildmaschine oder im angrenzenden Grubenbereich oder Kontamination ist umgehend über den örtlichen Strahlenschutz der Strahlenschutzbeauftragte zu informieren. Die erforderlichen Maßnahmen (Behebung der Ursachen, Dekontaminationsarbeiten) werden daraufhin vom betrieblichen Strahlenschutz veranlasst, kontrolliert und dokumentiert.

Die notwendigen Arbeiten werden durch geschultes Personal durchgeführt. Die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz des Personals vor Schäden durch radioaktive Stoffe sind in einer Strahlenschutzanweisung sowie weiteren innerbetrieblichen Anweisungen geregelt.

Im Falle einer vorliegenden Personenkontamination ist umgehend über den örtlichen Strahlenschutz der Strahlenschutzbeauftragte zu informieren, der die weiteren Schritte festlegt.

- **Exposition des Betriebspersonals**

Um die Exposition des Personals der Schildmaschine im Rahmen der Konzeptplanung abzuschätzen, wurde ein radiologisches Modell entwickelt. Ziel ist es, die generelle Machbarkeit für zwei ständige Arbeitsplätze (Maschinenfahrer und Strahlenschutzlabor) nachzuweisen. An diesen beiden Arbeitsplätzen wurde eine ODL von maximal 52 $\mu\text{Sv/h}$ für den Steuerstand und maximal 2 $\mu\text{Sv/h}$ für das radiologische Labor berechnet. Damit können diese Arbeitsplätze ständig besetzt werden. Weiterführende Untersuchungen sind im Rahmen weiterer Planungen durchzuführen und umfassen u.a. den gesamten Arbeitsablauf in Einzelschritten und Interventionen. Eine graphische Darstellung der errechneten Exposition an verschiedenen Stellen der Schildmaschine ist in der Abbildung 31 aufgeführt. Dabei ist rechts die primäre Strahlungsquelle, die Gebinde in der ELK als homogene Masse rot dargestellt, die in die Schildmaschine hineinstrahlt. Die äußere Kontur der Schildmaschine ist rot umrissen dargestellt. Der Verlauf der Abschirmwirkung der Schildmaschine zeigt sich in einem Wechsel der Farben von gelb über grün zu blau mit den zugeordneten Strahlungswerten.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 83

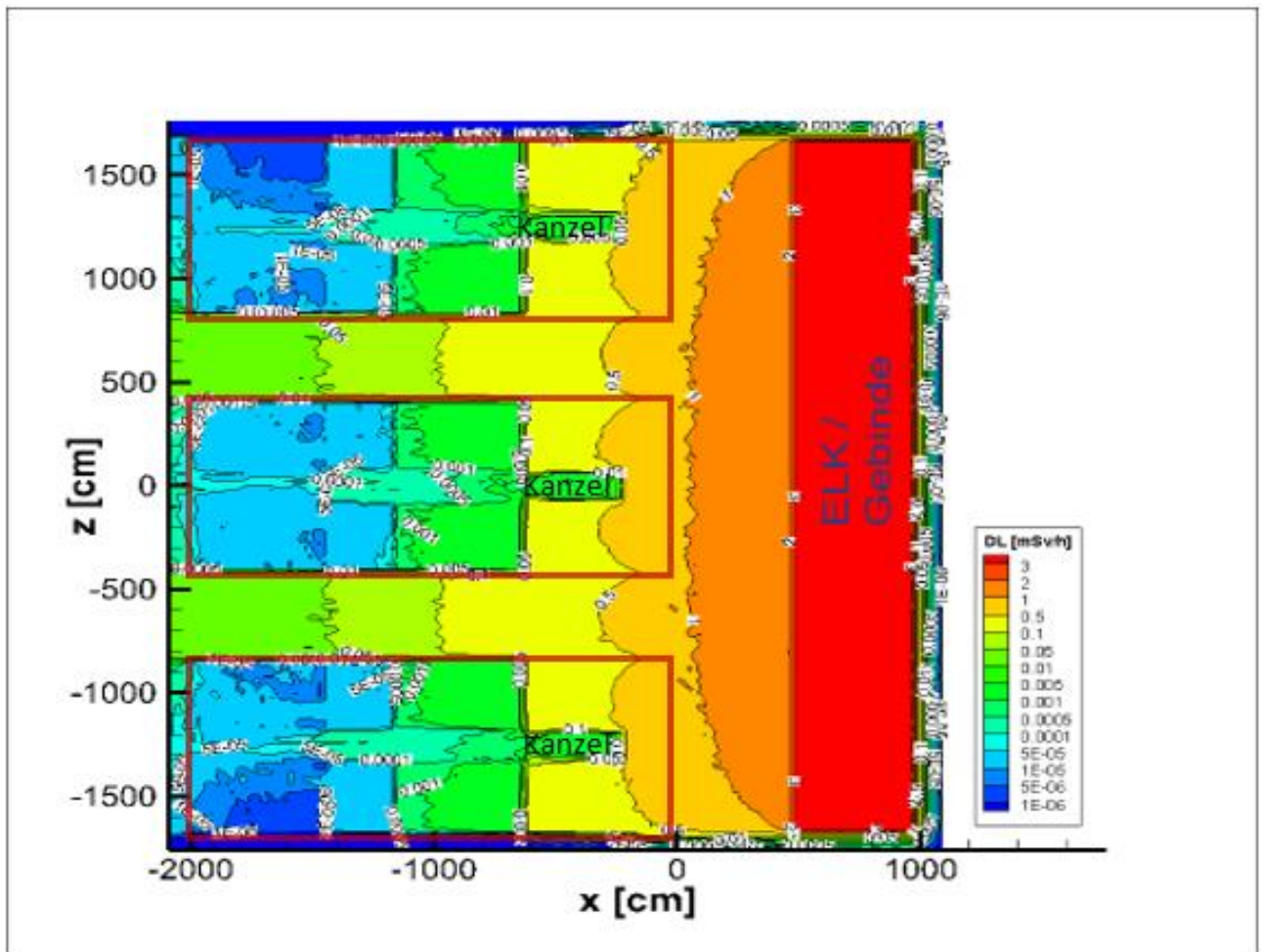


Abbildung 31: Horizontaler Schnitt durch die nebeneinander fahrenden Schildmaschinen auf Höhe des Steuerstandes mit Darstellung der erwarteten Dosisleistung

In Abbildung 32 wird die Schildmaschine im vertikalen Schnitt dargestellt. Die Abstufung der Farben zeigt die Abschirmwirkung des Schildes und der inneren Strukturen der Schildmaschine. In dem Steuerstand sowie in den Räumen hinter dem Hauptschild werden Strahlungswerte erwartet, die die Nutzung als Dauerarbeitsplätze zulassen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 84

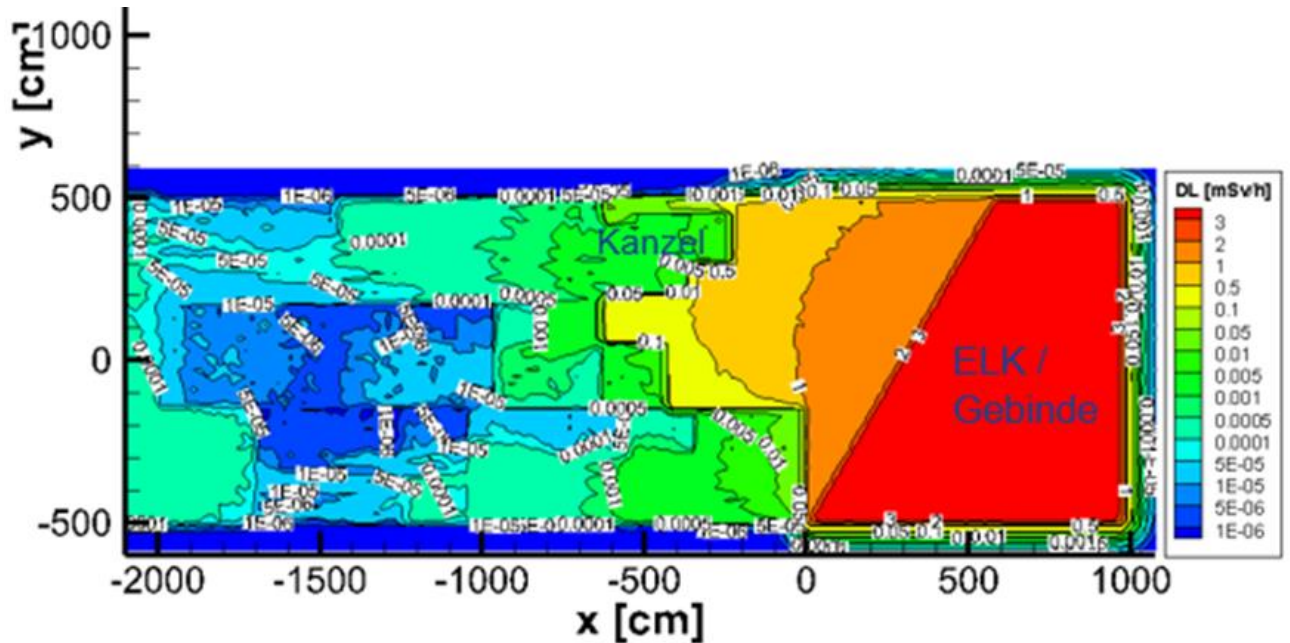


Abbildung 32: Vertikaler Schnitt durch eine Schildmaschine mit Darstellung der erwarteten Dosisleistung in den Räumen

- **Freisetzungen**

Die Abwetter aus den Schildmaschinen werden durch radiologische Feinfilter gereinigt (angelehnt an Typ H13) und durch den Schacht Asse 5 nach über Tage abgeleitet. Bei der Betrachtung zur Freisetzung im bestimmungsgemäßen Betrieb wird die berechnete Aktivitätskonzentration in der Fortluft mit den zulässigen Aktivitätskonzentrationen aus Strahlenschutzbereichen nach § 102 Abs. 2 mit Anlage 11 Teil D StrlSchV [13] verglichen und die Summenformel gemäß Anlage 11 Teil D StrlSchV [13] angewandt.

- **Strahlenschutzorganisation**

Die Verantwortlichkeiten und Aufgaben des Strahlenschutzes für den Betrieb werden in einer Strahlenschutzanweisung sowie weiteren innerbetrieblichen Regelwerken festgelegt.

Entsorgung von Radioaktiven Betriebsabfällen


Feste und flüssige radioaktive Abfälle

Feste und flüssige radioaktive Abfälle fallen nur in geringen Mengen an. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Proben von Wischtests und Dekontaminationsmitteln sowie um Betriebsflüssigkeiten der Maschinen. Diese werden in geeigneten Behältnissen gesammelt und fachgerecht entsorgt.

- **Abwässer**

Radioaktive Abwässer fallen nur in geringen Mengen an. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Kondenswasser der Klimaanlage. Die Abwässer werden in geeigneten Behältnissen gesammelt freigemessen und anschließend fachgerecht entsorgt.

Ggf. anfallende radioaktive Betriebsabfälle und Abwässer werden bei Bedarf an einen zu beauftragenden Dritten zur fachgerechten Entsorgung (ggf. Verbrennung, Verdampfung, Konditionierung mit anschließender Anlieferung) abgegeben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 85

3.9. Konzept zur Vorerkundung der ELK und vortriebsbegleitenden Erkundung

Für die Erarbeitung eines Erkundungskonzeptes wurde zunächst der derzeitige Kenntnisstand ermittelt, siehe Abschnitt 3.9.1.

Die Komplexität der Einlagerungssituation auf der 750-m-Sohle erforderte weiterhin eine Diskussion zum Erkundungsbedarf unter Berücksichtigung der zwingend benötigten Erkundungsziele, siehe Abschnitt 3.9.2.

Im Abschnitt 3.9.3 wird das Erkundungskonzept vorgestellt. Zunächst wird die zeitliche Abfolge erläutert und im Anschluss auf den empfohlenen Untersuchungsumfang eingegangen.

Da die komplexen Gegebenheiten der 750-m-Sohle nicht allumfassend erkundet werden können, verbleiben Unsicherheiten bzw. Restrisiken, die es verfahrenstechnisch minimal zu halten gilt. Diese Betrachtung ist im Abschnitt 3.9.4 mithilfe der Beschreibung konkreter Rückholsituationen dargestellt.

3.9.1. Derzeitiger Kenntnisstand


Der radiologische Ist-Zustand und die Herleitung der benötigten Informationen (z.B. Nuklidvektor) werden im Unterkapitel 6.2.1 beschrieben. Die großräumige gebirgsmechanische Situation und die damit verbundene verletzte Integrität der Steinsalzbarriere wurden im Unterkapitel 2.2 erläutert. Im Folgenden liegt der Fokus auf der Zusammenfassung des bisher durch die Faktenerhebung an der ELK 7/750 erhaltenen Kenntnisstandes.

Die ursprünglich für das Anbohren der ELK 7/750 und 12/750 im Rahmen der Faktenerhebung definierten Ziele lauteten wie folgt [28]:

- Bestimmung von Gasen und Aerosolen in den Einlagerungskammern und gegebenenfalls Ausbreitung der Aktivität in den Stößen,
- Kenntniserwerb über den Gebindezustand in den Einlagerungskammern,
- Ermittlung von Vorkommen von Lösungen in den Einlagerungskammern,
- Kenntniserwerb über den Aufbau des Verschlussbauwerkes (als Vorbereitung zum seinerzeit vorgesehenen Schritt 2 Kammeröffnung),
- Gebirgsmechanische Verifizierung (u.a. Kammerzustand, Zustand der Schweben und Pfeiler).

Zur Erreichung dieser Erkundungsziele sollten unterschiedliche Bohrungen erstellt werden, die wie folgt klassifiziert wurden:

- Typ A: Erkundung des Verschlussbauwerkes und des potenziellen, unmittelbar dahinter bzw. darüber liegenden Hohlraums
- Typ B: Ermittlung des Schwebenzustands und Detektion von Hohlräumen in der ELK durch Bohrungen in die Schweben bzw. Pfeiler
- Typ BA: Erkundung der zuvor detektierten Kammerhöhlräume
- Typ C: Erkundung der ggf. vorhandenen Lösung im Kammersohlenbereich sowie
- Typ D: Erkundung der Kammerpfeiler

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AAANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 86

Aufgrund des Zeitverzugs der Erkundungsmaßnahmen einschließlich des zugehörigen Genehmigungsprozesses wurde zwischenzeitlich entschieden, auf die Bohrungen des Typs C zu verzichten. Zusammenfassende Berichte über alle durchgeführten Untersuchungen liegen für die Bohrungen B7/750-A1 und-A3 vor [29] [30]. Für die weiteren Bohrungen (B1, B1.2, B4, B5, BA, D1, D2) sind diese noch in Erstellung. Für die vorliegende Planung wurde eine Zusammenfassung der Randbedingungen und der wesentlichen Erkenntnisse zu allen Bohrungen in [31] genutzt.

Nach [32] und [33] lassen sich die wesentlichen Erkenntnisse der im Rahmen der Faktenerhebung durchgeführten Bohrungen und Untersuchungen wie folgt zusammenfassen:

- Der Aufbau des Verschlussbauwerks wurde wie in den vorliegenden Unterlagen dargestellt vorgefunden. Allerdings zeigte sich, dass sich das im Bauwerk vorhandene Bitumen stärker als erwartet verändert hat.
- Die Schwebelage über der ELK weist einen hohen Schädigungsgrad auf. Es wurden Risse und aufgelockerte Bereiche nachgewiesen.
- Weiterhin ist die Schwebelage durch den Gebirgsdruck gestaucht, was an einer Aufwölbung der Sohle in der darüber liegenden Kammer (Abbau 7/725) ersichtlich wird.
- Die Schädigung in den Randbereichen der ELK 7/750 sind nicht einheitlich. So wurden etwa umfangreiche Risse im Norden der Kammer gefunden, während der Osten nur geringe Schädigungen aufweist.
- In den Rissen konnten Radon, Wasserstoff und deutlich verringerte Sauerstoffkonzentrationen gemessen werden. Es bestehen also Verbindungen zur Kammeratmosphäre.
- Eine Kamerabefahrung der Bohrung B7/750-BA lieferte Bilder aus dem Dombereich der ELK. Durchgeführte Verfüllmaßnahmen mit Salz sind nicht erkennbar. Die VBA weisen teilweise Schädigungen auf. Auch ein beschädigtes Fass ist zu erkennen.
- Die Kammeratmosphäre weist eine Radonaktivität von rund 45 kBq/m³ auf (Radon-222). Auch Krypton-85 wurde mit einer Aktivität von rund 70 kBq/m³ gemessen. (Diese Werte wurden für Einlagerungskammern in der Schachanlage Asse II erwartet und stellen somit die Rückholung nicht in Frage).
- Mit rund 5.000 ppm Wasserstoff wird die untere Explosionsgrenze von 40.000 ppm weit unterschritten. In der Kammeratmosphäre befinden sich rund 10 % Sauerstoff und 90 % Stickstoff.

Die derzeit in Vorbereitung befindliche Faktenerhebung im Bereich der ELK 12/750 wird weitere wichtige Erkenntnisse liefern.

Der Kenntnisstand zur Umgebung weiterer Einlagerungskammern und der zu durchörternden Abbaue auf der 750-m-Sohle ist erheblich geringer. Unter den hierzu vorliegenden Unterlagen, ist insbesondere die Präsentation [34] für die vorliegende Konzeptplanung relevant.

3.9.2. Diskussion Erkundungsbedarf

Für den Nahbereich der meisten Einlagerungskammern und Abbaue bestehen noch viele Unsicherheiten hinsichtlich gebirgsmechanischer Situation, Salzlösungsvorkommen, Kammeratmosphäre, Ortsdosisleistung u.v.m.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 87

Die übergeordnete (theoretische) Zielstellung der Vorerkundung ist die Erlangung aller wesentlichen Parameter, die zur Entwicklung eines sicheren genehmigungsfähigen Rückholverfahrens und hier insbesondere einer adäquaten Maschinenteknik benötigt werden.

Aus bergbaulich-gebirgsmechanischer Sicht sind dies

- der Zustand der Schweben, Stöße, Pfeiler und Sohlbereiche hinsichtlich
 - Standfestigkeit (Auflockerungen, Rissinventar)
 - Vorhandensein von Lösungen und Gasen
- die möglichst genaue Kenntnis der tatsächlichen Kammerkonturen.

Aus radiologischer Sicht ist die Kenntnis der

- Kammeratmosphäre und der jeweiligen
- Ortsdosisleistung

von übergeordneter Bedeutung.

Ein entscheidendes Ziel von Vorerkundungsmaßnahmen ist die Reduzierung (unnötig) konservativer Annahmen. Punktuelle Erkundungsergebnisse sind wünschenswert, werden aber nur bedingt auf andere Bereiche übertragbar sein und damit kaum zur Verringerung anzunehmender Konservativitäten beitragen.

Im Hinblick auf die Erlangung einer Genehmigung für Erkundungsmaßnahmen und den Erfahrungen aus der Faktenerhebung sollte das Erkundungskonzept auch die zeitliche Umsetzbarkeit berücksichtigen. Weiterhin ist von zentraler Bedeutung, welche behördlichen Voraussetzungen zur Erteilung der Genehmigung für die Rückholung erfüllt sein müssen. Die Erteilung einer Genehmigung für die Rückholung allein auf Basis des Erkundungsstandes nach Abschluss der Faktenerhebung an den Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 ist unwahrscheinlich.


3.9.3. Erkundungskonzept

Erkundungsmaßnahmen sind möglichst frühzeitig durchzuführen. Bedingt durch die nicht mehr gegebene Zugänglichkeit der 750-m-Sohle, ist die Durchführung weiterer Erkundungsmaßnahmen von der 700-m-Sohle aus vorzusehen, womit ein zeitlicher Mehraufwand einhergeht. Die Erkundungsmaßnahmen können aufgrund dessen wie folgt untergliedert werden:

- Erkundung des Umfeldes der ELK 1/750 und der ELK 2/750 von der 700-m-Sohle aus. Damit wäre der „Startbereich“ (Kammergruppe Ost) soweit erkundet, dass die Rückholung dort beginnen kann. Diese Maßnahmen erfordern die Auffahrung mindestens eines Bohrortes auf der 700-m-Sohle.
- Erkundung aller weiteren Einlagerungskammern und der zu durchörternden Abbaue 3/750 und 9/750 aus den Begleitstrecken, sobald diese aufgefahren und durchschlägig sind. Diese Erkundungsmaßnahmen erstrecken sich über das Ende der Rückholphase A bis in die Rückholphase B.

Die zeitliche Abfolge der Erkundungsmaßnahmen im Zusammenwirken mit der Schwebenstabilisierung (Unterkapitel 3.10) und der Erstellung der Stützbauwerke in den zu durchörternden Pfeilern (Abschnitt 3.13.10) ist in Abbildung 33 schematisch dargestellt.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 88

Die Einlagerungskammern 1/750, 2/750 und 12/750 (Kammergruppe Ost) zeichnen sich durch die nicht vorhandene Überbauung aus und unterscheiden sich in diesem Merkmal wesentlich von den weiteren Einlagerungskammern. Aufgrund dessen wird zwar mit begrenzten Firstabschalungen gerechnet, aber es wird angenommen, dass es sich hierbei nicht um tiefgreifende Schädigungen handelt. Eine im Unterkapitel 3.10 beschriebene Schwebenstabilisierungsmaßnahme wird dort nicht vorgesehen. Aus diesem Grund ist die Kammergruppe Ost auf den folgenden Abbildungen grün hinterlegt. Es ist zu erwarten, dass hierzu nach Abschluss der Arbeiten der Faktenerhebung an ELK 12/750 genauere Aussagen getroffen werden können.

Die folgenden im Rahmen der Faktenerhebung zum Einsatz gekommenen Erkundungsverfahren werden auch für die Vorerkundung für die Rückholung als ausreichend betrachtet:

- Kamerabefahrungen,
- Optische Bohrlochscans,
- Minimalspannungssondierungen,
- Gaspermeabilitätsmessungen,
- Georadarmessungen,
- Magnetfeldmessungen,
- Seismische Tomografie.

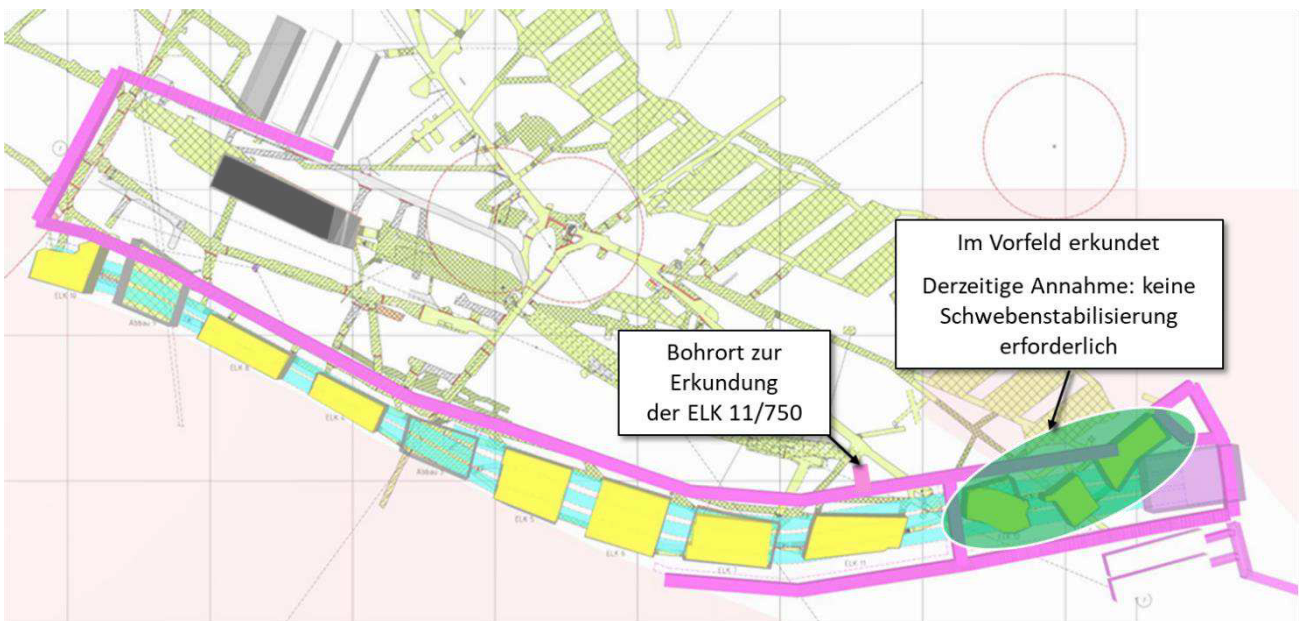



Abbildung 33: Zeitpunkt 1 - Erkundung der ELK 11/750 (Prinzipische Skizze)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 89

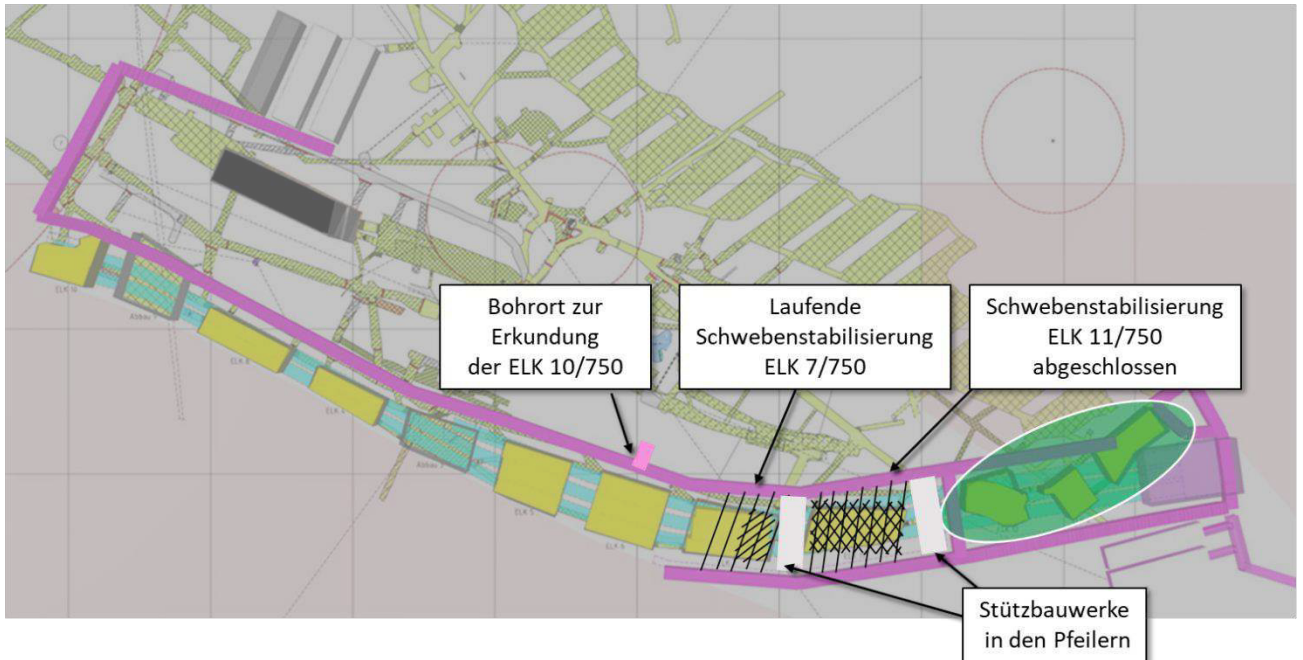


Abbildung 34: Zeitpunkt 2 - Erkundung der ELK 6/750, erste Schwebenstabilisierungsmaßnahmen und Errichtung erster Stützbauwerke in den Pfeilern (Prinzipiskizze)

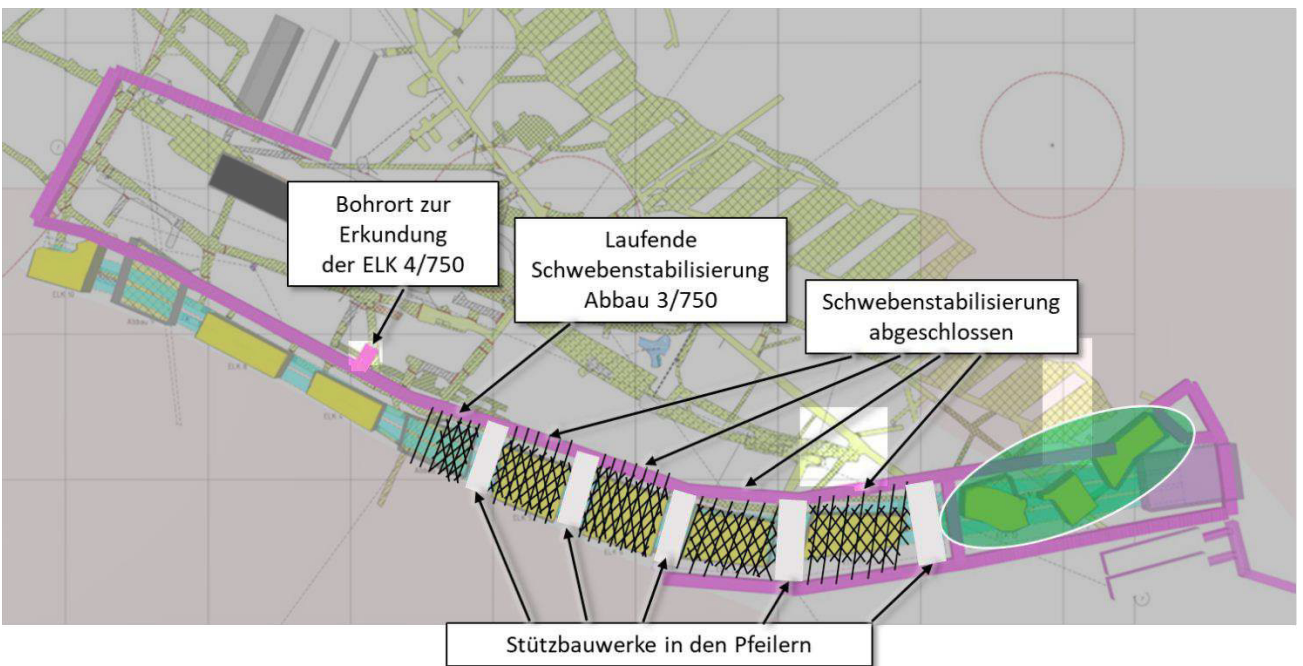


Abbildung 35: Zeitpunkt 3 - Erkundung der ELK 4/750, fortschreitende Schwebenstabilisierung und Errichtung von Stützbauwerken in den Pfeilern (Prinzipiskizze)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 90

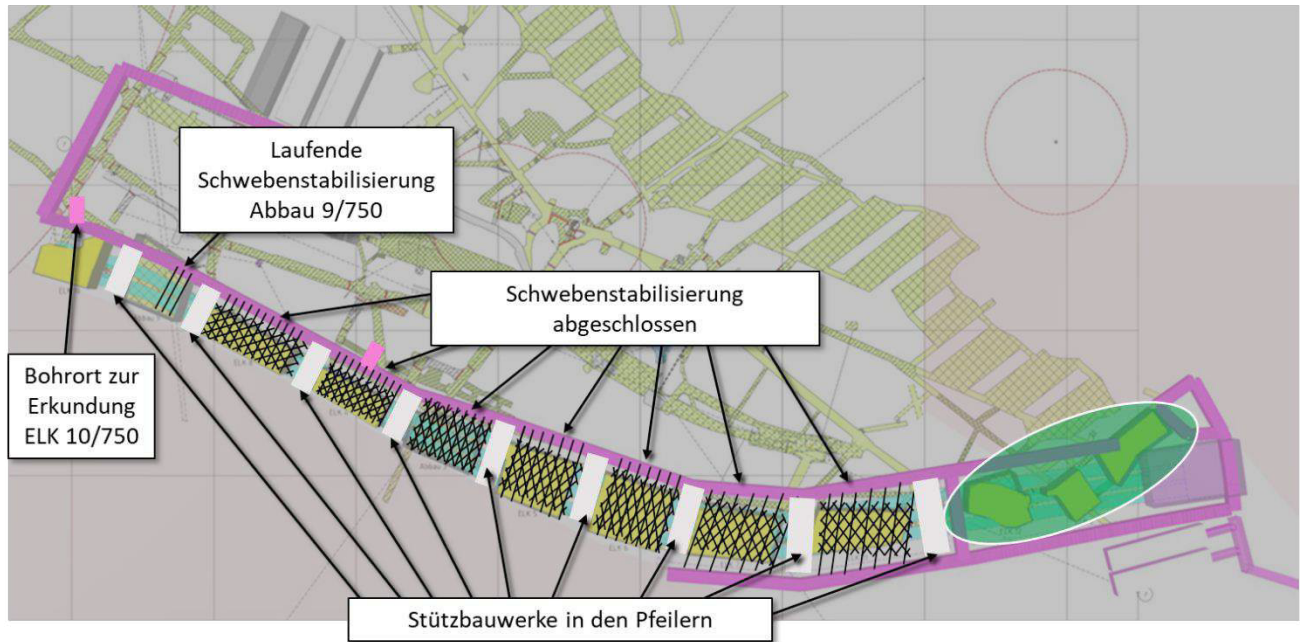


Abbildung 36: Zeitpunkt 4 - Erkundung der ELK 10/750, fortschreitende Schwebenstabilisierung und Errichtung von Stützbauwerken in den Pfeilern (Prinzipische Skizze)

3.9.4. Verfahrenstechnische Minimierung von Restrisiken

- Tragfähigkeit des Fahrplanums


Eine möglichst umfassende Kenntnis der Beschaffenheit des Fahrplanums der Schildmaschinen ist vorteilhaft. Der Fahrspur der Schildmaschinen folgend, betrifft das die Sohlbereiche der Montagekavernen, Anfahrestrecken und aller zu durchörternden Einlagerungskammern, Pfeiler und Abbaue. Das Fahrplanum muss ausreichend standfest sein, um ein Absinken oder Schiefstellen der Schildmaschinen auszuschließen. Eine Durchfeuchtung der Sohle, die für einen Großteil der Einlagerungskammern zu erwarten ist, kann sich hierbei negativ auswirken. Nach der Erkundung werden Restunsicherheiten verbleiben. Eine Maßnahme zur Vermeidung des Absinkens/Schiefstellens, besteht darin, nicht standfeste Bereiche vor den Schildmaschinen abzutragen und gegen einen tragfähigen Ersatzbaustoff (bspw. Sorelbeton) auszutauschen.

- Standsicherheit freigelegter Firsten

Die Standsicherheit freigelegter Firsten ist von zentraler Bedeutung. Gemäß den zu erwartenden, teilweise erheblichen Schädigungen der Schweben ist davon auszugehen, dass eine Freilegung größerer Firstflächen ohne weitere Sicherungsmaßnahmen zu Verbrüchen führt. Nach der Erkundung werden auch diesbezüglich Restunsicherheiten verbleiben, die verfahrenstechnisch durch die vorseilende Schwebenstabilisierung (Unterkapitel 3.10) und die rückholbegleitende Firstabstützung minimiert werden.

Innerhalb der zu durchörternden Pfeiler ist die Firste durch die vorab erstellten Stützbauwerke in den Pfeilern gegeben. Diese sind so zu dimensionieren, dass sie gefahrlos unterfahren werden können.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 91

- Standsicherheit freigelegter Stöße

Die 3 Schildmaschinen durchfahren die Einlagerungskammern, Pfeiler und Abbaue weitestgehend parallel. Die beiden äußeren Schildmaschinen legen beim Durchfahren der Einlagerungskammern die jeweils nördlichen bzw. südlichen Stöße frei. In den Randbereichen der Kammerstöße ist mit Abschalungen zu rechnen, die sich beim Freilegen lösen können. Der Umgang mit diesem Nachbruch ist in weiteren Planungsphasen zu betrachten. Es besteht die Möglichkeit dieses Haufwerk vor Ort zu belassen, oder mittels Manipulatoren aufzunehmen, evtl. zu zerkleinern und abzutransportieren. Ebenfalls zu klären ist, wie weit die Stöße möglicherweise kontaminiert sind und für die spätere Silllegung nachgeschnitten werden müssen.

Bei der Rückholung mittels SVV sind auch die Abbaue 3/750 und 9/750 zu durchhörern. Diese Abbaue sind mit Salzgrus aus dem Tiefenaufschluss im Sturzversatz verfüllt worden. Zudem wurden die Firstspalte beider Abbaue mit Sorelbeton verfüllt. Es ist davon auszugehen, dass das Salzgrus bis zu Beginn der Rückholung so stark kompaktiert wurde, dass es standfest ist und mittels Fräsarbeit gelöst werden muss. Die Stöße werden als weitestgehend standfest angenommen. Ein diesbezüglicher Erkundungsbedarf wird hier nicht als erforderlich erachtet.

Beim Durchhörern der Pfeiler kann von standfesten Bedingungen in den nördlichen und südlichen Stößen ausgegangen werden. Ein Erkundungsbedarf ist diesbezüglich aufgrund der Auffahrung bzw. Erstellung der Pfeilerverstärkungs- bzw. Pfeilerabfangbauwerke nicht gegeben.

- Standsicherheit der Ortsbrust


Eine genaue Kenntnis der aktuellen Lagesituation der Gebinde in allen Einlagerungskammern ist wünschenswert. Es ist davon auszugehen, dass sich ein Großteil der eingelagerten Gebinde in einem erheblich schlechteren Zustand befindet, als dies zur Zeit der Einlagerung der Fall war. Neben möglichen Beschädigungen durch die Einlagerungstechnik sind hier v.a. Einflüsse aus Kompaktion, Durchfeuchtung (Korrosion) und Lageveränderungen, z.B. durch mögliches Herabfallen von Firstlösern, zu besorgen. Mit den aktuell zur Verfügung stehenden Erkundungsmöglichkeit ist ein Informationsgewinn zu den herrschenden Lagerungsverhältnissen nicht zu erwarten. Dementsprechend muss die Maschinenteknik so ausgelegt sein, dass eine möglichst flache Böschung hergestellt werden kann. Möglichkeiten zur Sicherung der Ortsbrust werden im Abschnitt 3.14.9 beschrieben.

In den Randbereichen sämtlicher zu durchhörternder Pfeiler ist mit Abschalungen zu rechnen, die sich beim Anfahren lösen können. Diese müssen von den Manipulatoren aufgenommen, evtl. zerkleinert und abtransportiert werden. Auch hier wird der Erkundungsbedarf durch die im Vorfeld zu errichtenden Pfeilerverstärkungs- bzw. Pfeilerabfangbauwerke minimiert.

3.10. Konzept zur Stabilisierung der Firste und Schweben

Der Zustand der Schweben ist im Unterkapitel 2.2 beschrieben. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass:

- für die Schwebe über ELK 7/750 ein signifikanter Schädigungsgrad nachgewiesen wurde (u.a. [5, 35],
- für alle weiteren Schweben der Kammergruppe Süd ein signifikanter Schädigungsgrad zu erwarten ist,

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 92

- belastbare Ergebnisse zum Zustand der Firste über ELK 12/750 durch die Erkundungen im Rahmen der Faktenerhebung erwartet werden.

Nach Einschätzung der Inge KRS ist daher eine der Rückholung vorausseilende Stabilisierung der Schweben unumgänglich. Diese Maßnahme wird im Folgenden näher beschrieben.


Im Laufe der vorliegenden Konzeptplanung wurden unterschiedliche Möglichkeiten der vorausseilenden Schwebenstabilisierung geprüft. Das im Ergebnis vorteilhafteste Verfahren basiert im Wesentlichen auf Injektionen und wird im Folgenden näher beschrieben.

Es wird davon ausgegangen, dass vor Beginn der Stabilisierung die Erkundungsmaßnahmen an der zur Rückholung der Gebinde mit den radioaktiven Abfällen vorgesehenen Einlagerungskammer bzw. Schweben abgeschlossen sind. Für die Positionierung und Ausführung der Injektionsbohrungen bedeutet dies, dass

- die aktuelle Geometrie der ELK, insbesondere die Lage des der Begleitstrecke zugewandten Kammerstoßes und der Firste bekannt ist,
- die Kammeratmosphäre bekannt ist, sowie
- der Zustand der Schweben, dabei insbesondere die Lage und die zu erwartenden Öffnungsweiten von Rissen weitgehend bekannt sind.

Von diesem Kenntnisstand ausgehend, kann ein Bohrraster erstellt werden, mit dem möglichst viele Risse durchörtert und injiziert werden können. Die Prinzipskizze in Abbildung 37 zeigt ein Beispiel für eine fächerartige Anordnung von Bohrlöchern, mit der ein Großteil der (hier schematisch eingezeichneten) Risse in der Schweben bis hin zum Sohlbereich des darüber liegenden Abbaus erfasst werden kann. Der mögliche Endzustand nach erfolgreicher Injektion ist, ebenfalls in Form einer Prinzipskizze, in Abbildung 38 dargestellt. Die gezeigten Bohr- bzw. Injektionsfächer müssen im Abstand weniger Meter über die gesamte Länge der jeweiligen ELK erstellt werden, um eine großvolumig wirkende Vergütung der Schweben zu erreichen. Die Injektionsfächer werden aus der Begleitstrecke auf ca. 735 m Teufe erstellt.

Um die Umrüstzeiten bei der erheblichen Anzahl von Bohrlöchern zu minimieren, empfiehlt sich hier die Nutzung eines Bohrwagens. Dieser sollte über eine um 90° schwenkbare Bohrlafette verfügen, um das Platzangebot in der Begleitstrecke bestmöglich auszunutzen (Abbildung 39).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 93

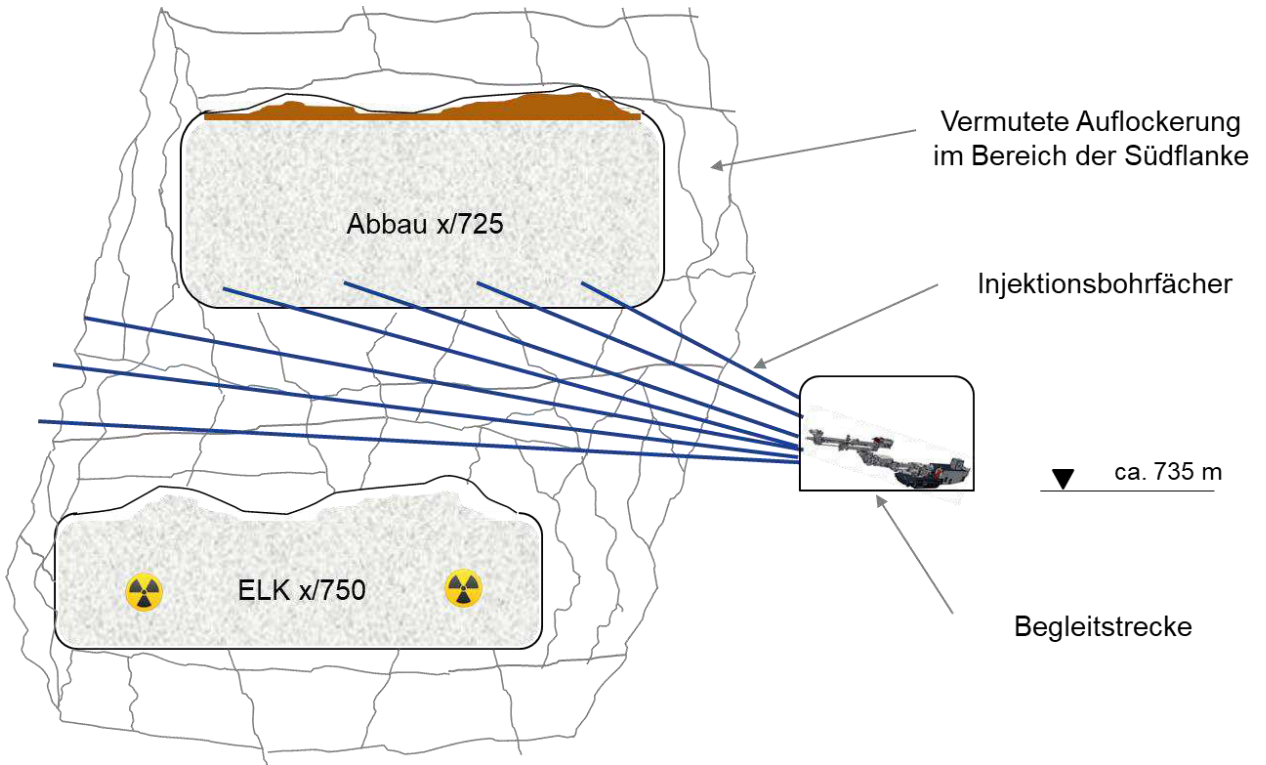


Abbildung 37: Erstellung eines Injektionsbohrfächers zur vorauseilenden Schwebenstabilisierung aus der Begleitstrecke (Prinzipiskizze)

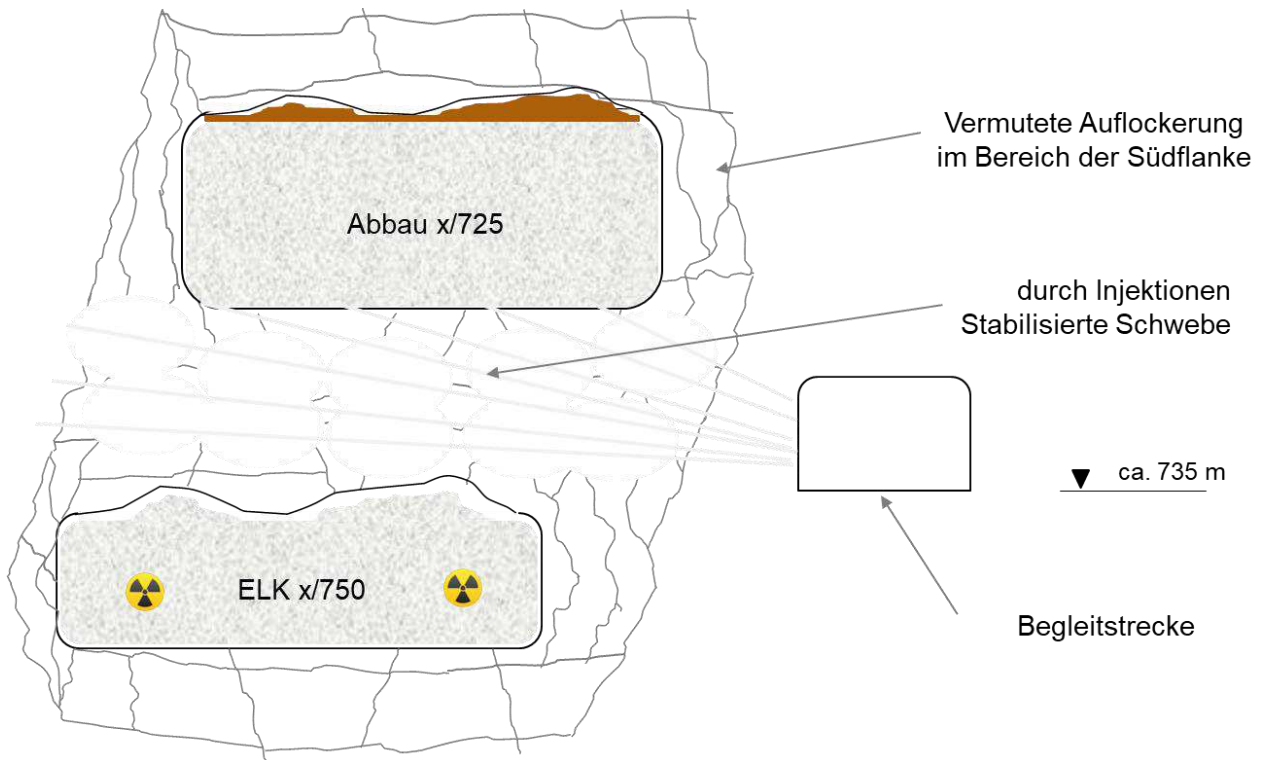



Abbildung 38: Situation nach erfolgter Injektion (Prinzipiskizze)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 94
---	------------------



Abbildung 39: Beispiel eines untertagegängigen Bohrwagens mit schwenkbarer Lafette (Quelle: dh Mining Systems)

Die Verfahrenstechnische Durchführung und die genehmigungsrechtlichen Rand- und Rahmenbedingungen dieser Maßnahme sind in weiteren Planungsphasen zu konkretisieren. Ein rationaler Verfahrensablauf ist im Hinblick auf die benötigte Anzahl der Bohrungen (mehrere Hundert) erforderlich.

Eine vorausseilende Schwebenstabilisierung wird als zentrales Erfordernis für die Aufrechterhaltung der Standsicherheit des Tragsystems rund um die 750-m-Sohle erachtet. Für die hier beschriebenen vorausseilenden Stabilisierungsmaßnahmen ist zunächst ein primäres, grobes Bohrraster zu erstellen. Je nach Standfestigkeit der Bohrlöcher kann das Injektionsgut entweder aus dem offenen Bohrloch unter Einsatz von Blähpackern, oder mithilfe von Hohlstabankern oder Manschettenrohren ins Gebirge verpresst werden (Abbildung 40).



Abbildung 40: Beispiele für Injektionszubehör: Blähpacker im offenen Bohrloch (links, Quelle: Desoi GmbH), Manschettenrohr (Mitte, Quelle: Züblin AG), Hohlstabanker in GFK-Ausführung (rechts, Quelle: Redpath Deilmann GmbH)

Die Nutzung von Injektionsankern oder Manschettenrohren aus Stahl oder glasfaserbewehrten Kunststoffen (GFK) hätte den positiven Effekt einer zumindest geringfügigen Aussteifung der Schweben im Sinne einer Bewehrung, wirkt sich allerdings negativ auf die für die Silllegung erforderliche Erfassung der Eisenbilanz aus.

Nach der Injektion durch die primären Bohrlöcher ist das Bohrraster zu verdichten, in dem sekundäre Bohrungen auf den Zwischenpositionen gestoßen und verpresst werden. Je nach Injektionserfolg können bzw. müssen weitere Bohrungen gestoßen werden. Der Injektionserfolg kann beispielsweise über Kernbohrungen oder Bohrloch-Permeabilitätsmessungen überprüft werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 95

Für die Injektionsarbeiten sind Abbruchkriterien wie beispielweise Maximaldrücke festzulegen und diese mit großer Sorgfalt einzuhalten. Ansonsten drohen neue Risse in den Schweben, wodurch sich die gewünschte Stabilisierung ins Gegenteil verkehrt würde.

Bei der Auswahl des Injektionsgutes wird ein thixotropes Material empfohlen. Im Steinsalz erprobte thixotrope Silikatharze sind am Markt verfügbar. Denkbar ist aber auch, die derzeit auf der Schachanlage Asse II eingesetzten Injektionsmörtel auf Magnesiabasis hinsichtlich eines thixotropen Materialverhaltens weiterzuentwickeln.

3.11. Begleitendes Monitoring


Die Schachanlage Asse II verfügt bereits zum derzeitigen Zeitpunkt über ein umfangreiches Monitoringsystem. Gemäß [36] sind im Bereich der Südflanke derzeit die folgenden Messsysteme in Betrieb:

- 83 Konvergenzmessquerschnitte
- 25 querschlägige Extensometer
- 9 Firstextensometer
- 13 Inklinometerbohrungen
- 39 Gebirgsspannungsmonitorstationen
- 17 Versatzdruckmessquerschnitte
- 17 Porenwasserdruckgeber
- 32 Fissurometer
- Gipsmarken
- 12 Temperaturmessketten
- 10 Luftfeuchtemessketten
- 215 Kontrollbohrungen
- 10 Pegelmessstellen

In Summe sind dies zum Stand 31.12.2020 486 aktive geotechnische Messsysteme und Messbohrungen.

Das Ziel der Überwachung ist die Erfassung des groß- und kleinräumigen Spannungs-/Verformungsverhaltens der tragenden Elemente des Baufeldes an der Südflanke, des Verformungsverhaltens des Grubengebäudes selbst und im Verbund mit dem Neben- und Deckgebirge. Weiterhin werden mikroseismische und mikroakustische Messungen zur Detektion von Bruchvorgängen im Gebirge und Radarmessungen zur Erkundung von Auflockerungszonen durchgeführt sowie die Parameter der im Grubengebäude austretenden Salzlösungen und der eingebrachten Versatzstoffe erfasst bzw. durch entsprechende Untersuchungen bestimmt [36].

Damit werden die Gebirgsreaktionen, insbesondere im Hinblick auf die Wirksamkeit der durchgeführten Verfüll-/Stabilisierungsmaßnahmen sowie die Untersuchung und Bewertung der Lösungsaustritte im gesamten Grubengebäude im Hinblick auf die bestehende hydrogeologische Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 96

Gefährdung überwacht. Weiterhin werden aus dem laufenden Monitoring bei Bedarf Empfehlungen für weitere oder vorgezogene Stabilisierungsmaßnahmen im Hinblick auf die deutlich verlängerte Betriebsphase und die geplante Rückholung der radioaktiven Abfälle abgeleitet [36].

Die Messwerte und deren Interpretationen werden einmal jährlich unter dem Berichtstitel „Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen – Jahresbericht Geomonitoring Asse“ niedergeschrieben und der Öffentlichkeit im sogenannten „Gebirgsbeobachtungsgespräch“ präsentiert.

Die Rückholung stellt in jedem Fall einen erheblichen Eingriff in das Tragsystem der Schachanlage Asse II dar. Neben der Erhaltung des bereits betriebenen Monitorings ist eine Erweiterung auf das Rückholbergwerk und allem voran die Umgebung der 750-m-Sohle unabdingbar. Das rückholbegleitende Monitoring ist von zentraler Bedeutung, da die Standsicherheit des Tragsystems zu jeder Zeit gewährleistet sein muss.

Im Folgenden werden die im Rahmen der Konzeptplanung erarbeiteten Maßnahmen für ein rückholbegleitendes Monitoring dargelegt. Der Fokus liegt hierbei auf dem direkten Umfeld der 750-m-Sohle. Zusätzlich sollte auch das übrige Grubengebäude des Rückholbergwerkes marktscheiderisch überwacht werden. Abgesehen von großvolumigen Infrastrukturräumen ist davon auszugehen, dass hierzu keine über einen konventionellen Bergwerksbetrieb hinausgehenden Maßnahmen zu ergreifen sind.

Die zentrale Zielstellung des rückholbegleitenden Monitorings ist, den möglichen Verlust der Gesamtstandsicherheit der Schachanlage Asse II und damit verbunden einen möglichen AÜL durch frühzeitige Messwerterfassungen und daraus resultierende Handlungsempfehlungen zu verhindern.

Frühzeitige Warnhinweise, die messtechnisch erfasst werden können, sind v.a.

- der Aufbau von kritischen Spannungszuständen in den Pfeilerbereichen,
- das Auftreten von Gebirgsverformungen,
- das Auftreten von Bruchprozessen im Gebirge, insbesondere in den Schweben.


Der Aufbau von kritischen Spannungszuständen kann über Spannungsmessstationen erfolgen. Wie schon bei den derzeitig betriebenen Stationen empfiehlt sich hierzu der Einbau von Druckkissen unterschiedlicher Orientierung.

Das Auftreten von Gebirgsverformungen kann auf vielfältige Weise überwacht werden. In offenen Querschnitten kann dies z.B. über Abstands- und Winkelmessungen unterschiedlicher Ausführung erfolgen. An Gebirgsstößen können Fissurometer (bzw. in einfacherer Form Gipsmarken) verbaut werden. Im Gebirgskörper lassen sich Verformungen i.W. über Inklinometer und Extensometer erfassen.

Im Zusammenhang mit Bruchprozessen treten u.a. seismische Wellen und akustische Schwingungen auf, die mittels hochsensibler Messgeräte aus den Bereichen der Mikroseismik und Mikroakustik detektierbar sind. Es empfiehlt sich, das mikroseismische und das mikroakustische Messnetz im Bereich um die 750-m-Sohle auszubauen.

Prinzipiell empfehlenswert ist eine digitale Messwerterfassung, die in Echtzeit aus einer zentralen Monitoringstation heraus überwacht werden kann. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die Arbeiten in den Schildmaschinen im Falle von nicht tolerierbaren Gebirgsbewegungen unterbrochen werden können.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 97

Von zentraler Bedeutung für die Rückholung ist die messtechnische Überwachung der Schweben und Pfeiler, weshalb auf diese in den folgenden Unterkapiteln genauer eingegangen wird.

3.11.1. Überwachung der Schweben

Während der Rückholung werden die Schweben über der jeweiligen ELK teilweise freigelegt. Auch wenn dies mit größter Vorsicht geschieht und die Schweben vorab stabilisiert wurden, ist das Freilegen der Schweben einer der für die lokale und großräumige Standsicherheit kritischer Vorgang.

Eine Möglichkeit der Erfassung von Bewegungen in den Schweben liegt in der Verwendung von Inclinometer-Messketten an ausgewählten Bohrlöchern über allen Einlagerungskammern sowie den zu durchörternden Abbauen 3/750 und 9/750 (Abbildung 41).

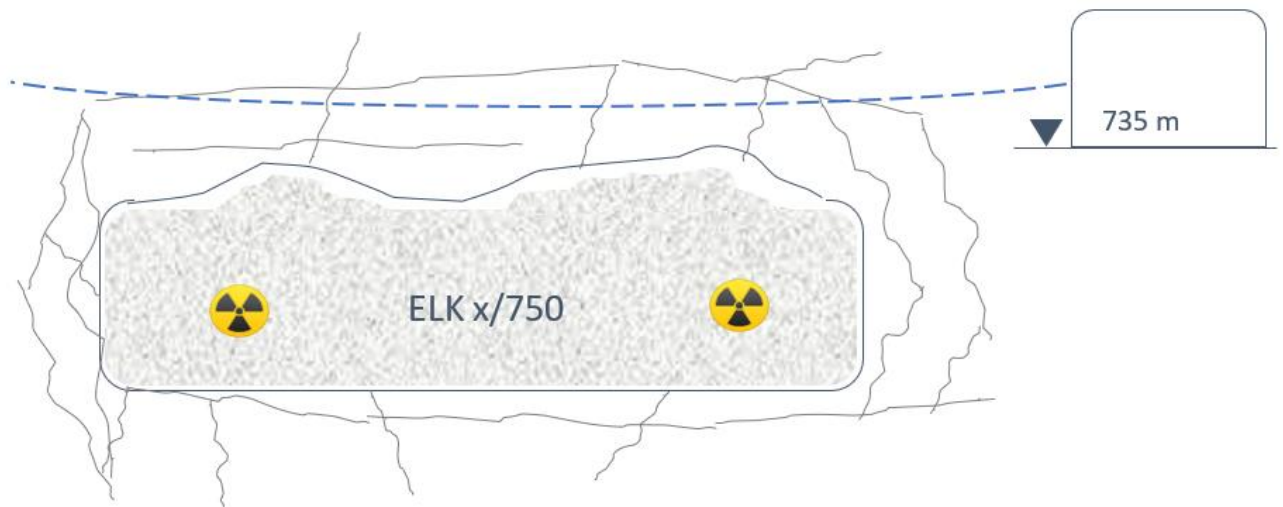


Abbildung 41: Schematische Darstellung einer Inclinometer-Messkette in der Schweben

Der Einbau dieser Messketten kann aus der Begleitstrecke auf ca. 735 m Teufe heraus nach Abschluss der Stabilisierungsmaßnahmen erfolgen. Dieses Vorgehen ist u.a. aus der Überwachung von Rohrschirmen im Tunnelbau bekannt (Abbildung 42).

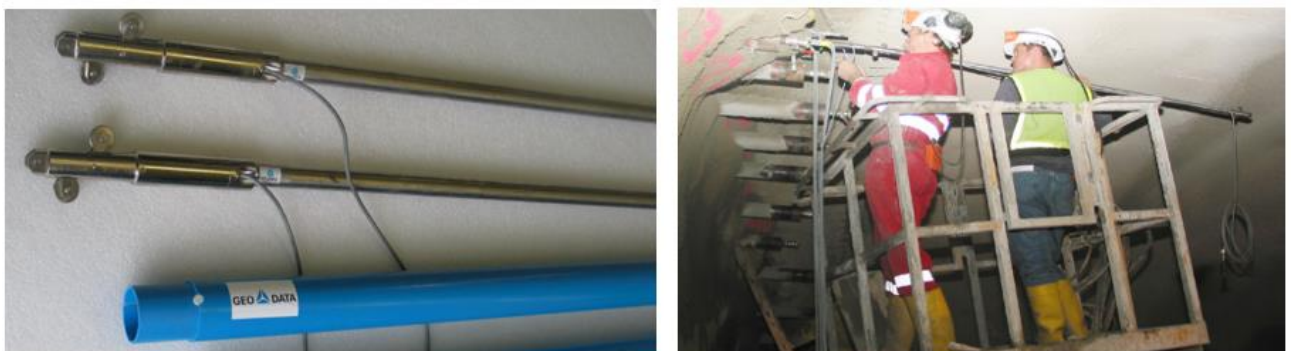



Abbildung 42: Beispiel einer Inclinometer-Messkette (links, Quelle: Geodata ZT GmbH); Einsatz in einem Rohrschirm im Tunnelbau (rechts, Quelle: Züblin AG)

Eine weitere Möglichkeit zur Überwachung der Schweben und teilweise der Kammerkonturen ist die Nutzung von mobilen oder fest in den Schildmaschinen installierten Laserscannern. Mit dem Einsatz von Laserscannern können auch im untertägigen Bergbau komplexe Strukturen mit hoher Auflösung erfasst werden. Auf Basis einer „Nullmessung“ können durch weitere Messungen Bewegungen detektiert werden. Ein Beispiel einer Punktwolke aus dem untertägigen Bergbau zeigt Abbildung 43.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 98



Abbildung 43: Beispielhaftes Abbild einer Laserscan-Messung in einem Füllort (Quelle: Redpath Deilmann GmbH)

3.11.2. Überwachung der zu durchörternden Pfeiler

Im Zuge der Erstellung der Abfangbauwerke in den Pfeilern können dort Messsysteme installiert werden. Nach erfolgreicher Auffahrung eines Teilbereiches und vor der Verfüllung desselben mit Baustoff besteht eine Zugangsmöglichkeit um diese Installation vorzunehmen.

Um in den zu durchörternden Pfeilern insbesondere die Entwicklung von kritischen Spannungszuständen zu überwachen, sind Spannungsmessstationen mit Druckkissen in unterschiedlicher Orientierung vorzusehen. Die üblicherweise ölfüllten Kissen sind mit Druckgebern versehen, die hydraulische Druckänderungen z.B. mittels Schwingsaitenaufnehmer in elektrische Signale umwandeln, die kabelgebunden zur Begleitstrecke geführt und dort ausgelesen oder weitergeleitet werden können.


3.11.3. Überwachung der Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern und den Begleitstrecken

Auch die Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern und den Begleitstrecken werden bei der Rückholung stark beansprucht. Um die Entwicklung von kritischen Spannungszuständen zu erfassen, empfiehlt sich auch hier der Einsatz von Spannungsmessstationen. Diese können über Bohrungen aus der Begleitstrecke heraus im Gebirge platziert werden. Eine weitere Überwachungsmöglichkeit ist der Einbau von horizontalen Extensometern aus der Begleitstrecke in diese Pfeiler hinein, womit ein querschlägiges Aufblättern erfasst werden könnte.

3.12. Beschreibung der Rückholphasen

In der Phase A „Vorbereitung“ sind alle Aus- und Vorrichtungsbaue zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle ausgehend vom Schacht Asse 5 bzw. dem Rückholbergwerk aus aufzufahren. Dies beinhaltet auch das Einrichten aller für die Rückholung benötigten und noch nicht vorhandenen Infrastrukturräume. Dazu zählen neben der Montage-/Startkaverne auch Werkstätten, (Puffer-)Lagerräume, Bereiche für elektrische Anlagen, Stellplätze für Fahrzeuge und Maschinen etc. Entweder können dafür schon bestehende Infrastrukturräume weitergenutzt werden oder sie sind nach Bedarf konventionell neu aufzufahren. Die Infrastrukturräume sind grundsätzlich in zwei Kategorien zu unterteilen:

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 99

- Innerhalb des Kontrollbereiches (radiologisch überwacht und sonderbewertet),
- Außerhalb des Kontrollbereiches (durchgehend oder sonderbewertet).

Des Weiteren erfolgt die Auffahrung der Begleitstrecken nördlich bzw. südlich der Einlagerungskammern. Die Begleitstrecken werden in einer Teufe von ca. 735 m oberhalb des Einlagerungsniveaus der Einlagerungskammern aufgefahren, um von dort die erforderlichen Erkundungs- und Schwebenstabilisierungsmaßnahmen durchführen zu können.

Am Ende des ersten Teils der Phase A sind alle Aus- und Vorrichtungsgrubenbaue, inklusive der Montagekaverne und Pufferlager, zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle aufgefahren und eingerichtet. Auch das Bewettersystem sowie alle weiteren erforderlichen Einrichtungen für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle (insbesondere die Schleusen) sind betriebsbereit. Dies gilt ebenfalls für das alternative Rückholverfahren zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750, da die Rückholung dieser ELK vollständig in der Phase A abläuft.

Danach kann, bei durchschlägiger Bewetterung, bereits mit der Erkundung und Stabilisierung der Schweben oberhalb der Einlagerungskammern begonnen werden. Da die Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle sukzessive nacheinander erkundet und stabilisiert werden, erstreckt sich die Phase A über einen längeren Zeitraum auch in die nachfolgend beschriebene Phase B hinein und somit ist eine klare Abgrenzung zwischen diesen beiden Phasen nicht zu definieren.

Abbildung 44 zeigt einen Zwischenstand aus der Phase A, in dem die Infrastrukturräume und Begleitstrecken bereits aufgefahren und eingerichtet sind, die Schweben oberhalb der Einlagerungskammern 11/750, 7/750 und 6/750 zu diesem Zeitpunkt stabilisiert und die Einlagerungskammer 5/750 erkundet werden.

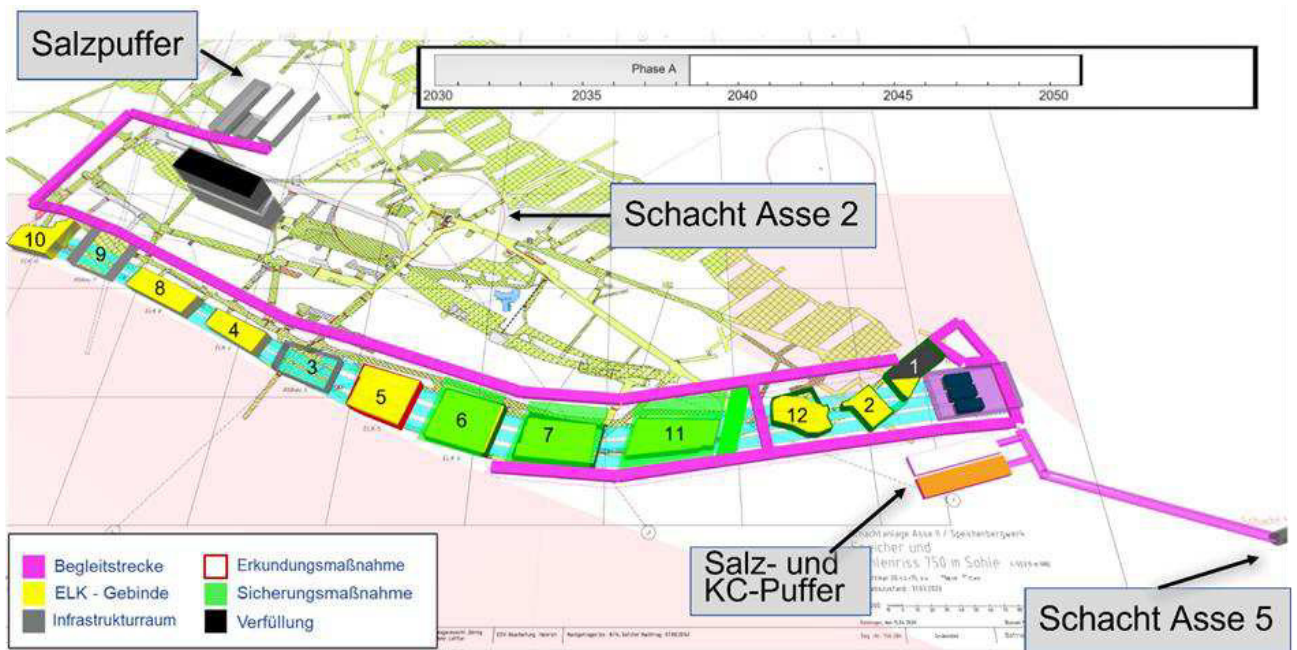



Abbildung 44: Zwischenstand aus der Phase A – Infrastrukturräume und Begleitstrecken aufgefahren und eingerichtet sowie Stabilisierung der Schweben oberhalb der Einlagerungskammern 11/750, 7/750 und 6/750 und Erkundung der Einlagerungskammer 5/750

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 100

Die Phase B „Durchführung der Rückholung“ beginnt mit der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der Kammergruppe Ost. Im ersten Schritt ist die radiologische Barriere zur ELK 1/750 mittels drei südöstlich der ELK 1/750 startenden und nach Westen parallel fahrenden Schildmaschinen zu durchörtern. Das alternative Rückholverfahren zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750 startet bereits in der Phase A und verläuft parallel zum Aufbau der Schildmaschinen in der östlich der Kammergruppe Ost gelegenen Montagekaverne. Ab diesem Zeitpunkt wird der Umgang mit offenen radioaktiven Abfällen unterstellt und die Prozesse des Lösens und Ladens finden unter den für Phase B beschriebenen Strahlenschutzmaßnahmen statt (siehe Abschnitt 3.14.2).

Auf Grundlage der Ergebnisse der strahlenschutztechnischen Messungen erfolgt die Rückholung mittels Schildvortrieb entweder manngeführt aus dem Steuerstand der Schildmaschinen oder, wenn eine Gefährdung des Personals innerhalb der Schildmaschinen besteht, ferngesteuert von außerhalb der Schildmaschinen.

Abbildung 45 zeigt einen Zwischenstand der Phase B, in dem die radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern 1/750, 2/750 und 12/750 zurückgeholt und diese Einlagerungskammern bereits verfüllt wurden. Neben der aktiven Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Einlagerungskammer 11/750 mittels drei parallel fahrender Schildmaschinen, werden zu diesem Zeitpunkt die Schweben oberhalb der Einlagerungskammern 6/750 und 5/750 sowie oberhalb des Abbaus 3/750 stabilisiert und die ELK 4/750 erkundet.

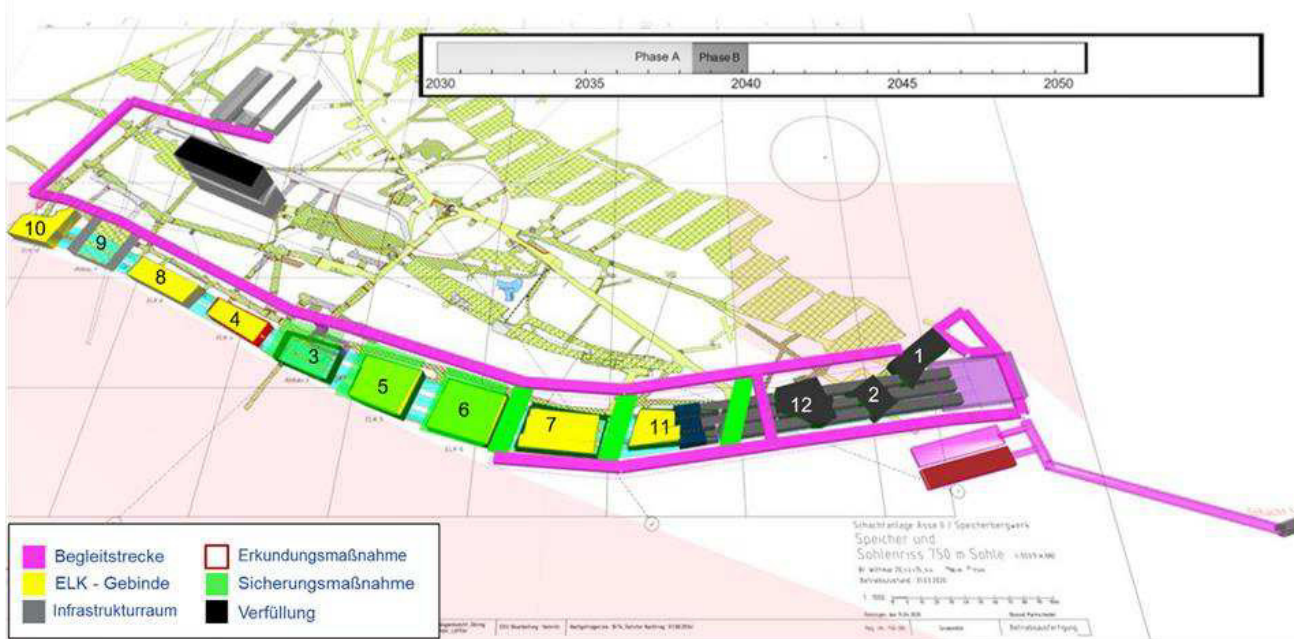



Abbildung 45: Zwischenstand aus der Phase B – Radioaktive Abfälle aus den Einlagerungskammern 1/750, 2/750 und 12/750 zurückgeholt sowie Einlagerungskammern selbst verfüllt und Stabilisierung der Schweben oberhalb der Einlagerungskammern 6/750 bis 3/750 sowie Erkundungsmaßnahmen oberhalb ELK 4/750

Bei Bedarf werden parallel zur Rückholung zwischen den Schildmaschinen sogenannte Stützbauwerke erstellt (siehe Abschnitt 3.14.13), die als zusätzliche Unterstützung und damit Stabilisierung der Schweben dienen. Die geleerten Einlagerungskammern werden firstbündig mit Baustoff (z. B. Sorelbeton) verfüllt, sobald sich die Schildmaschinen durch den Pfeiler zwischen zwei Einlagerungskammern in die nächste ELK vorgearbeitet haben.

Die Schildmaschinen arbeiten sich kontinuierlich von Ost nach West durch die Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle. Bis einschließlich ELK 5/750 erfolgt die Rückholung parallel mit drei Schildmaschinen. Aufgrund der ab dort schmaler werdenden Einlagerungskammern wird die

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 101

nördlichste der drei Schildmaschinen im ehemaligen und verfüllten Abbau 3/750 demontiert (siehe Abschnitt 3.15.4).

Die übrigen beiden Schildmaschinen fahren weiter parallel bis zur ELK 10/750 und holen die radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern 4/750 und 8/750 vollständig zurück und durchfahren den Abbau 9/750. In der ELK 10/750 findet die Demontage der übrigen beiden Schildmaschinen auf ähnliche Art und Weise wie bei der Demontage der ersten Schildmaschine statt.



Abbildung 46: Übersicht der Maßnahmen in der Nachbereitung

Die Phase C „Nachbereitung“ beginnt nach der vollständigen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus allen Einlagerungskammern der Kammergruppen Ost und Süd. Es erfolgen Maßnahmen zur Erfassung und Verringerung der Restkontamination unter Berücksichtigung noch zu ermittelnder, geeigneter Vorgaben (basierend auf einer Konsequenzanalyse). Vor dem Verschließen aller übrigen, nicht mehr benötigten offenen Hohlräume (Startkaverne, Demontagekaverne, Begleitstrecken, Nischen, sonstige Grubenräume etc.), werden diese beraubt, mit Abdichtungsbauwerken verschlossen und abschließend firstbündig mit Baustoff (z. B. Sorelbeton) verfüllt. In Abbildung 46 ist das Ende der Phase C und damit die vollständige Verfüllung aller nicht mehr benötigten Grubenräume dargestellt. Nach der firstbündigen Verfüllung der Begleitstrecke verbleibt ein Restgrubengebäude, welches in die Stilllegung überführt wird.


3.13. Rückholphase A: Vorbereitende Maßnahmen zur Rückholung

3.13.1. Übersicht

Aufbauend auf den Unterlagen der Konzeptplanung für die Rückholung von der 725- und 750-m-Sohle [3] und dem Rückholplan [6] wird für die vorliegende Planung von einer fortgeschrittenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Kammergruppe Zentral ausgegangen. Für die Ausgangssituation zu Beginn der Rückholphase A gelten somit u.a. folgende Annahmen:

- Die Rückholung aus der ELK 7/725 ist abgeschlossen und die ELK selbst ist mit Sorelbeton verfüllt.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 102

- Die Ausrichtungsstrecken für die Rückholung aus der ELK 7/725 sowie die Wetterverbindungsbohrung zur Frischwetterversorgung und Auffahrung der Infrastrukturräume (bei ELK 7/725) sind vorhanden.
- Der Schacht Asse 5 ist etwa im Niveau der 700-m-Sohle an das Bestandsbergwerk angeschlossen.

3.13.2. Anbindung an den Schacht Asse 5 und das Rückholbergwerk

Für die Durchführung der Rückholung ist unabhängig vom Rückholverfahren ein weiterer Schacht notwendig. Dieser ist zum einen für die Logistik des Rückholbergwerkes (Einfördern aller notwendigen Materialien, Geräte, Maschinen, leerer Umverpackungen etc.) sowie für das Ausfördern der rückgeholt Abfälle erforderlich. Zum anderen ist das Bewetterungssystem der Schachanlage Asse II in der derzeitigen Form (Schacht Asse 2 mit Wetterscheider) nicht bzw. nur sehr eingeschränkt für die Rückholung nutzbar.

Gemäß den Fachgesprächen zu „Bewetterung“ [27] und „Rückholbergwerk“ [37] sowie der Planung des Schachtes Asse 5 [38] und [39] gibt es für den Schacht Asse 5 folgende Rahmenparameter:


- Ausziehender Schacht,
- Maximal 10 m/s Wettergeschwindigkeit im Schacht und in den Strecken,
- Lichter Schachtdurchmesser 8 m,
- 6 m³ separates radiologisches Abwettertrum, muss befahrbar sein,
- Korbfläche 3x5 m,
- Nutzlast von 25 t bei 10 m/s,
- Nutzlast bis 40 t bei 2-4 m/s (Schwerlastsondertransporte).

Schacht Asse 2 kann weiterhin für (konventionelle) Transporte und Personenfahung genutzt werden:

- Nutzlast maximal 10 t,
- Umrüstung auf Trommel vorgesehen inklusive Einkürzung bis zur 490-m-Sohle,
- Weitertransport durch das bestehende Grubengebäude (Bestandsbergwerk), daher eingeschränkte Möglichkeiten,
- 12.000 bis 14.000 m³ Frischwetter für das gesamte Bergwerk, davon ca. 6000 m³/min für die Rückholung.

Gemäß Bewetterungskonzept (siehe Unterkapitel 3.6) werden, unabhängig von der Planung des weiteren Grubenbetriebes mit dessen Infrastrukturräumen nahe Schacht Asse 5, für das Rückholverfahren mit dem Schildvortrieb folgende Füllörter angenommen:

- Konventionelles Füllort ca. im Niveau der 700-m-Sohle (gemäß Konzeptplanung für die 725-m-Sohle) mit Verbindung zur Strecke von Schacht Asse 2/4 nach Schacht Asse 5 für die Vortriebsarbeiten im Zuge der Phase A sowie später für die durchgehende Bewetterung.
- Radiologisches Füllort ca. im Niveau der 750-m-Sohle oder tiefer als Standort der Beschickungseinrichtung für die Umverpackungen im Rahmen des Ein- und Ausförderns, der

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 103

Ableitung der radiologischen (gefilterten) und konventionellen Abwetter sowie für den An- und Abtransport.

Vom Schacht Asse 5 bzw. dem sonstigen Grubengebäude wird als vorbereitende Maßnahme mindestens eine Strecke in Richtung der Kammergruppe Ost auf der 750-m-Sohle aufgefahren.

3.13.3. Auffahrung der Infrastrukturräume sowie der Montage- und Anfahrkavernen

Die Schachtanlage Asse II unterliegt einerseits durch ihre Einstufung als Kerntechnische Anlage und andererseits durch ihre grundsätzlich gefährdete Standsicherheit (Süßwasserzutritte im Zusammenspiel mit einer erheblichen gebirgsmechanischen Vorschädigung) einer Vielzahl von Auflagen. Für neu aufzufahrende Grubenräume (Strecken, Infrastrukturräume) gelten somit Prämissen und Randbedingungen, die über jene in gewöhnlichen Bergwerksbetrieben hinausgehen.

- **Prämissen**

Grundsätzlich bedeutet jeder neu aufzufahrende oder langfristig offenzuhaltende bestehende Grubenbau eine potenzielle Schwächung des Gebirges bzw. einen potenziell negativen Einfluss auf die Integrität des Salinars gegenüber weiteren Lösungszutritten aus dem Deckgebirge. Die Notwendigkeit eines jeden neu aufzufahrenden Grubenbaus muss daher gut begründet sein. Zudem sollten die benötigten Grubenräume so klein wie möglich gehalten werden. Darüber hinaus sollte in jedem Einzelfall geprüft werden, ob bestehende Grubenräume, z.B. für die Rückholung von den oberen Sohlen aufgefahrne Grubenräume, nachgenutzt werden können. Für neu aufzufahrende Grubenräume ist jeweils die Möglichkeit einer Mehrfachnutzung zu prüfen.

- **Randbedingungen**

Im Westen wird die Schachtanlage Asse II durch den Sicherheitspfeiler zum abgesoffenen Grubengebäude der Schachtanlage Asse I begrenzt. Obwohl innerhalb dieses Pfeilers in der Vergangenheit bereits eine begrenzte Anzahl an Grubenräumen aufgefahren wurde, gilt für die vorliegende Konzeptplanung die Randbedingung, dass dieser Sicherheitspfeiler im Zuge der Rückholung nicht verletzt werden soll.

Südlich der ELK 10/750 bis einschließlich ELK 6/750 dürfen aufgrund der Nähe zum Deckgebirge nach derzeitigem Stand keine Grubenräume aufgefahren werden. Die derzeitig im Risswerk dargestellte Lage der Salzumhüllenden im Süden der Einlagerungskammern ist nicht endgültig bestätigt. Zur tatsächlichen Lage der Salzumhüllenden werden neue und vermutlich genauere Erkenntnisse vorliegen, wenn die übertägige 3D-Seismik vollständig ausgewertet worden ist.

Nördlich bzw. nordöstlich der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle ergeben sich sowohl durch die vorhandenen (wenn auch größtenteils verfüllten) ehemaligen Grubenbaue als auch durch die geologischen Randbedingungen besonders komplexe Platzverhältnisse. Wenige Meter nördlich der Einlagerungskammern verläuft die inzwischen größtenteils versetzte „2. Südliche Richtstrecke“ nach Westen bzw. Osten. An einigen Stellen im Sohlbereich dieser Strecke wurden kontaminierte Lösungen gefasst, von denen vermutet wird, dass sie mit den wahrscheinlich (zumindest teilweise) durchfeuchteten und kontaminierten Sohlbereichen der Einlagerungskammern korrespondieren.

Vor dem westlichen Verschlussbauwerk der ELK 12/750 lag ebenfalls ein Laugensumpf mit kontaminierter Lösung. Auch hier wird vermutet, dass diese Lösungen in Kontakt mit dem wahrscheinlich (zumindest teilweise) durchfeuchteten und kontaminierten Sohlbereich der ELK 12/750 steht bzw. stand. Ursprünglich stammt diese Lösung vermutlich aus dem durchfeuchteten

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 104

Versatz der nördlich angrenzenden alten Abbaue im Carnallitbaufeld, die von dort in die ELK 12/750 und weiter in den vorgenannten Sumpf migrierte [40].

Im Pfeiler zwischen ELK 11/750 und ELK 12/750 befand sich außerdem der mittlerweile verfüllte Blindschacht 3.

Weiterhin geologisch schwierig stellen sich nördlich der Einlagerungskammern vorhandene carnallitisch ausgeprägten Gebirgsschichten dar, die neben geringen Festigkeiten und Steifigkeiten auch Hygroskopie und ein ausgeprägtes Kriechvermögen aufweisen. Streckenauffahrungen im Carnallit erfordern folglich einen erheblichen Ausbauaufwand, insbesondere bei langer Offenhaltungsdauer. Auffahrungen von größeren Infrastrukturräumen sollten im Carnallit vermieden werden. Dennoch erforderliche Streckenauffahrungen müssen mit einem besonders steifen oder einem kontrollierbar nachgiebigen Ausbausystem ausgekleidet werden.


Nördlich der beschriebenen Carnallitischichten folgen die Schichten des Älteren Steinsalzes, die im Bereich der 750-m-Sohle einen hohen Durchbauungsgrad aufweisen. Die ehemaligen Abbaukammern in diesem Bereich sind versetzt.

Weiter nördlich folgt das ehemalige Carnallit-Baufeld, in dem jegliche Auffahrung unterlassen werden sollte. Nordöstlich des Carnallit-Baufeldes folgen Schichten des Jüngeren Steinsalzes (nördliche Sattelflanke), an die sich noch weiter nördlich das Deckgebirge anschließt. Gemäß aktuell gültigem Risswerk ist das jüngere Steinsalz in der nördlichen Sattelflanke stetig von drei Anhydritmitteln durchsetzt. Das Durchhören von Anhydritmitteln kann den Grubenbetrieb negativ beeinflussen, da diese im Regelfall erheblich stärker als das Salzgebirge geklüftet sind, womit die Möglichkeit von Laugeführung einhergeht. Das Offenlegen bzw. Durchbohren von Anhydritmitteln hat auf der SchachanlageASSE II sowohl in der Vergangenheit als auch in der Gegenwart (z.B. untertägige Erkundungsarbeiten) bereits zu (begrenzten) Laugezuflüssen geführt. Langfristig relevante Zuflussraten sind nicht bekannt. Auch in diesem Bereich der nördlichen Sattelflanke sollten Neuauffahrungen aufgrund dieser Anhydritmittel folglich vermieden werden. In einem Fachgespräch [37] wurde von der BGE angemerkt, dass in diesem Bereich aktuell Erkundungsmaßnahmen stattfinden und die Möglichkeit gegeben ist, dass die Verteilung der Anhydritmittel hier evtl. günstiger ist als bisher angenommen. Andererseits wurde auch angemerkt, dass sich der Sattelkern im genannten Bereich evtl. schmaler darstellt als bisher angenommen. Die vollständige Auswertung der übertägigen 3D-Seismik wird hierzu konkreter Informationen, insbesondere zur Lage der Salzumhüllenden liefern.

Der verbleibende Bereich auf der 750-m-Sohle, der sich nach heutigem Kenntnisstand nahezu uneingeschränkt für Neuauffahrungen von Infrastrukturräumen eignet, liegt südöstlich der ELK 1/750 und 2/750. Dieser Bereich ist im aktuellen Risswerk als durchgängig ungestörtes Steinsalz gekennzeichnet. Aktuelle Erkundungsergebnisse deuten allerdings darauf hin, dass dieser Bereich durchaus tektonisch beansprucht ist und u.a. relativ fein verteilte Anhydritmittel beinhaltet.

- **Korridore für Neuauffahrungen**

Der aus den vorgenannten Randbedingungen verbleibende Korridor für Neuauffahrungen ist in Abbildung 47 dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 105

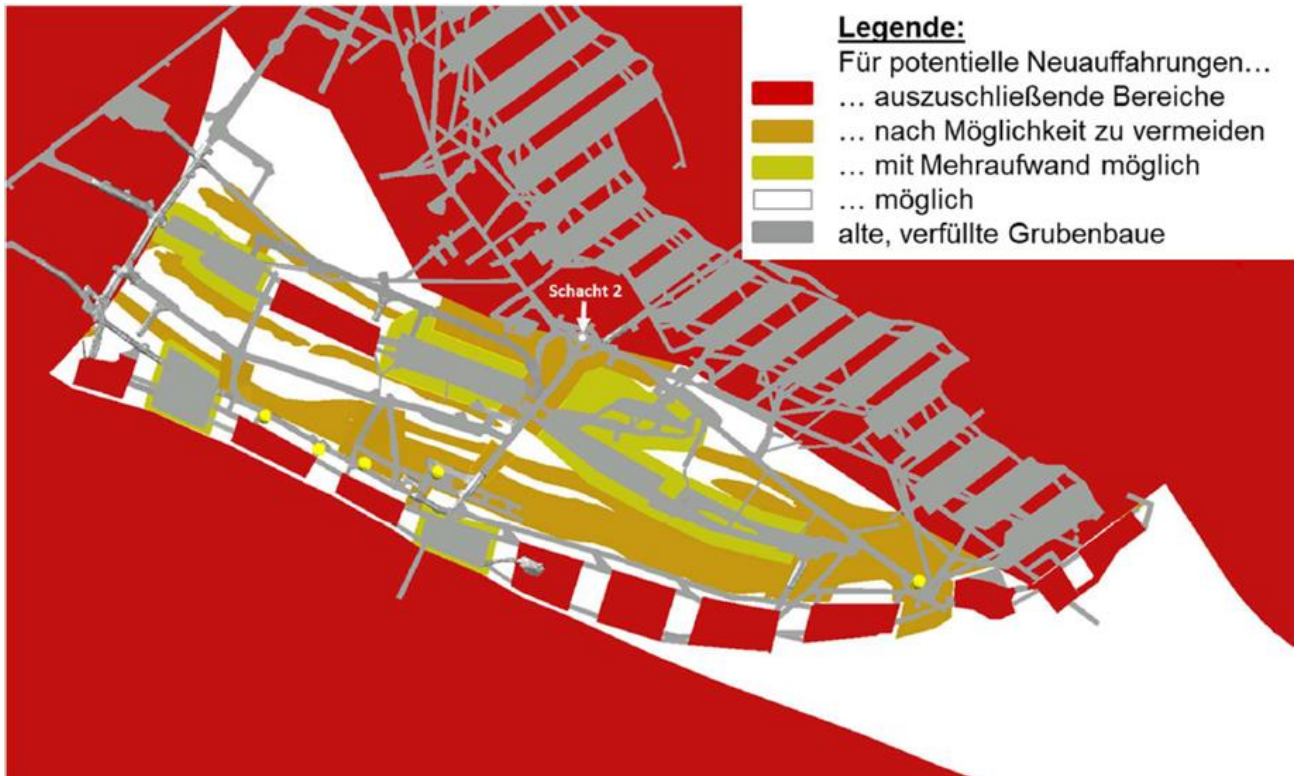



Abbildung 47: Korridore für Neuauffahrungen [6]

Trotz der beengten Platzverhältnisse auf der 750-m-Sohle müssen verfahrensbedingt einige Grubenräume auf der 750-m-Sohle angeordnet werden. Dies betrifft in erster Linie die Montagekaverne und die Anfahrstrecken für die Schildmaschinen, sowie die Pufferlager für Umverpackungen (Konrad-Container) und Salzgrus. Alle anderen Grubenräume müssen nicht zwangsläufig auf der 750-m-Sohle liegen, sondern können höher- und insbesondere tieferliegende Bereiche mit umfassen.

Von weitaus günstigeren Randbedingungen für die Erstellung größerer Grubenräume kann auf tiefergelegenen Sohlen ausgegangen werden. Dies ist vor allem bedingt durch den erheblich geringeren Durchbauungsgrad, so dass dort ausgedehnte und nahezu unverritzte Steinsalzbereiche für Neuauffahrungen zur Verfügung stehen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BGE <small>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</small>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 106

- Auffahrungen**

Tabelle 2: Auflistung der erforderlichen Infrastrukturräume für die Rückholung

Nr.	Bezeichnung des Grubengebäudes	Anzahl	Neuauffahrung		Anmerkungen
			Ja	Nein	
725-735-m-Sohle					
1	Haufwerkslager	1		X	Nachnutzung Pufferlager 7/725
2	Materiallager Vortrieb	1	X		
3	Werkstatt TSM & Bohrwagen (M&E)	1		X	Nachnutzung Pufferlager 7/725
4	Aufstellplatz mobile Entstaubung	1		X	Aufstellung hinter TSM (in der Strecke)
5	mobile Baustoffanlage (Verfüllung)	1	X		Nischenauffahrung
6	Baustofflager (Verfüllung)	1		X	im Bereich Pufferlager 7/725
7	Schleusenbereich nach West	1		X	Integration in Strecke
8	Schleusenbereich nach Ost	1		X	Integration in Strecke
9	Bohrwerkstatt	1	X		Auffahrung im Älteren Steinsalz
10	Materiallager Injektion	1	X		Auffahrung im Älteren Steinsalz
735-750-m-Sohle					
11	Montagekaverne	1	X		
12	Anfahrbereiche	3	X		
13	Werkstatt (M&E)	1	X		
14	Heiße Werkstatt	1			Nachnutzung Montagekaverne (untere Etage)
15	PKW-Parkplätze (uT)	1	X		
16	Materiallager Schildmaschinen (Einzelkomponenten, Stratrahmen, etc.)	1		X	Nutzung eines Pufferlagers (Nähe SchachtASSE 5)
17	Materiallager sonstiges (Ausbau, Wettertechnik, etc.)	1		X	Nachnutzung Zugangsstrecke
18	Salzpufferlager	1	X		
19	KC-Puffellager (leer/befüllt)	1	X		
20	Pufferlager für Rückstellproben	1		X	Nachnutzung Montagekaverne
21	Baustofflager (Gleitbeton)	1	X		
22	Baustoffanlage (Gleitbeton)	1	X		
23	Isotopenlabor	1		X	Nachnutzung Montagekaverne
24	Ersatzzentrale Schildvortrieb	1		X	Nachnutzung Montagekaverne
25	Trafostation	1	X		Nischenauffahrung
26	Aufstellplatz radiologischer Filter	1		X	Nachnutzung Montagekaverne (obere Etage)
27	Zugangsschleusen (Personal)	1		X	Nachnutzung Montagekaverne
28	Zugangsschleusen (Großgeräte)	1		X	Nachnutzung Montagekaverne
29	Sozialraum	1			
30	Beschickung	1			

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 107

Entsprechend der vorgenannten Prämissen und Randbedingungen wurde die in Tabelle 2 wiedergegebene Liste über benötigte Infrastrukturräume ausgearbeitet und im Folgenden weiter beschrieben.

- **Haufwerkslager**

Von der 725-m-Sohle bis zur 735-m-Sohle werden eine Wendel und die Begleitstrecken auf der 735-m-Sohle vorgetrieben. Infolge der Auffahrung der Strecken entsteht eine große Menge Salzgrus, die temporär unter Tage gelagert werden soll. Zu diesen Zweck wird ein Haufwerkslager in einem der existierenden Pufferlager auf der 725-m-Sohle eingerichtet (siehe Abbildung 48). Das Haufwerkslager besitzt die vorläufigen Dimensionen von 60 m Länge, 10 m Breite und 9 m Höhe.

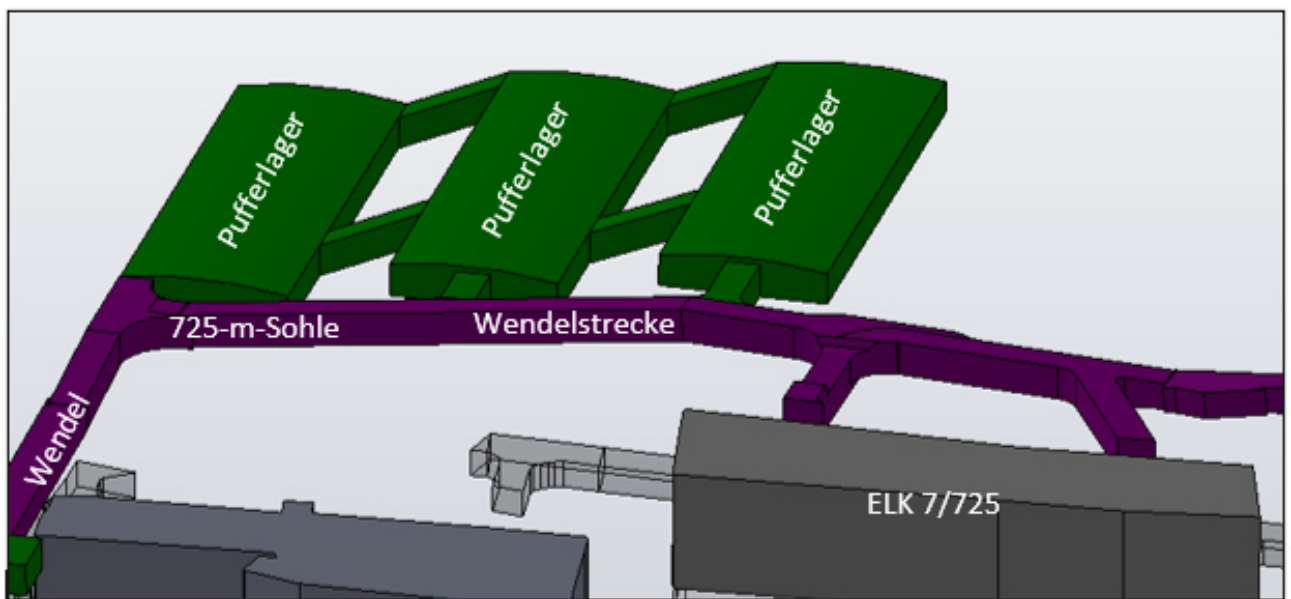


Abbildung 48: Pufferlager im Nahbereich der ELK 7/725

- **Materiallager Vortrieb**

Das Materiallager dient zur Lagerung notwendiger Materialien und Ersatzteile der Vortriebsmaschine in der Strecke. Es gehört zu den Neuauffahrungen und wird in der BS1 Nord auf der 735-m-Sohle aufgefahren. Die Dimensionen des Materiallagers betragen 10 m Länge, 5 m Breite und 4 m Höhe (siehe Abbildung 48, Position 2 in Abbildung 49 und auf Abbildung 50).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 108

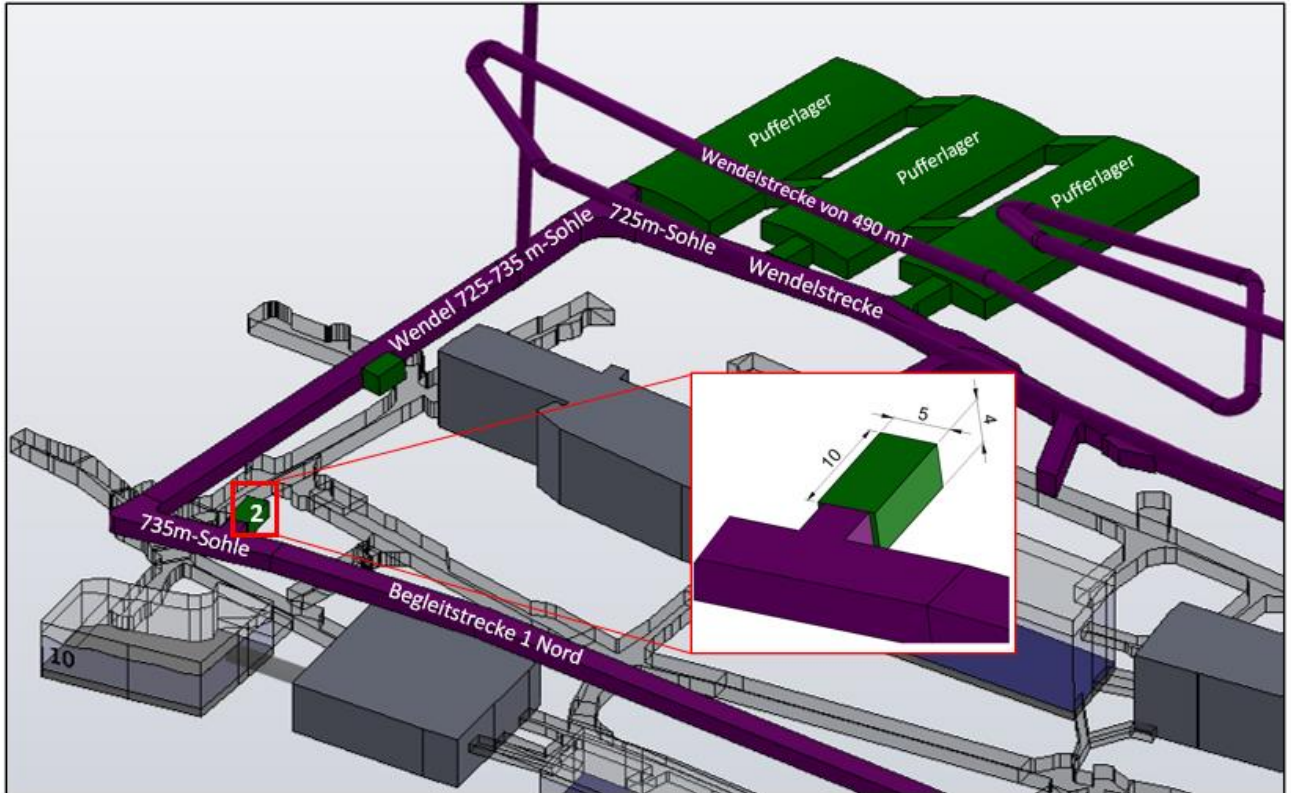


Abbildung 49: Materiallager im Bereich der nördlichen Begleitstrecke (BS 1 Nord)

- **Werkstatt Teilschnittmaschine und Bohrwagen**

Eine Werkstatt wird für die Durchführung der Reparaturarbeiten im Fall des Versagens der Ausrüstung und Maschinen sowie für die Wartungen benutzt. Die Werkstatt wird in einem der existierenden Pufferlager auf der 725-m-Sohle platziert. Die Werkstatt soll mit einer Krananlage ausgerüstet sein und die folgenden vorläufigen Parameter aufweisen: 30 m lang, 10 m breit und 8 m hoch.

- **Mobile Baustoffanlage (Verfüllung)**

Für die Unterbringung einer mobilen Baustoffanlage (Abbildung 50) wird eine Nische in der Wendel 725-735-m-Sohle mit folgenden Abmessungen aufgeföhren: Länge von 8 m, Breite von 5 m und eine Höhe von 5 m (siehe Abbildung 50, Position 5).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 109

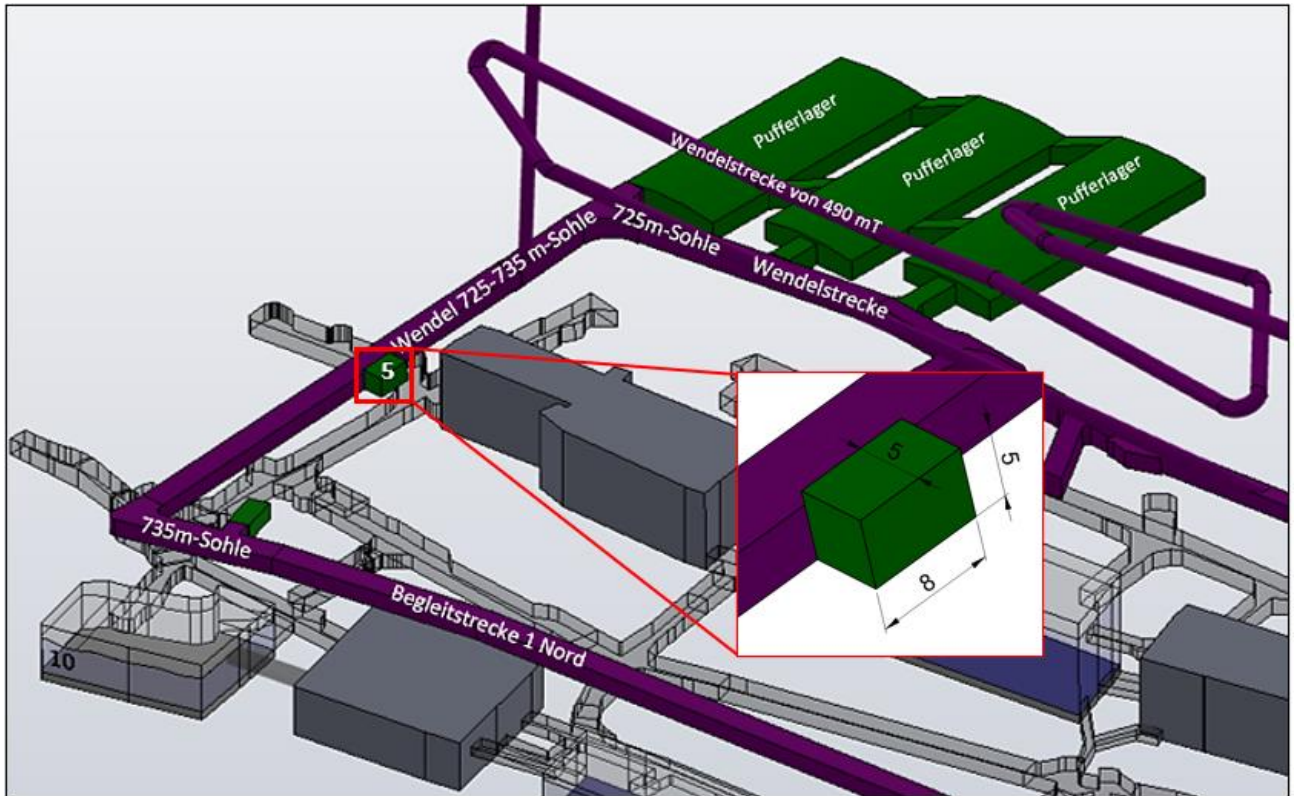


Abbildung 50: Nische für die Baustoffanlage (Verfüllung)

Die geologische Situation wurde bei der Platzierung der Infrastrukturräume berücksichtigt. (siehe Abbildung 51). Ein großer Teil des „Materiallagers Vortrieb“ befindet sich im Steinsalz und teilweise im Hartsalz und Carnallit. Die mobile Baustoffanlage liegt in einer Wechsellagerung aus Polyhalitbänkchensalz und Übergangssalz (Zechstein 2).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 110

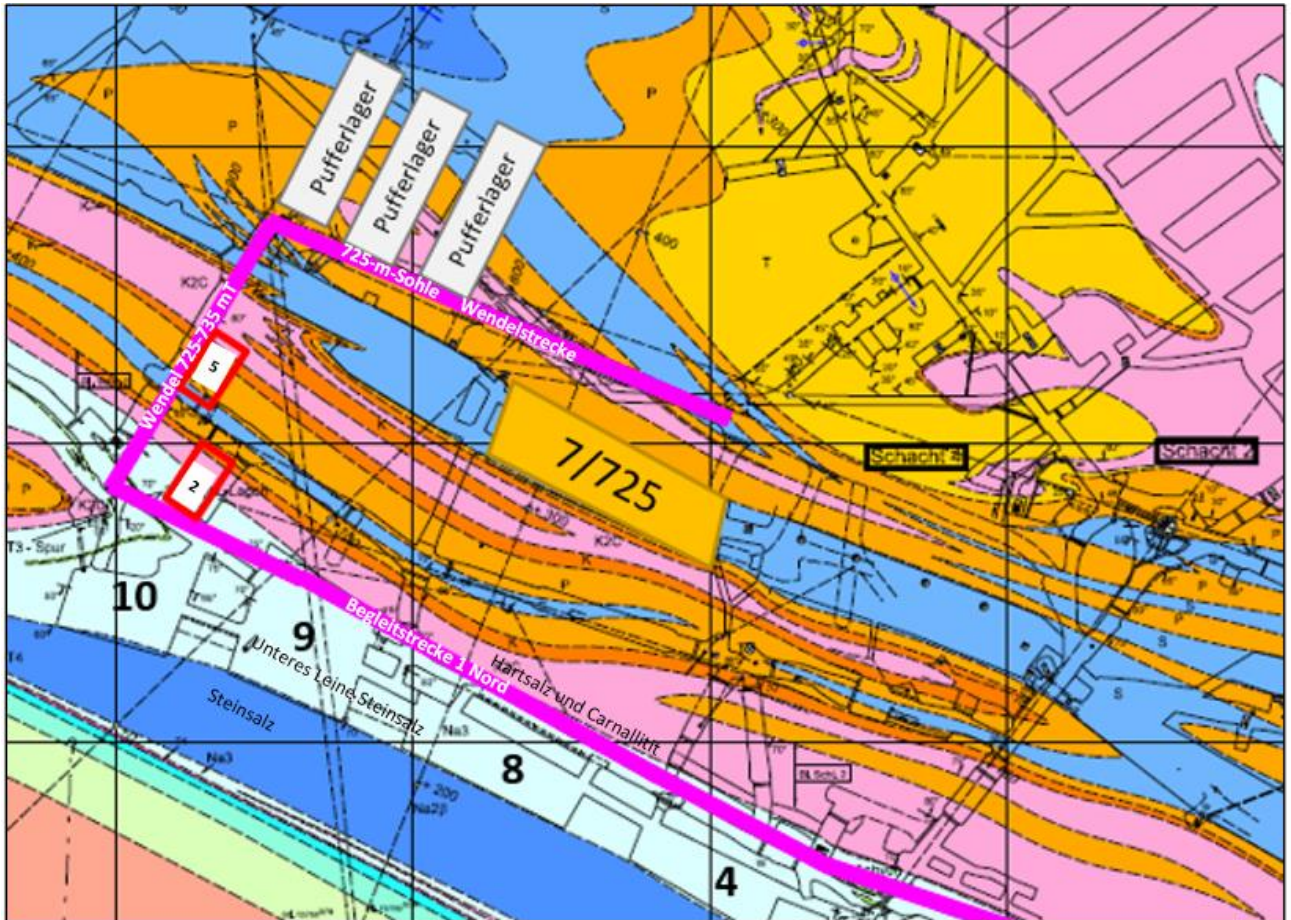


Abbildung 51: Geologische Umgebung um das Materiallager Vortrieb und die mobile Baustoffanlage (Verfüllung)

- **Baustofflager (Verfüllung)**


Ein Baustofflager wird in einem der Pufferlager auf der 725-m-Sohle eingerichtet (siehe Abbildung 48).

- **Schleusen in der Begleitstrecke**

Für die Arbeiten in der nördlichen Begleitstrecke (vortriebsbegleitende Erkundung, Schwebenstabilisierung) müssen Schleusen errichtet werden. Diese werden jeweils westlich und östlich der aktuellen Arbeitsstelle im Streckenquerschnitt angeordnet. Neuauffahrungen sind hierfür nicht erforderlich.

- **Bohrwerkstatt und Materiallager Injektion**

Aufgrund der intensiven Bohr- und Injektionsarbeiten werden in beiden Begleitstrecken eine separate Bohrwerkstatt und ein „Materiallager Injektion“ neuaufgefahren. Die parallele Durchführung der Arbeiten in der BS1 Nord und BS2 Süd fordert das Platzieren der Infrastrukturräume in gleicher Entfernung von beiden Begleitstrecken. Die Bohrwerkstatt wird in der BS2 Süd und das „Materiallager Injektion“ wird in der BS1 Nord in der Nähe vom Durchhieb zwischen den Begleitstrecken aufgefahren (siehe Abbildung 52, Position 9 und 10 in der Abbildung 53 und auf der Abbildung 54).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 111

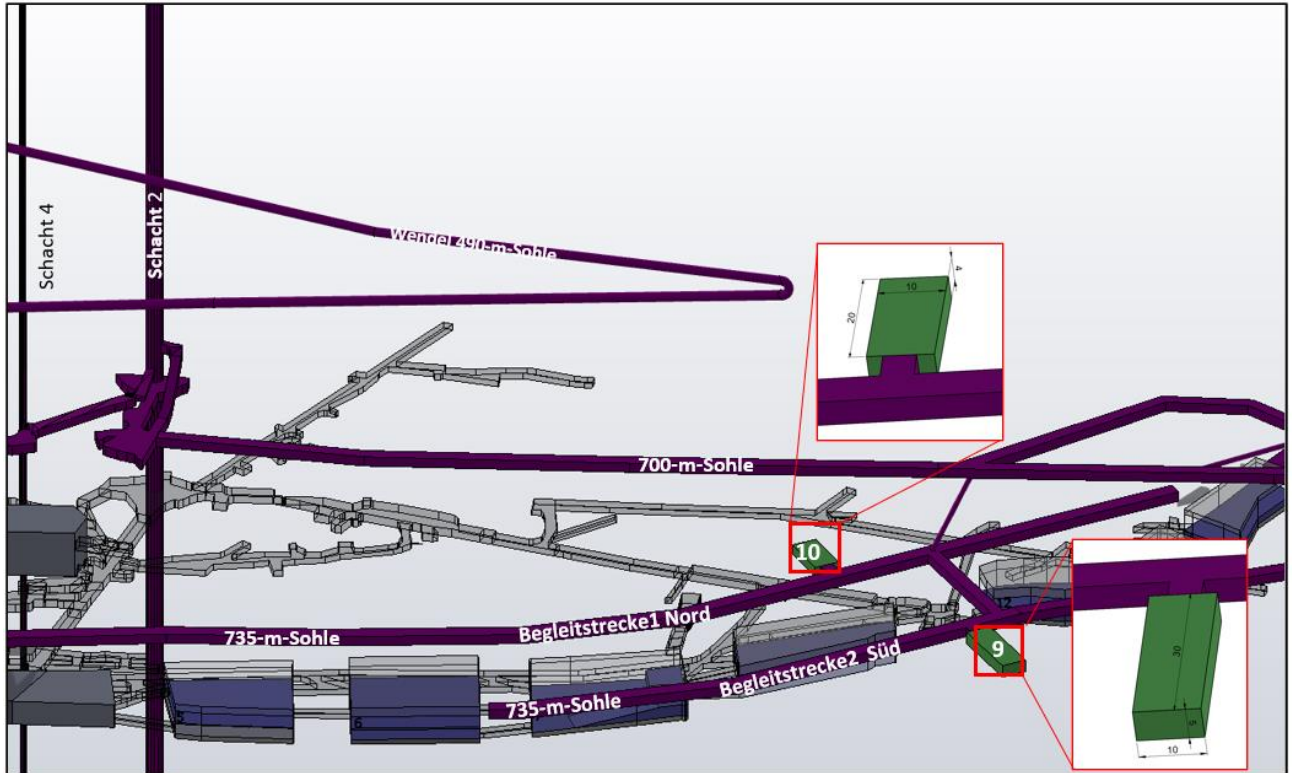


Abbildung 52: Lage der Bohrwerkstatt in der BS 2 Süd und des Materiallagers Injektion in der BS1 Nord

Die Bohrwerkstatt weist die Dimensionen: 30 m Länge, 10 m Breite und 5 m Höhe (siehe Abbildung 52) auf.

Das „Materiallager Injektion“ besitzt die folgenden vorläufigen Abmessungen m Länge, 10 m Breite und 4 m Höhe (siehe Abbildung 52).

Die geologische Umgebung um die vorgenannten Infrastrukturräume zeigt Abbildung 53. Die Bohrwerkstatt liegt im Steinsalz süd-südöstlich der Einlagerungskammern und das „Materiallager Injektion“ befindet sich teilweise im Steinsalz und teilweise im Carnallit nördlich der Einlagerungskammern.

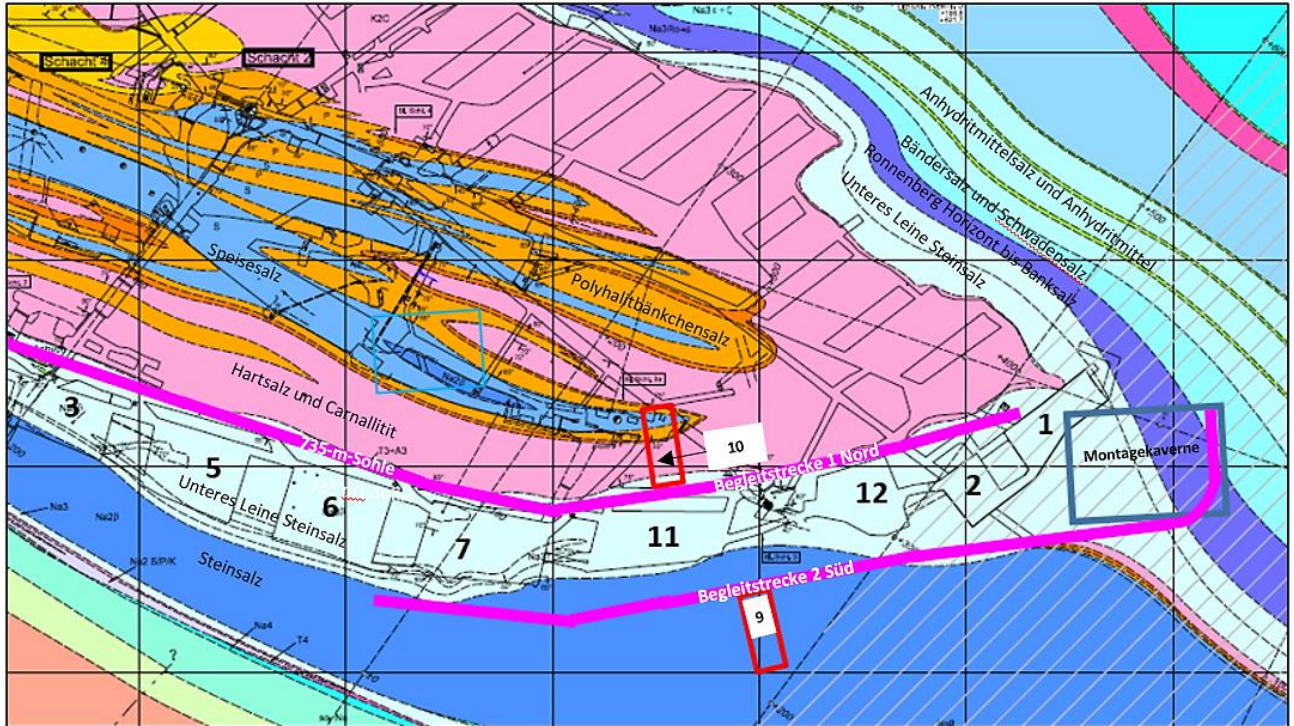


Abbildung 53: Geologische Umgebung um die Bohrwerkstatt und das Materiallager Injektion

- **Montagekaverne**

Die Montagekaverne auf der 750-m-Sohle weist eine Länge von 35 m, eine Breite von 39 m und eine Höhe von 15 m auf und befindet sich im Steinsalz und im Banksalz (Ronnenberg Horizont; siehe Abbildung 53 und Abbildung 54, Position 11). In der Montagekaverne werden drei Schildmaschinen aufgebaut.

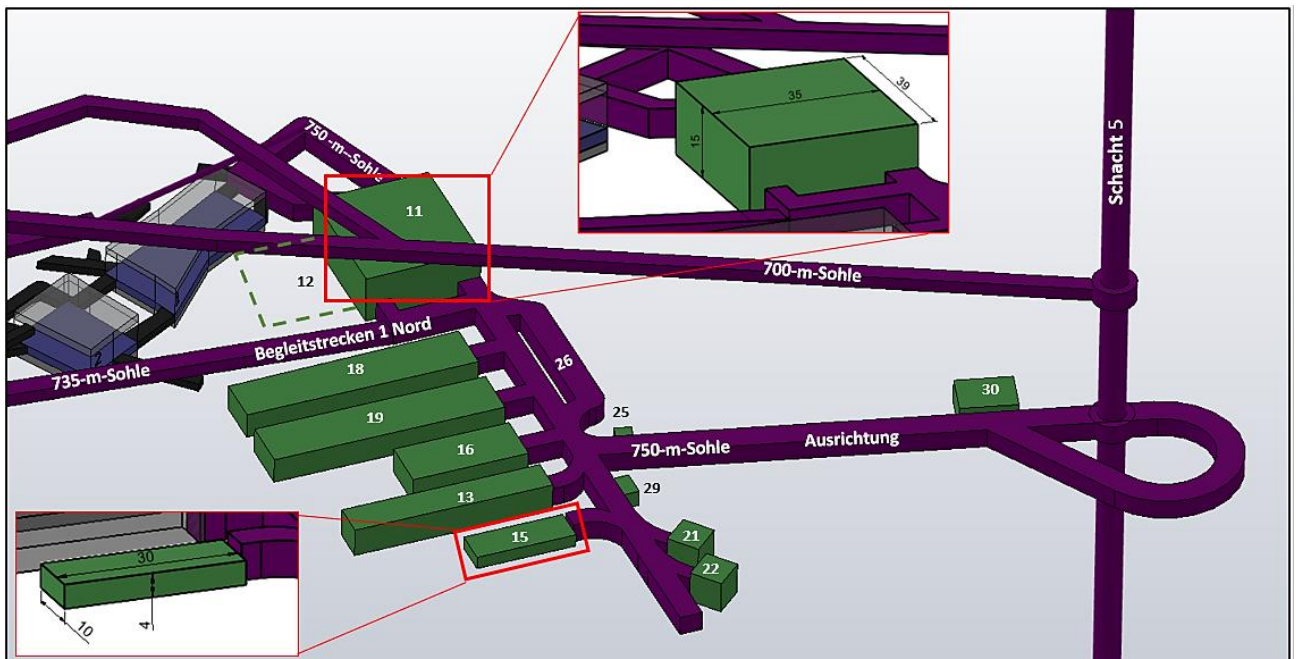



Abbildung 54: Erforderliche Infrastrukturräume auf der 750-m-Sohle am Schacht 5

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 113
---	------------

- **Anfahrbereich**

An die Montagekaverne wird ein Anfahrbereich angeschlossen, der aus 3 Strecken besteht. Die Strecken dienen zum Starten der Schildmaschinen. Der ganze Anfahrbereich weist die folgenden Parameter auf: eine Länge von 30 m, eine Breite von 9 m und eine Höhe von 11 m (siehe Abbildung 54, Position 12).

- **Werkstatt (M & E)**

Die Werkstatt für die Elektro- und Maschinentechnik wird in der Nähe der Montagekaverne auf der 750-m-Sohle aufgefahren, damit die notwendigen Arbeiten bei Bedarf unverzüglich durchgeführt werden können (siehe Abbildung 54, Position 13). Die Werkstatt wird mit folgenden Parametern aufgefahren: 60 m Länge, 10 m Breite und 9 m Höhe.

- **Parkplätze**

Die untertägigen Parkplätze sind für Fahrzeuge vorgesehen, die für die Logistik des Rückholverfahrens erforderlich sind. Die Abmessungen dieses Infrastrukturrums betragen 30 m Länge, 10 m Breite und 4 m Höhe (siehe Abbildung 54, Position 15).

- **Materiallager Schildmaschine**

Das Materiallager für die Schildmaschinen liegt in der Nähe der Startkaverne auf der 750-m-Sohle und ist derzeit mit einer Länge von 35 m, einer Breite von 15 m und einer Höhe von 8 m geplant (siehe Abbildung 55, Position 16).

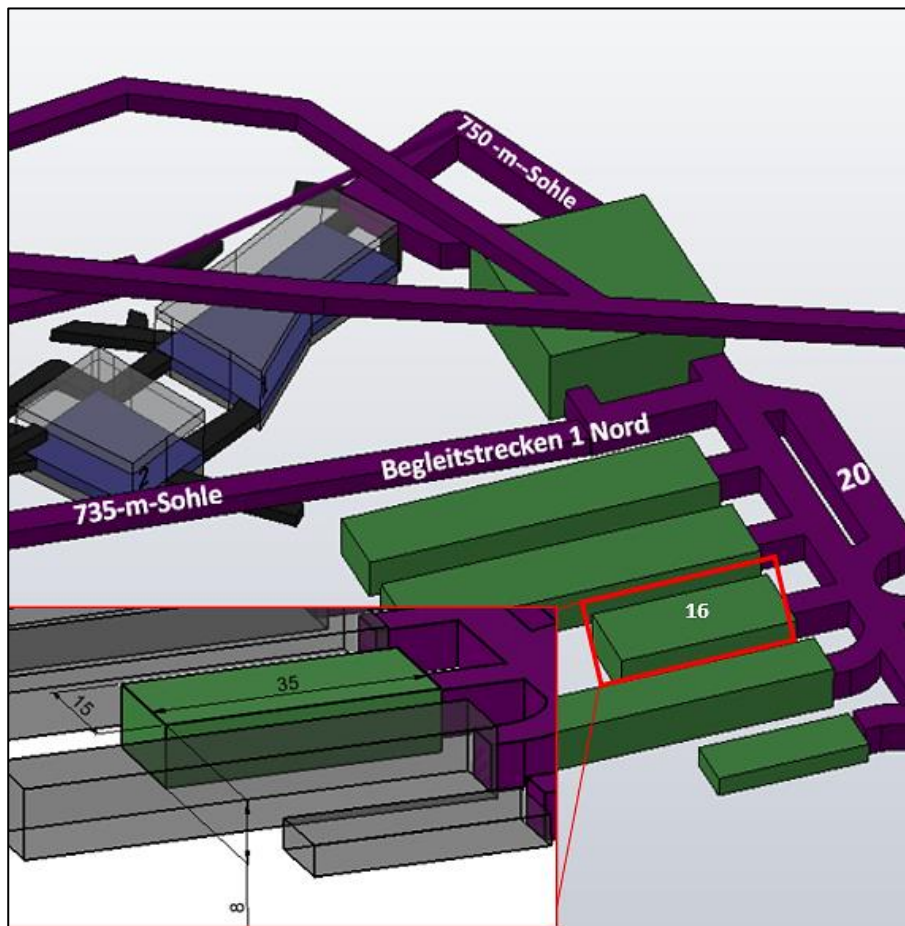



Abbildung 55: Lage und Dimensionen des Materiallagers Schildmaschine auf der 750-m-Sohle

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 114

- **Salz- und KC-Pufferlager**

Diese Infrastrukturräume sind für die temporäre Pufferung von Konrad-Containern und das bei der Rückholung anfallende Salzgrus erforderlich. Sie befinden sich auf der 750-m-Sohle in der Nähe der Montagekaverne und weisen jeweils folgende Dimensionen auf: 70 m Länge, 14 m Breite und 8 m Höhe (siehe Abbildung 54, Position 18 und 19).

- **Baustofflager und Baustoffanlage**

Diese Infrastrukturräume dienen der Einlagerung von Baustoffmaterialien und als Standort der Baustoffanlage zu der Herstellung des Baustoffes für den Gleitbetonausbau. Die Einrichtung erfolgt auf der 750-m-Sohle mit kubischen Abmessungen von jeweils 10 m (siehe Abbildung 56, Position 21 und 22).

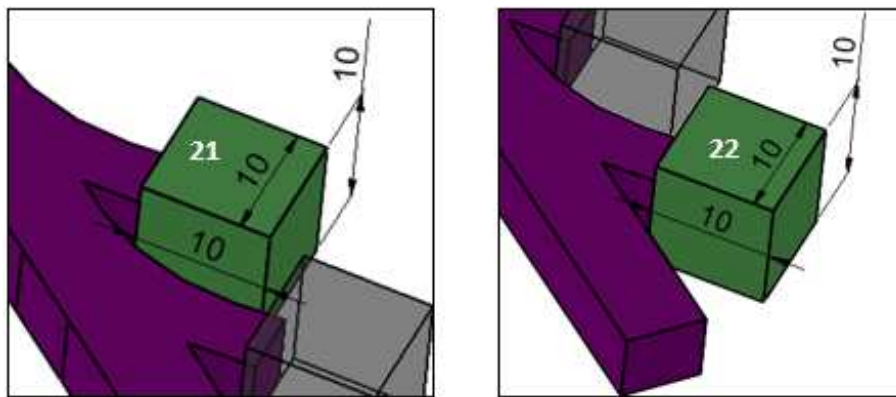


Abbildung 56: Baustofflager und Baustoffanlage mit Dimensionen

- **Trafostation**

Die Trafostation dient der Spannungswandlung im Stromnetz und wird auf der 750-m-Sohle in Schachtnähe zu SchachtASSE 5 eingesetzt. Die Trafostation befindet sich in einer Nische der Ausrichtungsstecke mit einer Länge von 5 m sowie einer Breite und Höhe von je 5 m (siehe Abbildung 54, Position 25).

- **Aufstellplatz radiologischer Filter**

Die drei zusätzlichen Filteranlagen werden in einer neu aufzufahrenden Strecke aufgestellt und in verschiedenen Phasen der Rückholung betrieben (siehe Abbildung 54, Position 26).


- **Sozialraum**

Der Sozialraum wird als Nische in der Nähe von SchachtASSE 5 mit folgenden Dimensionen aufgefahren: 8 m Länge, 5 m Breite und 5 m Höhe (siehe Abbildung 54, Position 29).

- **Beschickungseinrichtungen Füllort Schacht 5**

Der Grubenraum wird angrenzend zum Füllort am SchachtASSE 5 für die temporäre Lagerung von KC und die Vorbereitung zur Förderung nach ÜT aufgefahren und eingerichtet.

Die Parameter dieses Grubenraumes sind: 17 m Länge, 13 m Breite und 8 m Höhe (siehe Abbildung 57, Position 30).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 115
---	------------

- **In die Startkaverne integrierte Infrastrukturräume**

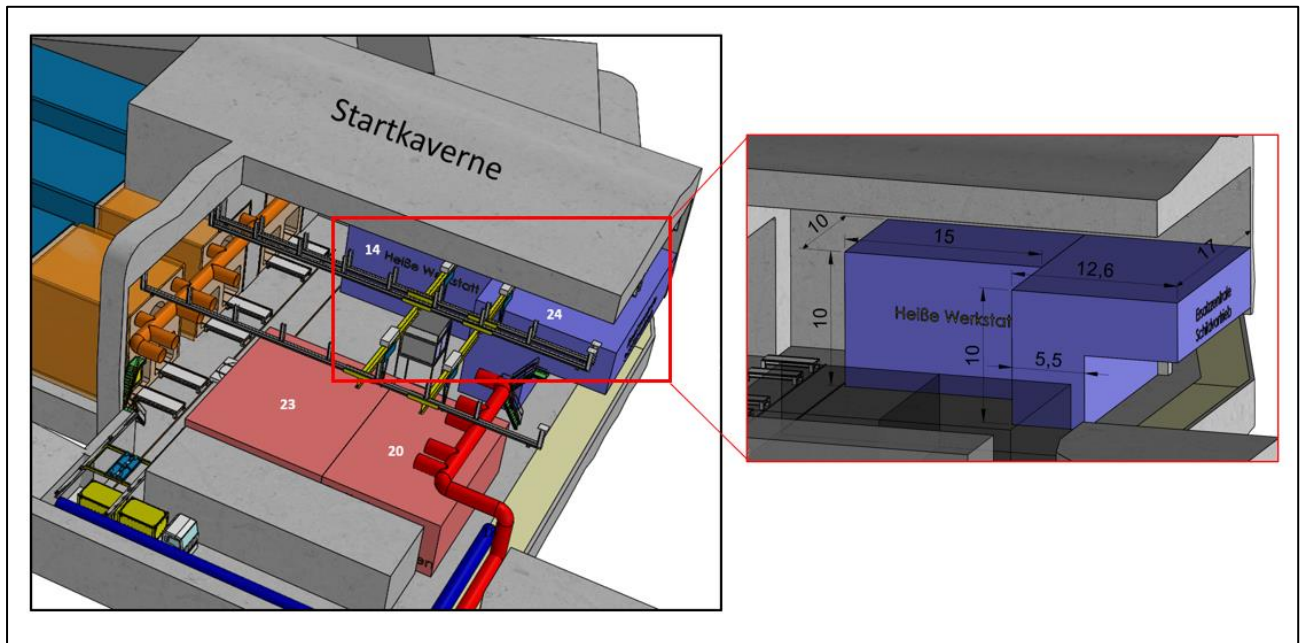



Abbildung 57: In die Startkaverne integrierte Infrastrukturräume

Sobald die Schildmaschinen den Anfahrbereich verlassen haben, kann die Startkaverne umgenutzt werden und die im Folgenden beschriebenen Infrastrukturräume beherbergen.

Die „Heiße Werkstatt“ und die „Ersatzzentrale Schildvortrieb“ werden in der Startkaverne eingerichtet (siehe Abbildung 57, Position 14 und 24). Die Abmessungen von beiden Infrastrukturräumen sind in Abbildung 57 dargestellt.

Ein Strahlenschutzlabor zur Charakterisierung von Abfällen und ein Lager für Rückstellproben werden ebenfalls in die umfunktionierte Startkaverne integriert (siehe Abbildung 57, Position 20 und 23).

Das „Materiallager Sonstiges“ wird in einer Zugangsstrecke zur ELK 1/750 neben der Startkaverne eingerichtet und wird für die Aufbewahrung der Elemente für den Unterstützungsbau und Wettertechnik genutzt (siehe Abbildung 58, Position 17).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 116

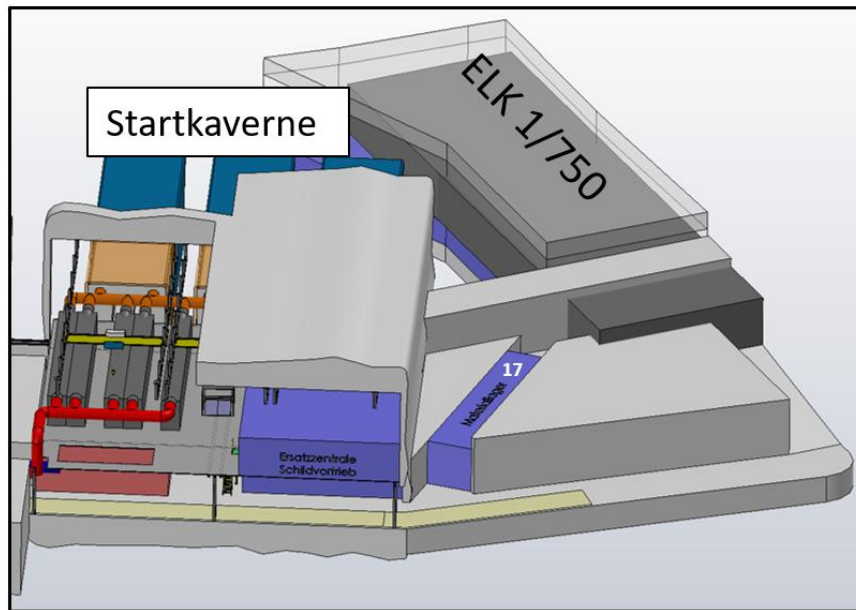


Abbildung 58: Materiallager für Sonstiges (Ausbau, Wettertechnik usw.)

3.13.4. Einförderung und Montage der Schildmaschinen


Jede Schildmaschine wird in Einzelteilen bzw. Baugruppen zerlegt angeliefert. Die Größe und Masse der einzelnen Bauteile und -gruppen werden für den Transport nach unter Tage durch die Förderkapazitäten und Dimensionen des Schachtes Asse 5 vorgegeben.

Der Schacht Asse 5 wird eine Korbgrundfläche von 3 m x 5 m und eine Nutzlast von 25 t aufweisen [38] [39]. Ist entweder die Fläche bzw. die Nutzlast für den Transport nicht ausreichend, können Sondertransporte durchgeführt werden. Diese Sondertransporte können für Nutzlasten bis 40 t oder Komponenten mit Überlänge durchgeführt werden, wobei folgendes zu beachten ist:

Ein Sondertransport im Schacht bedeutet meist, dass das Transportgut entweder unter den Förderkorb gehängt wird oder über die Korbfläche hinausragt und die sicherheitstechnisch erforderlichen Korbtore nicht geschlossen werden können. Dies ist aber nur bei ausreichendem Platz innerhalb des Fahrtrums des Förderkorbes möglich. Es darf keinesfalls zu Kollisionen mit Schachteinbauten (Einstriche, Spurlatten, Kabel oder Rohrleitungen bzw. deren Verlagerungen) an den Schachtwänden oder dem Gegengewicht kommen.

Beim Sondertransport kann der Korb zusätzlich nur langsam fahren (2-4 m/s oder langsamer) und muss durch Personal begleitet werden. Das Personal ist mit Höhensicherungsgeräten ausgestattet und per Funk in ständigem Kontakt mit dem Fördermaschinenisten. Sie müssen darauf achten, dass das Fördergut die Schachteinbauten nicht berührt oder gar beschädigt.

In Abbildung 59 ist ein beispielhafter Materialtransport im Schacht Asse 2 dargestellt. Der Förderkorb besitzt eine Grundfläche von 1,2 m x 2,2 m x 6 m [B x L x H]. Das zu transportierende Personenbeförderungsfahrzeug ist zunächst so weit zu zerlegen, dass es hochkant mit Hilfe von Hebezeugen auf den Förderkorb verladen und nach unter Tage transportiert werden kann.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 117



Abbildung 59: Beispielhafter Schachttransport im Schacht Asse 2 (Quelle: BGE)

Unter Tage im Füllort angekommen, wird der Förderkorb entladen und das Transportgut per Schwerlaststapler oder Tieflader zur Montagekammer transportiert. In Abbildung 60 ist beispielhaft eine untertägige Werkstatt der Schachanlage Asse II dargestellt.



Abbildung 60: Untertägige Werkstatt auf der Schachanlage Asse II (Quelle: BGE)
 Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 118

Dies soll als Anschauungsbeispiel für die Start- bzw. Montagekammer der Schildmaschinen dienen, wobei die Dimensionen noch deutlich größer sein werden. Arbeitsplätze für Schlosser, Elektriker und Hydrauliker können zum Beispiel im Bereich der Stöße der Kammer eingerichtet werden, die zur Montage der Schildmaschinen benötigt werden.

Die Montagekaverne ist vor dem Aufbau der Maschinen für diesen Zweck herzurichten. Die Sohle ist mit einer nivellierten Standfläche auszustatten. Im Bereich der Firste sind diverse Kranbahnen und Laufkatzen zu installieren, um schwere Bauteile des Schildmantels oder Teile der Hydraulik und des Entstaubers umzusetzen. Detaillierte Darstellungen der Montage- und Startkaverne mit erläuternden Beschreibungen sind im Abschnitt 3.13.6 zu finden.

Der detaillierte Ablauf der Montage der Schildmaschinen, kann erst nach der endgültigen Auslegung aller notwendigen Bauteile (Stahlbau, Hydraulik, Elektrik, Strahlenschutz, Belüftung/Bewetterung etc.) beschrieben werden. Ein grundsätzlicher Ablauf könnte wie folgt aussehen:


Im ersten Schritt wird mit dem Aufbau des Schildmantels begonnen. Die Stahlbauteile der einzelnen Lagen werden entweder miteinander verschraubt oder verschweißt. Der Aufbau erfolgt dabei von der unteren Ebene nach oben. Parallel dazu werden größere Maschinenteile eingesetzt, sofern dies technisch möglich und hierfür eine Krananlage erforderlich ist. Der Einbau großer Komponenten nach Fertigstellung des Schildmantels kann ansonsten zur Folge haben, dass diese Komponenten nur unter deutlich erhöhtem Aufwand in die Schildmaschine eingebaut werden können, wie zum Beispiel eine zusätzliche Zerlegung in kleinere Komponenten und einem Zusammenbau innerhalb der Schildmaschine.

Die oberste Ebene mit den zwei Entstaubern und der teleskopierbaren Bedienkabine wird als letztes aufgebaut. Nach dem Aufbau des Schildmantels, dem Trägerwerk und den schweren Maschinenteilen, erfolgt der Aufbau der Elektrik/Steuertechnik, des Hydrauliksystems sowie der Lüftungssysteme, Strahlenschutzeinrichtungen und allen weiteren Inneneinrichtungen.

3.13.5. Anfahrsituation der Schildmaschinen

Die drei Schildmaschinen werden, parallel zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750 mittels alternativem Rückholverfahren (TFO-MA), in der Montagekaverne aufgebaut. Da die Schildmaschinen jeweils über drei Transportröhren auf zwei Ebenen im nachgeführten Gleitbau über die gesamte Zeit der Rückholung zu erreichen sind, sind diese beiden Ebenen als Übergabepunkt auch in der Startkaverne einzurichten. Über ein Podest mit Aufzugsanlage kann sowohl Material als auch Personal von der unteren Ebene auf die obere Ebene der Schildmaschinen gelangen. Bis zur Aufzugsinbetriebnahme und auch danach können zusätzlich bei Bedarf die in der Startkaverne installierten Brückenkräne zum Handling großer und schwerer Komponenten genutzt werden.

Auf der unteren Ebene wird zu Beginn eine Gleisanlage sowie sämtliche für das Umsetzen der Plateauwagen aus den Transportröhren notwendige Technik eingerichtet. Die obere Ebene wird mit Zugangspodesten und einem Fahrtengang ausgestattet. In Abbildung 61 ist die Anfahrsituation nach der vollständigen Montage der drei Schildmaschinen dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 119

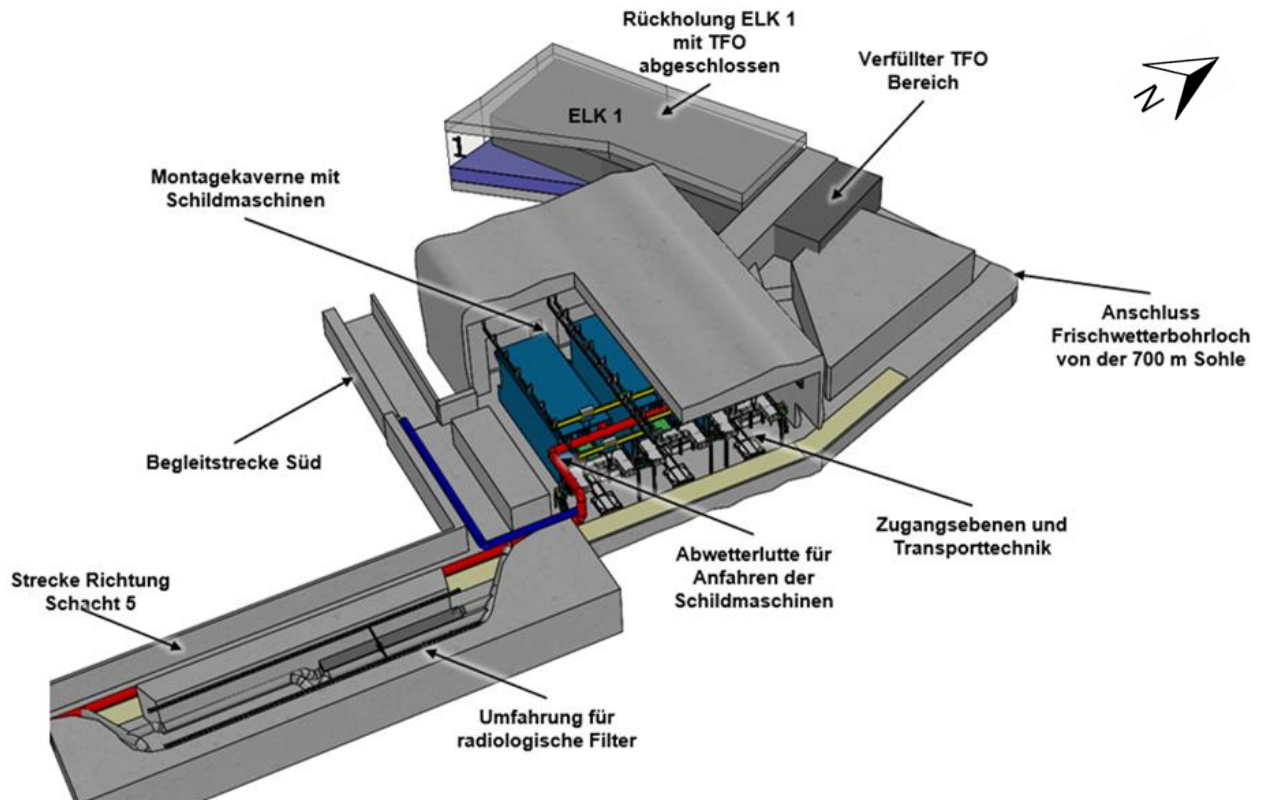



Abbildung 61: Anfahrsituation nach der vollständigen Montage der drei Schildmaschinen

Mit Abschluss der Rückholung aus der ELK 1/750 mittels TFO-MA sowie Verfüllung der letzten Teilfläche, werden die Rückholtechnik aus der Basisstrecke sowie die beiden Schleusen zurückgebaut. Außerdem werden die radiologische Abwetterlutte sowie die Bypasslutte mit Anschluss an die Frischwetterbohrung zur 700-m-Sohle entfernt, da diese ausschließlich für das TFO-MA Verfahren benötigt werden. Ab diesem Zeitpunkt erfolgt die Versorgung mit Frischwettern durchgängig vom Wetterbohrloch in die Startkaverne.

In den Boden der Startkaverne sind spezielle Verankerungssysteme für den Einbau von Schubknaggen eingelassen, über die sich die Schildmaschinen bis in den ersten Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern 1/750 und 12/750 vordrücken können. Im späteren Verlauf erfolgt dies über den Ausbau hinter den Schildmaschinen, indem sich die ringsum angeordneten Vorschubzylinder gegen die Gleitschalungswand pressen und sich damit die Schildmaschinen gegen den Betonausbau abdrücken. Während der Anfahrsituation in der Startkaverne können sich jedoch nur die unteren Zylinder gegen die Schubknaggen abdrücken. In Abbildung 62 ist dargestellt, wie sich die Schildmaschinen schon zu einem großen Teil an den Schubknaggen in den Pfeiler vorgeschoben haben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 120

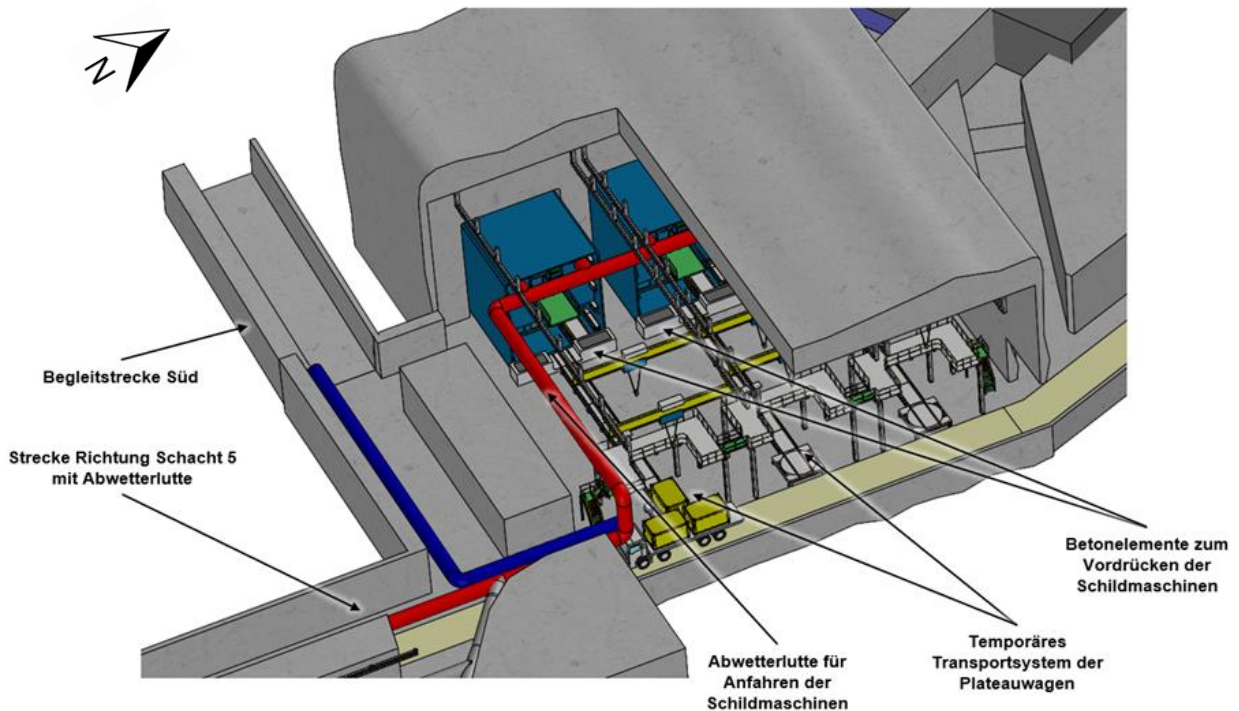



Abbildung 62: Vorschub- und Transportsystem in der Startkaverne

Ist die maximale Ausfahrlänge der Zylinder beim Vorschieben der Schildmaschine erreicht, fahren diese anschließend wieder in ihre Ausgangsposition ein. Daraufhin kann eine neue Schubknagge eingesetzt, verankert und einbetoniert werden bevor sich der Vorschubprozess wiederholt. Die Schildmaschinen durchörtern eigenständig mittels der Manipulatoren den Pfeiler und das dabei anfallende Salz wird in Umverpackungen mit eingestellten Innenbehältern verladen und abtransportiert. Die Anfahrsituation stellt gleichzeitig eine zusätzliche in-situ Test- und Anlernphase für das Bedienpersonal der Schildmaschinen dar.

Die während der Anfahrsituation entstehenden, wahrscheinlich stark staubbelasteten Wetter, werden wie im späteren Verlauf der Rückholung auch hier schon saugend aus dem Vortriebsbereich abgezogen, innerhalb der Maschinen entstaubt und anschließend über ein verlängerbares Luttensystem Richtung Schacht Asse 5 abgeführt. Eine radiologische Filterung der Abwetter ist bei der Anfahrsituation wahrscheinlich noch nicht erforderlich, kann aber bei Bedarf durchgeführt werden, da die für das TFO-MA Verfahren benötigten radiologischen Filter in der Umfahrung nachgenutzt werden können.

3.13.6. Umrüsten der Montage- zur Startkaverne

Das Anfahren der Schildmaschinen in Richtung ELK 1/750 wird gestoppt, sobald zwischen den Schildmaschinen und der Startkaverne ausreichend Platz für das Einbringen eines Betonausbaus als Widerlager für die Schildmaschinen vorhanden ist. Zum Erstellen des Widerlagers müssen einige Umbauarbeiten sowohl an den Schildmaschinen bzw. im Bereich des Schildschwanzes als auch in der Startkaverne selbst durchgeführt werden. Wie in Abbildung 63 dargestellt, sind innerhalb der Startkaverne unter anderem die bestehenden Podeste für den Zugang zur oberen Ebene der Schildmaschinen umzubauen bzw. zu erweitern.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 121

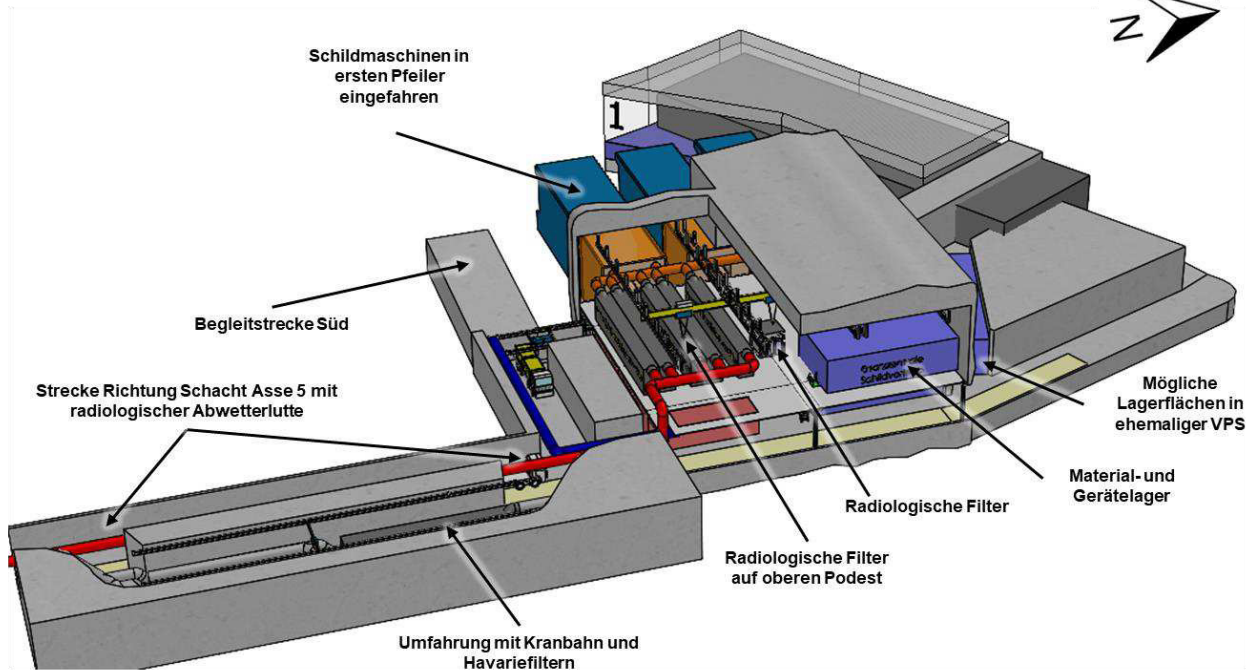



Abbildung 63: Startkaverne mit radiologischen Filteranlagen und angepassten Zugangspodesten

Auf der oberen Ebene sind neben Material- und Werkstattbereichen auch fünf radiologische Filteranlagen aufzubauen. Diese Filteranlagen, jeweils ca. 20 m lang, 2 m breit und 5 m hoch, werden über ein Luttenverteilersystem an die radiologischen Abwetterluten im Ausbau der Schildmaschinen angebunden. Die von den Schildmaschinen potenziell radiologisch belasteten aber schon vorentstaubten Abwetter werden durch das Verteilersystem auf die jeweils drei aktiven radiologischen Filteranlagen aufgeteilt. Eine vierte Filteranlage steht für den Fall einer Reinigung, Wartung und/oder Instandhaltung einer der drei aktiven Filteranlagen zur Verfügung sowie eine fünfte Anlage als Reserve für einen Systemausfall.

Von den fünf radiologischen Hauptfilteranlagen führt eine Abwetterlutte die gefilterten aber immer noch potenziell radiologisch belasteten Abwetter direkt Richtung Schacht Asse 5. Von dieser Abwetterlutte aus können z. B. bei einem Ausfall mehrerer Filteranlagen oder einem radiologischen Störfall (z. B. Fassabsturz in der Einlagerungskammer mit erhöhter Freisetzung) die potenziell radiologischen Abwetter über einen Abzweig auf drei zusätzliche radiologische Havariefilter umgeleitet werden. Bei einem Störfall kann auf diese Weise sichergestellt werden, dass keine radiologisch hochbelasteten Abwetter aus dem Grubengebäude nach über Tage abgeleitet werden. Die Anordnung der radiologischen Filteranlagen sowie der Verlauf der radiologischen Abwetterführung ist in Abbildung 64 dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 122

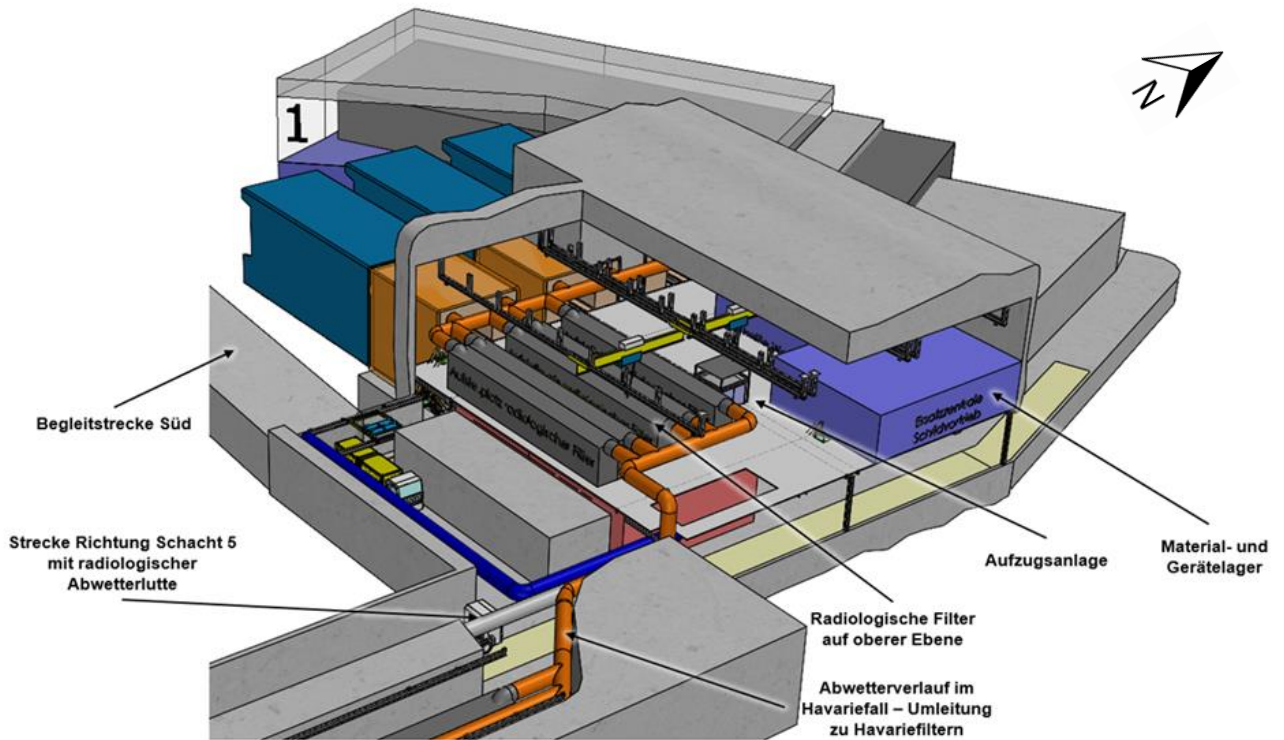



Abbildung 64: Anordnung der radiologischen Filteranlagen sowie Verlauf der radiologischen Abwetterführung

Zusätzlich wird auf der oberen Ebene ein Materialtransportsystem eingerichtet, welches per Aufzug mit der unteren Ebene verbunden ist. Das eingesetzte Personal kann sowohl über den Aufzug als auch über eine Treppe zwischen den beiden Ebenen wechseln und zu Fuß zu den Schildmaschinen gelangen. Wie in Abbildung 65 dargestellt, wird für die Gerätschaften auf der oberen Ebene eine „Heiße Werkstatt“ eingerichtet, in welcher die Komponenten unter Strahlenschutzbedingungen ggf. dekontaminiert, gewartet und repariert werden können.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 123

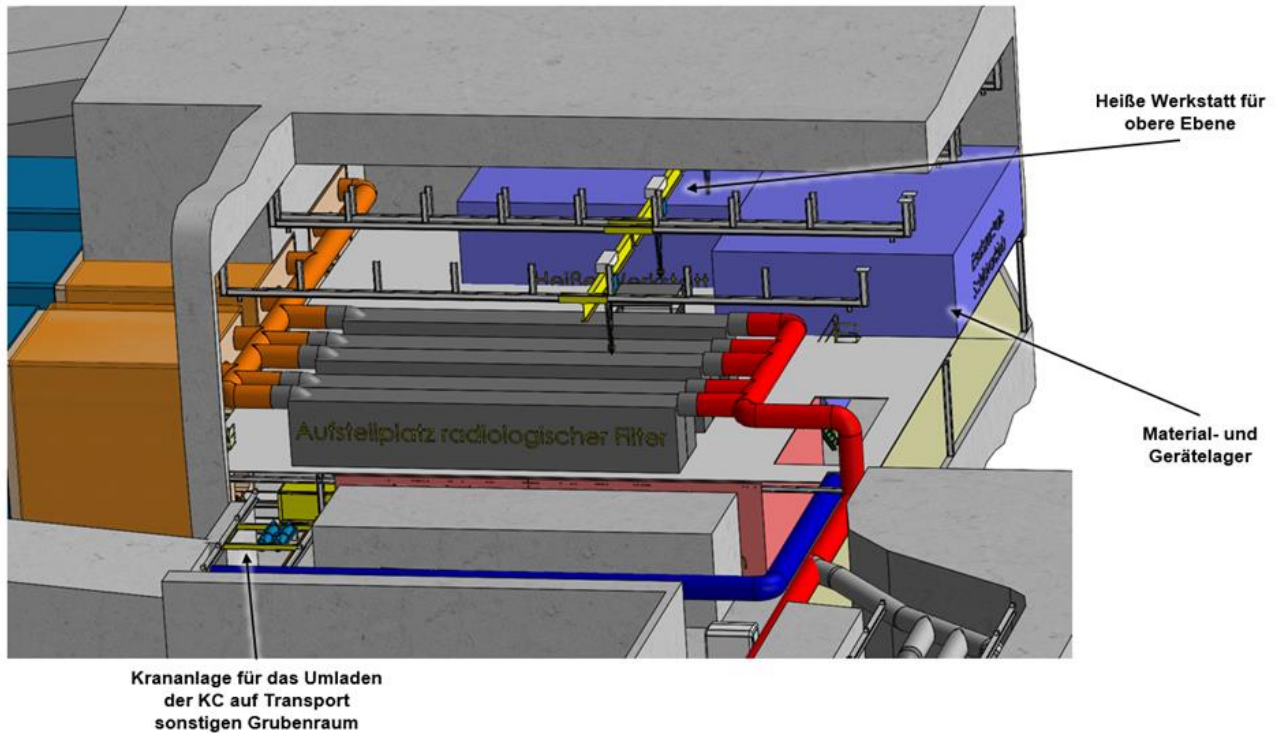



Abbildung 65: Startkaverne obere Ebene mit radiologischen Filtern, Werkstätten und Lagerräumen

Auf der unteren Ebene wird ein Transportsystem inklusive Krananlage eingerichtet, um leere Umverpackungen mit Innenbehältern vom Transportsystem des sonstigen Grubenraumes auf die Plateauwagen umzusetzen sowie in umgekehrter Reihenfolge vom Plateauwagen auf das Transportsystem des sonstigen Grubenraumes. Wie in Abbildung 66 dargestellt, werden für die selbstfahrenden Plateauwagen im Bereich des Ausbaus hinter den Schildmaschinen bis in die Schildmaschinen hinein sowie anderen Systemen auf der unteren Ebene eine weitere „Heiße Werkstatt“ und für strahlenschutztechnische Untersuchungen und/oder direkten Auswertungsarbeiten ein Labor mit angeschlossenem Pufferlager für Rückstellproben eingerichtet.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 124

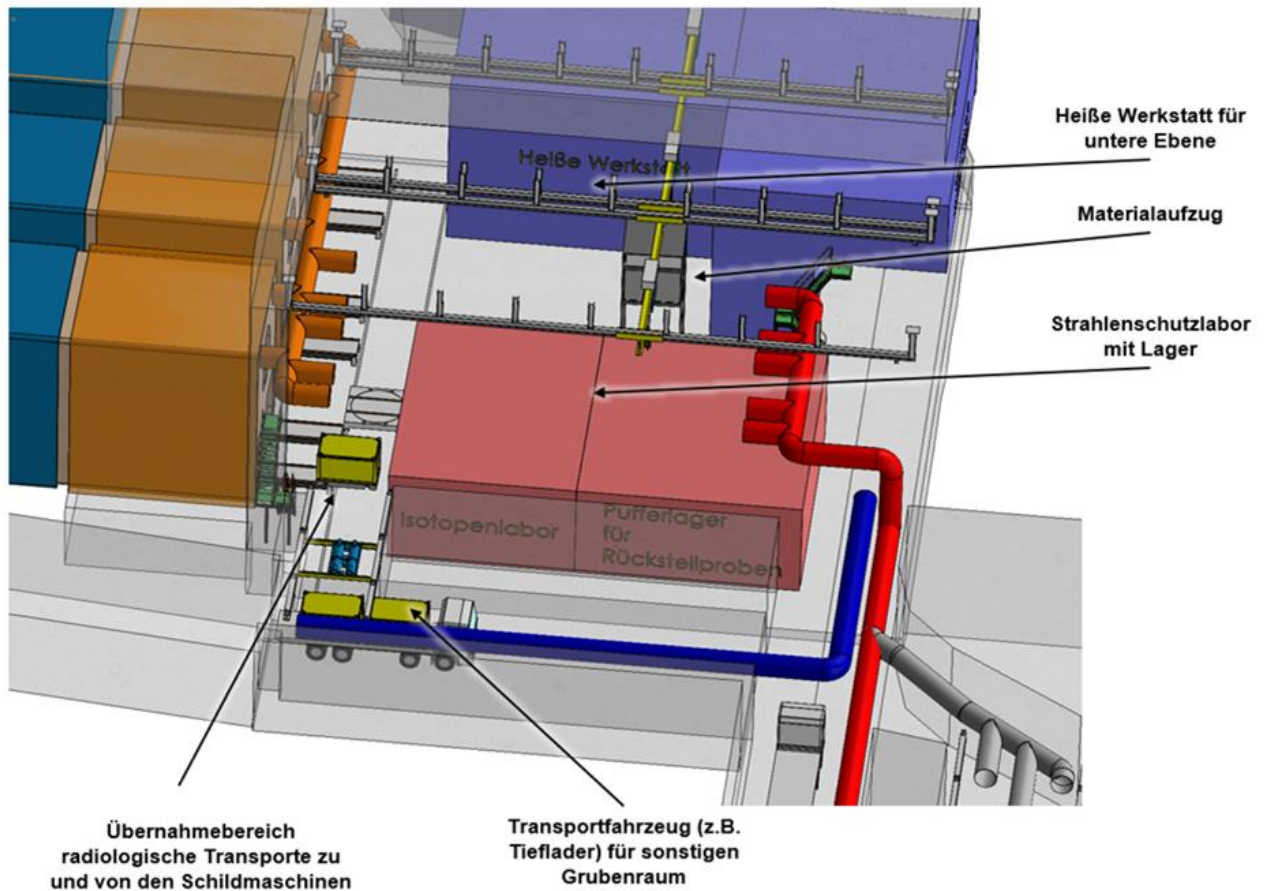


Abbildung 66: Untere Ebene der Startkaverne


Bis auf den Bereich der Großgeräteschleuse mit Anschluss zum Wetterbohrloch, werden nach Abschluss der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750 mittels TFO-MA, alle dafür zuvor aufgefahrenen Grubenräume mit Abdichtungsbauwerken verschlossen und firstbündig verfüllt, um eine durchgehende Bewetterung zu gewährleisten. Der Bereich der Verpackungsstation kann mit einer Sonderbewetterung versehen und bis zum Abdichtungsbauwerk auf Höhe der ehemaligen Krananlage der Basisstrecke als zusätzliche Lagerfläche genutzt werden.

3.13.7. Auffahrung der Begleitstrecke

Begleitstrecken sind so nah wie gebirgsmechanisch und strahlenschutztechnisch möglich, parallel zur Längsachse der Einlagerungskammern zwingend erforderlich. Die Notwendigkeit dieser Strecken ergibt sich v.a. durch die Möglichkeit, aus ihnen heraus die erforderlichen Stabilisierungsmaßnahmen an den teils stark geschädigten Schweben oberhalb der Einlagerungskammern vorzunehmen (s. Unterkapitel 3.10). Darüber hinaus bietet die Auffahrung der Begleitstrecken auf 735 m Teufe folgende signifikanten Vorteile:

- Rückholbegleitende Erkundung,
- Bewetterung (redundanter Wetterweg),
- Interventionsmöglichkeiten,
- Zusätzliche Flucht- und Rettungswege,
- Restverfüllung der geleerten Einlagerungskammern,

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 125

Die nördliche Begleitstrecke wird zwischen ELK 10/750 und ELK 11/750 nördlich der Einlagerungskammern verlaufen. Im Pfeiler zwischen ELK 11/750 und 12/750 (oder optional zwischen ELK 7/750 und 11/750) erfolgt ein Querschlag nach Süden. Von dort verläuft die südliche Begleitstrecke südlich der Einlagerungskammern weiter in Richtung ELK 2/750.

Durch die Nähe der Begleitstrecken zu den Einlagerungskammern zählen die den Einlagerungskammern zugewandten Stöße und die Sohlen dieser Strecken ab Beginn ihrer Auffahrung zur radiologischen Barriere. In der KPL ist für diese Barriere eine Dicke von 3 m angenommen. Dieser Wert ist im Zuge des Genehmigungsverfahrens zu diskutieren. Zwar ist es verfahrenstechnisch vorteilhaft, Strecken möglichst nah an den Einlagerungskammern entlang zu führen, jedoch ist ein gewisser Mindestabstand einzuhalten. Dieser Mindestabstand wird durch die Gebirgsmechanik diktiert, die Einhaltung jedoch durch nicht exakt bekannte Geometrien und Lokationen der Einlagerungskammern erschwert. In der vorliegenden Planung wird mit einem Sicherheitsabstand von 5-10 m gearbeitet.

Die nördliche Begleitstrecke grenzt nördlich an Carnallitischichten, deren Durchörterung auf Grund eines erheblichen Ausbausaufwands nach Möglichkeit vermieden werden soll.

Die südliche Begleitstrecke kann nach derzeitigem Kenntnisstand nicht weiter westlich der ELK 7/750 geführt werden, da sonst der Sicherheitspfeiler zum südlich angrenzenden Deckgebirge verletzt wird.

Das Sohlniveau beider Begleitstrecken liegt auf ca. 735 m. Aus dieser Tiefenlage ergeben sich zwei wesentliche Vorteile. Zum einen können die Erkundungs- und Schwebenstabilisierungsmaßnahmen von dort aus effektiv umgesetzt werden. Zum anderen werden die aus dem Sohlbereich der ehemaligen (darunterliegenden) Richtstrecken bekannten Kontaminationen nicht offengelegt bzw. durchörtert. Für die Auffahrung der Begleitstrecken ist das Anfahren bzw. Durchörteren einiger Strömungsbarrieren und Abdichtungsbauwerke erforderlich. Geeignete Kompensationsmaßnahmen müssen in weiteren Planungsphasen ermittelt werden.

Der Querschnitt der Begleitstrecken muss der Funktion angepasst werden, folgende Faktoren sind u. a. zu berücksichtigen:

- Notwendigkeit von Preventer geschütztem Bohren,
- Länge der zu nutzenden Bohrlafetten,
- Erforderliche Wettermenge und einzuhaltende Wettergeschwindigkeiten,
- Vorgaben für Flucht- und Rettungswege.

In der vorliegenden Planung wird von einem Querschnitt der Begleitstrecken von 6 x 4 m (B x H) ausgegangen.

3.13.8. Vorbereitung von Brandschutzmaßnahmen

Oberstes Ziel des Brandschutzes ist, ein Brandereignis schon im Anfangsstadium zu erkennen bzw. nicht entstehen zu lassen. Aufgrund dessen ist die Brandschutz-Prävention eine der wichtigsten Maßnahmen, welche auch gesetzlich in der „Bergverordnung für alle bergbaulichen Bereiche“ (Allgemeine Bundesbergverordnung – ABergV [16]) geregelt bzw. vorgeschrieben ist.

Um potenzielle Gefahren durch Brandereignisse frühzeitig zu identifizieren, sind für die Schildmaschinen selbst sowie alle daran gekoppelten Anlagen, Systeme und Komponenten (ASK) sowie Infrastrukturräume und deren Ausstattungen die Brandlasten vorab im Rahmen von
Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 126

Gefährdungsbeurteilungen zu ermitteln und in einem Brandlastkataster aufzulisten (nähere Informationen dazu sowie die rechtlichen Grundlagen siehe Kapitel 7 Brand- und Explosionsschutz). Die Anlagen- und Arbeitsbereiche sind hinsichtlich des Risikos einer Brandentstehung unter Berücksichtigung der potenziellen Brand-/Rauchausbreitung zu kategorisieren.

Als vorbeugende Brandschutzmaßnahme sind Brandlasten so gering wie möglich zu halten (z. B. Stoffeigenschaften, Bevorratung, Lagerung und Entsorgung) und bei Installationen und Bauvorhaben entsprechend Bauteile bzw. Materialien zu verwenden, welche den Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer/-klassen, den Vorgaben der zuständigen Behörden und den Einsatzanforderungen in untertägigen Betrieben entsprechen.

Grundsätzlich sind nicht brennbare oder nur schwer entflammable Baustoffe, Werkstoffe und Materialien (z. B. Hydraulikflüssigkeiten, Förderbänder) entsprechend EN 14973, DIN 4102 zu verwenden. Von dieser Vorgabe kann abgewichen werden, wenn der Verwendungszweck dies nicht anders zulässt. Die Wände (Schildmantel und Innenräume) der Schildmaschinen bestehen aus bis zu 80 mm starkem Stahl oder anderen nicht brennbaren Werkstoffen und bilden damit eine brandtechnische Trennung der Räume untereinander. Aufgrund des zu berücksichtigenden Strahlenschutzes sind alle Räume auch gas- und rauchdicht abgeschlossen. Damit bildet jeder Raum innerhalb der Schildmaschine einen eigenen Brandabschnitt. Brandvorhänge sind innerhalb der Fluchtwege vorgesehen.


Alle Türen und Tore innerhalb der Schildmaschinen werden als Brandschutzeinrichtungen mit einer Feuerwiderstandsklasse A1 oder A2 (nach DIN 4102) und rauchdicht (nach DIN 18095) ausgelegt. Die Priorität liegt dabei auf der Reduktion der Rauchausbreitung. Das betrifft sowohl die Türen der Personenschleusen und Technikräume als auch die Sektional- und Rolltore der Containerschleusen. Türen und Tore sind selbstschließend auszuführen.

Die Überströmöffnungen der Bewetterung zwischen den Räumen der Schildmaschine werden neben den Regelklappen mit Brandschutzklappen ausgerüstet. Die Brandschutzklappen werden beim Auslösen der automatischen Brandüberwachung des jeweiligen Raumes oder bei händischer Betätigung geschlossen, sodass anschließend die betroffenen Räume lufttechnisch isoliert sind.

Die genaue Einstufung der Räume nach DIN 25422 sollte im Zuge der nachfolgenden Planungsphasen erfolgen. Dabei werden die Brandklassen und die notwendigen Schutzeinrichtungen festgelegt.

An allen Orten sind generell und besonders dort, wo identifizierte Gefährdungen bestehen (z. B. den Motoren, Transformatoren, hydraulische Aggregate und elektrische Schaltschränke für Schildmaschinen sowie Bereiche mit Konzentrationen von hydraulischen Schläuchen, Hydrauliktanks, elektrischen Kabeln und Schmierstoffen), fest installierte selbstständig und manuell auslösende Löscheinrichtungen vorgesehen. Sensoren der Brandmeldeanlage zur frühzeitigen Branderkennung und -meldung sowie Einrichtungen und Maßnahmen zur Alarmierung sind bei einem Brand vorgesehen. Dies kann durch eine Kombination von optischen und thermischen Sensoren (Rauchmelder und Wärmesensoren) umgesetzt werden. Die erforderlichen Anzeige- und Bedienungseinrichtungen sind in der Grubenwarte zu installieren, um von dort in einem Brandfall den Grubenwehreinsatz sowie die Evakuierung der Grube zu koordinieren sowie ggf. Brandlöschanlagen einzusetzen, sofern diese nicht automatisch auslösen.

Bei Vorhandensein von Brandlasten sind ausreichend mobile Feuerlöscher entsprechend den gelagerten Materialien und/oder ortsfeste (inkl. solcher an mobilen Maschinen installierte) Löschanlagen vorzuhalten oder gleichwertige Brandschutzmaßnahmen vorzusehen. Diese sollten leicht zugänglich und deutlich gekennzeichnet sein und sind über das Grubengebäude und die

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 127

Schildmaschinen verteilt anzuordnen. Arbeits- und Transportmaschinen, die sich im untertägigen Einsatz befinden, sind mit bordfesten, manuell auszulösenden, bzw. selbsttätig auslösenden Löschanlagen auszurüsten.

Sofern eine manuelle Brandbekämpfung aufgrund erschwerter Zugänglichkeit, ungünstiger Strahlenschutzbedingungen oder unzureichender Rauchableitung zu einer unzulässigen Gefährdung der Einsatzkräfte führen kann, sind ebenfalls ortsfeste (z. B. Feuerlöscher, Schaum, Inertgas) oder ggf. fernsteuerbare Löschanlagen einzusetzen.


Die in der Datenbank Assekat Version 9.3.1 mit Stand 02/2015 aufgeführten Abfallarten weisen eine Vielzahl von Gebinden mit den Bemerkungen: brennbar, Papier/Pappe, Putzlappen, Filter, Laub oder ähnlichen Brandlastindizes wie Bitumen aus. Für einen Großteil dieser Gebinde ist zudem keinerlei Information bzgl. der Abfallbehandlung verfügbar, sodass keine tiefergehende Information über durchgeführte brandrisikoreduzierende Behandlungsprozesse (z. B. Betonieren) der Gebinde vor Einlagerung zur Verfügung stehen. Die o. g. Hinweise führen daher zu einer potenziell hohen Brandlast innerhalb der Einlagerungskammern.

Brände können sowohl durch aktive Arbeit (Funkenbildung bei z. B. Auftreffen der Fräse auf ein Metallgebilde) als auch passiv durch Wärmestau (z. B. brennbares Material liegt auf einer laufenden Pumpe, die im Betrieb heiß wird) entstehen. Es ist daher bei allen Arbeiten, sowohl bei der Rückholung selbst als auch bei den Arbeiten und Vorgängen innerhalb der Schildmaschine darauf zu achten, dass keine Zündenergie erzeugt wird oder sich Wärme anstauen kann und gelagertes Material seinen Flammpunkt bzw. seine Zündtemperatur erreicht. Diese Arbeitsweise versteht sich als iterativer Prozess, sodass z. B. der Löseprozess mit kleinem Werkzeug und geringem Kräfteinsatz durchgeführt wird und nur bei schlechtem Arbeitsergebnis bzw. Fortschritt sukzessiv größere Werkzeuge einzusetzen sind.

Thermische Trennverfahren sind für die Rückholung grundsätzlich nicht vorgesehen und sollten möglichst vermieden werden (z. B. Trennen von Metall mit Metallsägen oder Metallschere statt einem Schneidbrenner). Thermische Arbeiten wie Schweißen, Brennen oder Löten bedürfen, sofern keinerlei Substitutionsmöglichkeit besteht, einer speziellen Brenngenehmigung, welche die notwendigen Maßnahmen für die Durchführung regelt und festlegt.

Entsprechend der Vorschrift ASTM D635, ISO 3795 sind die für die Wetterführung verwendeten Lutten grundsätzlich aus nicht brennbaren Materialien, bestenfalls aus Metall, herzustellen. Im Brandfall ist eine Rauch- und Aktivitätsverschleppung in nicht betroffene Bereiche zu verhindern. Eine Rauchableitung aus den baulichen Anlagen innerhalb des Kontrollbereiches ist grundsätzlich zulässig, wenn sie zur Brandbekämpfung und zur Personenrettung (Entrauchung für eine Flucht) erforderlich ist und über die Abgabepfade des bestimmungsgemäßen Betriebes für radioaktive Stoffe möglich ist.

Sollte trotz aller Maßnahmen ein Brand entstehen, z. B. innerhalb der Schildmaschine, sind in den Transporttunneln mobile oder feste Brandschutztore eingebaut. Diese sind in Abbildung 67 konzeptionell dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 128
---	------------

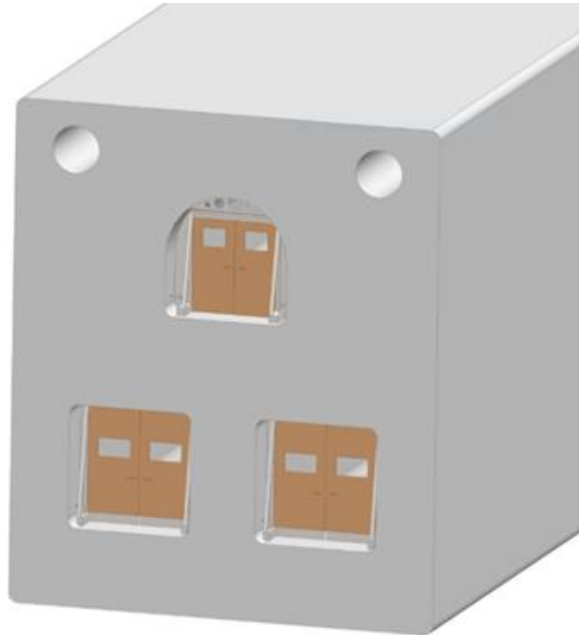


Abbildung 67: Beispielhafte Brandschutztore in den Transporttunneln im Ausbau hinter der Schildmaschine

Löst die Brandmeldeanlage aus, schließen sich bei Bedarf diese Brandschutztore, um das Eindringen von Brandgasen zu verhindern und die Flucht des Personals zu ermöglichen. Innerhalb der Schildmaschine funktionieren die Schleusentore bzw. Türen in Brandschutzausführung nach dem gleichen Prinzip. Eine Personenflucht ist auch bei einer im Brandfall geschlossenen Brandschutztür bzw. -tor möglich.

Da die Branddetektionsmöglichkeiten im Rückholbereich stark eingeschränkt sind und unterschiedliche Störgrößen die zu messenden Brandkenngößen beeinflussen können, erhöht sich das Brandrisiko. Als Brandkenngöße wird eine physikalische Größe verstanden, die im Detektionsbereich eines Brandes eine messbare Veränderung erzeugt (z. B. Temperaturanstieg, Sichttrübung, Brandgas-Konzentration). Die Arbeitsbedingungen (Temperatur, Bewetterung, Staubemission) in den Rückholbereichen sind örtlich und zeitlich nicht konstant. Die Abwärme der Schildmaschine wird über die ELK abgeführt, kühlt dabei aber bereits leicht ab und beeinflusst die Sensorik nicht.

Beim Lösen und Laden der radioaktiven Abfälle ist mit einer erhöhten Staubentwicklung zu rechnen. Stäube sind für Detektionssysteme, die mit Sichttrübung arbeiten (optische Signalschwächung durch Lichtabsorption oder -ablenkung infolge von Aerosolen im Messfeld), eine Störgröße. Zur Gewährleistung eines Sichtfeldes im Arbeitsbereich der Rückholtechnik kann die Staubentwicklung durch lokale Absaugung kontrolliert werden. Dies würde ebenfalls die Branderkennung beeinflussen. Durch die zentrale und redundante Staubabsaugung am Entstehungsort wird die Staubentwicklung deutlich reduziert. Detektionssysteme, die ausschließlich durch Sichttrübung auslösen, werden trotzdem als weniger geeignet angesehen.

Detektionssysteme, die als Wärmemeldesysteme ausgelegt sind, sind aufgrund zeitlicher Temperaturschwankungen und lokaler Temperaturdifferenzen voraussichtlich allein nicht ausreichend, da einerseits eine Fehlerkennung und andererseits eine zu späte Erkennung bzw. eine verzögerte Meldung/Anzeige nicht auszuschließen sind.

Daher werden zur Branddetektion innerhalb und außerhalb der Schildmaschinen automatische Mehrfachsensor-Brandmelder vorgesehen. Mehrfachsensor-Brandmelder verfügen über mindestens

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 129

zwei Sensoren zur Erfassung unterschiedlicher Brandkenngrößen, deren Signale in geeigneter Weise miteinander verknüpft werden. Dies kann zu einer Verbesserung des Ansprechverhaltens und der Täuschungsresistenz führen. Mehrfachsensor-Brandmelder können beispielsweise als Optisch-Thermischer-Mehrfachsensor oder als Wärme-Gas-Mehrfachsensor ausgelegt sein. Zur Verifizierung der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit eines für die entsprechenden Randbedingungen ausgelegten Detektionssystems sind im Vorfeld zur Rückholung der radioaktiven Abfälle Erprobungsversuche durchzuführen.

Neben der automatisierten Branddetektion durch Brandmeldesysteme ist die visuelle Begleitung von Arbeitsschritten der Rückholung (hier insbesondere die Löse- und Lade-Prozesse) mittels Wärmebild- oder Infrarotkamera zweckmäßig. Die Auswertung und automatisierte Detektion von Bränden kann bei diesen Thermographie-Lösungen auch bei staubiger Luft und über größere Distanzen mittels hochauflösender Temperaturmessung erfolgen. Sollte trotz aller Sicherungssysteme ein Brand in einer ELK entstehen, kann dieser direkt mit der vorgesehenen Feuerlöschschiene im Raum 2.07 (Abbildung 15) gelöscht werden.

3.13.9. Konventioneller Transport im sonstigen Grubengebäude

In der Phase A der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern 1/750 bis 12/750 erfolgt zunächst die Auffahrung der notwendigen Infrastruktur für die nachfolgende Rückholung. Sie umfasst die Auffahrung der Strecke vom Rückholbergwerk zur Anbindung an das Grubengebäude der Schachanlage Asse II, die Auffahrung der Infrastrukturräume (Pufferlager etc.) sowie die Auffahrung der Startkaverne und der Begleitstrecken. Der Transport im Grubengebäude umfasst dementsprechend zunächst den Abtransport des anfallenden Haufwerks und die Lieferung der notwendigen Sicherungsmittel. Neben diesen beiden Transportaufgaben ist auch die erforderliche Maschinenteknik für die Phase B in das Grubengebäude einzufördern und der Personentransport sicherzustellen. Die Beschreibung des Transports und die Handhabung von Umverpackungen – Transport von radioaktiven Abfällen – erfolgt gesondert im Abschnitt 3.14.7.

Für den Transport des anfallenden Haufwerks und der Sicherungsmittel sind die untertägig gegebenen Platzverhältnisse und Streckenbeschaffenheiten zu berücksichtigen. Dies gilt im besonderen Maße für den Einsatz der Transportfahrzeuge. Es ist vorgesehen, für die Transporte hauptsächlich das Rückholbergwerk und den Schacht Asse 5 zu nutzen. Der Schacht Asse 2 steht ebenfalls für konventionelle Transporte und Personenfahrung zur Verfügung

Für den Einsatz von Fahrzeugen im Rückholbergwerk und im Grubengebäude der Schachanlage Asse II müssen folgende Randbedingungen berücksichtigt und eingehalten werden:

- Nutzlast und Abmessungen Förderkorb
 - Schachtgängigkeit von Fahrzeugen
 - Teildemontage von Fahrzeugen berücksichtigen
- Streckenführung im Grubengebäude
 - Kurvenradien und Streckenneigung in der Wendelstrecke (Schachanlage Asse II)
 - Sohlenbeschaffenheit (z.B. Nachrüstung von Fahrzeugen mit Außenluftfiltern unter Berücksichtigung von Salzstaub und Betrieb unter Tage; Ausrüstung mit Signalblinkern, Kommunikations- und Feuerlöschschiene; Schutzgitter an Scheiben usw.)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 130

Es bietet sich an, in der Phase A auf bereits bewährte Technik im Bergbau respektive im Salzbergbau und vor allem auf bereits vorhandene Fahrzeug- und Transporttechnik der Schachanlage Asse II zurückzugreifen. Die Personenbeförderung unter Tage sollte über die vorhandenen Kraftfahrzeuge erfolgen. Die erforderliche Infrastruktur ist im Grubengebäude vorhanden.


Während der Phase A erfolgt ein Großteil der Transporte sowohl aus der Grube heraus als auch in die Grube hinein und betrifft die Auffahrung der erforderlichen Grubenräume für die Phase B. Das Auffahren der Grubenräume – Begleitstrecken, Startkaverne etc. – erfolgt konventionell mittels Teilschnittmaschine und nachlaufender First- und Stoßsicherung über Ankerbohrwagen. Der Abtransport des anfallenden Haufwerks erfolgt beispielsweise über Fahrlader oder Muldenkipper. Zur Steigerung der Effektivität kann es zweckdienlich sein, dass die eingesetzten Fahrlader das aufgenommene Haufwerk in Transportbehälter laden und diese anschließend mittels Gabelstapler auf Transportfahrzeuge verladen werden. Die Transportfahrzeuge fahren die beladenen Transportbehälter zum Schacht. Dort erfolgt die Übergabe zum Förderkorb, um die Transportbehälter nach über Tage zu fördern. Alternativ lagern die beladenen Transportcontainer im aufgefahrenen Pufferlager. Der Einsatz von gleisgebundenen Fahrzeugen für den Materialtransport im vorhandenen Grubengebäude ist technisch möglich. Der Aufbau der Infrastruktur bedingt aber vorlaufend einen erheblichen Zusatzaufwand. Es sollte daher für die konventionellen Transporte im Grubengebäude auf die nachfolgend beschriebenen gleislosen Transportmittel zurückgegriffen werden. Derzeit setzt die BGE auf der Schachanlage Asse II dieselbetriebene Fahrzeuge ein. Im Hinblick auf den Stand der Technik könnten mittelfristig auch elektrisch- respektive akkubetriebene Fahrzeuge verwendet werden.

Wie bereits beschrieben, werden in der Phase A die für die Phase B erforderlichen Infrastrukturräume aufgefahren und gesichert. Im Anschluss erfolgen der Transport der notwendigen Infrastruktur für die Montage und den Einsatz für die Schildmaschine sowie der Transport der Komponenten für die Schildmaschine selbst. Der Transport im Rahmen des Auffahrens der Infrastrukturräume erfolgt hauptsächlich über das Rückholbergwerk. Die Transporte für die Errichtung der Infrastruktur zur Montage der Schildmaschinen erfolgen ebenfalls über den Schacht Asse 5 und das Rückholbergwerk. Dies gilt auch für den Transport der einzelnen Komponenten für die Schildmaschine. Folgende Bauteile/Komponenten sind unter anderem zu transportieren:

- Portal- oder Brückenkran für die Startkaverne,
- Werkzeuge,
- sämtliche Komponenten für die Schildmaschinen,
- zusätzliche Sonderausrüstung (z.B. mobile Transformatoren, Sonderbewetterung, Beleuchtung, mobile Entstaubungsanlagen, Bewetterungsschleuse)

Die Bauteile und Komponenten können je nach Abmessungen über folgende Behälter transportiert werden:

- Gitterboxen,
- Bigboxen,
- Transportcontainer/-behälter,
- Transportpaletten.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 131

Bauteile mit großen Abmessungen werden ohne Transportbehälter aber mit Transportpaletten nach unter Tage gefördert und mittels Stapler oder ähnlichem zum Bestimmungsort transportiert. Bei derartigen Transporten ist auf Schachtgängigkeit zu achten. Das heißt, die maximalen Abmessungen und die Nutzlast des Fördermittels im Schacht Asse 5 dürfen nicht überschritten werden. Transporte, die mittels Behälter erfolgen, werden am Füllort im Rückholbergwerk auf Transportfahrzeuge umgeladen und anschließend zum Bestimmungsort gefahren.

Für die in der Phase A durchzuführenden konventionellen Transporte im Grubengebäude stehen vor allem Fahrlader zur Verfügung.

Das Auffahren der für die Phase B benötigten Grubenräume wie Begleitstrecken oder der Startkaverne erfolgt über Teilschnittmaschinen. Das anfallende Haufwerk wird von Fahrladern aufgenommen und in Abhängigkeit des Bestimmungsorts oder der Wegstrecke entweder komplett von Fahrladern befördert oder von ihm in Transportcontainer geladen. Eine direkte Verladung von Teilen der Schildmaschinen in den Transportcontainer ist ebenfalls möglich. Bestimmungsorte unter Tage können aufgefahrene Pufferlager sein. Das dort zwischengelagerte Haufwerk soll nach Aufbereitung in den folgenden Phasen als Grundlage für Baustoff (z. B. Sorel- oder Geopolymerbeton) genutzt werden. Bei Förderung des Haufwerks nach über Tage, bietet es sich auf Grund der Wegstrecke und des weiteren Transports an, das Transportgut in Transportbehälter umzuladen. Den weiteren Transport übernehmen anschließend verschiedene Transportfahrzeuge, z.B.

- **Fahrlader**

Die Fahrlader können hinsichtlich der Anforderungen des Sicherheits- und Nachweiskonzepts diesel- oder elektrisch betrieben sein. Die Größe und Ausführung sind mit den Abmessungen der vorhandenen Strecken im Grubengebäude sowie mit den Abmessungen und der Nutzlast des Fördermittels abzustimmen. Es ist davon auszugehen, dass die Fahrlader über Tage demontiert und komponentenweise nach unter Tage gefördert werden. Die Endmontage erfolgt vor Ort, in einer Werkstatt, im Grubengebäude.


- **Muldenfahrzeuge**

Der Transport des anfallenden Haufwerks kann bei größeren Volumina alternativ über Muldenfahrzeuge erfolgen. Nachdem sie über den Fahrlader beladen wurden, fahren sie durch das vorhandene Grubengebäude zum Bestimmungsort. Das kann entweder ein aufgefahrene Pufferlager sein oder ein Füllort des Schachts Asse 5.

Es ist zu beachten, dass es sich bei einem Transport nach über Tage anbietet, das angefallene Haufwerk direkt in Transportbehälter zu laden. Hierdurch entfällt das Umladen im Füllortbereich. In diesem Fall übernehmen Tieflader den Transport im Grubengebäude.

- **Tieflader**

Ein Großteil der Tätigkeiten in der Phase A zur Rückholung der radioaktiven Abfälle beinhaltet das Auffahren von Grubenräumen respektive Infrastrukturräumen. Hierunter fallen unter anderem das Auffahren der Begleitstrecken. Das anfallende Haufwerk kann entweder direkt mit Hilfe eines Fahrladers respektive Muldenkippers abtransportiert oder je nach betrieblichem Erfordernis in Transportbehälter umgeladen werden. Für den sicheren Untertagebetrieb können spezielle Tieflader, die für den Betrieb im Endlager Konrad entwickelt wurden, eingesetzt werden (siehe beispielhaft Abbildung 68).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 132

Mit Hilfe des Knickgelenks sind diese Fahrzeuge vergleichsweise wendig und dementsprechend effektiv einsetzbar. Nach der Fertigstellung sämtlicher aufzufahrender Grubenräume können die Tieflader den Transport von Komponenten zur Errichtung der Infrastruktur für die Montage der Schildmaschinen vom Schacht Asse 5 bis zur Startkaverne übernehmen. In der darauffolgenden Phase B können sie nichtkontaminiertes Salzgrus in Umverpackungen (Konrad-Container) in die Pufferlager transportieren.



Abbildung 68: Transportfahrzeug Endlager Konrad [Quelle: DBE TECHNOLOGY]

- **Gabelstapler**

Gabelstapler übernehmen unter Tage ortsnahe Transportaufgaben und sind somit elementar für die effiziente Ausführung konventioneller Transporte. Sie übernehmen an den Füllörtern der Schächte Asse 5 und alternativ Asse 2 das Umladen von Transportbehältern und Stückgütern vom Förderkorb auf die im Einsatz befindlichen Tieflader. Zudem übernehmen sie das Handling von Bauteilen für die Errichtung der Infrastruktur in der Startkaverne und auch für die Montage der Schildmaschinen selbst.


In der Phase B übernehmen sie das Umladen von nicht kontaminiertem Salzgrus in Umverpackungen von den Hubfahrzeugen auf die Tieflader. Im Rückholbergwerk können entsprechend umgerüstete Gabelstapler die Handhabung der Umverpackung von den Hubfahrzeugen in den Förderkorb des Schachts Asse 5 übernehmen.

- **Personenkraftfahrzeuge**

Das untertägig eingesetzte Personal wird mittels Personenkraftfahrzeugen (Pkw) vom Füllortbereich des Schachtes Asse 5 oder des Schachtes Asse 2 über das vorhandene Streckennetz zu den jeweiligen Einsatzorten befördert. Die eingesetzten Kraftfahrzeuge sollten in der Lage sein, die vorhandenen Steigungen in der Wendelstrecke sicher zu überwinden. In der Phase B fahren die Pkws nicht durch die Transportröhren des Ausbaus. Die Wegstrecke bis zur Schildmaschine erfolgt für das Betriebspersonal via Fußführung.

3.13.10. Errichtung von Stützbauwerken in den Pfeilern/Ingenieurbauwerke

Die KPL sieht vor, dass alle Schildmaschinen die Pfeiler parallel (ohne Versatz in Längsrichtung) durchörteren. Damit die Stabilität des Grubengebäudes während der Durchörterung der Pfeiler durchgängig sichergestellt werden kann, werden vor dem Beginn der Rückholung massive

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 133
---	-------------------

Pfeilerstützbauwerke aus der Begleitstrecke heraus erstellt, die zusammen mit der rückholbegleitenden Herstellung der Fertigteilwände (siehe Abschnitt 3.14.13) und der ggf. mit GFK-bewehrten Betonsohle eine tragfähige Rahmenkonstruktionen bilden.

Im folgenden Abschnitt wird die Herstellung der Pfeilerstützbauwerke beschrieben. Die rückholbegleitende Sicherungsmaßnahmen im Pfeiler (die Fertigteilwände und die Betonsohle) gehören zur Phase B und werden im Abschnitt 3.14.13 „Stabilisierungsmaßnahmen während der Rückholung“ beschrieben.

Die Pfeilerstützbauwerke werden von der Begleitstrecke heraus in der Phase A errichtet. Sie liegen ca. 4,5 m tiefer als die Begleitstrecke (siehe Abbildung 69) und werden z.B. über eine gesonderte Wendelstrecke aufgefahren. Alternativ kann auch ein Blindschacht in der Begleitstrecke abgeteuft werden und der konventionelle Vortrieb der insgesamt 5 Abschnitte mit einem Aufzug angedient werden. Die Abschnitte für die Pfeilerstützbauwerke werden in Breiten von ca. 3 m mit Teilschnittmaschinen im Pfeilerkern unter Beachtung der radiologischen Barriere aufgefahren. Nach dem Auffahren eines Abschnitts wird eine GFK-Bewehrung (Eisenbilanz) verlegt und der Abschnitt wird vollständig betoniert. Diese etwa fünf verfüllten Parallelabschnitte bilden ein Pfeilerstützbauwerk.

Die Gesamtabmessungen eines solches Bauwerks hängen von den Abmessungen (Länge/Breite) des jeweiligen Pfeilers und der Einlagerungskammern ab. Die Pfeilerstützbauwerke werden in einer Höhe von ca. 10,5 m über der Sohle der jeweiligen Einlagerungskammern mittig im Pfeiler hergestellt. Der Abstand zum Rand der Einlagerungskammern beträgt 3 m (radiologische Barriere). Die Höhe der Pfeilerstützbauwerke beträgt je nach statischem Erfordernis ca. 3,5 m bis 5,0 m und die Länge entspricht neben der Breite der Einlagerungskammer jeweils 5 m zusätzlich auf beiden Seiten als weiteres Auflager.

Die Abbildung 69 stellt das Stützbauwerk im Pfeiler zwischen der ELK 6/750 und ELK 5/750 dar.

Der Ausnutzungsgrad der Pfeilerstützbauwerke ist im Rahmen der KPL nicht berechnet worden. Ihre Abmessungen können im Zuge weiterer Planung optimiert werden.

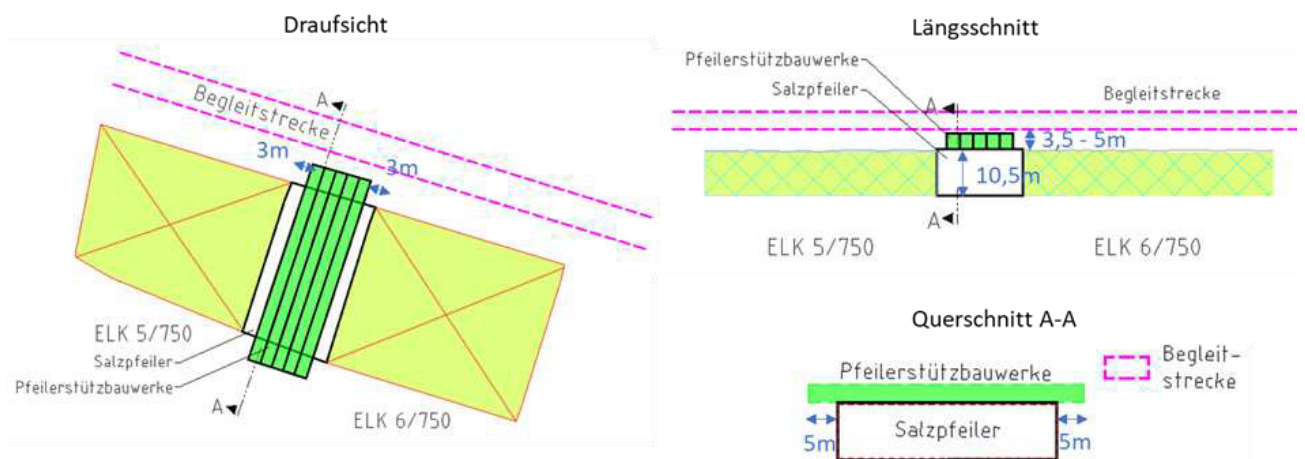



Abbildung 69: Pfeilerstützbauwerke

Ihre Verbindung und Zusammenwirkung mit den Fertigteilwänden und der Betonsohle wird im Abschnitt 3.14.13 beschrieben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 134

3.13.11. Einrichten von vorbereitenden Strahlenschutzmaßnahmen für Phase B

Vor dem Beginn der Tätigkeiten zur Rückholung ist gemäß § 45 StrlSchV [13] durch den Strahlenschutzverantwortlichen eine Strahlenschutzanweisung mit den für den Betrieb zu beachtenden Schutzmaßnahmen zu erlassen.


Zu diesen Schutzmaßnahmen gehören gemäß § 45 StrlSchV [13] insbesondere:

- die Aufstellung eines Plans für die Organisation des Strahlenschutzes,
- die Regelung des für den Strahlenschutz wesentlichen Betriebsablaufs,
- die für die Ermittlung der Körperdosis vorgesehenen Messungen und Maßnahmen entsprechend den Expositionsbedingungen,
- die Regelungen zur Festlegung von Dosisrichtwerten für die Exposition der Beschäftigten und anderer Personen,
- die Führung eines Betriebsbuchs, in das die für den Strahlenschutz wesentlichen Betriebsvorgänge einzutragen sind,
- Regelungen zur Vermeidung, Untersuchung und Meldung von Vorkommnissen,
- die regelmäßige Funktionsprüfung und Wartung von Geräten, die für den Strahlenschutz wesentlich sind, sowie die Führung von Aufzeichnungen über die Funktionsprüfungen und über die Wartungen,
- die Regelung des Schutzes gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter und gegen das Abhandenkommen von radioaktiven Stoffen,
- die Aufstellung eines Planes für regelmäßige Alarmübungen sowie für den Einsatz bei Notfällen und Störfällen, erforderlichenfalls mit Regelungen für den Brandschutz und die vorbereitenden Maßnahmen für Notfälle und Störfälle.

3.13.12. Rückholung mittels TFO-MA in ELK 1/750

Da eine Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750 mittels „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ unter den aktuellen geologischen und gebirgsmechanischen Randbedingungen als nicht umsetzbar eingestuft wird, ist die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750 mit einem alternativen Rückholverfahren durchzuführen. Dazu wird hier das von der „Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung“ (Arge KR) entwickelte Verfahren „Teilflächenbau von oben mit Ausbauelementen“ (TFO-MA) vorgesehen.

Nach der konventionellen Auffahrung der untersten Ebene der Montage-/Startkaverne für die Schildmaschinen können, wie in Abbildung 70 dargestellt, die für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 1/750 erforderlichen Strecken für das TFO-MA (Strecken zur Einrichtung der Großgeräteschleuse [GGS] und Verpackungsstation [VPS] sowie die Basisstrecke bis zur radiologischen Barriere) ebenfalls konventionell mittels Teilschnitttechnik aufgefahren werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 135
---	------------

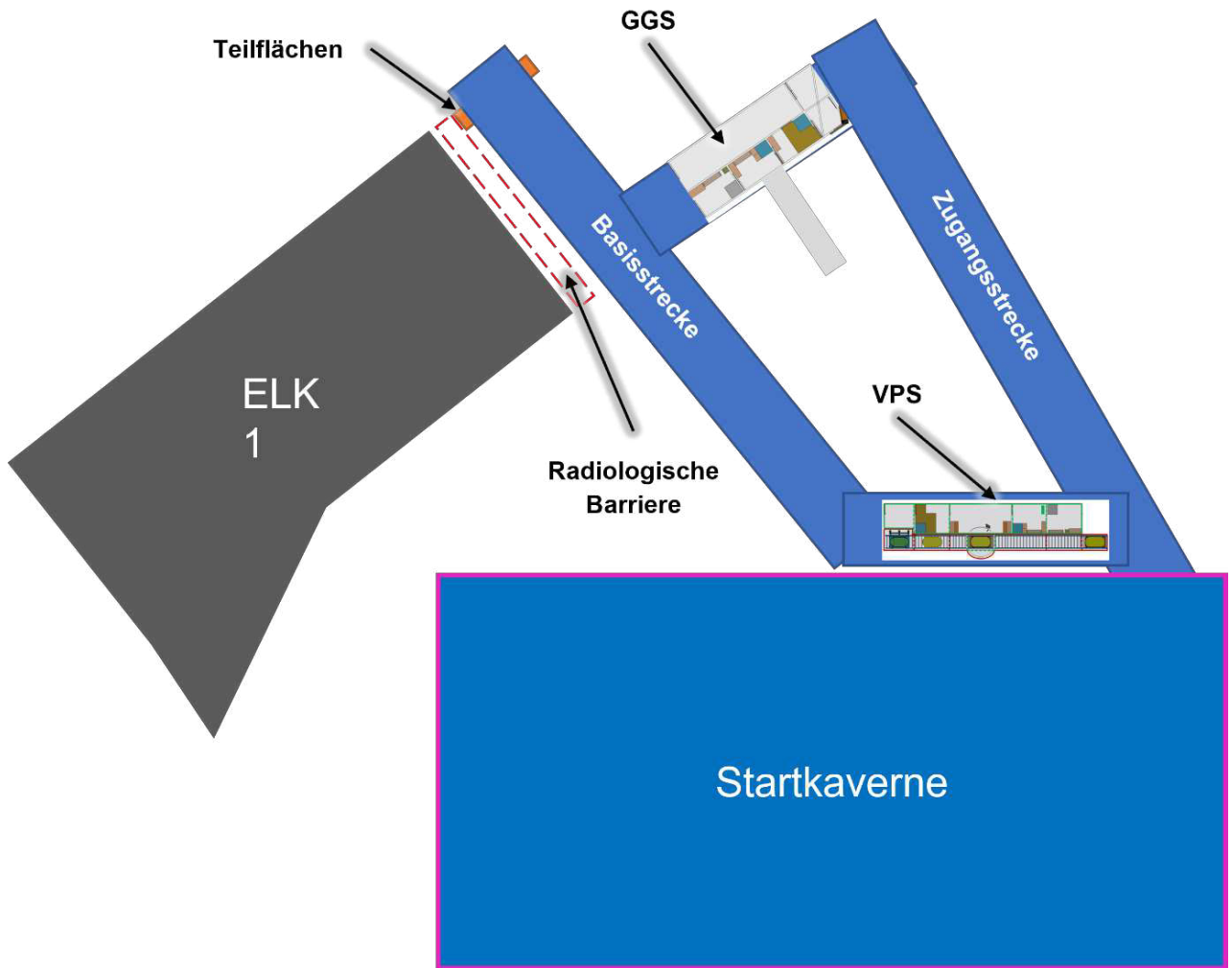



Abbildung 70: Beispielhafte Anordnung der für das TFO-MA Verfahren benötigten Strecken- und Schleusensysteme

Bei den konventionellen Auffahrungen sollte die radiologische Barriere und damit der Abstand zur Einlagerungskammer eine Mächtigkeit von 10 m nach Möglichkeit nicht unterschreiten, damit ein Austreten von Radioaktivität weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Die konkrete Mächtigkeit der radiologischen Barriere zwischen Basisstrecke und ELK 1/750 ist durch die Behörde spätestens mit Erteilung einer Genehmigung festzulegen. In der aufgefahrenen Basisstrecke können bereits alle für das TFO-MA notwendigen Einrichtungen und Geräte angeliefert und zwischengelagert werden. Nach Einbau der ersten Ausbauelemente in Bereich der radiologischen Barriere wird mit dem Aufbau und der Einrichtung der Rückholtechnik wie Krananlage, Montagehilfen etc. begonnen.

Parallel zum Aufbau des Manipulatorsystems können im gegenüberliegenden Bereich der Teilfläche, im Parkbereich, die entstehungsnahe Staubabsaugung per Einschienenhängebahn-(EHB)-Entstaubungseinheit und zur Gewährleistung des Brandschutzes die EHB-Brandschutzeinheit vorbereitet und eingebaut werden.

Für das TFO-MA Verfahren sind eine separate Großgeräteschleuse sowie Verpackungsstation einzurichten. Diese müssen vor dem Durchörteren der radiologischen Barriere vollständig eingerichtet und betriebsfähig sein, um die strahlenschutztechnische Sicherheit für das sonstige Grubengebäude zu gewährleisten. Nach Abschluss der unter anderem vorab erläuterten Vorbereitungsarbeiten, komplettiert durch die notwendige Bewetterung, Entstaubung und Medienversorgung im Zuge der Phase A, beginnt die Rückholung mit dem Vortrieb der ersten Teilfläche durch die radiologische Barriere.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 136
---	-------------------

Im Anschluss an die Durchörterung der radiologischen Barriere und der Sicherung des zugänglichen Bereiches der geöffneten Einlagerungskammer, mittels Einbau von Ausbauelementen, können die ersten Gebinde zurückgeholt werden. In der ELK 1/750 ist, im Gegensatz zu einigen anderen Einlagerungskammern, kein Salzversatz auf die Gebinde aufgegeben worden. Die Gebinde sind, wie in Abbildung 71 dargestellt, mit Hilfe der Stapeltechnik liegend aufeinander gestapelt worden.

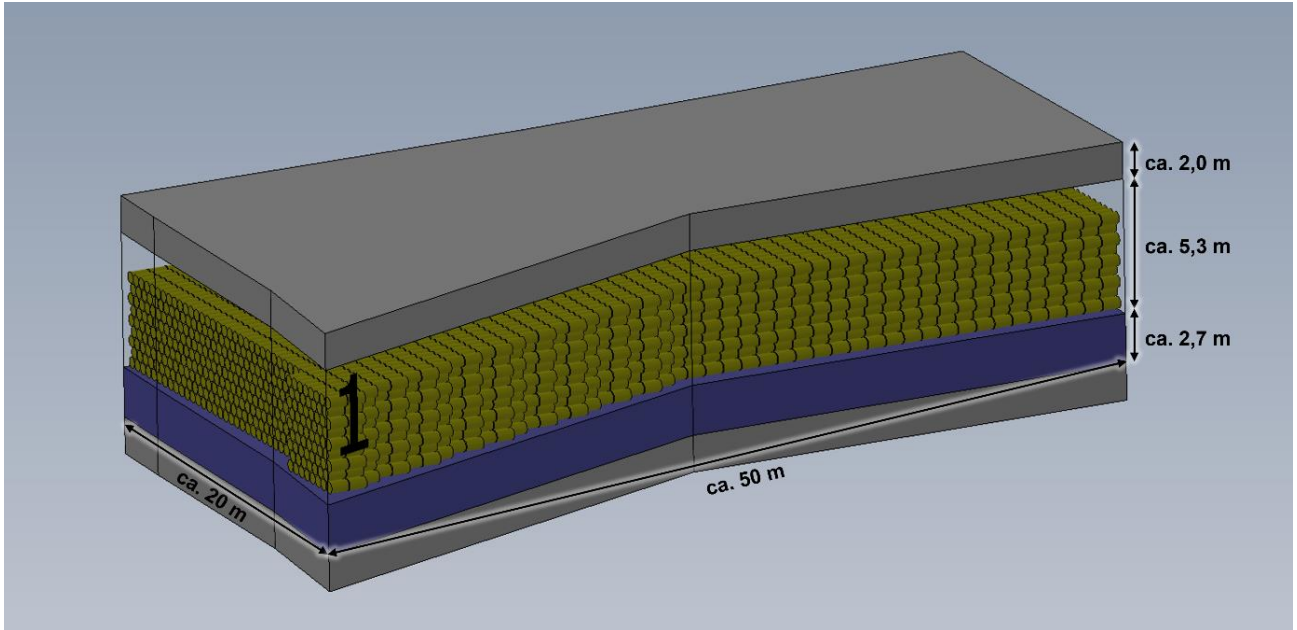


Abbildung 71: Einlagerungssituation in der ELK 1/750 [23]


Die Gebinde aus der ELK 1/750 können, wie in Abbildung 71 dargestellt, aufgrund einer Einlagerungshöhe von maximal ca. 5,3 m voraussichtlich über eine (Teilflächen-)Ebene zurückgeholt werden. Da kein Salzgrus zwischen oder auf die Gebinde eingebracht wurde, sollten, mit Ausnahme möglicherweise von der Firste abgestürzter Löser oder durch Konvergenzen in die Einlagerungskammer gedrückter Bereiche, lediglich geringe Mengen Salzgrus zu entfernen sein. Der Manipulator kann innerhalb der Einlagerungskammer somit hauptsächlich vorsichtig die Gebinde in seinem Arbeitsbereich greifen und in einen Innenbehälter verladen. Sobald sich vor dem Manipulator bzw. in seinem Arbeitsbereich, also an der Ortsbrust, keine freigelegten Gebinde mehr befinden, muss die Sohle für den Einbau der nächsten Ausbauelemente vorbereitet werden. Anschließend werden die nächsten Ausbauelemente eingesetzt.

Der genaue Ablauf der Rückholung mittels TFO-MA über die Phasen A (Vorbereitung), B (Rückholung) und C (Demontage und Verfüllung) wird hier nicht genauer erläutert und kann in [23] nachgelesen werden.

3.14. Rückholphase B: Durchführung der Rückholung im engeren Sinne

3.14.1. Übersicht

Die Phase B beginnt, wie in Abbildung 72 dargestellt, (süd-)östlich der Kammergruppe Ost mit dem Durchörteren der radiologischen Barriere zur ELK 1/750 mittels drei parallel nebeneinander fahrender Schildmaschinen. Die ELK 1/750 wird, aufgrund von problematischer Geologie im Ostbereich, zu $\frac{3}{4}$ mittels TFO-MA zurückgeholt. Ab diesem Zeitpunkt wird der Umgang mit offenen radioaktiven

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 137

Abfällen unterstellt und die nachfolgend beschriebenen Prozesse des Lösens und Ladens finden unter den für Phase B beschriebenen Strahlenschutzmaßnahmen statt.

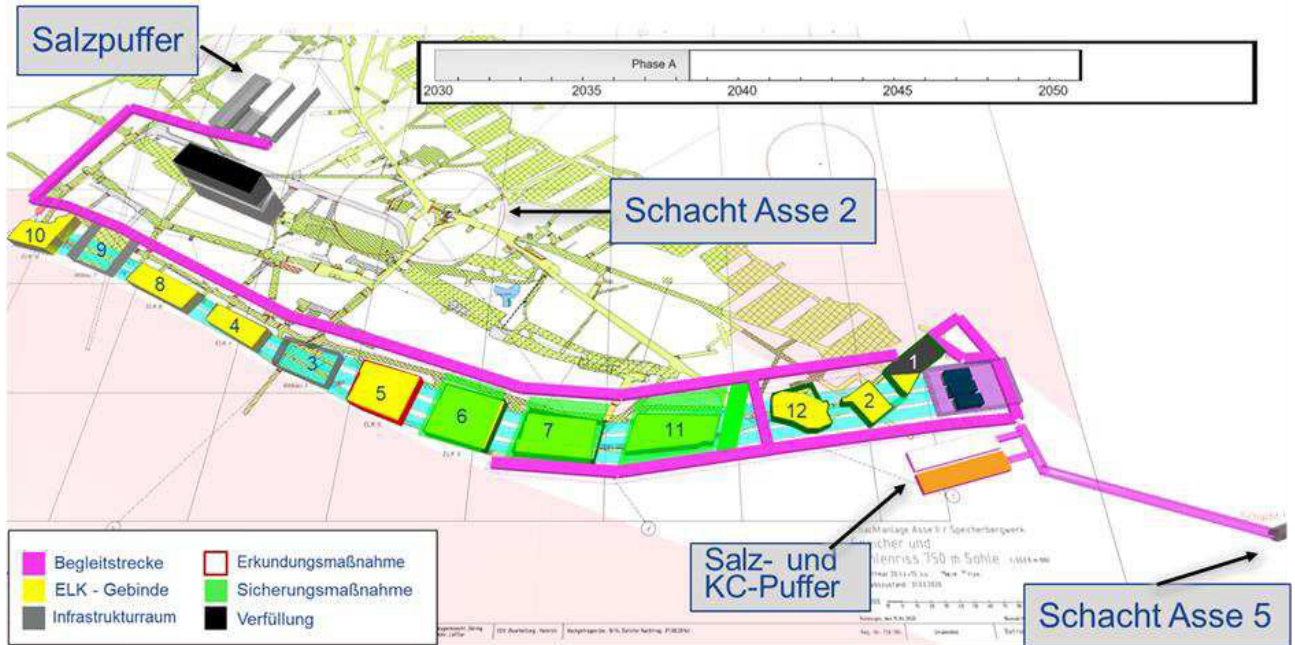



Abbildung 72: Beginn der Phase B (süd-)östlich der Kammergruppe Ost mittels drei parallel nebeneinander fahrender Schildmaschinen

Ein Personeneinsatz während der Phase B, z. B. im Arbeitsbereich der Manipulatoren innerhalb der ELK (unterhalb der nach vorne herausgezogenen Schildkappe) ist möglich, jedoch nur in absoluten Ausnahmefällen, wie z. B. bei einem Komplett- oder Teilausfall der Rückholtechnik vertretbar. Ein Umsetzen der Rückholtechnik ist nicht notwendig, da sich die Schildmaschinen kontinuierlich im Grubengebäude von Ost nach West durch die Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle hindurcharbeiten und die radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern zurückholen. Nach Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern 1/750, 2/750, 12/750, 11/750, 7/750, 6/750 und 5/750 sowie der direkt daran anschließenden Verfüllung der geleerten Einlagerungskammern, wird eine der drei Schildmaschinen über einen Kammerzugang von der nördlichen Begleitstrecke aus innerhalb des Abbaus 3/750 demontiert. Die anderen beiden Schildmaschinen fahren weiter parallel nebeneinander bis zur ELK 10/750 und holen die radioaktiven Abfälle aus den restlichen Einlagerungskammern der Kammergruppe Süd auf der 750-m-Sohle zurück, bis schlussendlich beide Schildmaschinen in der ELK 10/750 demontiert werden.

Die Rückholtechnik besteht aus drei identisch aufgebauten Schildmaschinen mit rechteckigem Querschnitt. Die Ausstattung jeder Schildmaschine besteht u. a. aus zwei hydraulisch angetriebenen Manipulatorsystemen mit Teleskopauslegern, drehbaren Schnellwechseleinrichtungen, Gleitschalung, Schildschwanzdichtung, Hydraulikaggregaten, Schleusen zum Einfördern und Abfertigen der Umverpackungen, Werkzeugmagazinen und weiterer Interventionstechnik, Messsystemen zur Freimessung der Umverpackungen, integrierter Bewetterung und Einrichtungen für die Energieversorgung. Abbildung 73 stellt den Längsschnitt durch eine Schildmaschine im Schleusenbereich dar.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 138

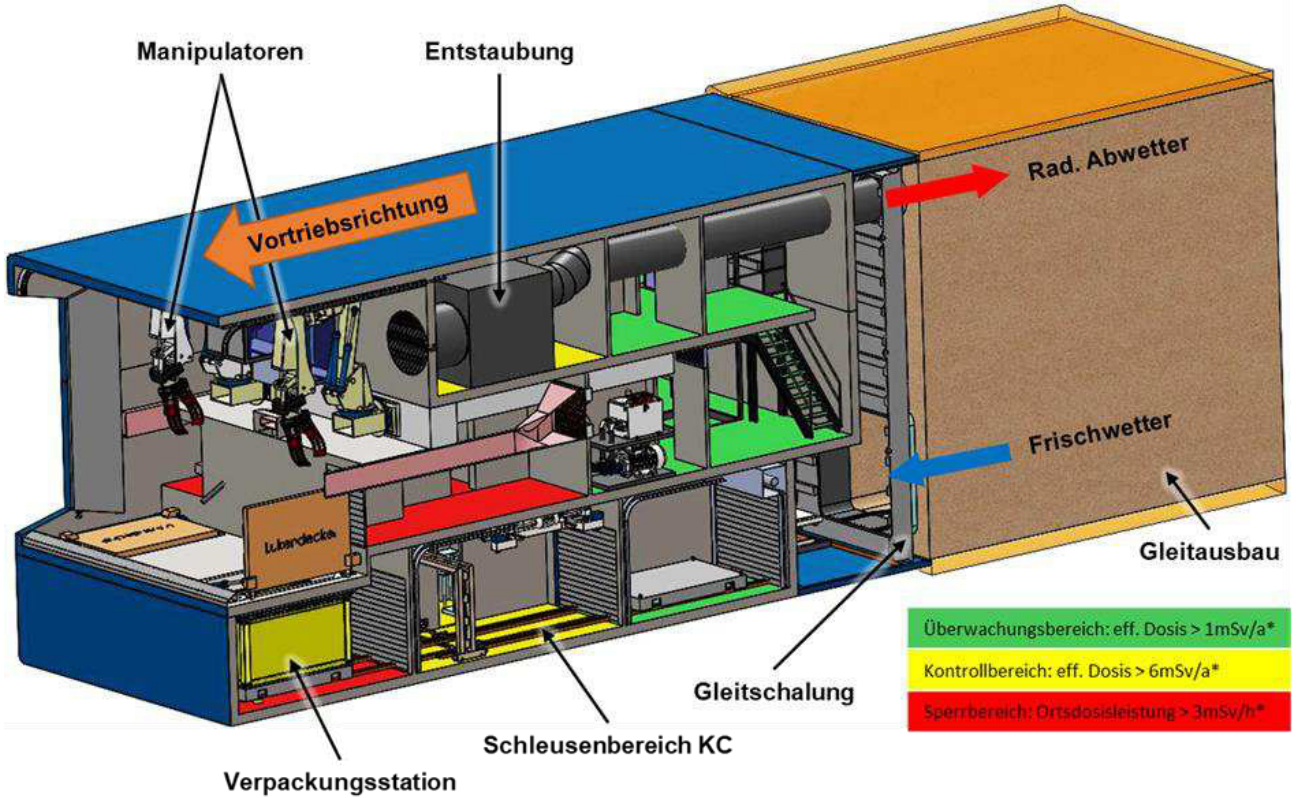



Abbildung 73: Aufbau der Schildmaschine in der Schnittdarstellung (Schnitt durch den Schleusenbereich)

Mit dem Manipulatorsystem werden die in den Einlagerungskammern eingelagerten radioaktiven Abfälle zunächst freigelegt und anschließend mit dem gelösten Salzgrus zusammen oder getrennt voneinander in der Verpackungsstation in Innenbehälter verladen. Die Innenbehälter sind über die ganze Zeit hinweg in Umverpackungen eingestellt und werden nach dem Beladevorgang über ein Doppeldeckelsystem verschlossen. Anschließend erfolgt der Transport der Umverpackungen mittels sohleengeführter Plateauwagen über ein Schleusensystem (Freimessen der Umverpackungen) innerhalb der Schildmaschine bis zum SchachtASSE 5 und nach über Tage. Der Transport der leeren Umverpackungen erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

Die für die verschiedenen Tätigkeiten notwendigen Werkzeuge werden in Werkzeugmagazinen auf der Schildmaschine bereitgehalten. Die benötigten Werkzeuge können innerhalb der Schildmaschine nach vorne in den Arbeitsbereich verfahren und vom Manipulatorsystem aufgenommen sowie das nicht mehr benötigte Werkzeug abgelegt werden. Für die Rückholtechnik steht eine umfangreiche Auswahl an Werkzeugen zum Lokalisieren und Freilegen von Gebinden sowie zum Laden von Salzgrus, Gebinden und Gebindeteilen direkt in den Werkzeugmagazinen innerhalb der Schildmaschine zur Verfügung. Weitere Anbauwerkzeuge, welche nicht regelmäßig im Einsatz sind, können z. B. in Umverpackungen über die Transporttunnel zu den Schildmaschinen transportiert werden. Die Lagerung der dekontaminierten Sonderwerkzeuge erfolgt z. B. in der Startkaverne.

Vor allem beim Freilegen von Gebinden, z. B. beim Einsatz einer Fräse, entstehen teilweise große Mengen an Staub. Diese sind entstehungsnah abzusaugen, um eine Unterbrechung der Rückholtätigkeiten durch eingeschränkte/schlechte Sichtverhältnisse im Arbeitsbereich zu vermeiden. Dazu werden die Abwetter mittels übertägig aufgestellter Lüfter direkt aus der Einlagerungskammer abgezogen und in der Schildmaschine mittels Entstaubungsanlagen entstaubt, bevor sie anschließend über radiologische Abwetterluten innerhalb der Schildmaschine und im nachgeführten Ausbau zu den radiologischen Filteranlagen geführt, dort gefiltert und über den SchachtASSE 5 ausgewettert werden. Durch den entstehenden Unterdruck vor der Schildmaschine

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 139
---	------------

werden kontinuierlich Frischwetter aus dem Bereich der Startkaverne durch die Transporttunnel nachgezogen.

Die Sicherung bzw. der Ausbau hinter der Schildmaschine erfolgen parallel zur Rückholung. Durch das Einbringen von geeignetem Baustoff, z.B. Geopolymerbeton in eine Gleitschalung hinter der Schildmaschine kann sich die Schildmaschine nach Abbindung des Betons über Hydraulikstempel gegen den Ausbau abdrücken und nach vorne schieben. Der Hohlraum zwischen den Schildmaschinen wird zusätzlich durch Stützpfeiler gesichert. Nach Durchfahren einer kompletten ELK können auch die restlichen Hohlräume in der Einlagerungskammer verfüllt werden, da nur die drei Transporttunnel sowie die beiden radiologischen Abwetterlütten im Ausbau bis zum Ende der Rückholung offengehalten werden müssen. In Abbildung 74 sind die vorweg beschriebenen Ausbautätigkeiten aufgezeigt.

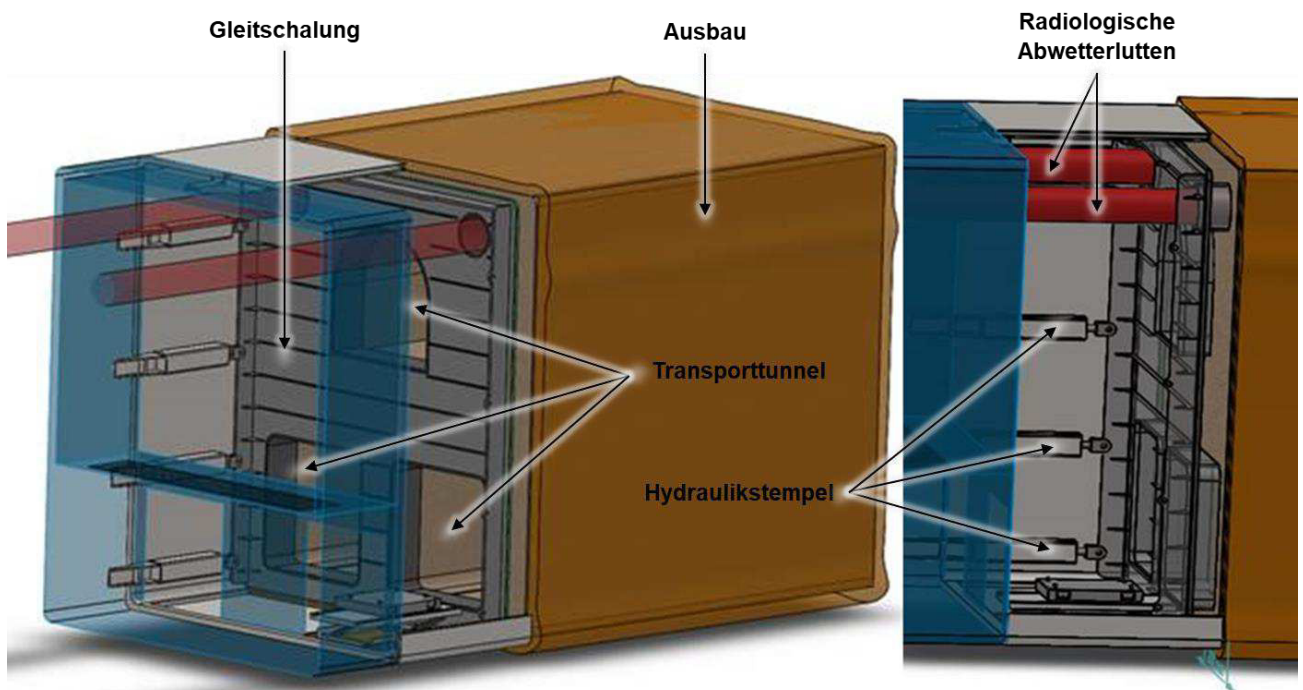


Abbildung 74: Ausbau hinter der Schildmaschine

3.14.2. Durchhörtern der radiologischen Barriere und Öffnung der Einlagerungskammern

Vor dem Durchhörtern der Barriere wird für jede ELK mit zeitlich ausreichendem Vorlauf (siehe 3.9.3) ein dreidimensionales Berechnungsmodell erstellt, welches die relevanten, radiologischen Erwartungswerte (z.B. Ortsdosisleistungen, Aerosole) auf Basis von vorhandenen Unterlagen aus der Zeit des Einlagerungsbetriebs und der Messwerte aus der Erkundung ableitet. Relevante Erwartungswerte sind z.B. die Dosisleistung am Steuerstand der Schildmaschine, Dosisleistung in der ELK sowie Stärke der radiologischen Barriere. Im Rahmen der bisherigen Betrachtungen ist davon auszugehen, dass für die Stärke der radiologischen Barriere ein Wert von ca. 3 m anzunehmen ist. Dies bedeutet, dass die Dosisleistung bei Unterschreiten der Dicke von 3 m zunimmt.

Nach Vorliegen der radiologischen Erwartungswerte kann mit dem Durchhörtern der Pfeiler begonnen werden. Die Schildmaschine wird während des Vortriebs kontinuierlich radiologisch überwacht, die gemessenen Werte werden mit den Erwartungswerten verglichen. Das bei der Durchhörterung


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 140

hereingewonnene Salz wird ebenfalls auf seine radiologische Belastung geprüft. Mit Erreichen der radiologischen Barriere ist, je nach Erwartungswert, der Steuerstand zu räumen und die Schildmaschine fernzusteuern. Die Schildmaschine ist auch fernzusteuern, wenn die gemessenen radiologischen Werte deutlich über den Erwartungswerten liegen. Kurz vor dem Öffnen der ELK sind orientierende Messungen der Dosisleistung am Abbauort durchzuführen. Diese orientierenden Messungen sind nach dem Öffnen der ELK erneut durchzuführen. Die Schildmaschine ist zum Zeitpunkt der Öffnung der ELK nicht besetzt, nur wenn die gemessenen Werte die zulässigen Werte nicht übersteigen, wird die Rückholung mit bemanntem Steuerstand fortgesetzt.

3.14.3. Durchführen eines Werkzeugwechsels

Die Ausführung unterschiedlicher Tätigkeiten mit ein und derselben Rückholtechnik, bezogen auf das Grund-/Trägergerät, erfordert je nach Situation und Aufgabe verschiedene Anbauwerkzeuge. Ein zügiger Arbeitsfortschritt erfordert einen möglichst schnellen Zugriff auf die benötigten Anbauwerkzeuge sowie eine Minimierung der Stillstandzeiten aufgrund des Wechselvorganges.

Nicht alle Werkzeuge können zeitgleich innerhalb der Maschine mitgeführt werden, da die Platzverhältnisse begrenzt sind. Auf der mittleren Ebene der Schildmaschine wird ein Lagerbereich für die Vorhaltung von häufig genutzten Werkzeugen wie z. B. Tieflöffel, Zwei-Schalengreifer, Detektionsgeräte, Anbaufräse und Vibroreibzahn eingerichtet. Aus diesen Werkzeugmagazinen können die Werkzeuge in den Arbeitsbereich der Rückholtechnik verfahren und vom Manipulatorsystem aufgenommen werden. Ebenso sind die nicht mehr benötigten Werkzeuge abzulegen und werden in die Werkzeugmagazine verfahren. In Abbildung 75 ist beispielhaft ein in der Schildmaschine vorhandenes Werkzeugmagazin dargestellt, pro Manipulator wird jeweils ein Magazin eingerichtet – pro Maschine sind folglich zwei Magazine vorhanden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 141

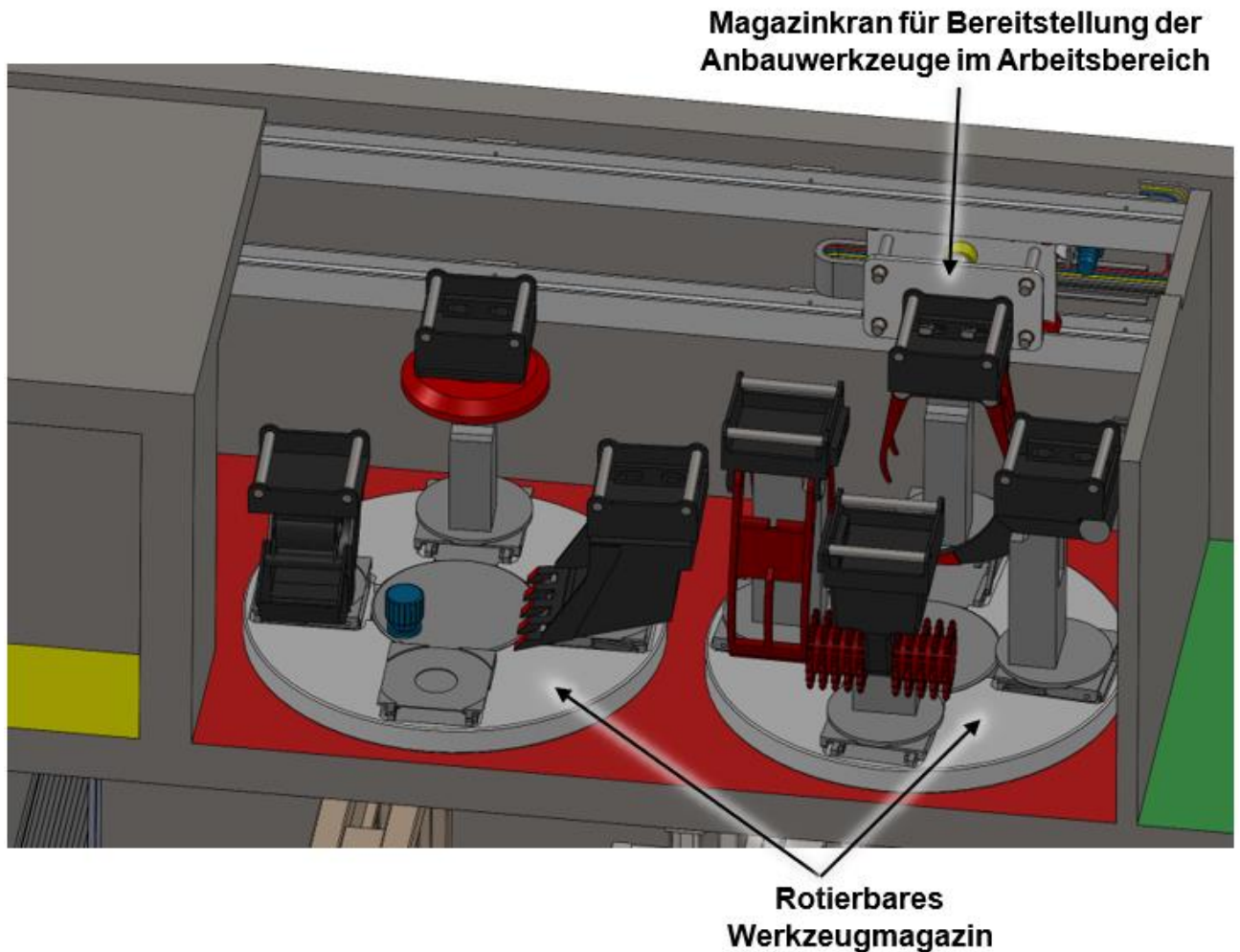



Abbildung 75: Werkzeugmagazin auf der Schildmaschine

Sind über diese Standardanbauwerkzeuge hinaus weitere Werkzeuge erforderlich, werden diese z. B. über Umverpackungen antransportiert und durch die Verpackungsstationen im vorderen Bereich der Schildmaschine zur Verfügung gestellt. Dort können diese vom Manipulatorsystem aus den Umverpackungen heraus aufgenommen werden. Der Wechsel der Werkzeuge erfolgt teilautomatisiert und fernbedient über ein am Manipulatorsystem montiertes, rotierbares Schnellwechselsystem. In Abbildung 76 ist ein beispielhaftes Schnellwechselsystem dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 142

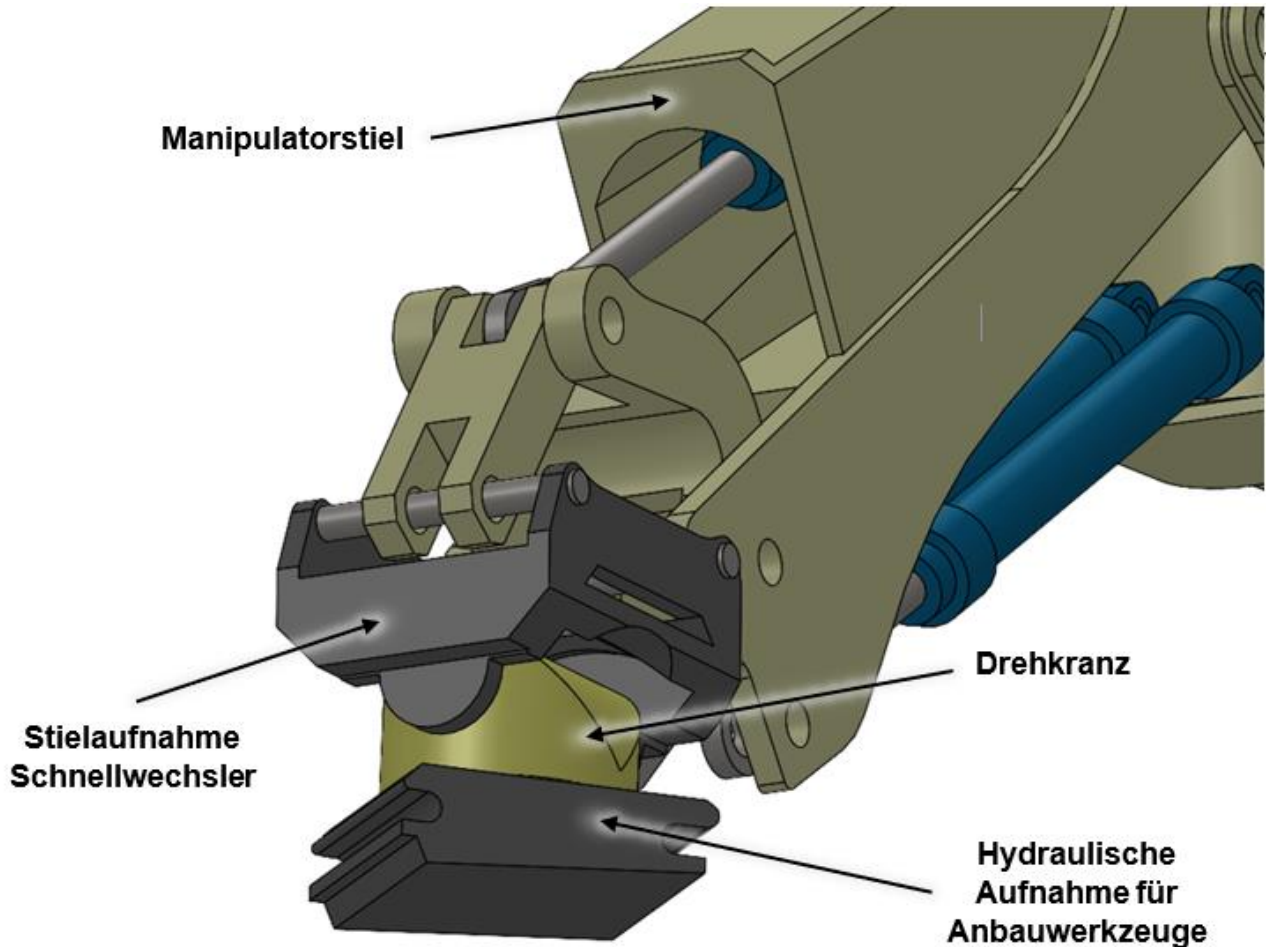



Abbildung 76: Manipulorausleger mit rotierbarem Schnellwechselsystem

3.14.4. Lokalisieren der Gebinde innerhalb der ELK

Die radioaktiven Abfälle wurden mittels verschiedener Techniken in die Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle eingelagert. Zum Teil wurden sie liegend oder stehend gestapelt oder von einem im Firstbereich liegenden Kammerzugang aus mittels Radlader in die Einlagerungskammer verstürzt und lagenweise mit Salzgrus überschüttet. Neben der uneinheitlichen Lagesituation der Gebinde wurden diese durch die Umgebungsbedingungen während der Lagerzeit beeinflusst und das Freilegen der Gebinde ohne deren Beschädigung bzw. Zerstörung wird als schwierig angesehen.

Eine Lokalisierung der Gebinde sollte, um möglichst genau zu erfolgen und den Aufwand zum Freilegen der Gebinde möglichst gering zu halten, nicht nur mit einer Technik durchgeführt werden. Es sollte nach Möglichkeit eine Kombination aus drei Methoden „Visuelle Erkennung“, „Metalldetektion“ und „Oberflächenscanning“ genutzt werden. Ziel der Lokalisierung ist es, die Lage der Gebinde in der Salzmatrix möglichst genau zu ermitteln, um diese bei der Bergung nicht weiter zu beschädigen oder gar zu zerstören.

Die visuelle Erkennung erfolgt zum einen über direkte Sicht durch die Maschinenführer im Steuerstand der Schildmaschine und zum anderen über Kameratechnik, die im vorderen Bereich der Schildmaschine installiert ist. Die parallel nebeneinander arbeitenden Schildmaschinen bieten den zusätzlichen Vorteil, dass ein gegenseitiges Einsehen des Arbeitsbereiches der jeweils nebenstehenden Schildmaschine durch den Maschinenführer möglich ist. Schlechte oder

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 143

eingeschränkte Blickwinkel können mit Hilfe von unterschiedlichen Kameras innerhalb des Schildmantels sowie einer guten Ausleuchtung des Arbeitsbereiches kompensiert werden. Die Kameraübertragung der drei Schildmaschinen ist jedem Schildmaschinenführer zugänglich, um eine Erhöhung des Sicherheitsniveaus zu erreichen („Mehraugenprinzip“).

Sofern die visuelle Erkennung nicht ausreicht, z. B. weil die Gebinde vollständig mit Salzgrus überdeckt sind, werden alternative Lokalisierungstechniken eingesetzt. Die freiliegende Ortsbrust sowie die darunter liegenden radioaktiven Abfälle können z. B. per Oberflächenscanning unter Einsatz von Metalldetektoren, Georadar, Geoseismik, etc. vor dem Freilegen genauer untersucht werden. Die dafür benötigten Anbauwerkzeuge befinden sich überwiegend in einem Werkzeugmagazin innerhalb der Schildmaschine bzw. werden hierfür aus der Startkaverne über Plateauwagen in Umverpackungen zur Verpackungsstation der Schildmaschine angeliefert und von den Manipulatoren über ein Schnellwechselsystem aufgenommen. In der nachfolgenden Abbildung 77 ist beispielhaft ein Metalldetektor am Manipulator beim Scannen der Ortsbrust dargestellt.

Diese Lokalisierung kann parallel zu anderen Prozessschritten, wie z. B. dem Aus- und Einfördern von Umverpackungen, durchgeführt werden.

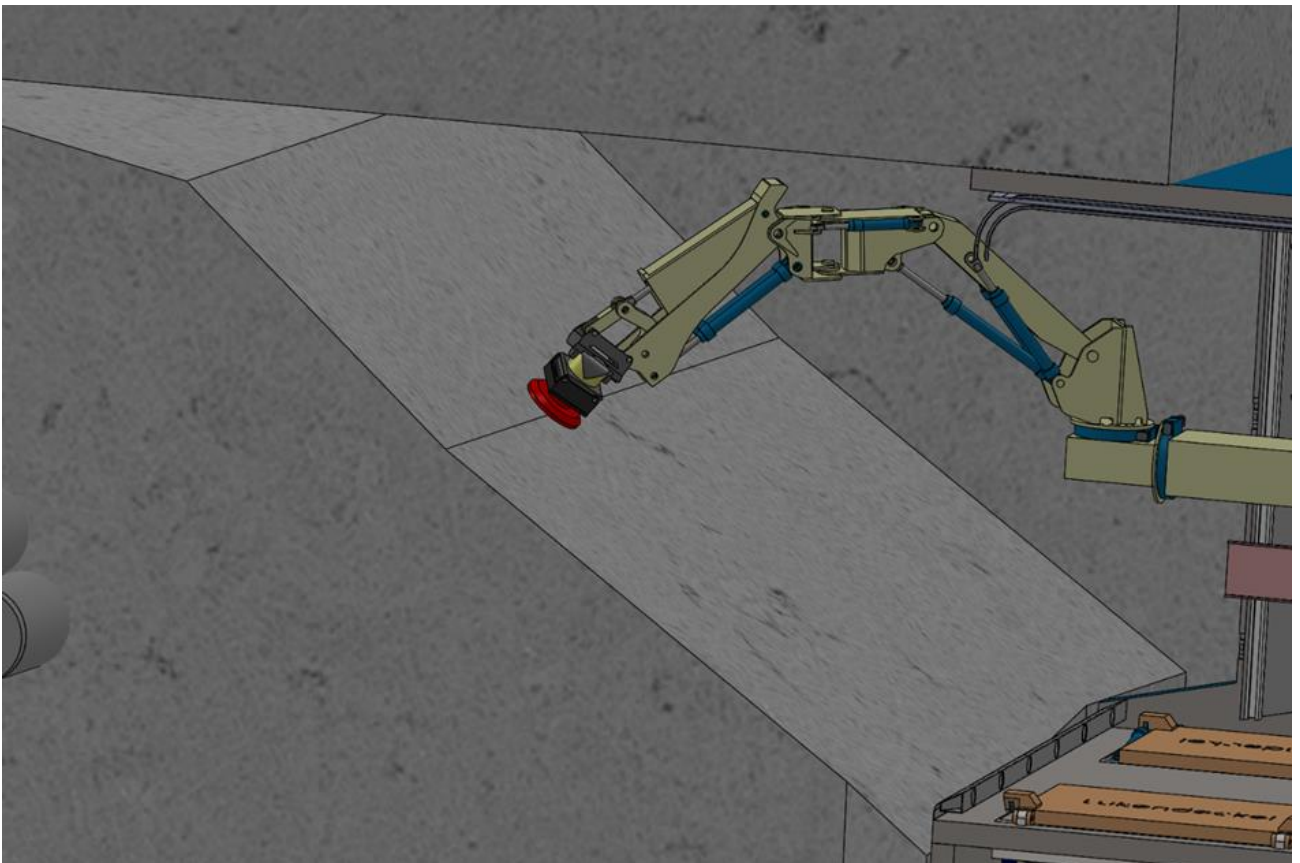



Abbildung 77: Manipulator mit Metalldetektor beim Scannen der Ortsbrust

3.14.5. Freilegen und Lösen der Gebinde

Nach dem Durchhören der radiologischen Barriere, dem ggf. notwendigen Sichern dieses Bereiches sowie dem Scannen der Ortsbrust zur Lokalisierung der Gebinde, kann die Rückholung mit dem Lösen des Salzgruses und Freilegen der ersten Gebinde beginnen. Diese Arbeitsschritte wiederholen sich grundsätzlich, sobald sich an der Ortsbrust keine freigelegten Gebinde oder kein gelöster Salzgrus mehr zum Verladen befindet.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 144

Das Salzgrus, welches in den meisten Einlagerungskammern im Zuge der Einlagerung der radioaktiven Abfälle als Versatz auf die Gebinde oder als Trennschicht eingebracht wurde, hat sich in der Zeit bis heute vermutlich stark verfestigt. Ausgelöst wurde dies einerseits durch sein hohes Eigengewicht als auch durch mögliche Konvergenzkräfte von außen. Dieser Versatz ist folglich ähnlich wie gewachsenes Steinsalz vor dem Laden zu lösen bzw. aufzulockern.

Um dabei Beschädigungen an den eingelagerten Gebinden so weit wie möglich zu vermeiden, ist die Arbeitsweise beim Lösen des Salzgruses zum Freilegen der Gebinde in Bezug auf den Abstand zu den Gebinden, dem Kontaminationsgrad in der Umgebung der Gebinde sowie der Aktivität der Gebinde anzupassen. Je höher die Aktivität der Gebinde und der Grad der Kontamination und je geringer der Abstand zum Gebinde ist, desto vorsichtiger und emissionsärmer muss das Freilegen des ausgewählten Gebindes erfolgen.

Da sich die Einlagerungssituationen kammerspezifisch ändern, die Randbedingungen teilweise unbekannt und die zuvor beschriebenen Aspekte einzubeziehen sind, ist zum Freilegen der Gebinde sowie Lösen des Salzgruses ein entsprechend umfangreiches Werkzeugportfolio vorgesehen. In nachfolgender Abbildung 78 ist eine beispielhafte, aber nicht vollständige Auswahl an Anbauwerkzeugen, hauptsächlich für Lösearbeit, aufgeführt.



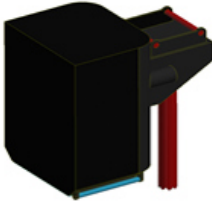


			
Vibrationsreißzahn	Felshammer	Saugbagger	Anbaufräse

Abbildung 78: Beispielhafte Auswahl an Anbauwerkzeugen zum Freilegen von Gebinden und Lösen von Salzgrus

Der Saugbagger eignet sich zeitgleich zum Lösen des Salzgruses/Freilegen der Gebinde sowie dem Laden des gelösten Salzgruses. Aufgrund seiner Komplexität und Größe ist der Saugbagger jedoch nicht für alle Einlagerungssituationen einsetzbar. In Abbildung 79 ist beispielhaft ein Manipulator der Schildmaschine mit einem Vibrationsreißzahn ausgerüstet, der zum einen vorsichtig den verfestigten Salzgrus aufbrechen und zum anderen auch große Salzbrocken zur Seite schieben kann.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 145

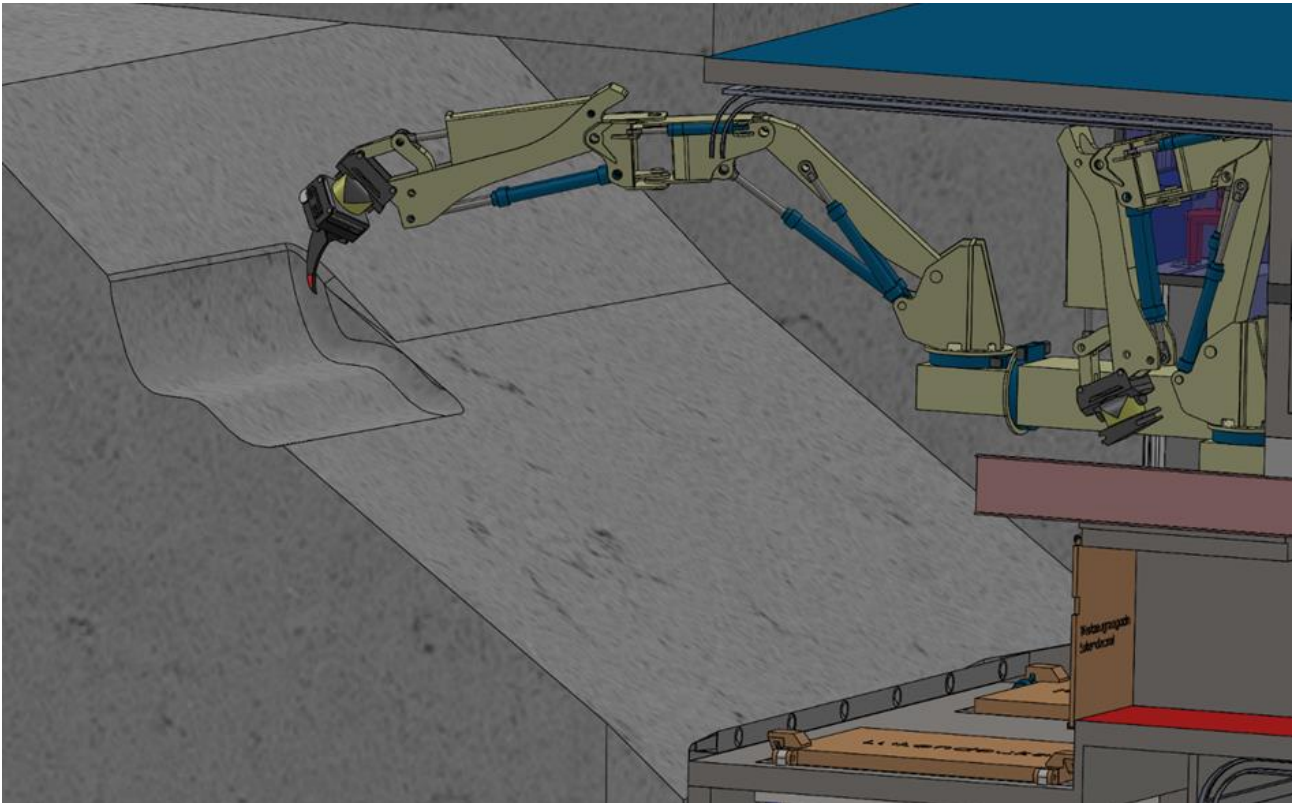



Abbildung 79: Manipulator mit Vibrationszahn beim Aufbrechen von verfestigtem Salzgrus

Dieser Reißzahn (Vibro-Ripper) dringt hydraulisch angetrieben durch Druck und Vibration, ähnlich einem Fels-/Abbruchhammer, in den Untergrund ein. Durch Heranziehen des Manipulatorauslegers wird der Untergrund in dünnen Schichten aufgebrochen und abgetragen. Ein größeres Aufbrechen des verfestigten Salzgruses ist bei ausreichendem Abstand des Reißzahnes zu den eingelagerten Gebinden ebenfalls möglich. Durch Auswahl geeigneter Werkzeuggrößen und sensibel überwachter Steuerung des Manipulatorsystems können Kraft- und Energieeinträge minimiert werden.

Um sehr dicke Salzlagen großflächig herauszubrechen oder große Salzbrocken zu zerkleinern, kann ein hydraulischer Gesteins-/Felshammer eingesetzt werden. Unter anderem zeichnet er sich durch eine geringe Staubentwicklung aus, ein filigranes Arbeiten ist allerdings nahezu unmöglich. Durch das Eigengewicht und die Schlagenergie wirken außerdem hohe Kräfte auf die zu bearbeitende Fläche ein.

Eine Anbaufräse sollte nur bei sehr stark verfestigten, dickeren Salzsichten und nicht in unmittelbarer Nähe von Gebinden eingesetzt werden. Der Einsatz ist mit einem sehr hohen Staubanfall verbunden und bei unvorhergesehenen Situationen wie z. B. dem Auftauchen eines Gebindes, ist aufgrund einer langsamen Reaktionszeit der Fräse ein hohes Gefahrenpotential der Gebindebeschädigung bzw. -zerstörung gegeben.

Der Felshammer sowie die Anbaufräse sind jedoch voraussichtlich die Geräte der Wahl, um die Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern zu durchhörern, da zum einen eine ausreichende Distanz zu den eingelagerten radioaktiven Abfällen vorliegt und zum anderen eine entsprechende Vortriebsleistung gewährleistet werden kann. Aufgrund des hohen Staubanfalls beim Lösen des Salzgruses mittels Anbaufräse, ist eine entstehungsnahe Entstaubung durchgehend mitzuführen und einzusetzen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 146

3.14.6. Laden der Gebinde, Gebindeteile und Salzgrus

Sind ein oder mehrere Gebinde an der Ortsbrust vor der Schildmaschine freigelegt, sodass sie sich ohne größeren Kraftaufwand aus dem Verbund herauslösen lassen, sind diese über das Manipulatorsystem und dem entsprechenden Ladewerkzeug aufzunehmen und über die Verpackungsstation in einen bereitgestellten Innenbehälter einer Umverpackung zu verladen. Neben intakten Gebinden sind ebenfalls Gebindeteile sowie Salzgrus in Innenbehälter zu verladen. Dafür steht wie in Abbildung 80 beispielhaft dargestellt, ein umfangreiches Portfolio an Ladewerkzeugen zur Verfügung.

				
Zwei-Schalen-Greifer	Fassgreifer für nVBA	Fassgreifer für VBA	Tiefloeffel mit Brechfunktion	Tief- bzw. Hochloeffel

Abbildung 80: Beispielhafte Auswahl an Anbauwerkzeugen zum Laden von Gebinden, Gebindeteilen und Salzgrus

Die am häufigsten einzusetzenden Ladewerkzeuge werden vor Ort in der Schildmaschine in Werkzeugmagazinen gelagert, so dass sie ohne größere Zeitverzögerung vom Manipulatorsystem aufgenommen und eingesetzt werden können. Seltener einzusetzende oder größere Sonderwerkzeuge werden bei Bedarf über Umverpackungen und den Verpackungsstationen an die Ortsbrust transportiert, dort vom Manipulatorsystem aufgenommen und nach der Nutzung wieder über die Umverpackung ins sonstige Grubengebäude transportiert. Intakte oder nur unwesentlich beschädigte Gebinde, können wie in der nachfolgenden Abbildung 81 dargestellt, z. B. mit Hilfe eines speziell für diesen Anwendungsfall zu entwickelnden Fassgreifers aufgenommen und verladen werden.

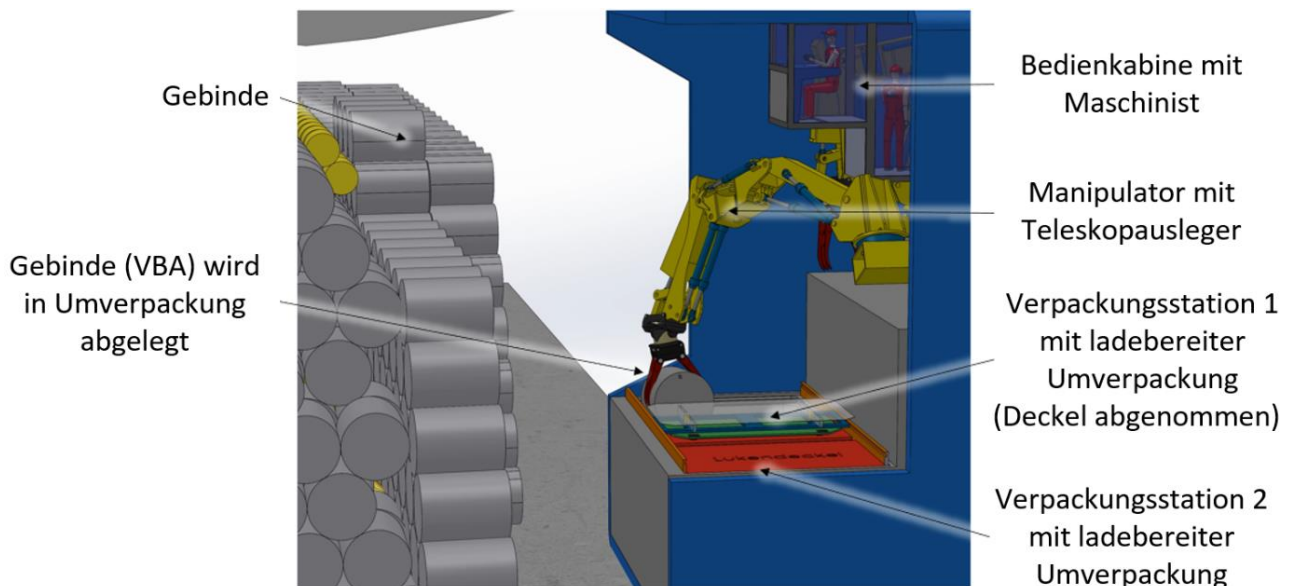


Abbildung 81: Gebinde (VBA) wird per Manipulator mit Fassgreifer in Umverpackung verladen

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 147

Aufgrund der unterschiedlichen Gebindegrößen (überwiegend 200 l-, 300 l-, 400 l-Fässer und VBA) steht ein Portfolio aus Fassgreifern mit unterschiedlichen Größen für das Verladen von Gebinden zur Verfügung. Bei einer Weiterentwicklung der Fassgreifer ist darauf zu achten, dass diese nach dem Ablegen des Gebindes im Innenbehälter und dem Öffnen des Greifers auch wieder aus dem Innenbehälter herausgezogen werden können. Als weitere Sicherheitsfunktion sollten alle Greifwerkzeuge mit hydraulischen Rückschlagventilen ausgestattet sein, um ein ungewolltes Öffnen des Greifers bei Druckabfall zu verhindern.

Loses metallisches Material oder abgebrochene Gebindestücke können z. B. mit einem Zwei-Schalen-Greifer, einem Hoch- oder Tieflöffel bzw. einem Lasthebemagneten aufgenommen und in einen Innenbehälter verladen werden. Der Manipulator kann durch den teleskopierbaren Ausleger zu jeder Zeit von einer gesicherten Position heraus sowohl im Hoch- als auch im Tiefschnitt arbeiten. Zur Minimierung der Freisetzung zusätzlicher Kontamination sollte die Beladung des Innenbehälters möglichst tief im Innenbehälter ohne größere Fallhöhen des Ladegutes erfolgen. Anfallender Salzgrus ist z. B. mittels eines Zweischalengreifers, Saugbaggers oder eines Hoch- bzw. Tieflöffels in einen Innenbehälter zu verladen.


Nach Möglichkeit sollten Gebinde, Gebindeteile und Salzgrus in separate Innenbehälter verladen werden, da dies die nachfolgenden Prozessschritte der Charakterisierung und Konditionierung vereinfachen kann.

3.14.7. Abfertigung der Umverpackungen innerhalb der Schildmaschine

Der Transport der Umverpackungen erfolgt aufgrund von Erfahrungen aus dem Bergbau, hier insbesondere im Hinblick auf die Konvergenzempfindlichkeit, sohlengeführt. Der Fokus liegt dabei auf einer einfachen und robusten Bauweise, durch welche jederzeit eine schnelle Intervention sowie Fernbedienbarkeit gewährleistet werden kann. Nachfolgend wird der Transport einer Umverpackung des Typs „Konrad Container Typ V“ (KC V) inklusive einem eingestellten Innenbehälter aufgrund sicherheitstechnischer Aspekte mit einem gleisgebundenen Plateauwagen beschrieben. Bei Bedarf kann auch ein gleisloses System eingesetzt werden.

Der Transport der Umverpackung mit Innenbehälter (IB) beginnt mit der Bereitstellung eines leeren Innenbehälters inkl. Innendeckel in einer Umverpackung auf einem Plateauwagen in der Startkaverne durch z. B. ein Staplerfahrzeug oder einen Kran. Der Plateauwagen besitzt einen eigenen Antrieb und kann somit fernbedient oder automatisch verfahren werden. Die Energieversorgung der Plateauwagen wird entweder über Batterien oder geschützte Stromschienen sichergestellt.

Nach dem Transport der Umverpackung von der Startkaverne aus durch eine der unteren zwei Transportröhren im Ausbau hin zur Schildmaschine, hält der Plateauwagen kurz vor dem Erreichen des Schildschwanzes hinter der Schildmaschine, wie in Abbildung 82 dargestellt, an.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 148
---	------------

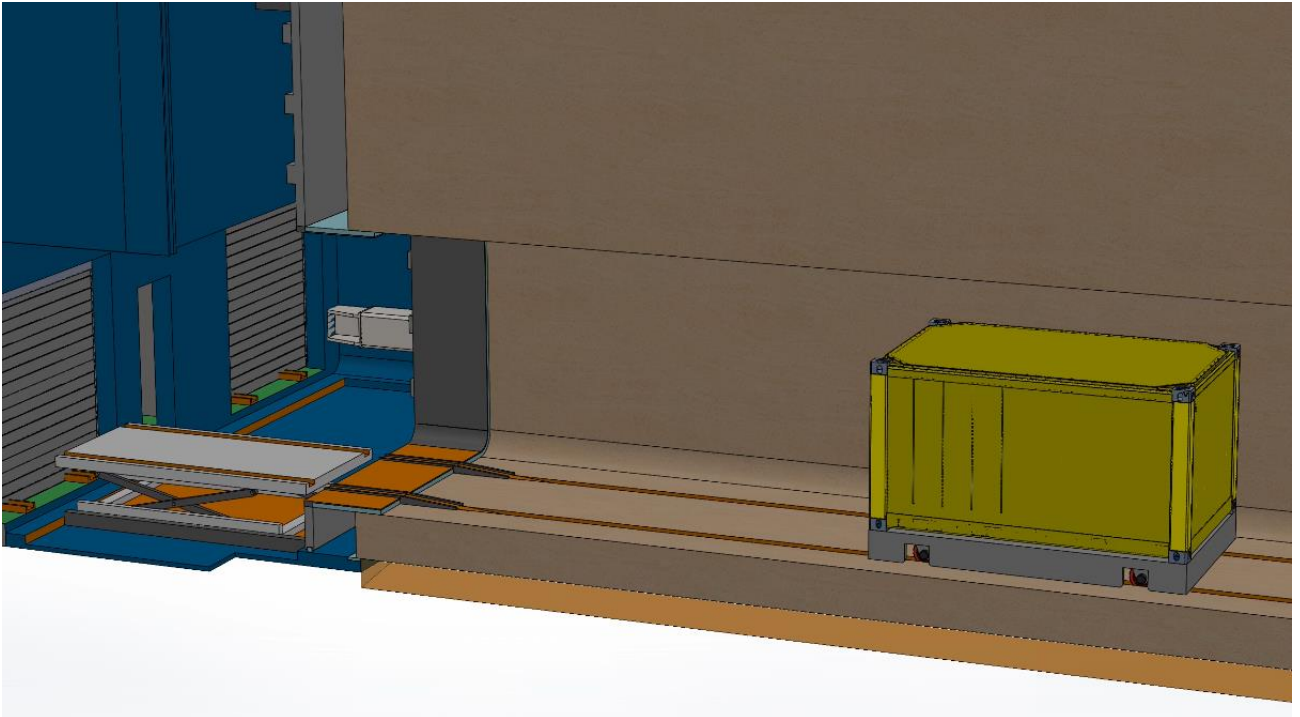



Abbildung 82: Umverpackung wird zur Schildmaschine transportiert

Dort ist eine Verschiebe- Hubbühne installiert, um die Umverpackung aufzunehmen und von der einen Transportröhre zur anderen und damit auch zwischen den beiden Schleusenstraßen innerhalb der Schildmaschine zu verschieben. Zum einen können somit in einer der Transportröhren auch Umverpackungen gepuffert werden, während über die andere Transportröhre weiterhin Umverpackungen transportiert werden und zum anderen besteht eine Redundanz, falls eine der beiden Transportröhren vorübergehend nicht nutzbar ist. Ebenso können zur Erhöhung der Durchlaufquote beide Schleusenstraßen in der Schildmaschine aufgrund der vollständigen Redundanz gleichzeitig betrieben werden. Die Hubbühnen liegen dabei im Überwachungsbereich und sind jederzeit ohne radiologische Schutzmaßnahmen zugänglich für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten.

In die Verschiebe- Hubbühne ist zusätzlich eine Scherenhubfunktion integriert, um den Höhenunterschied zwischen den Transportröhren im Ausbau und der Schildmaschine auszugleichen. Der Plateauwagen fährt auf die Schiebebühne auf, kann dann zu einer der zwei Schleusenstraßen verfahren werden und wird über die Scherenbühne auf das Niveau der Schleusenstraße heruntengelassen. Ein Ausschnitt dieses Vorgangs ist in Abbildung 83 dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 149

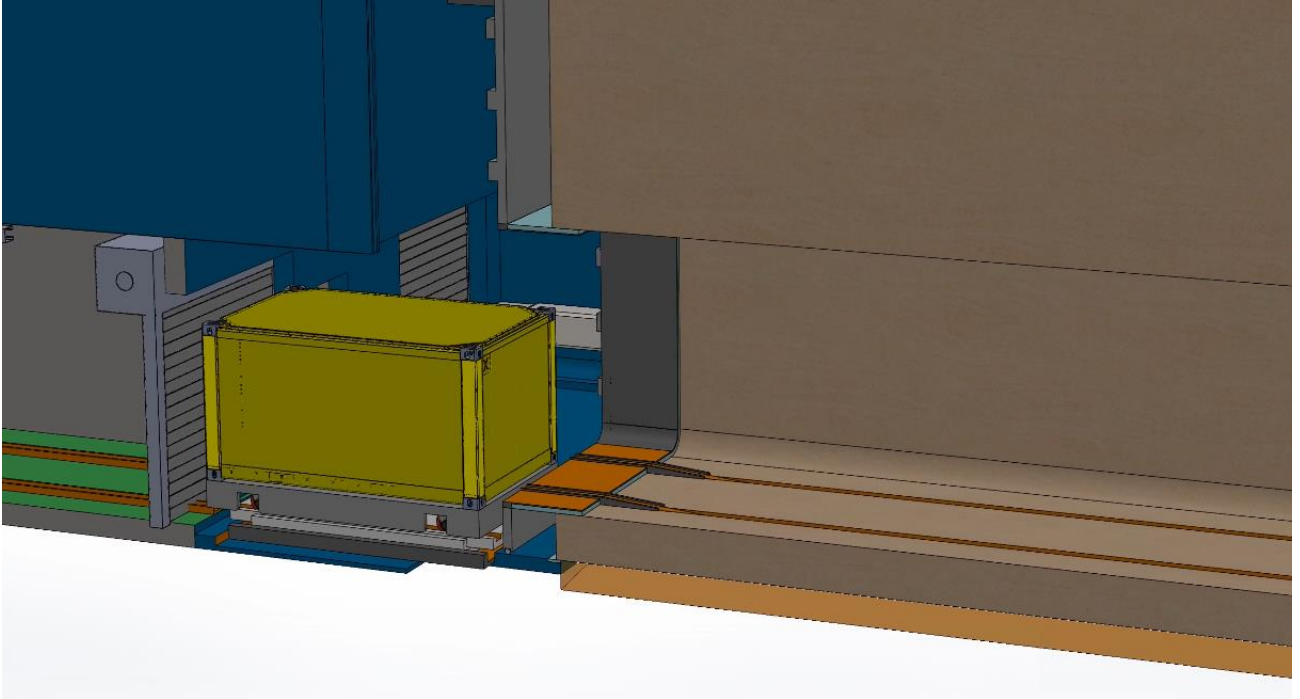


Abbildung 83: Umverpackung fährt auf Verschiebe-Hubbühne und wird zur Schleuse versetzt

Der Plateauwagen fährt anschließend mit der Umverpackung durch das erste geöffnete Schleusentor in den ersten Schleusenbereich (Überwachungsbereich) ein, bleibt dort stehen, bis das erste Schleusentor wieder geschlossen ist und das zweite Schleusentor geöffnet wurde. Vor der Weiterfahrt wird die Umverpackung auf einen ordnungsgemäßen Zustand kontrolliert. Die Kontrolle umfasst eine optische Kontrolle auf Vollständigkeit sowie Unversehrtheit der Beschichtung. Der zuvor beschriebene Überwachungsbereich ist in Abbildung 84 dargestellt.

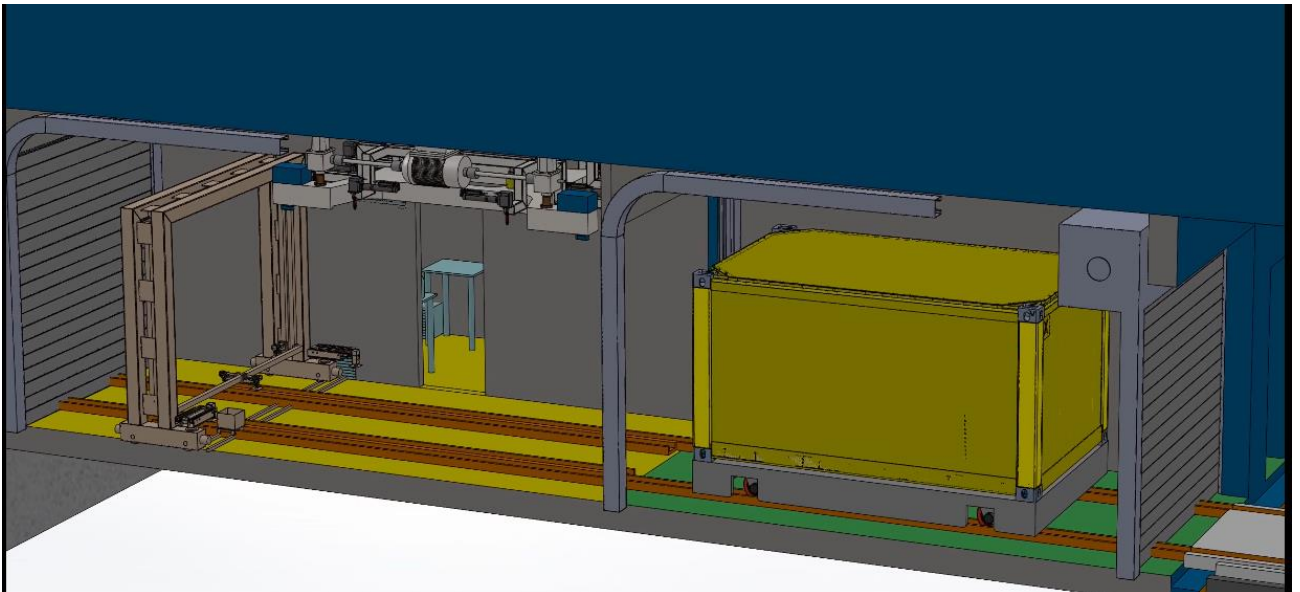



Abbildung 84: Kontrollbereich - Ent-/Verdeckelungseinheit dockt an Umverpackung an

Nach erfolgreicher Kontrolle fährt der Plateauwagen mit der Umverpackung in den nächsten Schleusenbereich (Kontrollbereich) ein. Dort befinden sich die Ent- und Verdeckelungsanlage sowie Messeinrichtungen für die Umverpackung. Die Ent-/Verdeckelungsanlage kann zum einen den

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 150

Deckel der Umverpackung entfernen sowie an die Umverpackung andocken und diese vom Plateauwagen abheben. Der zuvor beschriebene Kontrollbereich ist in Abbildung 85 dargestellt.

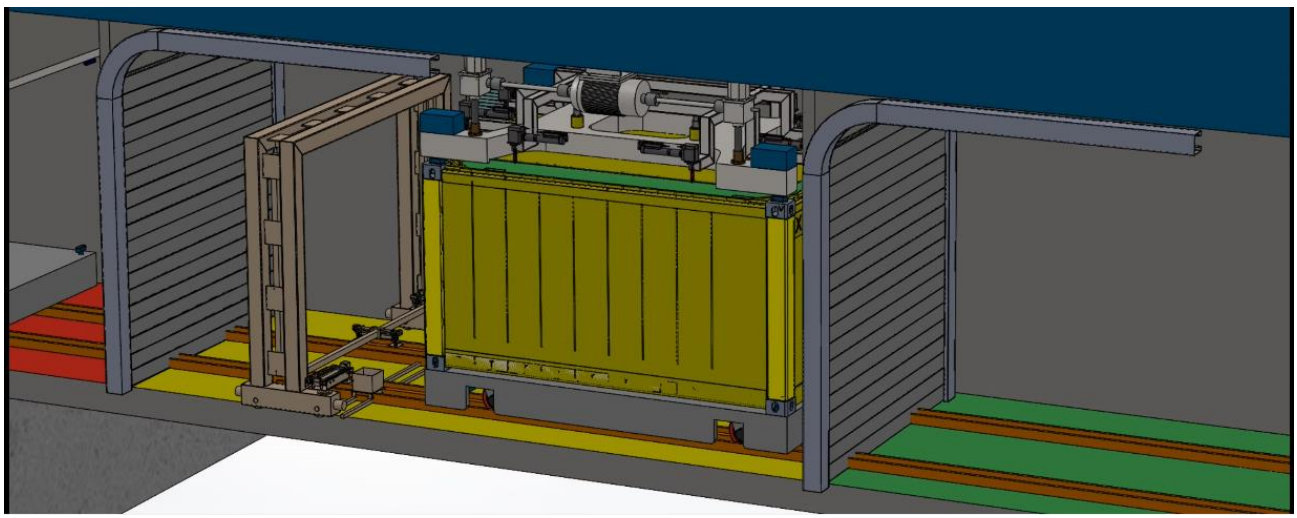


Abbildung 85: Umverpackung wird in erste Schleuse gefahren

Die Ent-/Verdeckelungsstation entfernt den Deckel der Umverpackung und hebt sie für den Plateauwagentausch an, um eine Kontaminationsverschleppung über die Transportwagenräder zu vermeiden. Daher wird der bisher genutzte Plateauwagen nach Überprüfung auf Kontaminationen unterhalb der von der Entdeckelungsanlage angehobenen Umverpackung aus dem Kontrollbereich herausgefahren und ein separater Plateauwagen nach dem Öffnen des dritten Schleusentores aus dem Sperrbereich eingefahren. Dieser Plateauwagen wird ausschließlich zwischen dem Sperr- und Kontrollbereich verfahren. In Abbildung 86 sind die zuvor beschriebenen Schritte dargestellt.

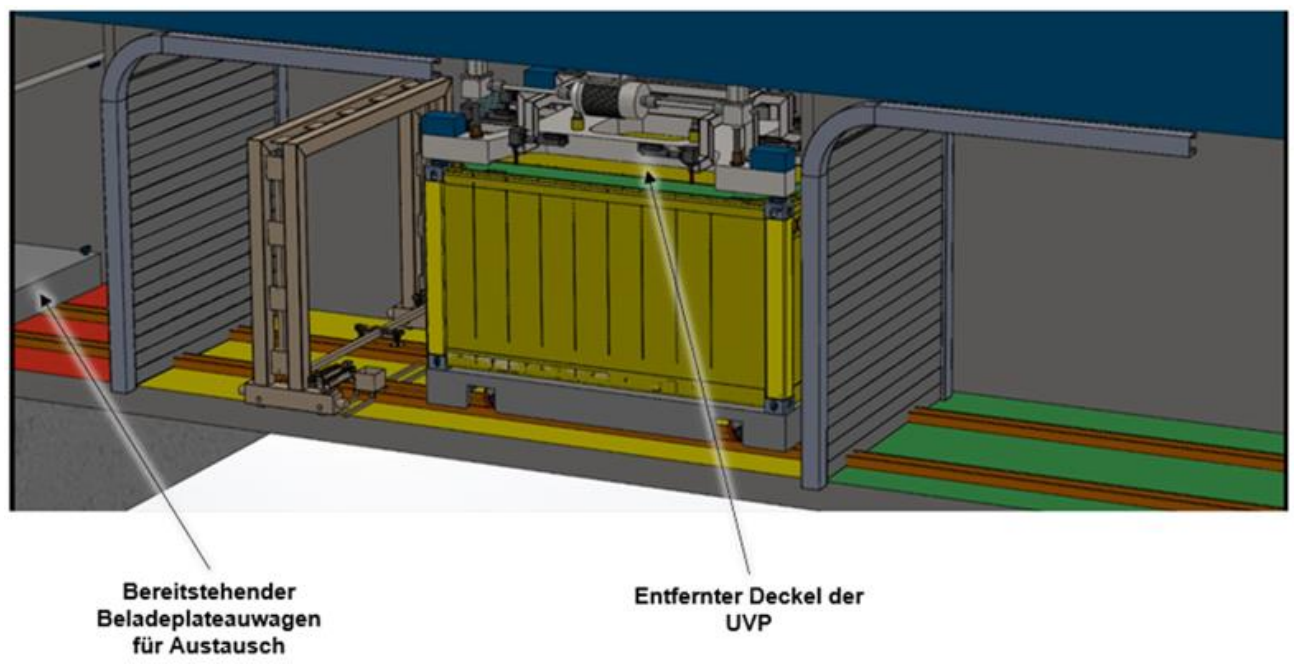



Abbildung 86: Umverpackung wird an Ladeluke hydraulisch andrückt und IB Deckel entfernt für Beladevorgang

Anschließend wird, wie in Abbildung 87 dargestellt, der Plateauwagen mit der entdeckelten Umverpackung unter den Lukendeckel der Verpackungsstation gefahren und über hydraulische Stempel dicht nach oben an die Verpackungsstation andrückt. Im Lukendeckel sind

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 151

Aufnahmeeinheiten integriert, mit denen der Deckel des Innenbehälters beim Öffnen der Lukendeckel aufgenommen und vom Innenbehälter abgehoben wird.

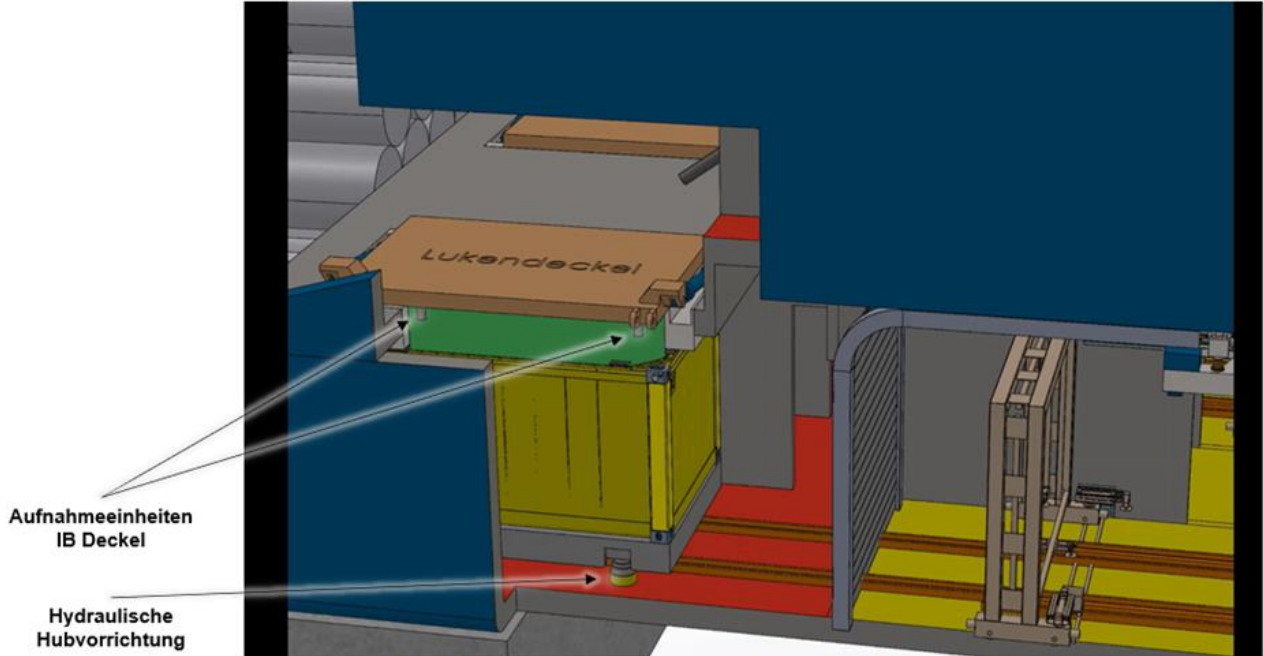


Abbildung 87: Umverpackung wird an Ladeluke hydraulisch angedrückt und IB Deckel entfernt für Beladevorgang

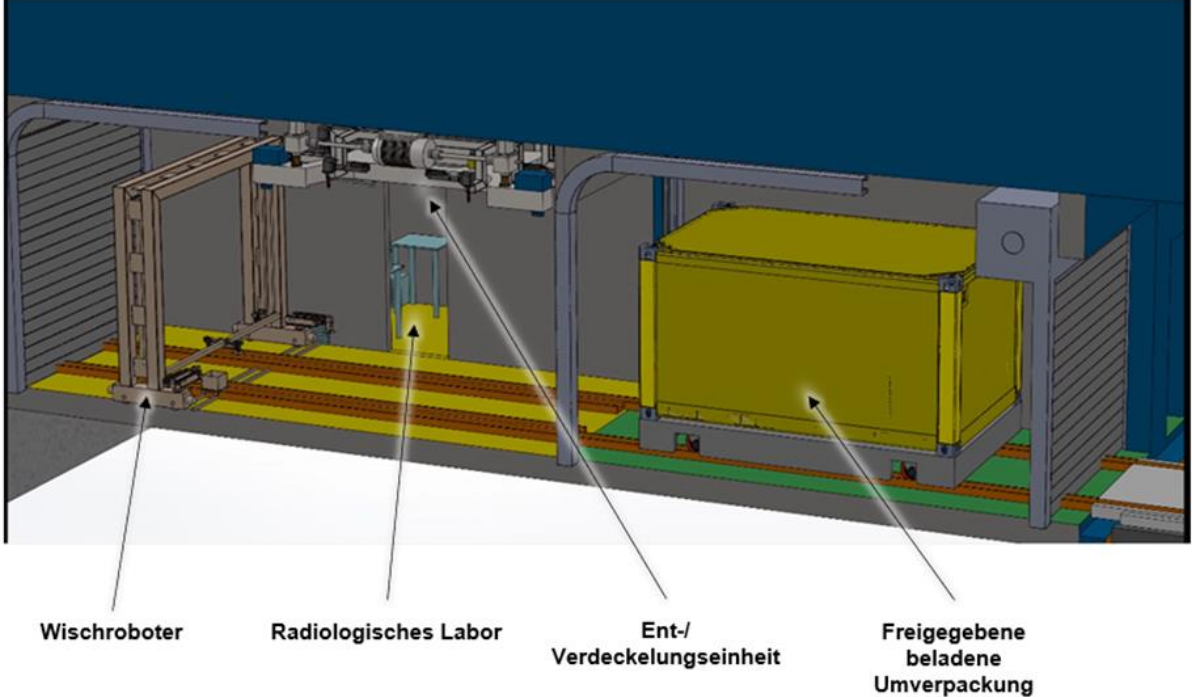



Abbildung 88: Beladene und wischgeprüfte Umverpackung wird abtransportiert

Ab diesem Zeitpunkt kann der Innenbehälter über das Manipulatorsystem der Schildmaschine mit radioaktiven Abfällen oder Salzgrus beladen werden. Ist der Innenbehälter vollständig beladen, werden die zuvor beschriebenen Prozesse innerhalb der Schildmaschine in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt. Der Lukendeckel wird inklusive Innenbehälterdeckel geschlossen, die

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 152

beladene Umverpackung von der Verpackungsstation abgedockt und aus dem Sperrbereich in den Kontrollbereich verfahren.

Zur Prüfung, ob die Umverpackung beim Beladevorgang kontaminiert wurde, werden nach dem Auflegen des Deckels der Umverpackung mit einem Wischroboter rundherum Wischproben genommen. Dies umfasst die Seitenflächen und den Boden der Umverpackung. Die Wischproben werden im benachbarten Labor der Schildmaschine analysiert und ausgewertet. Ist die Umverpackung von außen kontaminationsfrei, wird der Deckel der Umverpackung verschraubt. Die Lage der Labore der Schildmaschine sowie der Abtransport ist in Abbildung 88 dargestellt.

Daraufhin wird der Plateauwagen aus dem Überwachungsbereich (Schleuse) in den Laborbereich verfahren, um die beladene und freigegebene Umverpackung wieder zu übernehmen und die Umverpackung vom Kontrollbereich in den Überwachungsbereich für das Ausschleusen zu transportieren. Anschließend erfolgt das Umsetzen von der Schildmaschine in die Transportröhren und der Transport der Umverpackung durch eine der beiden Transportröhren im Ausbau hinter der Schildmaschine bis zur Startkaverne. Der weitere Transport der Umverpackung im sonstigen Grubengebäude wird separat im Abschnitt 3.14.8 beschrieben.

3.14.8. Transport der Umverpackungen im sonstigen Grubengebäude

Im Rahmen der Phase B der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle werden eine Vielzahl an Umverpackungen durch das Grubengebäude zu den Schildmaschinen bzw. den Pufferlagern sowie zurück zum Füllort des Schachtes Asse 5 transportiert. In der Konzeptplanung wurde als Umverpackung der Konrad Container Typ V (KC V) mit Innenbehältern als maximale Größe berücksichtigt. Neben leeren Umverpackungen werden im Zuge der Rückholung einige Umverpackungen auf dem Hinweg zu den Schildmaschinen mit den für die Herstellung der Stützbauwerke erforderlichen Fertigteilen sowie mit Werkzeugen beladen. In den Schildmaschinen wird der überwiegende Teil der Umverpackungen mit radioaktiven Abfällen bzw. mit kontaminiertem Haufwerk beladen. Ein geringerer Anteil der Umverpackungen wird auch zum Transport von potenziell nicht kontaminiertem Haufwerk (Pfeiler) sowie für die Abtransporte benutzter Werkzeuge eingesetzt. Neben diesen Transporten mit den Umverpackungen finden in der Phase B zur Aufrechterhaltung des Rückholungsbetriebs ergänzende Transporte statt, auf die im Folgenden ebenfalls eingegangen wird.

Die nachfolgende Auflistung stellt die erforderlichen Transporte der Umverpackungen zur sowie von der Schildmaschine durch das Grubengebäude bzw. den Röhren des Ausbaus dar

- Leere Umverpackungen,
- Umverpackungen mit radioaktiven Abfällen aus den Einlagerungskammern,
- Umverpackungen mit kontaminiertem Haufwerk aus den Einlagerungskammern,
- Umverpackungen mit nicht kontaminiertem Haufwerk aus den Pfeilerbereichen,
- Umverpackungen mit benutzten und kontaminierten Werkzeugen und Hilfsmitteln wie
 - Abbauwerkzeuge,
 - Kabel-Einsatzstücke,
 - Schläuche,

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 153


- Ersatzteile,
- Öl und Hydraulikflüssigkeiten,
- Umverpackungen für den Antransport von Werkzeugen und Hilfsmitteln für den Sperrbereich der ELK wie
 - Abbauwerkzeuge,
 - Ersatzteile,
 - Schläuche,
- Umverpackungen für den Antransport der Fertigteile für die Errichtung der Stützbauwerke
- Sonstige Materialtransporte:
 - Baustoff (z.B. Geopolymerbeton) für die Herstellung des Ausbaus
 - Baustoff (z.B. Geopolymerbeton) für die Herstellung der Sohlenvergütung
 - Baustoff für die Befüllung der Bullflexschläuche und -kissen
 - Baustoff (z.B. Geopolymerbeton) für die Hinterfüllung des Bereichs Ausbau / Gebirge.

Neben den zuvor beschriebenen Transporten zur Andienung der Rückholprozesse in den Schildmaschinen werden in den Phasen A bis C der Rückholung zusätzlich Transporte innerhalb des sonstigen Grubengebäudes der Schachtanlage Asse II und des Rückholbergwerks stattfinden. Dabei handelt es sich zum einen um Transporte nicht kontaminierten Haufwerks von der Startkaverne zu den Pufferlagern im Grubengebäude. Zum anderen erfolgen Transporte in den Begleitstrecken beispielsweise für die vorlaufenden Erkundungs- und Sicherungsmaßnahmen der noch zu räumenden Einlagerungskammern und deren Schweben. Hierbei sind Bohrgeräte, Messinstrumente und dergleichen zu transportieren. Ferner erfolgt im übrigen Grubengebäude die Personenbeförderung zu den noch offenen Strecken und Einrichtungen. Zum Einsatz kommen die im Abschnitt 3.13.9 beschriebenen Kraftfahrzeuge.

Wie aus der vorangegangenen Beschreibung hervorgeht, unterscheiden sich die Transporte hinsichtlich der notwendigen Anforderungen an das Sicherheitsniveau/den Strahlenschutz, der Transportmittel und der Transportwege im Grubengebäude. Transporte innerhalb des sonstigen Grubengebäudes, also keine Transporte von oder zur Schildmaschine, werden als konventionelle Transporte bezeichnet und sind ausführlich im Abschnitt 3.13.9 beschrieben.

Transporte von respektive zur Schildmaschine befahren den Überwachungsbereich im Rückholbergwerk, in der Startkaverne und in den Transportröhren bis zur Verladungsstation der Container (Raum 1.03 und 1.06) in der Schildmaschine. Hier dürfen nur Umverpackungen mit Innenbehälter angeliefert und abgefertigt/beladen werden. Für das Einfördern von Umverpackungen wird der Schacht Asse 5 und das Rückholbergwerk genutzt. Dies gilt ebenso für das Ausfördern von Umverpackungen mit radioaktiven Abfällen und kontaminiertem Haufwerk.

Um die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern konfliktfrei, effizient und somit mit dem größtmöglichen Sicherheitsniveau zu gestalten, sind die Prozessketten der Rückholung der einzelnen Schildmaschinen untereinander sowie die Prozessketten der Transporte innerhalb des Grubengebäudes inklusive Startkaverne miteinander abzustimmen. Dabei werden die beiden Transportröhren in der unteren Ebene je Ausbau hinter den Schildmaschinen in die Prozesse

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 154


eingebunden. So besteht die Möglichkeit, je nach Kapazitätsanforderung, jeweils eine Transportröhre für die Anlieferung von leeren Umverpackungen und für den Abtransport einer beladenen Umverpackung zu nutzen. Eine weitere Effizienzsteigerung ist durch die Nutzung von Pufferlagern für leere Umverpackungen vorgesehen. Eine begrenzte untertägige Pufferlagerung beladener Umverpackungen ist in den Füllortanschlusstrecken ebenfalls vorgesehen. So können einerseits Transportengpässe (Förderspiele SchachtASSE 5) überbrückt oder andererseits betriebliche oder prozessbedingte Abläufe ausgeglichen werden. Zudem kann bei Wartungsarbeiten im Schacht oder an der Fördereinrichtung die Rückholung fortgesetzt werden.

Die Startkaverne zur Errichtung der Schildmaschinen östlich der ELK 1/750 stellt während der Rückholung in Phase B einen signifikanten Knotenpunkt der Transportwege dar. Hier befinden sich die Zugänge zu den sechs Transportröhren in den drei Ausbauen. In der Startkaverne erfolgt zudem über Treppen und einen Lastenaufzug der Zugang zu den Röhren für den Personen- und anderweitigen Materialtransport in der oberen Ebene der Ausbaue. An die Startkaverne schließen zudem die Strecken zum Rückholbergwerk, zum Grubengebäude SchachtASSE 2 und zu den Begleitstrecken an. Über Leiteinrichtungen können die einzelnen Verkehrsströme und Prozessketten von über Tage sowie vor Ort Untertage aus überwacht und gesteuert werden. So werden die größtmögliche Effizienz und das erforderliche Sicherheitsniveau während der Rückholung sichergestellt.



Abbildung 89: Beispiel Plateauwagen beladen mit einem Konrad-Container [Quelle: BGE]

Der Transport leerer und beladener Umverpackungen (KC V) innerhalb des Grubengebäudes erfolgt zwischen der Schildmaschine und der Startkaverne über schienengebundene Plateauwagen. Je nach Anforderung können die Plateauwagen ferngesteuert oder autonom fahren und besitzen einen eigenen Antrieb. Die zu transportierende Last wird maximal 20 t betragen. Der Antrieb der selbstfahrenden Fahrzeuge befindet sich entweder direkt an der Fahrzeugachse oder im Unterboden. Die Abmessungen korrespondieren mit dem vorhandenen Lichtraumprofil in den Transportröhren.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 155

Ein Beispiel für einen Plateauwagen ist in Abbildung 89 dargestellt, so wie er im Endlager Konrad eingesetzt werden soll.

In der Startkaverne erfolgt die Umverladung der Umverpackungen von den schienenengebundenen Plateauwagen auf gleislose Tieflader (siehe Beschreibung im Abschnitt 3.13.9). Abbildung 90 stellt die Startkaverne mit der vorhandenen Infrastruktur dar.

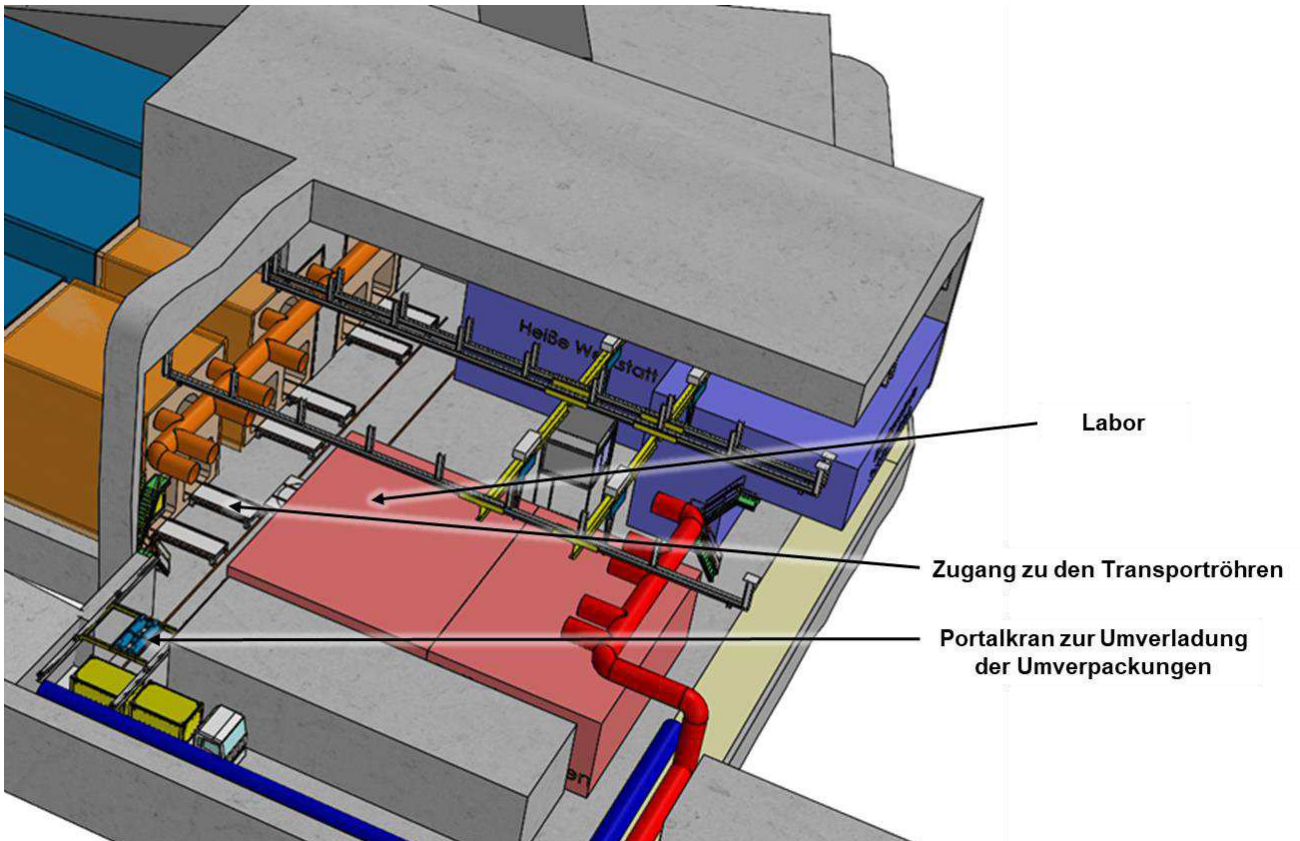


Abbildung 90: Darstellung der Startkaverne mit geplanter Infrastruktur“

In der Startkaverne schließen an die Transportröhren Anschlussgleise an. Sie sind so ausgeführt, dass sie den Versatz zwischen der Bodenplatte der Startkaverne und der Sohle der Transportröhre ausgleichen und einen Höhengleichen Zugang zur Startkaverne sicherstellen. Die weitere Abfertigung beziehungsweise Verteilung der beladenen Plateauwagen der Startkaverne erfolgt über eine schienengebundene Schiebebühne mit Drehplattform. Der Schienenstrang der Schiebebühne verläuft quer zu den Anschlussgleisen auf der Bodenplatte der Startkaverne. Der Schienenstrang der Schiebebühne und die Höhe der Schiebebühne selbst gewährleisten eine ebene Fahrbahn zum Anschlussgleis. Über die Schiebebühne werden die Umverpackungen auf den Plateauwagen ohne eine weitere Handhabung zum Labor oder zur heißen Werkstatt transportiert. Während des Transports auf der Schiebebühne sichern selbstausfahrende Sicherungselemente (Bolzen) die Plateauwagen (Die Umverpackungen sind ebenfalls während des gesamten Transports gesichert). Ein Verrutschen der Plateauwagen ist somit ausgeschlossen. Das erforderliche Sicherheitsniveau ist dementsprechend sichergestellt. Am Portalkran steht bereits der zuvor beschriebene Tieflader für den weiteren Transport im Grubengebäude bereit (Abbildung 91). Der Portalkran nimmt die Umverpackung auf und hebt sie auf den Tieflader. Die Hubhöhe ist dabei auf das erforderliche Maß beschränkt, um das Störfallpotential auf ein Minimum zu begrenzen. Nach der Beladung des Tiefladers fährt dieser vorwärts aus der Startkaverne heraus und transportiert die Umverpackung zum vorgesehenen Bestimmungsort. Das kann das Füllort SchachtASSE 5 oder ein Pufferlager sein.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

BGE

BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 156

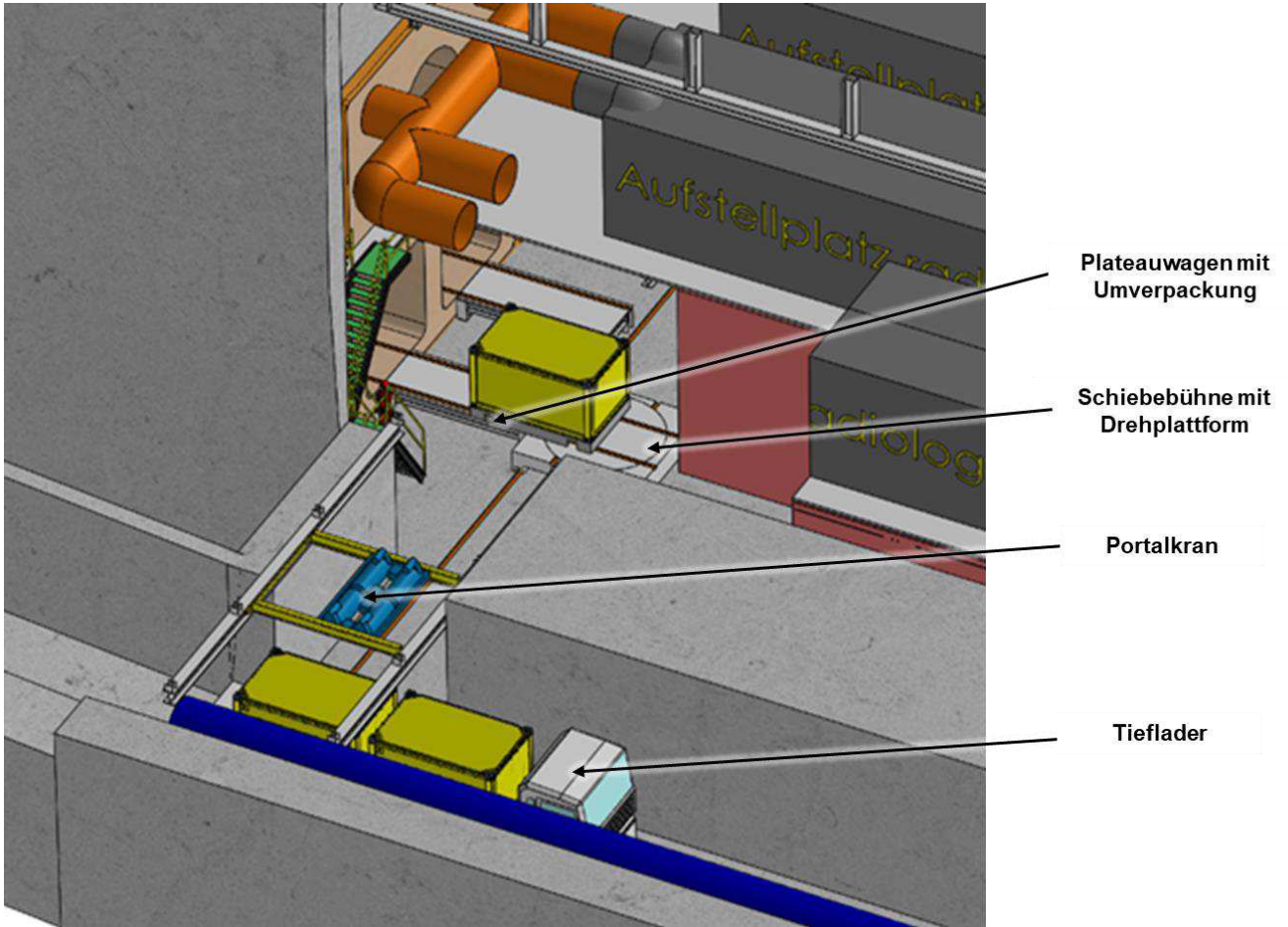


Abbildung 91: Übergabeort zwischen Plateauwagen und Tieflader


Am Füllort SchachtASSE 5 erfolgt die Umladung vom Tieflader auf ein weiteres Transportmittel. Auf diesem nicht näher spezifizierten Transportmittel erfolgt die Förderung nach über Tage. Für das Umladen eignet sich ein Portalkran oder alternativ ein entsprechend ausgerüsteter Gabelstapler.

Der Transport von Werkzeugen und Hilfsmitteln von der Startkaverne zur Schildmaschine erfolgt gleichermaßen über die schienengebundenen Plateauwagen. Da diese Materialien planmäßig nicht in einer Umverpackung transportiert werden, muss die Ladefläche dieser Fahrzeuge so ausgelegt werden, dass neben den genannten Umverpackungen auch Stückgut transportiert werden kann. Für den Transport des Baustoffs zur Herstellung des Ausbaus kommen modifizierte schienengebundene Plateauwagen zum Einsatz. Sie sind so konzipiert, dass sie spezielle Baustoffsilos respektive Baustoffcontainer und Pumpenanlagen transportieren und autark die Baustoffversorgung zur Herstellung des Ausbaus gewährleisten. In der Startkaverne werden für diese Logistikfahrzeuge gesonderte Abstellorte ausgewiesen.

Der Transport nicht kontaminierten Haufwerkes von der Schildmaschine bis zu den Laboren in der Startkaverne erfolgt in Umverpackungen über die oben beschriebenen schienengebundenen Plateauwagen. Nach Freigabe des Haufwerkes in den Umverpackungen in den Laboren der Startkaverne, wird der Inhalt in den Pufferlagern unter- oder übertägig zwischengelagert. Für den Prozess wird der in der Startkaverne vorhandene Portalkran genutzt. Er setzt die Umverpackungen auf die Tieflader.

Der Transportvorgang einer beladenen Umverpackung im Grubengebäude erfordert im Regelfall drei Umschläge. In der Schildmaschine wird die Umverpackung inkl. Innenbehälter im Bereich der

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 157

Ladeluke beladen. Eine ausführliche Beschreibung der Vorgänge ist im Abschnitt 3.14.7 enthalten. Zur Vermeidung einer Kontaminationsverschleppung erfolgt innerhalb der Schildmaschine, in der Schleuse (Kontrollbereich) der erste Umschlagvorgang von dem Plateauwagen der Schildmaschine auf den folgenden, schienengebundenen Plateauwagen für den Transport im Ausbau. Es erfolgt der Transport durch die Schleuse der Schildmaschine und durch den Schildschwanzbereich hinein in die Transportröhre und weiter ebenerdig bis in die Startkaverne. Für den weiteren Transport in das Rückholbergwerk bis zum Füllort Schacht Asse 5 erfolgt der zweite Umschlag vom Plateauwagen auf einen Tieflader innerhalb der Startkaverne. Am Übergabepunkt am Schacht Asse 5 wird die Umverpackung auf ein weiteres Transportmittel umgeladen. Zur Minimierung von Störfällen ist darauf zu achten, die Hubhöhe beim Umschlagen auf das Nötigste zu reduzieren.

Die Handhabung von nicht kontaminiertem Salzgrus erfolgt über drei Umladevorgänge. Hierbei wird auf bewährte Technik wie Stapler und Portalkräne zurückgegriffen.


Unabhängig von der Ausführung der Plateauwagen ist neben der Handhabung der Umverpackung hinsichtlich der Sicherstellung des Sicherheitsniveaus während der Rückholung der radioaktiven Abfälle darauf zu achten, dass es nicht zu einer Kontaminationsverschleppung während des Transports durch das Grubengebäude infolge nicht festhaftender Partikel kommt. Die Art und Weise des Verladevorgangs in der Schildmaschine reduziert aktiv eine Kontamination nicht festhaftender Partikel an der Außenfläche der Umverpackung. Die Umverpackung wird mitsamt Innenbehälter in der Schleuse so weit angehoben, dass sie und die Verladeluke der Schildmaschine staubdicht miteinander abschließen. Sollten sich dennoch Partikel an der Außenwand der Umverpackung befinden, so werden sie in den nachfolgenden Schleusenvorgängen über die durchzuführenden Wischtests erkannt. Bei einer Kontamination der Außenwand wird umgehend eine Dekontamination eingeleitet und eine Verschleppung der nicht festhaftenden Partikel im Grubengebäude verhindert. Bei sachgerechter Handhabung und Vorgehensweise während des Transports der Umverpackungen im Grubengebäude kann die Vermeidung der Kontaminationsverschleppung nicht festhaftender Partikel sichergestellt werden. Das geplante Schleusenkonzept (siehe Unterkapitel 3.4) beugt zusätzlich einer möglichen Verschleppung nicht festhaftender Partikel vor.

Beim Transport von beladenen Umverpackungen im Grubengebäude ist neben der Vermeidung einer Kontaminationsverschleppung eine Begrenzung der Dosisleistung einzuhalten, die an der Außenseite der Umverpackung 2 mSv/h nicht überschreiten darf.

Alternativ kann der Transport der Umverpackungen im Grubengebäude über spezielle Zweiwege-Plateauwagen erfolgen. Analog zu den oben beschriebenen schienengebundenen Plateauwagen können diese Fahrzeuge ferngesteuert oder autonom fahren und besitzen zwei eigene Antriebe. Die Zweiwege-Plateauwagen besitzen eine Schienenfahrtechnik und verfügen über ein Fahrwerk mit Reifen für die gleislose Fortbewegung. Der gleislose Antrieb dieser selbstfahrenden Fahrzeuge soll sich an jeder Radaufhängung (360° drehbar) befinden. Hierdurch wird ein Lenksystem mit einem Einschlagwinkel von 90° erreicht und somit ein minimaler Wendekreis ermöglicht. Den Antrieb bei der schienengebundenen Nutzung übernehmen die angetriebenen Räder. Mit dieser Fahrwerkstechnik können die Zweiwege-Plateauwagen das Schienensystem innerhalb der Transportröhren bis zur Startkaverne nutzen und zudem den gleislosen Bereich zwischen Startkaverne und Füllort Schacht Asse 5 befahren. Diese Plateauwagen können auch über den Transport im Schacht bis hin zur Anlieferung in der Abfallbehandlungsanlage über Tage genutzt werden.

Zur Reduzierung der Handhabung der beladenen Umverpackungen auf ein Minimum, fahren die Plateauwagen von der Schleuse in der Schildmaschine in der Startkaverne weiter bis zum Füllort Schacht Asse 5 im Rückholbergwerk. Der Übergang zwischen Transportröhre und Startkaverne kann

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 158
---	-------------------


analog zur Vorzugsvariante für die ausschließlich schienenengebundenen Plateauwagen erfolgen. Zur Nutzung des gleislosen Antriebs der Zweiwege- Plateauwagen muss jedoch zusätzlich eine Rampe respektive ein Übergang von „Schiene auf Straße“ in der Startkaverne errichtet werden. Die Umverpackungen können ohne eine zusätzliche Handhabung/Umverladung bis zum Füllort Schacht Asse 5 transportiert werden. Der weitere Transport der Umverpackungen nach über Tage im Fördermittel kann ebenfalls auf dem Plateauwagen erfolgen, da sich diese als Zweiwegefahrzeug für den gleislosen wie auch schienenengebundenen Transport eignen (siehe oben). Während des Transports sind die Umverpackungen über eine Bolzensicherung oder ähnlichem gegen Verrutschen oder Absturz auf dem Plateauwagen gesichert. Bei dieser Variante beschränkt sich die Handhabung der Umverpackungen auf die Umverladung in der Schleuse innerhalb der Schildmaschine und steigert somit das erforderliche Sicherheitsniveau zusätzlich. Der technische und wirtschaftliche Aufwand bei dieser Variante ist bedingt im Vergleich zur Variante mit Umladung jedoch erhöht. Zum einen vergrößert sich die Anzahl der für die Rückholung erforderlichen Plateauwagen signifikant, da sie nicht nur den Transport innerhalb der Transportröhren übernehmen, sondern auch bis zum Füllort fahren und gegebenenfalls die Umverpackungen bis nach über Tage transportieren. Zum anderen müssen die Fahrzeuge hinsichtlich des Fahrwerks und Antriebs so ausgestattet sein, dass sie Unebenheiten und Steigungen problemlos bewältigen können. Es werden entsprechend höhere Anforderungen an die Fahrbahn der Strecken gestellt.

3.14.9. Sicherung der Ortsbrust und Herstellung einer Böschung

Der Böschungswinkel sowie die Stabilität einer sich während der Rückholung der radioaktiven Abfälle einstellenden Ortsbrust, wird maßgeblich von der Einlagerungssituation der radioaktiven Abfälle in einer ELK beeinflusst. Der Absturz eines Gebindes aus einer Böschungshöhe von größer 10 m, hätte ggf. massive Auswirkungen auf die gesamte Rückholung. Dies könnte aufgrund der Freisetzung radioaktiver Stoffe und den damit einhergehenden erhöhten Ableitungswerten zu einem Stillstand der Rückholung über mehrere Monate bis zu einem Jahr führen. Eine solche Situation ist daher unbedingt zu verhindern bzw. das Risiko dafür so weit wie möglich zu begrenzen. Sofern die Gebinde stehend oder liegend gestapelt sind, ist die Gefahr des Umkippen oder Fallens geringer als bei ungeordneter Lagerung. Bei liegender Lagerung quer zur Fahrtrichtung, besteht jedoch das Risiko das Abrutschens der gesamten Böschung in Richtung Schildmaschine sobald die Stützung durch den Pfeiler entfällt. In diesem Fall kann das Salz des Pfeilers standardmäßig von oben vorsichtig entfernt werden. Dies sollte auf einer Höhe von maximal 1,5 bis 2 m geschehen, damit der Manipulator problemlos in den Arbeitsbereich in der ELK (außerhalb des Schildmantels) verfahren werden und die Gebinde greifen kann. Hierbei ist auf ausreichende Einsicht des Bedieners bzw. gute Kamerasicht zu achten.

Für das Durchhörtern der Pfeiler kann das Salz, wie im Streckenvortrieb üblich, von oben nach unten bei einer senkrechten stabilen Böschung mit einer Fräse geschnitten werden. Nähern sich die Schildmaschinen der Einlagerungskammer, erfolgt der Durchhieb im Firstbereich, sodass kein Kammerinhalt in den Bereich der Schildmaschinen verstürzen kann. Sobald die ersten Gebinde in Reichweite sind, werden diese zunächst so weit wie möglich über die gesamte Breite der Ortsbrust zurückgeholt. Daraufhin wird in vertikaler Richtung ein weiteres Stück Restpfeiler entfernt, bis die nächste Ebene an Gebinden freigelegt wurde und zurückgeholt werden kann. Diese Schritte werden so lange wiederholt, bis der Pfeiler über die gesamte Höhe durchhörtert und nach Möglichkeit eine stabile Böschung vor den Schildmaschinen erstellt wurde. Idealerweise sollte dieser Böschungswinkel dem sich natürlich einstellenden Böschungswinkel entsprechen und im Zuge der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern kontinuierlich erstellt werden, um ein Abrutschen der Böschung möglichst zu verhindern. Der zu erstellende Böschungswinkel liegt je nach Gegebenheit der Salz-/Gebidematrix zwischen 60 ° (Gebinde sind ideal gestapelt, ohne

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 159

Salzhautwerk) und 40 ° (Schüttwinkel für Salzhautwerk). In Abbildung 92 sind die radioaktiven Abfälle in verfestigtem Salzgrus schematisch mit dem natürlichen Böschungswinkel vor den drei parallel nebeneinander fahrenden Schildmaschinen dargestellt.

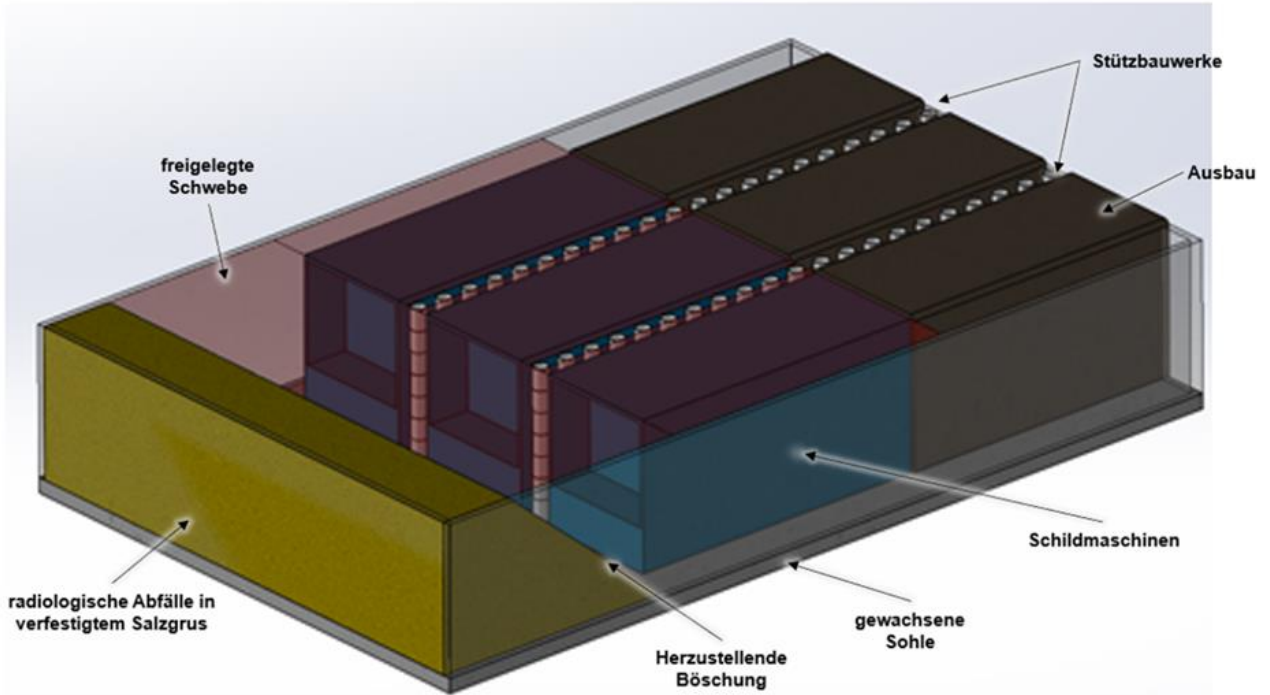


Abbildung 92: Bildung einer (stufenförmigen) Böschung bei der Rückholung mit drei Schildmaschinen parallel

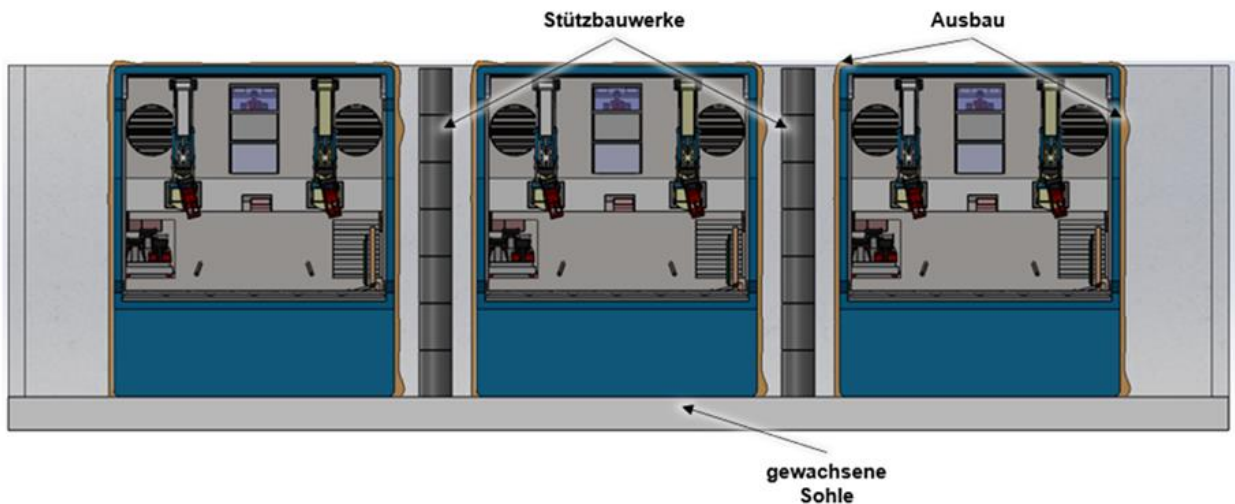


Abbildung 93: Schnitt der drei Schildmaschinen von vorne mit Stützbauwerken

Die seitlichen Böschungen neben den äußeren beiden Schildmaschinen werden im stabilen Salz aufgefahren und können von daher senkrecht erstellt werden. Diese sind jedoch ggf. mit Ankern sowie einem temporären Ausbau zu sichern. Der Bereich zwischen Schildmaschinen wird zusätzlich durch wie in Abbildung 93 dargestellte Stützbauwerke gesichert, die im Abschnitt 3.13.10 detaillierter beschrieben werden.

In Einlagerungskammern, die mittels Versturztechnik befüllt wurden, ist der Ablauf ähnlich wie zuvor beschrieben. Hier ist jedoch mehr Zeit für die Lokalisierung sowie einer vorsichtigen Freilegung der

Stand: 04.03.2022


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 160

Gebinde einzuplanen und der zu erstellende Böschungswinkel an die vorliegenden Gegebenheiten anzupassen.

Bei Bedarf, z. B. aufgrund einer sehr gebrächen Schwebelast oder sehr ungünstigen Gebindekonstellation, sind im Bereich vor den Schildmaschinen entsprechende Stützbauwerke zu errichten oder die Böschung durch geeigneten Sicherungsmörtel zu fixieren.

3.14.10. Konzept zum Ausbau

Vorzugsweise wird der Ausbau nach erfolgter Rückholung in Ortbetonbauweise mit einer mitgeführten Gleitschalung ausgeführt. Die Ortbetonbauweise bietet hier wesentliche Vorteile gegenüber anderen untersuchten Herstellungsvarianten des Ausbaus (Spritzbeton- und Fertigteilausbau). Zum einen ist der Platzbedarf im Schildschwanz der Schildmaschine im Vergleich zum alternativen Ausbau mit Fertigteilen geringer, da für sie nur eine Gleitschalung sowie ein Arbeitsraum zum Anschluss der Verfüllleitungen erforderlich ist. Für einen alternativ betrachteten Ausbau mit Fertigteilstücken wird u.a. ein Erektor benötigt, der während der Herstellung des Ausbaus die Logistikversorgung des gesamten Rückholprozesses stört. Darüber hinaus müssten weitere potentielle Störfälle wie z.B. „abreißen der radiologischen Abwetterlutte“ während der Herstellung des Ausbaus sowie beim Ausfall des Erektors betrachtet werden. Die Ortbetonbauweise bietet auch im Vergleich zu der in Studie [1] vorgesehenen Vorzugsvariante des Spritzbetonausbaus entscheidende Vorteile. Einen wesentlichen Nachteil stellt bei einer Spritzbauweise der unvermeidliche Rückprall und die damit verbundene Staubentwicklung dar. Der Rückprall muss beräumt und entsorgt werden, wodurch die Kapazitäten der gesamten Logistikkette zusätzlich eingeschränkt werden. Darüber hinaus erhöht sich im Schildschwanzbereich der Platzbedarf u.a. für Spritzbetondüsen, was zu einer Verlängerung der Schildmaschinen führt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 161

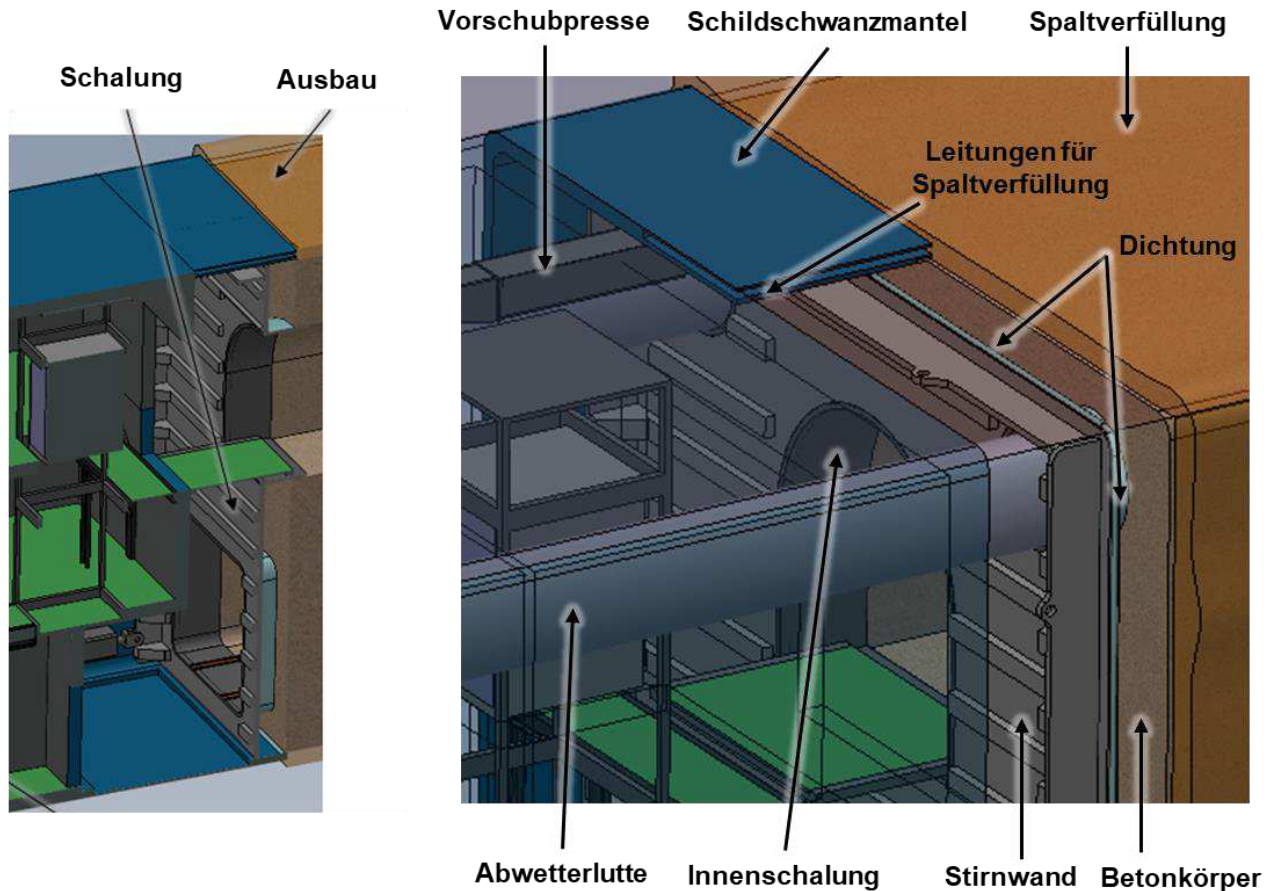



Abbildung 94: Schildschwanz mit Gleitschalung

Die möglichen alternativen Herstellvarianten des Ausbaus in Spritzbetonbauweise und Aufbau aus Betonfertigteilen wurden aus den o.g. Gründen in der Konzeptplanung nicht weiter berücksichtigt.

Der Beton wird im Bereich des Schildschwanzes parallel zu den sonstigen Rückholprozessen eingebracht, wobei der Schildschwanzmantel die äußere Schalung bildet (Abbildung 94). Maschinenseitig befindet sich als Schalung eine Stirnwand. Sie ist von der Schildmaschine entkoppelt, hierdurch kann die Schalung hydraulisch in die für die Betonage erforderliche Position verfahren werden. Nach der Betonage erfolgt der Vorschub inkl. Steuerung der Schildmaschine bei dem sich die Hydraulikzylinder mit der Schalung an den hergestellten Ortbetonausbau abstützt (siehe Unterkapitel 3.3). Die Stützung der Stirnwand gegen den Flüssigkeitsdruck aus der eingebrachten Baustoffsuspension übernehmen die Vorschubpressen. Sie sind mit dem Schildmantel der Schildmaschine verbunden.

Der in Transportmischern auf den Plateauwagen angelieferte, einbaufertige Beton wird mit einer wagenseitigen Betonpumpe durch die Stirnwand in den Hohlraum im Schildschwanzbereich gefördert. Die Austrittsöffnungen werden so angeordnet, dass ein freier Versturz mit einer Entmischung des Materials nicht auftritt. In Abhängigkeit von der finalen Baustoffauswahl wird der Frischbeton im Bedarfsfall zusätzlich, zum Beispiel über Außenrüttler an der Stirnwand verdichtet. Zur Erzielung einer optimalen Qualität des Betonkörpers erfolgt das Betonieren eines Abschlags "frisch-in-frisch". Die Schubübertragung in den unvermeidlichen vertikalen Arbeitsfugen zwischen den Abschlägen kann mit einer Profilierung der Gleitschalung (z.B. kassetten- oder wabenförmig) verbessert werden. Die Beschickung mit fertig angemischter Baustoffsuspension erfolgt während der Betonage mit Transportmischern auf Plateauwagen, die das Material von einer entfernt liegenden Mischanlage durch eine Transportröhre anliefern. Die zweite Transportröhre kann während der

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 162
---	-------------------

Betonage für die weiteren Rückholprozesse genutzt werden. Die Rückholungsprozesse stehen im Bereich der Schildmaschine nur für die kurzen Phasen des Vorschubes still.

Der Vorschub einer Schildmaschine ist möglich, sobald der eingebrachte Beton im Schildschwanzbereich eine ausreichende Festigkeit entwickelt hat. Parallel zum Vorschub wird bei der Pfeilerdurchfahrt der umlaufende Spalt, der aus dem technisch erforderlichen Überschnitt zwischen der Schildmaschine und dem Anstehenden resultiert, mit einem geeigneten Mörtelsystem verfüllt. Beim Vorschub in einer ELK beschränkt sich die kraftschlüssige Verfüllung auf den Spalt in der Sohle.

Den Bauprozess kennzeichnet eine abschlagsweise und somit diskontinuierliche Betonage. Das Schalsystem ist in die Schildmaschine integriert beziehungsweise wird mit dieser mitgeführt.


In der Schachanlage Asse II kommt für die Errichtung von geotechnischen Bauwerken, als stützender Versatz sowie für die Resthohlraumverfüllung der Magnesiabaustoff („Sorelbeton“) A1 zum Einsatz [41]. Er besteht aus Magnesiumoxid als Bindemittel, Magnesiumchlorid-Lösung als Anmachflüssigkeit sowie Steinsalz als Gesteinskörnung. Der Sorelbeton A1 ist auf die örtlichen geochemischen Randbedingungen und die Flutung mit Magnesiumchlorid-haltigen Lösungen im Notfall bei einem nicht beherrschbaren Lösungszutritt (AÜL) ausgelegt.

Die Abbindereaktion des Bindemittels Magnesiumoxid ist stark exotherm. Die adiabatische Temperaturerhöhung beträgt beim A1 ca. 80 K. Fast die gesamte Wärme wird innerhalb von ein bis zwei Tagen freigesetzt [41]. In massigen Bauteilen führt die Wärmefreisetzung unter Bergwerksbedingungen zu Kerntemperaturen von weit über 100°C. Bei Verwendung als Baustoff für den Ausbau bei der Rückholung mit einer Schildmaschine kann die große Hydratationswärme zu einer zu starken Erwärmung der Wetter führen, bevor diese die Schildmaschinen erreichen. Die erforderliche Kühlung der Schildmaschinen wäre dadurch im Zusammenhang mit den begrenzt zur Verfügung stehenden Wettermengen nur sehr schwierig und mit erhöhtem Stillstandszeiten zur Vermeidung von erhöhten Belastungen für das Personal und Gerät umsetzbar.

Aufgrund der genannten besonderen Randbedingungen sieht die vorliegende Konzeptplanung den Einsatz eines Geopolymerbetons, vergleichbar zu dem von der australischen Fa. Wagners unter dem Synonym „Earth Friendly Concrete“ („EFC-Beton“) vermarkteten Baustoff, als Alternative zu einem Sorelbeton vor. Der Geopolymerbeton enthält als Bindemittel Hüttsand und Flugasche, die nach Zugabe eines (alkalischen) Aktivators abbinden ([42], Anlage 3). Als Gesteinskörnung kommen in den bisherigen Anwendungen Kies- und Sandmischungen wie bei Normalbeton zum Einsatz. Als Anmachflüssigkeit dient Süßwasser (mit entsprechend geringer Mineralisation). Die Zugabe von Zusatzmitteln, z.B. Fließmittel, steuert wie bei Normalbeton weitere relevante Eigenschaften für die Verarbeitung. Da die Bindemittelkomponenten recycelte Neben- und Abfallprodukte anderer industrieller Prozesse sind, die zudem durch natürliche Stoffe ersetzt werden können, fällt die CO2-Bilanz bei der Herstellung dieses Geopolymerbetons im Vergleich zu Normalbetonen günstiger aus, was zu seiner Benennung führte. Der Beton besitzt gemäß Herstellerangaben ein Weiterentwicklungspotential hinsichtlich des Salzgrusanteils (bis ca. 50 %) mit der Folge einer deutlich niedrigeren Hydratationswärmeentwicklung (ca. 12 K) im Vergleich zu einem Magnesiabaustoff.

Der Geopolymerbeton kann in den typischen Druckfestigkeitsklassen wie ein Normalbeton hergestellt werden. Während der Aushärtung bei normalen Umgebungstemperaturen zeigt er eine gute frühzeitige Festigkeitsentwicklung, wobei 80 % der 28-Tage-Festigkeit bereits in den ersten sieben Tagen erreicht werden. Darüber hinaus kennzeichnen in der Regel folgende Eigenschaften den Geopolymerbeton mit quarzhaltiger Gesteinskörnung ([42], Anlage 3; [43])

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 163

- geringes Trocknungsschwinden;
- begrenztes Kriechverhalten;
- niedriger Chlorid- und Sulfatgehalt;
- geringe Chloridpenetration;
- hohe Sulfatbeständigkeit;
- Säureresistenz;
- geringe Hydratationswärme;
- hohe Feuerresistenz.


Für den Einsatz des Geopolymerbetons bei der Rückholung mittels Schildvortrieb in der Schachanlage Asse II sind weitergehende Untersuchungen zum Baustoff und gegebenenfalls Materialweiterentwicklungen erforderlich. Zunächst ist zu prüfen, ob der Baustoff in seiner chemischen Zusammensetzung hinsichtlich der im Notfall eingesetzten magnesiumchloridhaltigen Lösung für den geplanten Einsatz auf der 750-m-Sohle geeignet ist und ob eine ausreichende Langzeitbeständigkeit für den Betrachtungszeitraum von einer Million Jahren im Hinblick auf die Langzeitsicherheitsanalyse besteht.

Geopolymerbeton enthält als Anmachflüssigkeit üblicherweise Süßwasser, welches bei Kontakt das umgebende Salinar anlösen kann. Die Menge an Überstands- und Drainagewasser („Baustoffbluten“) muss minimiert und die Möglichkeit eines Austauschs des Süßwassers durch gesättigte Natriumchlorid-Lösung (analog zu einem Solebeton) in Betracht gezogen und untersucht werden. Weiterhin strebt die BGE einen Verbrauch des bei der Rückholung anfallenden Steinsalzes im Zuge der Verfüllarbeiten an. Für diesen Zweck ist zu untersuchen, ob eine Substitution quarzhaltiger Gesteinskörnung durch Salzgrus im Geopolymerbeton (vergleichbar zur Weiterentwicklung von Normalbeton zu Salzbeton) für den Einsatz in der Schachanlage Asse II möglich ist und welche Auswirkungen dies auf die rheologischen Eigenschaften der Baustoffsuspension, das Abbindeverhalten und die thermisch-mechanischen Eigenschaften des abgeordneten Betons hat.

Der Verfüllmörtel für die Spaltverfüllung lässt sich ebenso auf Basis eines Geopolymers entwickeln. Die Zusammensetzung des Baustoffs ist dabei so zu wählen, dass er nach dem Mischen, Anmachen und dem Verpressen in die Spalte nach einer kurzen Reaktionszeit eine Gel-Konsistenz mit ausreichender Anfangsfestigkeit erlangt. Der Verfüllmörtel fließt dann nicht vom Schildschwanz der Schildmaschine zur Ortsbrust in der Einlagerungskammer beziehungsweise in den Abbau. Ein Baustoffsystem mit diesen Eigenschaften existiert [44] und kam bereits im Tunnelbau zum Einsatz (Fildertunnel des Projekts Stuttgart 21). Dieser Baustoff ist allerdings speziell auf die anwendungsbezogenen Randbedingungen im Anhydrit abgestimmt. Der Verfüllmörtel muss demzufolge für die geochemischen Anforderungen in der Schachanlage Asse II modifiziert und erprobt werden.

Schildschwanzdichtung

Dichtungen, z.B. Gummidichtungen mit flüssigkeitsgefüllten und/oder harten Gummimembranen, verschließen die Fuge zwischen Stirnwand und Schildschwanzmantel und verhindern hier das Eindringen von Betonsuspension, Überstands- und Drainagewasser oder -lösung, Gas oder

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 164
---	------------

Aerosolen etc. in die Schildmaschine. Außerdem wird in der ELK Unterdruck erzeugt, sodass bei Undichtigkeiten im Schildschwanzbereich keine Luft aus der ELK in die Schildmaschine gelangt.

Die radiologischen Abwetterluten der Schildmaschine sind so angeordnet, dass sie in die beiden Röhren des Ausbaus eingeführt werden und somit den kontinuierlichen Wetterfluss jederzeit, auch während der Herstellung des Ausbaus, gewährleisten. Während die Schildmaschinen sich vorpressen, werden die Abwetterluten in den Röhren mitgezogen. Als Abdichtung dienen hier zwei redundante Dichtungsringe deren Innendruck variabel an die Rückholprozesse angepasst werden kann (siehe Abbildung 95).

Der Fall „Versagen“ der Schildschwanzdichtung wird im Abschnitt 6.4.6 betrachtet.

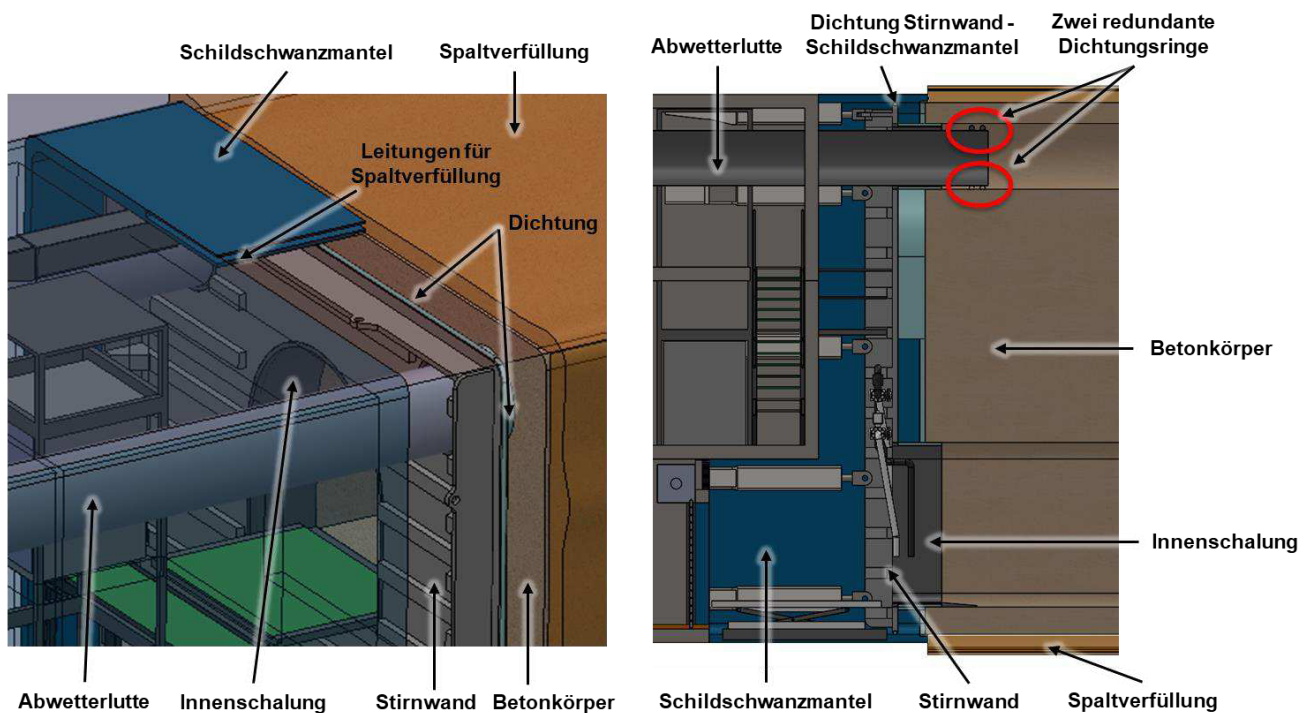



Abbildung 95: Übergang rad. Abwetterlute Schildmaschine / Ausbau

Ausbaualternative – Fertigteillösung

Gegen den Einsatz von Fertigteilen spricht weiterhin der hohe Logistikaufwand beim Antransport über den Schacht Asse 5 und die Transportröhren bis zum Einbauort sowie die geringere Flexibilität hinsichtlich der Abschlaglängen. Außerdem stören die in den Ausbau integrierten Abwetterluten eine Fertigteillösung erheblich, da die Fertigteile bei jedem Abschlag um die Abwetterluten herum gebaut werden müssen (Abbildung 96). Für den Fall des Ausfalls des Erektors oder den Fall einer ungenauen Steuerung des Erektors kann der Störfall der Beschädigung der radiologischen Abwetterlute durch Fertigteile nicht ausgeschlossen werden. U.a. auf Grund der Nachteile im Hinblick der Störfallanfälligkeit wurde die Ortbetonbauweise als Vorzugsvariante gewählt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 165
---	-------------------

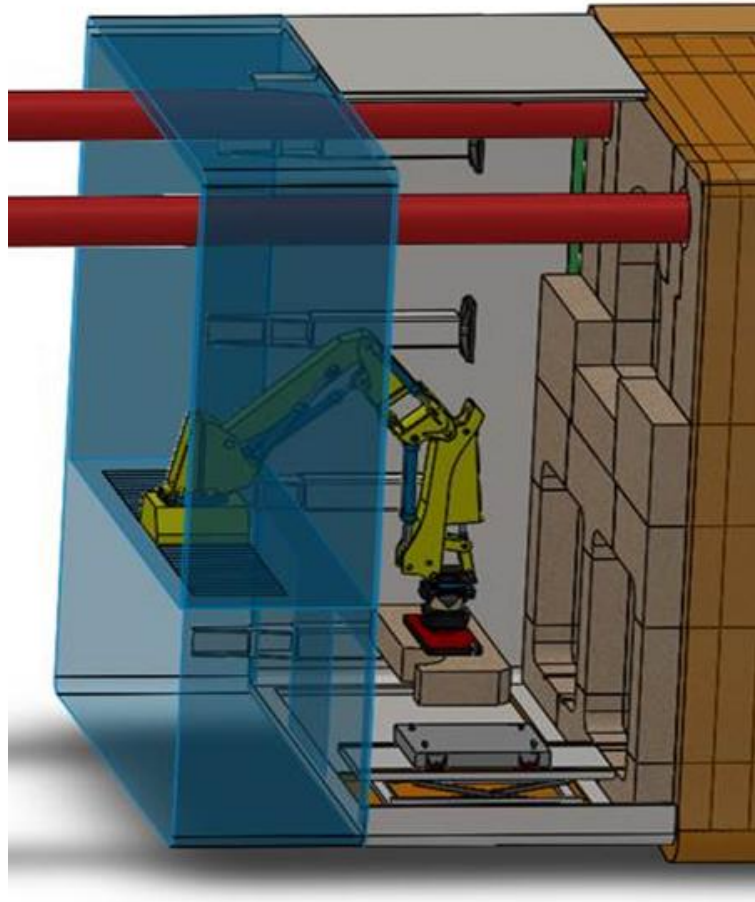


Abbildung 96: Fertigteillösung (Alternative zur Ortbetonbauweise)

3.14.11. Dimensionierung des Ausbaus


Der nachlaufende Ausbau hinter den Schildmaschinen hat im Rahmen der Rückholung folgende Funktionen:

- Abschirmung der erforderlichen Verbindungsrohre zwischen einer Schildmaschine und der Startkaverne gegen radiologische Einwirkungen, solange sich der Arbeitsprozess in einer geöffneten und noch nicht vollständig geleerten Einlagerungskammer befindet;
- Schutz der erforderlichen Verbindungsrohre zwischen einer Schildmaschine und der Startkaverne gegen mechanische Einwirkungen, z.B. Firstlöser (Schutzwirkung in Verbindung mit Schwebenstabilisierung);
- Bestmögliche Stabilisierung des Salinars, um das Voranschreiten der Verformungs- und Schädigungsprozesse der geologischen Barriere oberhalb der 750-m-Sohle zu begrenzen und somit die Gefahr einer weiteren Zunahme der Lösungszutritte in das Grubengebäude zu minimieren.

Funktion als radiologische Abschirmung

Hinsichtlich der Funktion des Ausbaus als radiologische Abschirmung lässt sich mit einem Massenvergleich die erforderliche Mindestwandstärke $\min t_{\text{Beton}}$ der Außenwände aus Beton ableiten. Diese beträgt bei einer erforderlichen Wandstärke des Schildmantels aus Stahl t_{Stahl} von 80 mm

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 166

entsprechend den Annahmen im Abschnitt 6.2.4 sowie mit den Dichten von Stahl ρ_{Stahl} und Beton ρ_{Beton} :

$$\min t_{\text{Beton}} \geq t_{\text{Stahl}} \cdot \frac{\rho_{\text{Stahl}}}{\rho_{\text{Beton}}} = 8 \text{ cm} \cdot \frac{7.850 \text{ kg/m}^3}{1.850 \text{ kg/m}^3} = 34 \text{ cm} \quad 3.14.11 - I.$$

Abdeckend wird in der oberen Gleichung die im Vergleich zu zementgebundenen Normalbeziehungsweise Geopolymerbetonen geringere Dichte des Sorelbetons A1 angesetzt.

Funktion als Firstsicherung/Kopfschutz

Die Durchfahrung der Einlagerungskammern setzt eine hinreichende Schwebenstabilität voraus (Maßnahmen zur Schwebenstabilisierung siehe Unterkapitel 3.10 und 3.11), was allerdings nicht das mögliche, lokal begrenzte Auftreten von Abplatzern, von Abschaltungen oder den Fall von Lösern aus der Firste ausschließt. Der nachlaufende Ausbau muss daher die Funktion einer lokalen Firstsicherung bzw. eines Kopfschutzes übernehmen, um die Transportvorgänge von Personal und Material aber auch die radiologischen Abwetterluten zwischen den Schildmaschinen und der Anfahrkaverne zu schützen.

Der Ausbau steht beim Vortriebsprozess unmittelbar nach seiner Betonage zunächst sowohl in den zu durchfahrenden Einlagerungskammern und Abbauen als auch in den durchörterten Pfeilern und im Bereich der kurzen Vortriebsstrecke zwischen der Startkaverne und der ELK 1/750 frei. Die Breite des Firstspalts zwischen dem Ausbau und dem Salinar lässt sich beim Vortrieb der kurzen Strecke zwischen der Startkaverne und der ELK 1/750 sowie bei der Pfeilerdurchörterung technisch auf wenige Dezimeter (Wanddicke Schildschwanzmantel von bis zu ca. 15 cm zuzüglich Überschnitt ca. 10 cm) begrenzen, da hier unverritztes Salz durchfahren wird.

In den Einlagerungskammern dagegen ergibt sich der Firstspalt zwischen dem nachlaufenden Ausbau und dem Gebirge aus den örtlichen Gegebenheiten. Große Firstspalte sind hinsichtlich der Auswirkungen von potenziell möglichen Firstlösern als ungünstig einzustufen, da die kinetische Energie der Löser und somit ihre Aufprallgeschwindigkeit in guter Näherung quadratisch mit der Fallhöhe zunimmt. Als Konsequenz folgt, dass bereits kurz nach dem Vorschub der Schildmaschinen große Firstspalte zwischen dem nachlaufenden Ausbau und dem Gebirge, z.B. mittels des Einbringens von Verfüllbaustoff (quellfähige Mörtel, Beton oder Injektionsmaterial) über Bohrungen aus den oberen Verbindungsstrecken oder in dem Ausbau integrierte Verpressschläuche, zu verringern sind.

Unter Berücksichtigung der zu stellenden Zwischenpfeiler zwischen den Schildmaschinen gleicht der Zustand beim Durchfahren einer ELK der Situation beim Vortrieb der kurzen Strecke zwischen Anfahrkaverne und der ELK 1/750 beziehungsweise der Pfeilerdurchfahrung, wobei dort die verbleibenden Salzpfeiler zwischen den Schildmaschinen die freie Spannweite reduzieren. Für den Ausbau resultieren in dieser Phase nur vertikale Auflasten aus dem Nachbrechen von Material aus der Firste, während horizontal mit keiner Beanspruchung zu rechnen ist. Die Empfehlungen für statische Berechnungen von Schildmaschinen des DAUB (Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V.) [45] sehen für diesen Fall im Festgestein eine Mindestbelastung vor:

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 167

$$\min p_{\text{vertikal}} \geq 0,5 \cdot D \cdot \gamma_{\text{Fels}} = 0,5 \cdot 13,5 \text{ m} \cdot 22 \text{ kN/m}^2 = 150 \text{ kN/m}^2 \quad 3.14.11 - \text{II.}$$

Lichte Breite zwischen Stützungen in ELK $D \leq \text{ca. } 40 \text{ m} / 3 = 13,5 \text{ m}$

Wichte Steinsalz $\gamma_{\text{Fels}} = 22 \text{ kN/m}^3$

Erste Untersuchungen und Berechnungen zur gebirgsmechanischen Beanspruchung der Schweben oberhalb der zu durchfahrenden Einlagerungskammern und Abbaue bei einem Schildvortrieb enthält der zugehörige Bericht [5]. Aus den entsprechenden Abbildungen lässt sich die Höhe der Schädigungszone in einer Schweben von bis zu 10,5 m ablesen. Unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Sicherheitsmarge von etwa 10 % für die Höhe der Schädigungszone bestimmt sich die vertikale Auflast auf den Mantel einer Schildmaschine beziehungsweise den nachlaufenden Ausbau daraus zu:


$$p_{\text{vertikal}} \geq H_{\text{Schäd}} \cdot \gamma_{\text{Fels}} = 12,0 \text{ m} \cdot 22 \text{ kN/m}^2 = 260 \text{ kN/m}^2 \quad 3.14.11 - \text{III.}$$

Höhe der geschädigten Zone in der Schweben $H_{\text{Schäd}} = 1,1 \cdot 10,5 \text{ m} \approx 12,0 \text{ m}$

Wichte Steinsalz $\gamma_{\text{Fels}} = 22 \text{ kN/m}^3$

Die aus den Untersuchungen in [5] abgeleitete vertikale Auflast von 260 kN/m² übersteigt die Mindestbelastung von 150 kN/m² nach DAUB (Gleichung 3.14.11 – III.). Generell ist anzumerken, dass die Lastannahmen im Zuge einer weiterführenden Entwurfs- respektive Genehmigungsplanung verifiziert werden müssen, da die grundlegenden Annahmen für die Berechnungen in [5] den Stand der hier dokumentierten Konzeptplanung nicht abdecken. Anschließend ist der Ausbauquerschnitt für die maßgebliche Einwirkung hinsichtlich der Querschnittsgeometrie nachzuweisen beziehungsweise zu optimieren. Bei der Nachweisführung ist, soweit erforderlich die Festigkeitsentwicklung im abbindenden Beton zu beachten.

Die Querschnittsoptimierung betrifft insbesondere die Form, die Größe sowie die Lage der Abwetterlatten, der beiden unteren Verbindungsrohre sowie der oberen Verbindungsrohre. Wie Abbildung 97 zeigt, stellen mögliche Zugbeanspruchungen in der Firste und in der Sohle der großen Öffnungen der Verbindungsrohre potentielle Schwachstellen des Querschnitts dar. Dort könnten zusätzliche Verstärkungsmaßnahmen, z.B. der nachträgliche Einbau von Bewehrung in Form eines umlaufenden anbetonierten Rings mit Stahl- oder GFK-Bewehrung oder alternativ angeklebte GfK-Bewehrung die Zugtragfähigkeit lokal erhöhen. Ebenso bildet die Schubbeanspruchung zwischen der oberen und den beiden unteren Verbindungsstrecken eine als ungünstig einzustufende Situation. Diese lässt sich vermeiden, wenn die obere Verbindungsrohre direkt über eine der beiden unteren Röhren liegt. Alternativ entsteht mit einem Verzicht auf eine zweite untere Verbindungsrohre ein wesentlich robusterer Querschnitt. In diesem Fall befänden sich obere und untere Verbindungsrohre zentrisch im Querschnitt übereinander.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 168
---	------------

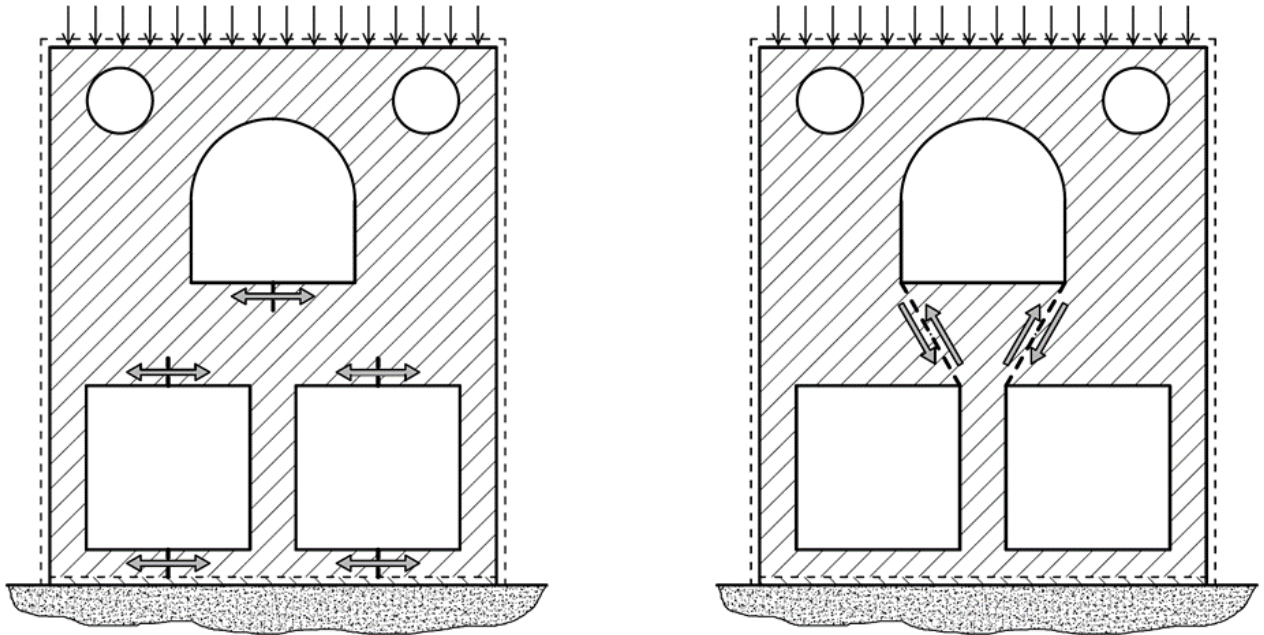


Abbildung 97: Bereiche mit möglichen Zugversagen (links) und möglichen Schubversagen (rechts) des freistehenden nachlaufenden Ausbaus in einer ELK unter vertikalen Auflasten


Funktion als Stützung des Salinars

Die Funktion „Stützung des Salinars“ stellt im Vergleich zum Tunnelbau eine Besonderheit dar. Im Tunnelbau werden möglichst geringe Lasteinwirkungen auf die Tunnelschale angestrebt. Hierzu dient beispielsweise die gezielte Entspannung des Gebirges in der „Neuen Österreichischen Tunnelbauweise“ oder bei tiefen Tunneln in druckhaften Gebirge der Einsatz von Ausbauelementen, die dem Ausweichprinzip folgen (Stauchelemente, geschlitzte Ausbauschalen etc.). Die Anwendung des Ausweichprinzips ist bei der Rückholung der Abfälle aus den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle nicht oder nur begrenzt möglich, da hiermit ein Fortschreiten der Verformungen des Salinars einhergeht, das zu einer weiteren Verschlechterung des ohnehin schon kritischen Zustands des Tragsystems an der Südflanke des Grubengebäudes führen kann.

Die Begrenzung der mit dem Eingriff in das bestehende System unvermeidlichen Verformungen bei der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle erfordert, dass die verbleibenden Hohlräume und Spalte zwischen den Ausbaustecken hinter den im Parallelvortrieb arbeitenden Schildmaschinen sowie zwischen den Ausbaustrecken und dem Gebirge an den Stößen und der Firste zeitnah möglichst kraftschlüssig gefüllt werden. Die planmäßige Vollverfüllung einer geleerten ELK kann frühestmöglich beginnen, sobald die Schildmaschinen den angrenzenden westlichen Pfeiler durchfahren haben und dort die Spalte aus dem technisch erforderlichen Überschneidungsbereich der Maschinen heraus mit Injektionsmörtel o.ä. verschlossen und abgedichtet sind. Die Verfüllung der verbliebenen Hohlräume mit Beton erfolgt planmäßig über Bohrungen aus der Begleitstrecke. Aufgrund der rheologischen Eigenschaften der Frischbetonsuspension („Fließwinkel“) stellt das Nachverpressen im Firstbereich aus den Verbindungsstrecken heraus eine zusätzliche Optimierungsmaßnahme dar. Die erforderliche Verfahrensweise entspricht somit nicht dem im Salzgestein üblichen Vorgehen, Strecken und Schächte nicht massiv auszubauen, sondern in der Regel nur soweit notwendig mit Ankerung zu sichern.

Die rheologischen Eigenschaften von Salzgestein werden zu einem fortschreitenden Aufkriechen des Gebirges auf den Versatz der Einlagerungskammern mit dem integrierten nachlaufenden Ausbau führen. Langfristig endet dieser Prozess erst, wenn die Gebirgsspannungen an der Südflanke den

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 169

Primärspannungszustand vor der Auffahrung der Schachanlage Asse II wieder erreicht haben. Die Geschwindigkeit, mit der das Auflaufen des Gebirges erfolgt, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Dazu gehören u.a.:

- Schichtung und Faltung des Gebirges,
- Kriecheigenschaften der Salzgesteine (Zusammensetzung, Verunreinigung etc.),
- Temperatur,
- Feuchteinfluss,
- Spannungsgeschichte der Salzsichten:
 - Primärspannungszustand,
 - Anthropogene Eingriffe:
 - Größe und Lage von Hohlräumen,
 - Offene Standzeit der Hohlräume,
 - Bildung von Auflockerungszonen, Schädigung, Entfestigung etc.,
 - Versatzwiderstand des Verfüllmaterials in den Abbauen oberhalb der 750 m Sohle,
- Steifigkeit und Kriecheigenschaften des Betons für den Hohlraumversatz mit dem nachlaufenden Ausbau in den durchfahrenen Strecken, Einlagerungskammern und Abbaue auf der 750-m-Sohle,
- Wärmeeintrag aus der Hydratation der Verfüll- und Versatzbaustoffe,
- Größe der Restspalte zwischen Versatz und Salzgebirge.

Aufgrund der Komplexität der Vorgänge sind einfache Prognosen zur zeitlichen Entwicklung der Spannungen im Versatz mit dem nachlaufenden Ausbau mit ingenieurmäßigen Handabschätzungen praktisch kaum möglich. Aus den numerischen Berechnungen des IfG in [46] lässt für das dort untersuchte Szenario mit einem versetzten Vortrieb von sieben Schildmaschinen das Auflaufen des Gebirges auf den Ausbau in erster Näherung abschätzen. Das in [46] betrachtete Szenario umfasst:

- Start des Vortriebs der ersten Schildmaschine im Jahr 2035
- Vortriebslänge der ersten Schildmaschine 126 m → Vortriebsgeschwindigkeit 0,5 m pro Woche → Vortriebsdauer: 126 m Vortriebslänge geteilt durch die Vortriebsgeschwindigkeit von 0,5 m pro Woche = 252 Wochen Vortriebsdauer → Erreichung des Endpunkts im Jahr 2040
- Betrachteter Auswertepunkt liegt bei ca. 70 m (Gebirgspfeiler) vom Anfang der Vortriebsstrecke bzw. Startkaverne → Freilegen der Firste ca. 140 Wochen nach Vortriebsstart → im Jahr 2037 durchfahren
- Zukriechen des verbleibenden Firstspalts → ca. 2042 aufgelaufenes Gebirge
- im Jahr 2042 Vertikalspannung 0 MPa

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 170

- im Jahr 2043 Vertikalspannung ca. 2 MPa (Abbildung 98)
- im Jahr 2043 Vertikalspannung ca. 4 MPa (Abbildung 99)
- im Jahr 2045 Vertikalspannung ca. 5,5 MPa (Abbildung 100)
- im Jahr 2060 Vertikalspannung ca. 9,5 MPa (Auskunft des IfG im Fachgespräch Geoinformation III [47]).

Die im Rahmen der Konzeptplanung entwickelte Variante des Vortriebs weicht erheblich von dem in [5] untersuchten Szenario ab. Die in [5] angeführten Ergebnisse sind daher nicht direkt übertragbar. Sie zeigen allerdings, dass beträchtliche Spannungen auf den Versatz mit dem nachlaufenden Ausbau bereits nach wenigen Jahren Standzeit einwirken werden, siehe Abbildung 98, Abbildung 99 und Abbildung 100. Die Gebirgsdrücke können innerhalb eines Jahrzehnts Werte von mehr als 10 MPa annehmen und nach 30 Jahren bis zu 15 MPa erreichen [47], was bereits relativ nah an den Primärspannungen von ca. 18 MPa liegt.

Im Zuge der weiteren Entwurfs- und Genehmigungserlangungsplanung sind zur Führung des rechnerischen Nachweises daher weitere Prognoseberechnungen mit der Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Versatz mit dem Ausbau und dem Gebirge erforderlich. Hierbei sollten die Kennwerte des einzusetzenden Betons dem fortlaufenden Planungsstand entsprechend besser eingegrenzt werden und soweit notwendig auch dessen Kriechverhalten realitätsnah in die Berechnung einfließen.

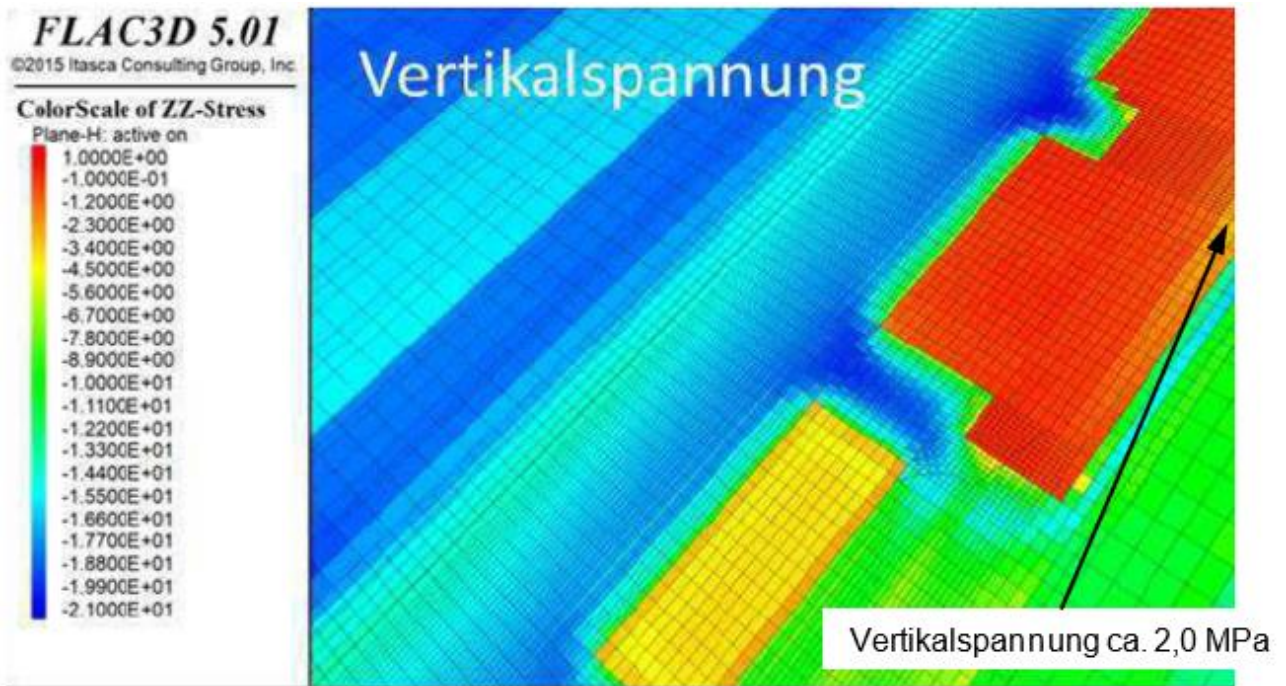


Abbildung 98: Vertikalspannungen in IfG-Berechnung im Jahr 2043 (Auszug aus Anhang 35 [5])

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.		BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00		Blatt: 171

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

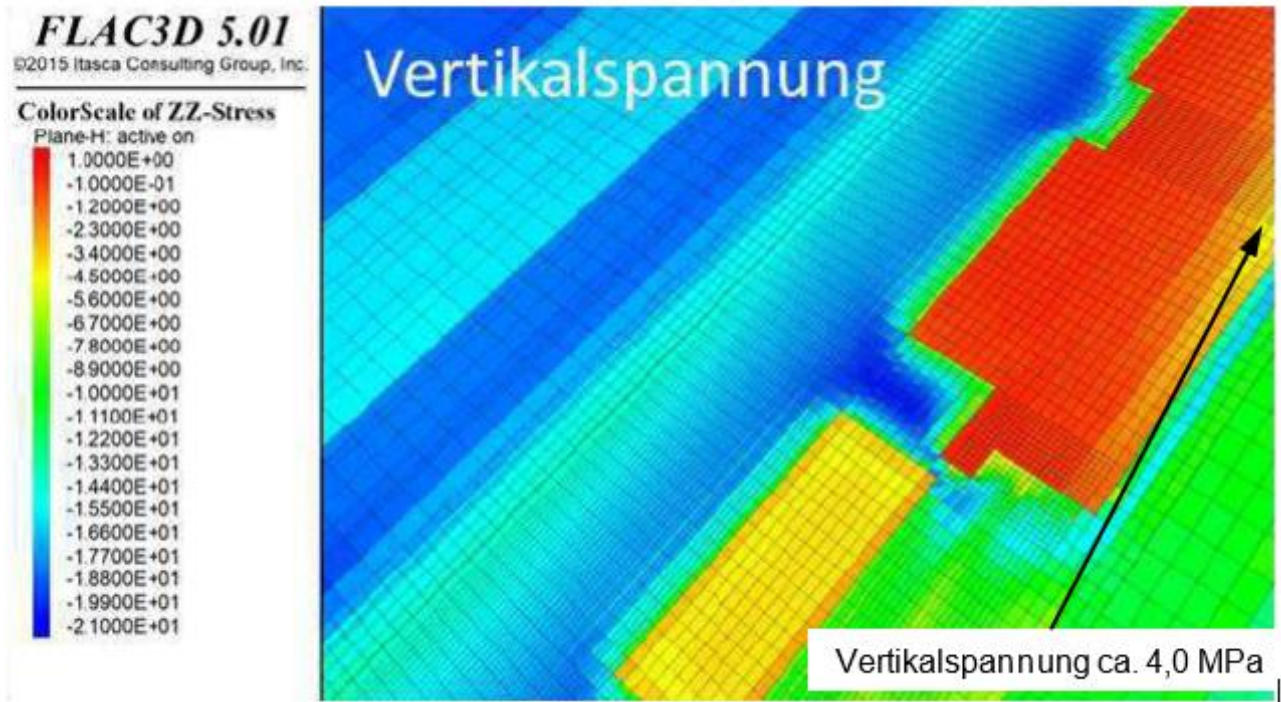


Abbildung 99: Vertikalspannungen in IfG-Berechnung im Jahr 2044 (Auszug aus Anhang 36 [5])

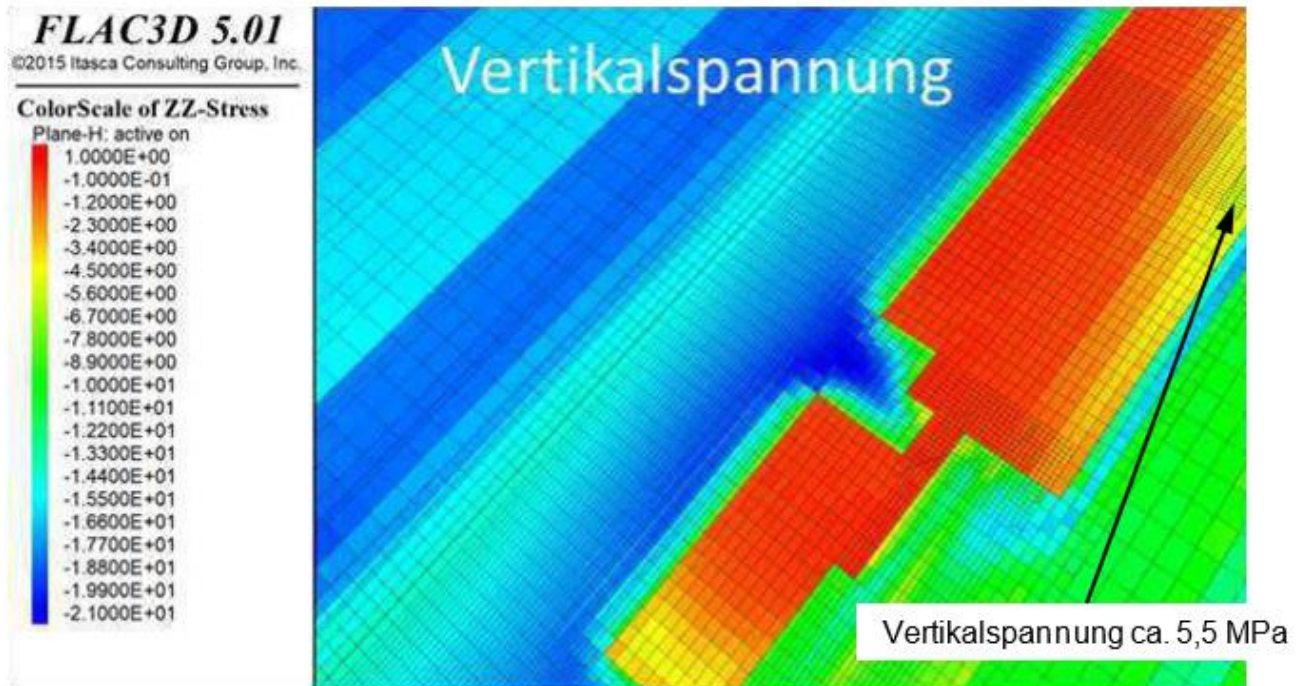



Abbildung 100: Vertikalspannungen in IfG-Berechnung im Jahr 2045 (Auszug aus Anhang 37 [5])

Neben den kurzen Pfeilerdurchörterungen zwischen den Einlagerungskammern und den Abbauen auf der 750 m Sohle stellt insbesondere die in Abbildung 101 dargestellte kurze Verbindungsstrecke zwischen der Startkaverne und der ersten Einlagerungskammer (ELK 1/750) einen Abschnitt dar, bei dem die Einwirkungen auf den nachlaufenden Ausbau maßgebend werden können. Dieser Abschnitt durchfährt einen Bereich der SchachanlageASSE II, der vormals nur einer geringen Durchbauung unterlag. Der Einfluss eines schnelleren transienten Kriechens des Salzes könnte hier mehr zum Tragen kommen als in den Einlagerungskammern und Abbauen, die jahrzehntelang offenstanden und um die sich großräumige Auflockerung- und Schädigungszonen bildeten. Da zudem der Vortrieb

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 172
---	------------

in diesem Bereich beginnt, wird der nachlaufende Ausbau hier die längste Standzeit aufweisen, in der das Gebirge auf ihn aufkriecht. Als mögliche Option, die Beanspruchungen zu verringern, könnte in weiteren Planungsschritten geprüft werden, ob der Überschneidung zwischen Schildmaschinen respektive dem nachlaufenden Ausbau und dem Gebirge in diesem Abschnitt zunächst unverfüllt bleibt, so dass das Gebirge zunächst den offenen Spalt zukriechen muss, bevor es den Ausbau belastet. Neben der Gebirgsmechanik spielen bei einer derartigen Vorgehensweise auch radiologische Aspekte eine wesentliche Rolle.

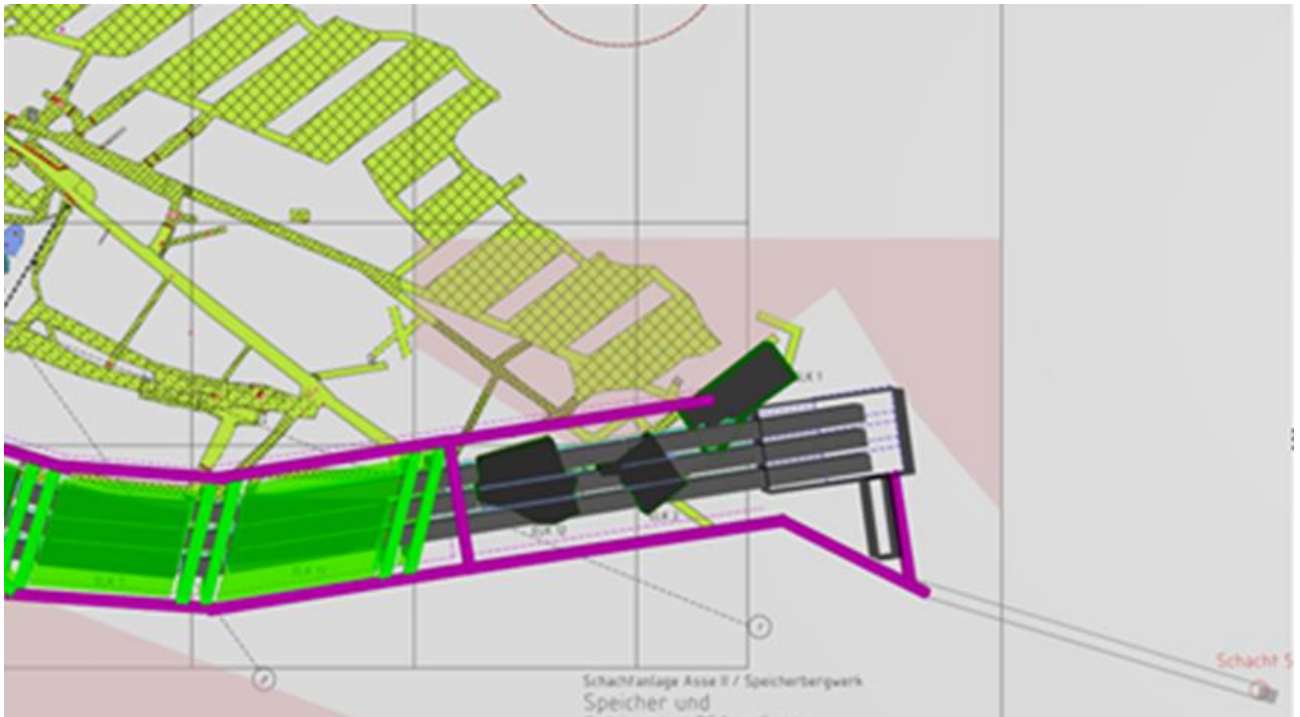



Abbildung 101: Anfahrtsituation für Schildvortrieb auf der 750-m-Sohle

Zur Ermittlung der Tragfähigkeit des nachlaufenden Ausbaus dienen im Folgenden Berechnungen an einem generischen Modell. Es wird hierbei ein Schnitt quer zur Strecke zwischen der Startkaverne und der ersten Einlagerungskammer betrachtet. Die numerische Berechnung erfolgt zweidimensional im „Ebenen Verzerrungszustand“ (EVZ) und sowohl geometrisch als auch materiell nichtlinear. Das verwendete Modell stellt Abbildung 102 dar. Es nutzt die Symmetrie aus und besitzt Ausdehnungen von ca. 215 m vertikal und von nahezu 170 m horizontal. An den seitlichen und am unteren Rand sind die Verschiebungen normal zur Randkante festgehalten, am oberen Rand ist die Auflast aus den überlagernden Gebirgsschichten als Kraftrandbedingung aufgeprägt. Benachbarte Hohlräume berücksichtigt das Modell ebenso wenig wie eine real vorhandene Schichtung des Gebirges. Das Gebirge (türkis in Abbildung 102) besteht aus kriechfähigem Steinsalz, wobei das visko-plastische („vp“) Materialverhalten hier mit dem stationären „Norton-Kriechgesetz“ (auch als BGRa bezeichnet) erfasst ist. Der Ausbau (lila) besteht aus Beton mit elasto-plastischem („ep“) Materialverhalten.

Das hier verwendete Modell gibt die realen Verhältnisse nicht wieder, erlaubt aber grundsätzliche Untersuchungen hinsichtlich der Tragfähigkeit des Ausbauquerschnitts. Um eine Simulation des zeitabhängigen Verhaltens vornehmen zu können, welche die realen Verhältnisse besser annähert, sind wesentlich komplexere Modelle erforderlich, wie sie beispielsweise das IfG zur gebirgsmechanischen Zustandsanalyse und Prognose auf Basis der Standortdaten für die SchachtanlageASSE II einsetzt. Um das Gesamtverhalten des Salinars sowie des Deck- und Nebengebirges richtig zu erfassen, müssen sich die Modelle über mehrere Kilometer in horizontale und vertikale Richtung erstrecken. Die fortlaufende Steigerung der Leistungsfähigkeit der

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 173
---	-------------------

Rechentchnik erlaubte es in mehrjähriger Aufbauarbeit, den Modellumfang in den numerischen Analysen des IfG von 2D-Berechnungen in repräsentativen Schnitten und 3D-Submodellen mit wenigen Metern Ausdehnung in die dritte Richtung („2,5D-Modellierung“), beispielhaft dokumentiert in den Unterlagen [46] [48] auf 3D-Berechnungen mit einer Ausdehnung in die Tiefenrichtung von mehr als 600 m ([5], [35]) zu erweitern.

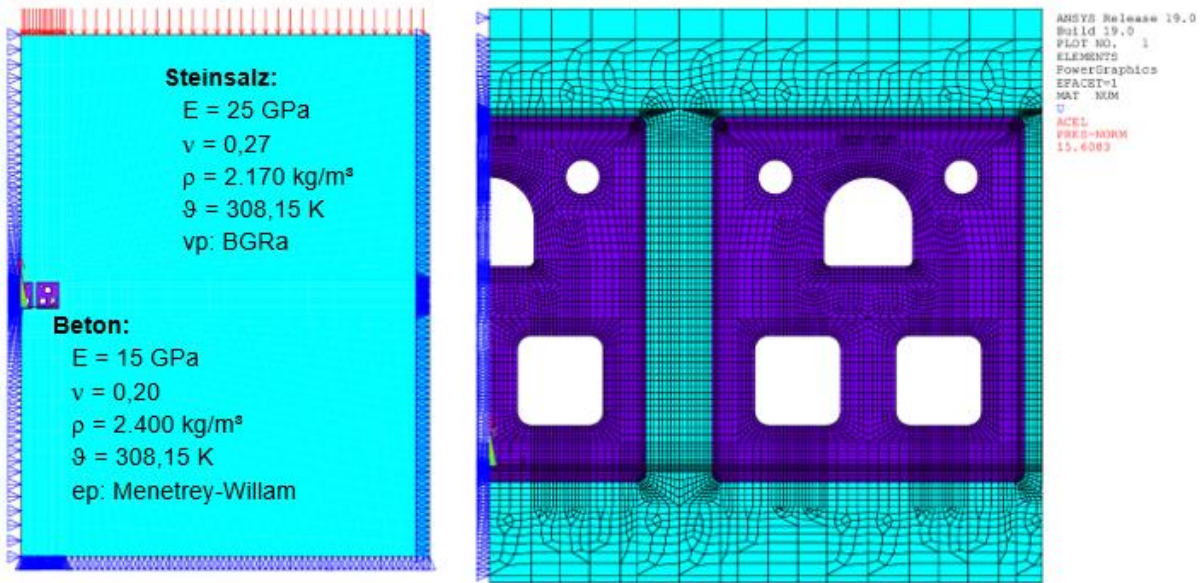


Abbildung 102: Generisches Modell zur Bestimmung der Tragfähigkeit des nachlaufenden Ausbaus – Gesamtmodell (links) und Modellausschnitt mit dem Ausbau (rechts)

Die Abbildung 103 zeigt den bemaßten Querschnitt des nachlaufenden Ausbaus in der numerischen Berechnung mit den beiden unteren Verbindungsrohren, der oberen Verbindungsrohre sowie den beiden integrierten Abwetterluten. Der Ausbruchsquerschnitt mit einer Breite B_{Ges} von 9,1 m und einer Höhe H_{Ges} von 10,6 m berücksichtigt neben den Außenabmessungen der Schildmaschine von 8,5 m Breite und 10,0 m Höhe zum einen den vorlaufenden Austausch des Steinsalzes durch Beton in der Sohle (50 cm) sowie Überschnitte an den Seiten (jeweils 30 cm) und im Firstbereich (10 cm). Etwas größere Überschnitte an den Seiten sind aufgrund der technisch unvermeidlichen Eckausrundungen beim Auffahren der Strecken und der Möglichkeit zur Steuerung und Drehung der Schildmaschinen erforderlich. Die verschiedenen Betonierabschnitte sind mittels der farblichen Abstufung hervorgehoben. Die gestrichelten Linien kennzeichnen den Schildmantel der Schildmaschinen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 174

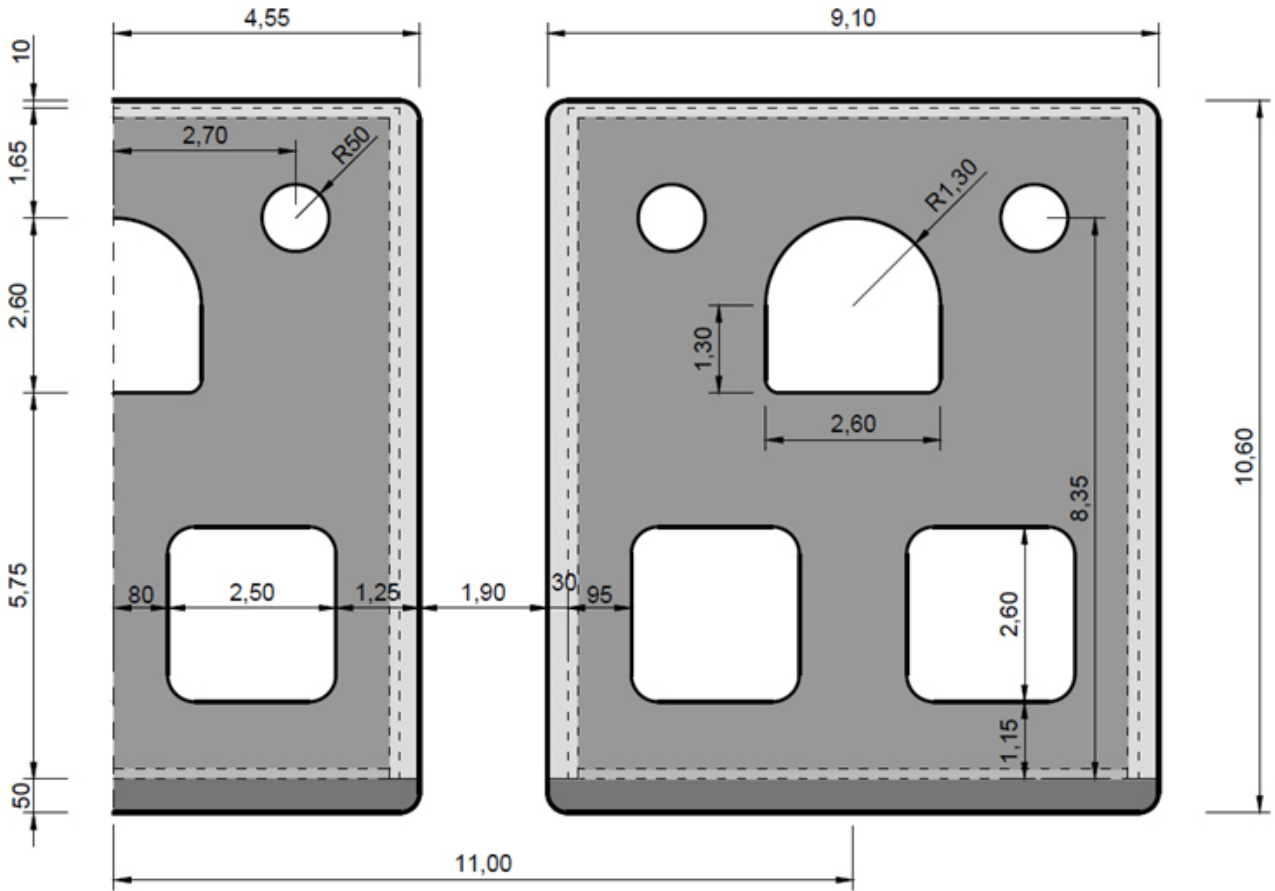



Abbildung 103: Abmessungen des nachlaufenden Ausbaus in den numerischen Berechnungen

Eine erste Abschätzung zeigt, dass aufgrund der langfristig möglichen hohen Gebirgsdrücke der Beton des Ausbaus stark beansprucht werden kann. Mit den Abmessungen des Ausbruchs sowie den Abmessungen der offenbleibenden Verbindungsstrecken (Breite BHR und Höhe HHR) entsprechend Abbildung 103 lassen sich mittlere Horizontal- und Vertikalspannungen unter Gebirgsdrücken von 15 MPa im Betonquerschnitt bestimmen:

$$\begin{aligned} \text{Mittlere Horizontalspannung: } \sigma_{\text{hor,mit}} &= \frac{p_{\text{Geb}} \cdot H_{\text{Ges}}}{H_{\text{Ges}} - \sum H_{\text{HR},i}} = \frac{15 \text{ MPa} \cdot 10,6 \text{ m}}{10,6 \text{ m} - 2 \cdot 2,6 \text{ m}} = 29,4 \text{ MPa} & 3.14.11 - \text{IV.} \\ \text{Mittlere Vertikalspannung: } \sigma_{\text{ver,mit}} &= \frac{p_{\text{Geb}} \cdot B_{\text{Ges}}}{B_{\text{Ges}} - \sum B_{\text{HR},i}} = \frac{15 \text{ MPa} \cdot 9,1 \text{ m}}{9,1 \text{ m} - 2 \cdot 2,5 \text{ m}} = 33,3 \text{ MPa} & 3.14.11 - \text{V.} \end{aligned}$$

Zu beachten ist, dass die vorstehenden Werte nicht mit Sicherheitsfaktoren behaftet sind. Die verwendeten Hohlraumabmessungen stellen eher Mindestabmessungen dar, um die erforderlichen Transportprozesse durchführen zu können, trotz dessen nehmen die mittleren Spannungen hohe Werte an. Sie legen den Einsatz eines Betons mit entsprechend hoher Festigkeitsklasse nahe.

Der nachlaufende Ausbau besteht aus Beton, wobei aufgrund der sehr viel geringeren Wärmeentwicklung der Einsatz eines Geopolymerbetons gegenüber einem Sorelbeton, z.B. A1, favorisiert wird (siehe Abschnitt 3.14.10). Die Konzeptplanung sieht verfahrensbedingt zunächst keinen Einbau einer Bewehrung aus Stahl oder glasfaserverstärkten Kunststoff (GfK) vor. Unbewehrter Beton gehört unabhängig von der Art des Bindemittels (Magnesiumoxid, Normalzement, Geopolymere etc.) zu den kohäsiven Materialien. Bei ihm übersteigt die Druckfestigkeit die Zugfestigkeit um ein Vielfaches. Das Materialverhalten ist insbesondere unter Zugbeanspruchungen spröde, das heißt, ein Zugbruch erfolgt schlagartig, im schlimmsten Fall ohne

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 175

Vorankündigung. Über entstehende Risse können keine Zugspannungen mehr übertragen werden. Um diesem ungünstigen Verhalten zu begegnen, bietet es sich an, dem einzusetzenden Beton Fasern aus Stahl oder einem anderen Material (z.B. GFK Fasern) beizumischen. Hierdurch wird der Beton in die Lage versetzt, auch im Nachrissbereich (zumindest geringfügig) Zugspannungen zu übertragen. Gleichzeitig resultiert aus der Faserbewehrung ein wesentlich duktileres Materialverhalten.

Aufgrund der zu erwartenden hohen Beanspruchungen sieht die Konzeptplanung für den nachlaufenden Ausbau den Einbau eines Betons mit Festigkeitseigenschaften gleichwertig zu einem Beton der Festigkeitsklasse C50/60 der derzeit gültigen DIN EN 1992-1-1:2011-01 [49] vor. Die Ermittlung der Tragfähigkeit eines möglichen Ausbauquerschnitts unter isotropen Gebirgsdrücken erfolgt mit einer geometrisch und physikalisch nichtlinearen FE-Berechnung mit dem Programmsystem ANSYS, Release 19.0 [50]. Hierbei kommt für den Beton das in ANSYS implementierte Stoffmodell nach Menetrey-Willam [51] zum Einsatz, das auf der grundlegenden Arbeit von Willem und Warnke [52] aufbaut. Zur Beschreibung der Bruchfläche dienen in diesem Modell drei Parameter mit physikalischer Bedeutung, zusätzlich wird zur Definition der Fließrichtung der Dilatanzwinkel benötigt:


- Einaxiale Druckfestigkeit f_c
- Zentrische Zugfestigkeit f_{ct}
- Zweiaxiale Druckfestigkeit f_{cbi}
- Dilatanzwinkel ψ .

Die zweiaxiale Druckfestigkeit ist bei Beton in der Regel 10 bis 20 % größer als die einaxiale Druckfestigkeit.

Auf die Anwendung von noch komplexeren Modellansätzen zur Erfassung von Verfestigungs- respektive von Entfestigungsvorgängen wird im Rahmen der Konzeptplanung verzichtet. Die Tabelle 3 enthält die verwendeten Eingangswerte für das Stoffmodell. Für die zentrische Zugfestigkeit wird die Nachrisszugfestigkeit eines faserbewehrten Betons in Höhe von 400 kPa angesetzt. Die endgültige Festlegung der erforderlichen Leistungsklassen und die Ableitung der Kennwerte in Anlehnung an [53] wird in weiteren Planungsphasen erfolgen. Aus der Abminderung der charakteristischen Werte mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten γ_c respektive γ_{ct} und den Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeitauswirkungen auf die Betondruckfestigkeit und von ungünstigen Auswirkungen durch die Art der Beanspruchung $\alpha_{cc,pl}$ respektive $\alpha_{ct,pl}$ in Anlehnung an DIN EN 1992 [49] bestimmen sich die für den Nachweis relevanten Bemessungswerte der Festigkeiten.

Tabelle 3: Modellparameter für Stoffmodell des Betons im nachlaufenden Ausbau

Modellparameter	Charakteristischer Wert	Bemessungswert	
Einaxiale Druckfestigkeit	$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$	$f_{cd} = \alpha_{cc,pl} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ $= 0,7 \cdot 50 \text{ MPa} / 1,5 = 23,33 \text{ MPa}$	3.14.11 - VI.
Zentrische Zugfestigkeit	$f_{ctk} = 0,4 \text{ MPa}$	$f_{ctd} = \alpha_{ct,pl} \cdot f_{ctk} / \gamma_{ct}$ $= 0,7 \cdot 0,4 \text{ MPa} / 1,25 = 0,224 \text{ MPa}$	3.14.11 - VII.
Zweiaxiale Druckfestigkeit	$f_{cbik} = 1,15 \cdot 50 \text{ MPa}$ $= 57,5 \text{ MPa}$	$f_{cbid} = \alpha_{cc,pl} \cdot f_{cbik} / \gamma_c$ $= 0,7 \cdot 57,5 \text{ MPa} / 1,5 = 26,83 \text{ MPa}$	3.14.11 - VIII.
Dilatanzwinkel	$\psi = 10^\circ$	$\psi = 10^\circ$	3.14.11 - IX.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 176

Die Bruchfläche nach Menetrey-Willam [52] gibt die Festigkeit von Beton unter zweiachsiger Beanspruchung sehr gut wieder, wie ein Vergleich mit den Versuchsdaten von Kupfer [54] in Abbildung 104 verdeutlicht. Die Abweichungen im Zugbereich beruhen darauf, dass in den Versuchsdaten die Zugfestigkeit des unbewehrten Betons dargestellt ist, während im hier eingesetzten Modell nur die wesentliche kleinere Restzugfestigkeit eines faserbewehrten Betons eingeht.

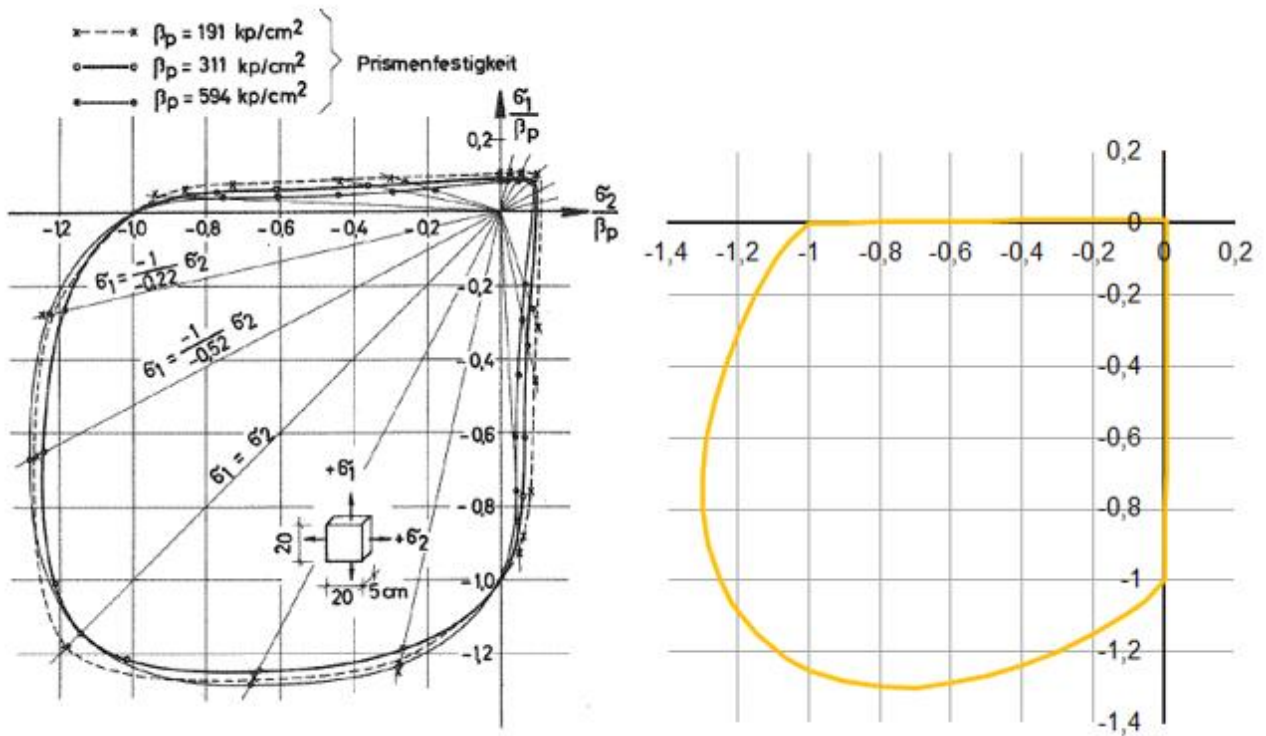


Abbildung 104: Festigkeit des Betons unter zweiachsiger Beanspruchung nach Kupfer [8] (links) und Modellapproximation (rechts)

In der durchgeführten Analyse steht im Rahmen der Konzeptplanung zunächst nicht die zeitliche Entwicklung der Spannungen im nachlaufenden Ausbau im Vordergrund, sondern der Fokus liegt auf der Ermittlung der Tragfähigkeit. Nach der Initialisierung des isotropen Primärspannungszustand im Gebirge in einem ersten Schritt (Abbildung 105, links), erfolgt im Modell der Ausbruch der aufzufahrenden Strecken instantan. Damit einher geht eine rein elastische Entspannung des Gebirges, die konturnah zu hohen Deviatorspannungen führt (Vergleichsspannung in Abbildung 105, rechts). Das beginnende Zukriechen der bautechnisch erforderlichen Überschnitte während der kurzen offenen Standzeit der Ausbauten vernachlässigen die Berechnungen hier vereinfachend. Hierzu sind im Zuge einer weiterführenden Entwurfs- und Genehmigungsplanung weitere Analysen notwendig, um die Größe der erforderlichen Überschnitte und der zugehörigen Sicherheitsmargen entsprechend den Kriecheigenschaften der zu durchfahrenden Salzsichten festzulegen. Dabei ist besonderes Augenmerk auf die hoch beanspruchten Gebirgspfeiler zwischen den aufzufahrenden Vortriebstrecken zu legen, um zu verhindern, dass lokale Schädigungs- und Bruchprozesse zu einem beschleunigten Auflaufen des Gebirges und einem Verkeilen der Schildmaschine führen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 177

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

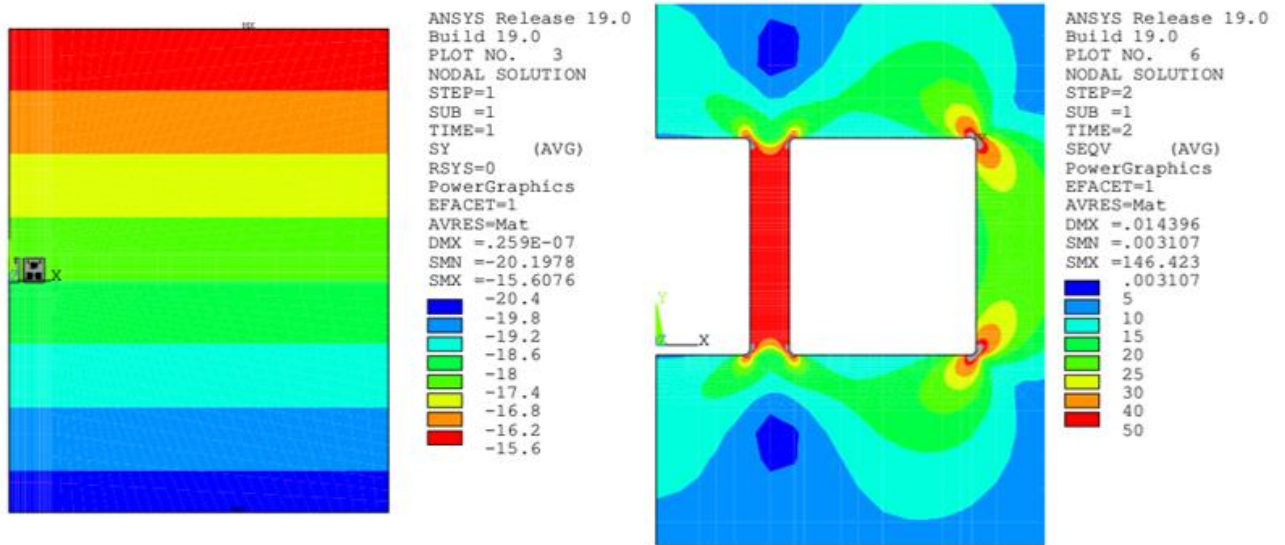


Abbildung 105: Isotroper Primärspannungszustand (links), Vergleichsspannung nach Ausbruch um den Hohlraum (rechts) – Strecke

Der nächste Rechenschritt erfasst den instantanen Einbau des Betons, ohne die Betonierreihenfolge (vorlaufende Ertüchtigung der Sohle, Betonage des nachlaufenden Ausbaus innerhalb des Schildschwanzes, Verfüllen des Sohlspalts, Verfüllung des Überschnitts an den Seitenflächen und des Firstspaltes) und die zeitliche Festigkeitsentwicklung des Baustoffs im Detail abzubilden (Abbildung 106, links). Anschließend kriecht das umgebende Steinsalz im Modell auf den Ausbau auf, womit sich die Beanspruchung des Betons im Querschnitt des nachlaufenden Ausbaus fortwährend erhöht, während die Deviatorspannungen im Gebirge abgebaut werden (Abbildung 106, rechts). Übersteigen die Spannungen lokal die Bemessungswerte der Festigkeiten des Betons und können nicht mehr innerhalb des Querschnitts umgelagert werden, konvergiert die Berechnung nicht und die Grenztraglast des Ausbauquerschnitts ist im Modell erreicht.

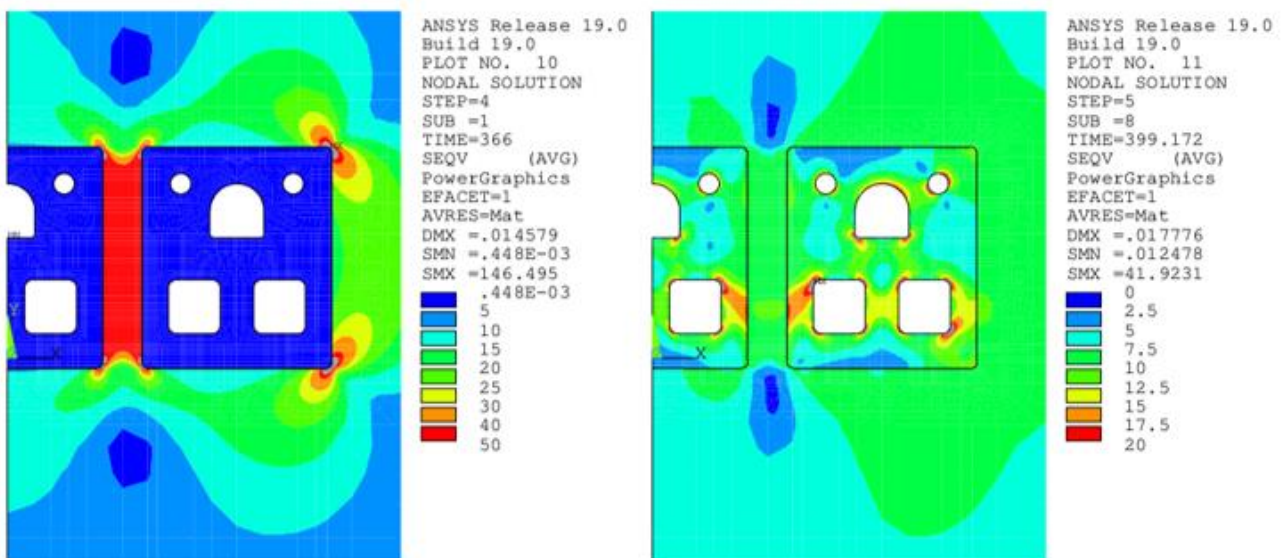



Abbildung 106: Einbau des nachlaufenden Ausbaus (links), Änderung der Vergleichsspannung infolge des Kriechens des Gebirges (rechts) – Strecke

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 178


Die Abbildung 107 zeigt die Horizontalspannungen σ_{xx} („ σ_x “) und die Vertikalspannungen σ_{yy} („ σ_y “) im Ausbau am Endzeitpunkt der Berechnung. Ein vorzeitiger Abbruch der Berechnung infolge Nichtkonvergenz trat nicht auf.

Zur Auswertung der Spannungen dienen die in Abbildung 108 definierten Schnitte. Für sie werden die Spannungen ausgelesen und daraus die resultierenden Schnittkräfte numerisch integriert, die anschließend der Bestimmung von gemittelten Einwirkungen auf den Ausbauquerschnitt dienen:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Schnitt 1-1} & p_{\text{hor},1-1} = \frac{f_x}{H} = \frac{\int \sigma_{xx} dy}{H} = \frac{155,6 \text{ MN/m}}{10,6 \text{ m}} = 14,7 \text{ MPa} & 3.14.11 - X. \\
 \text{Schnitt 2-2} & p_{\text{hor},2-2} = \frac{f_x}{H} = \frac{\int \sigma_{xx} dy}{H} = \frac{160,2 \text{ MN/m}}{10,6 \text{ m}} = 15,1 \text{ MPa} & 3.14.11 - XI. \\
 \text{Schnitt 3-3} & p_{\text{vert},3-3} = \frac{f_y}{B/2} = \frac{\int \sigma_{yy} dx}{B/2} = \frac{73,8 \text{ MN/m}}{4,55 \text{ m}} = 16,2 \text{ MPa} & 3.14.11 - XII. \\
 \text{Schnitt 4-4} & p_{\text{vert},4-4} = \frac{f_y}{B} = \frac{\int \sigma_{yy} dx}{B} = \frac{147,6 \text{ MN/m}}{9,1 \text{ m}} = 16,2 \text{ MPa} & 3.14.11 - XIII.
 \end{array}$$

Aus der Auswertung der numerischen Berechnung folgt, dass der Ausbauquerschnitt im Bereich der kurzen Strecke zwischen Anfahrkaverne und der ersten Einlagerungskammer isotrope Gebirgsdrücke von etwa 15 MPa abtragen kann. Die Abbildung 109 zeigt die inelastische Vergleichsdehnung als Maß für die Ausnutzung der Materialfestigkeiten. Neben den bereits ausgerundeten Eckbereichen an den Verbindungsrohren sind insbesondere die Mittelpfeiler zwischen den beiden unteren Verbindungsstrecken hoch ausgelastet. Dies korrespondiert mit den Vertikalspannungen in Abbildung 107 (rechts). An der Außenseite der äußeren Wände der unteren Verbindungsrohre stützt das angrenzende Steinsalz den Beton. Somit liegt dort eine dreidimensionale Einspannung für das Material vor und die Vertikalspannungen können Werte weit oberhalb des Bemessungswerts der einaxialen Druckfestigkeit annehmen. Dagegen herrscht aufgrund der freien Oberflächen im Mittelpfeiler ein zweidimensionaler Spannungszustand vor und die Vertikalspannungen können hier nur im begrenzten Maße, wie in Abbildung 104 dargestellt, größer als die einaxiale Druckfestigkeit sein.

In einer Vergleichsberechnung mit den charakteristischen Festigkeitswerten der Tabelle 3 bleiben auch die Mittelpfeiler zwischen den unteren Verbindungsrohren im elastischen Bereich. Es bestehen für diesen Abschnitt mit den Abmessungen aus Abbildung 105 unter isotropen Gebirgsdrücken noch gewisse Reserven. Der allseitige Gebirgsdruck führt dazu, dass mögliche Bereiche unter Zug (Abbildung 97, links) überdrückt werden. Ebenso erhöht der horizontale Druck in dem Balken zwischen den beiden unteren Transportrohren und der oberen Transportrohre in diesem Bereich die Schubtragfähigkeit und verhindert somit das Auftreten des in Abbildung 97 (rechts) skizzierten Versagensbildes. In der hier eingesetzten Vorgehensweise und mit dem verwendeten generischen Modell werden nur nahezu isotrope Gebirgsdrücke auf den nachlaufenden Ausbau eingepreist. Die Untersuchung von anisotropen Gebirgsdrücken mit weiteren Versagensmechanismen, wie beispielsweise das Zug- oder das Schubversagen entsprechend Abbildung 97, muss in der weiterführenden Entwurfs- und Genehmigungserlangungsplanung erfolgen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 179

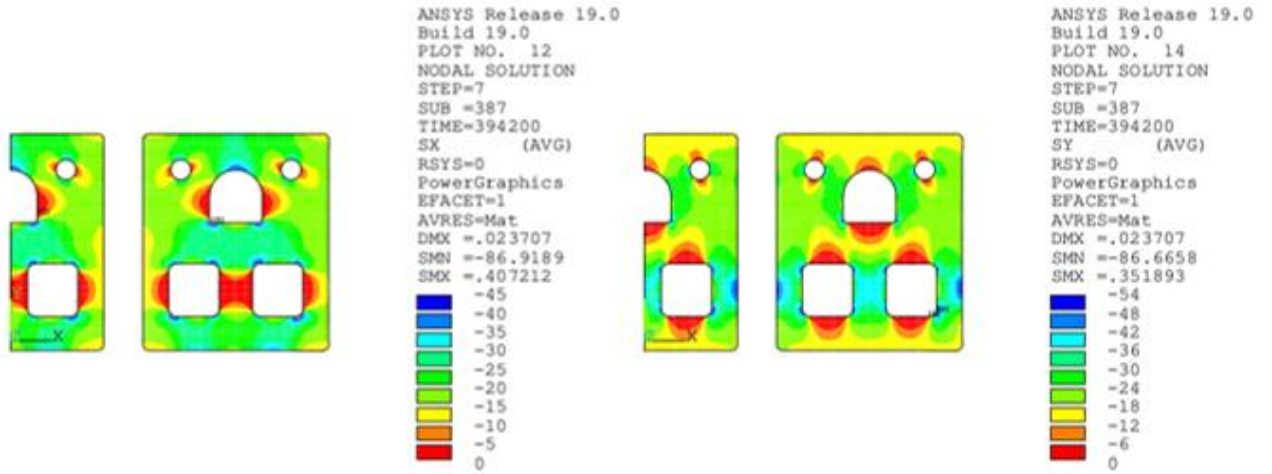


Abbildung 107: Horizontale (links) und vertikale Spannungen (rechts) – Berechnungsende (Strecke)

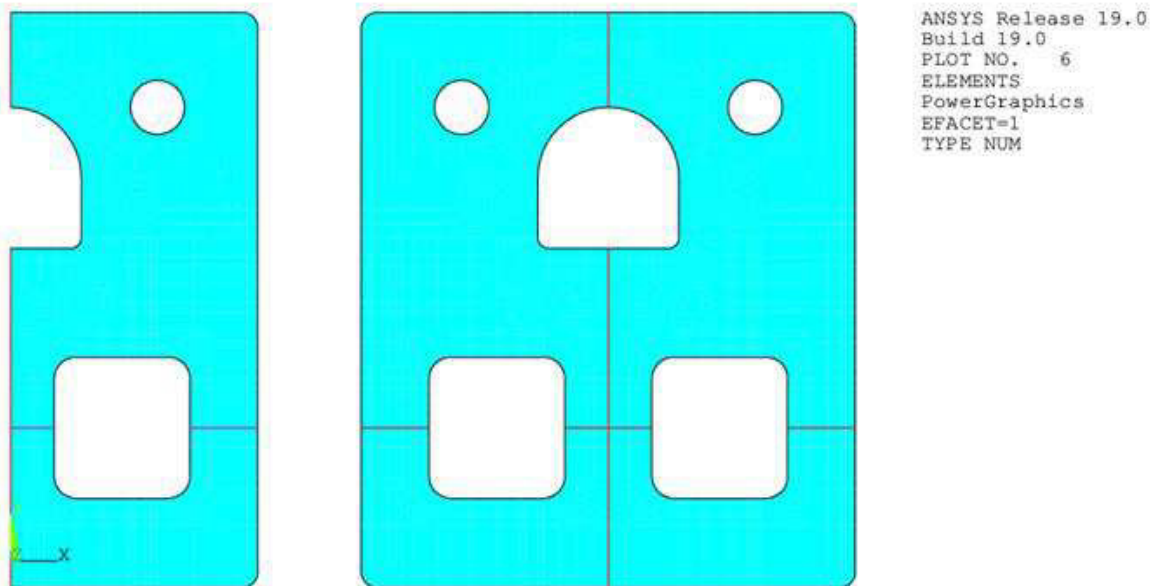



Abbildung 108: Definition von Schnitten zur Berechnungsauswertung (Strecke)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 180

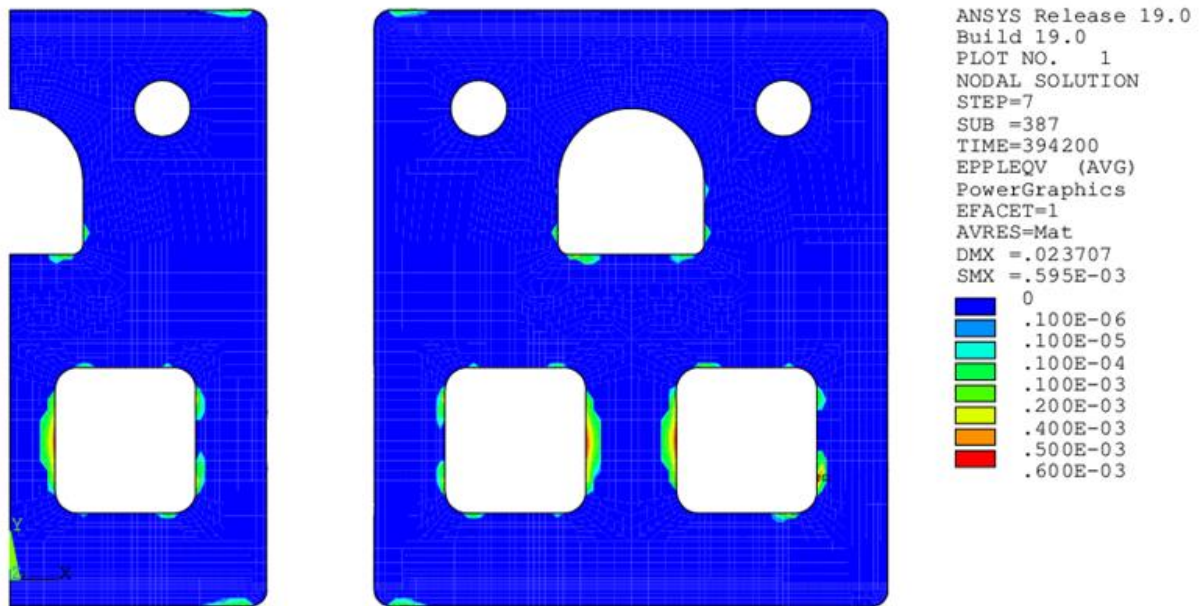


Abbildung 109: Vergleichsmaß für inelastische Verformungen (Berechnung mit charakteristischen Festigkeiten) – Berechnungsende (Strecke)

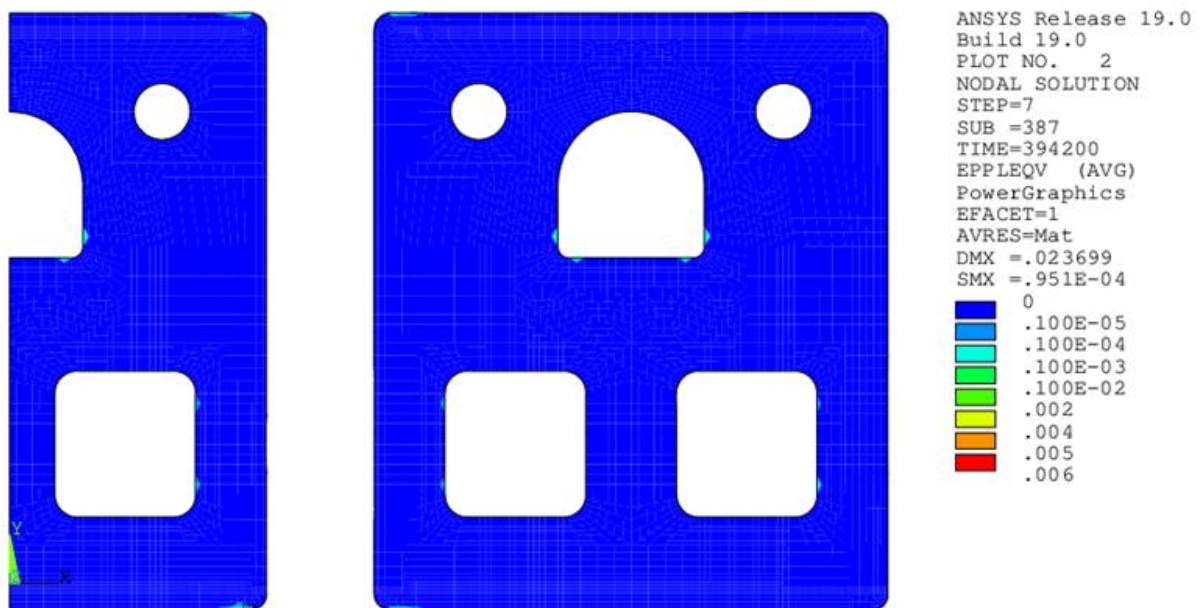



Abbildung 110: Vergleichsmaß für inelastische Verformungen – Berechnungsende (Strecke)

Das Entfernen der Salzpfeiler zwischen den Streckenvortrieben sowie die Vergrößerung des Ausbruchs an der Gebirgsseite der äußeren Schildvortriebsmaschinen im generischen Modell (Abbildung 111) bildet näherungsweise die geometrische Situation in einer ELK (Gesamtbreite des ausgebrochenen 16,5 m) ab. Am Verlauf der Horizontal- und Vertikalspannungen (Abbildung 107) ändert sich in der Berechnung nichts Grundsätzliches. Allerdings entfällt aufgrund der größeren Breite der hohe Anstieg der Vertikalspannungen im Bereich zwischen den beiden Maschinen in Höhe der unteren Verbindungsstrecken. Inelastische Deformationen (Abbildung 109, Abbildung 110) weisen weiterhin vorrangig die Pfeiler zwischen den unteren Verbindungsrohren im nachlaufenden Ausbau der Schildmaschinen auf. Die Auswertung der Spannungen in Schnitten entsprechend Abbildung 108, wobei jetzt ein längerer Horizontalschnitt den Schnitt 3-3 und 4-4 sowie das

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDEGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 181
---	-------------------

Zwischenstück zwischen den Schildmaschinen und den größeren Ausbruch zusammenfasst, führt auf folgende mittlere Einwirkungen:

Schnitt 1-1	$p_{hor,1-1} = \frac{f_x}{H} = \frac{\int \sigma_{xx} dy}{H} = \frac{151,5 \text{ MN/m}}{10,6 \text{ m}} = 14,3 \text{ MPa}$	3.14.11 - XIV.
Schnitt 2-2	$p_{hor,2-2} = \frac{f_x}{H} = \frac{\int \sigma_{xx} dy}{H} = \frac{156,9 \text{ MN/m}}{10,6 \text{ m}} = 14,8 \text{ MPa}$	3.14.11 - XV.
Horizontalschnitt	$p_{vert} = \frac{f_y}{B_{ELK}} = \frac{\int \sigma_{yy} dx}{B_{ELK}} = \frac{265,5 \text{ MN/m}}{16,5 \text{ m}} = 16,2 \text{ MPa}$	3.14.11 - XVI.

Aus der Auswertung der numerischen Berechnung folgt, dass der Versatzbeton mit dem nachlaufenden Ausbau im Bereich einer ELK isotrope Gebirgsdrücke von etwa 15 MPa abtragen kann. Hinsichtlich anisotroper Einwirkungen gelten die obenstehenden Anmerkungen zur Berechnung im Bereich der Strecke zwischen Anfahrkaverne und der ersten Einlagerungskammer sinngemäß. Aufgrund der bergbaulichen Gesamtsituation besteht die Vermutung, dass sich die Horizontalspannungen schneller aufbauen als die Vertikalspannungen (Abbildung 112, Abbildung 113). Dazu dürften sowohl der am Beginn des Aufkriechprozesses vermutlich geringere Kraftschluss in der Firste als auch die mit einem Versatzmaterial mit zunächst geringerem Versatzwiderstand verfüllten Abbaue oberhalb der 750-m-Sohle beitragen.

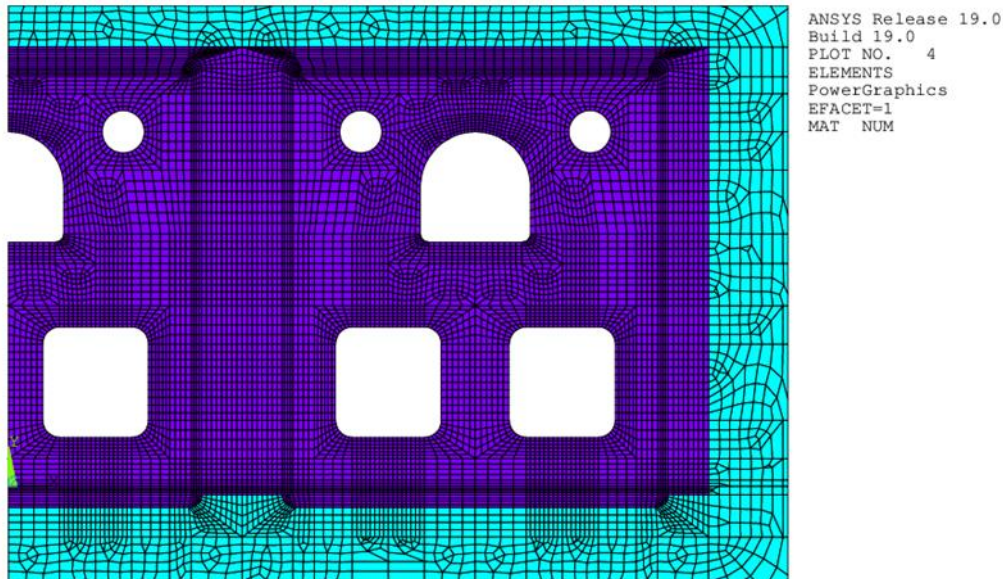


Abbildung 111: Generisches Modell (Einlagerungskammer)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 182

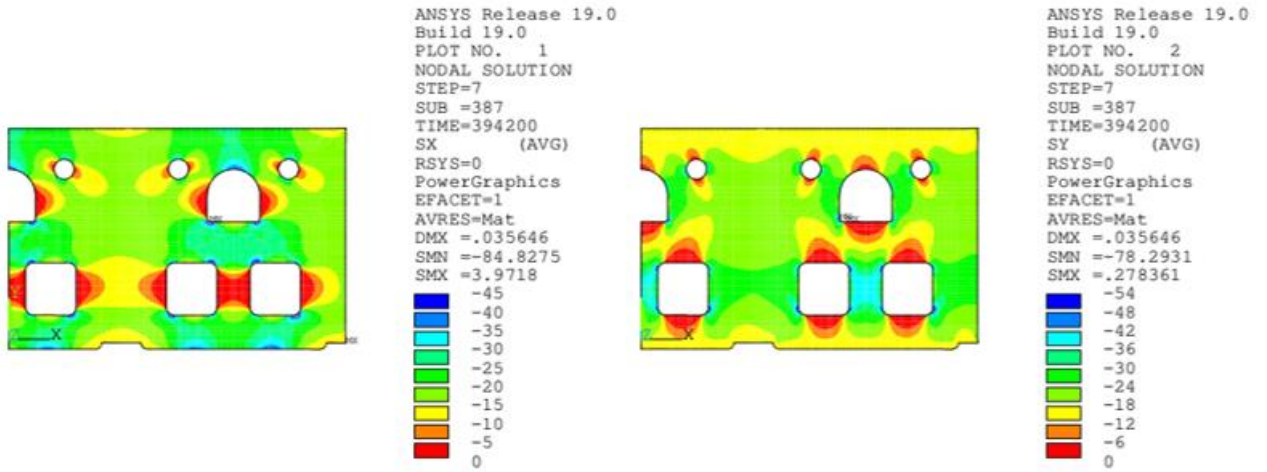


Abbildung 112: Horizontale (links) und vertikale Spannungen (rechts) – Berechnungsende (Einlagerungskammer)

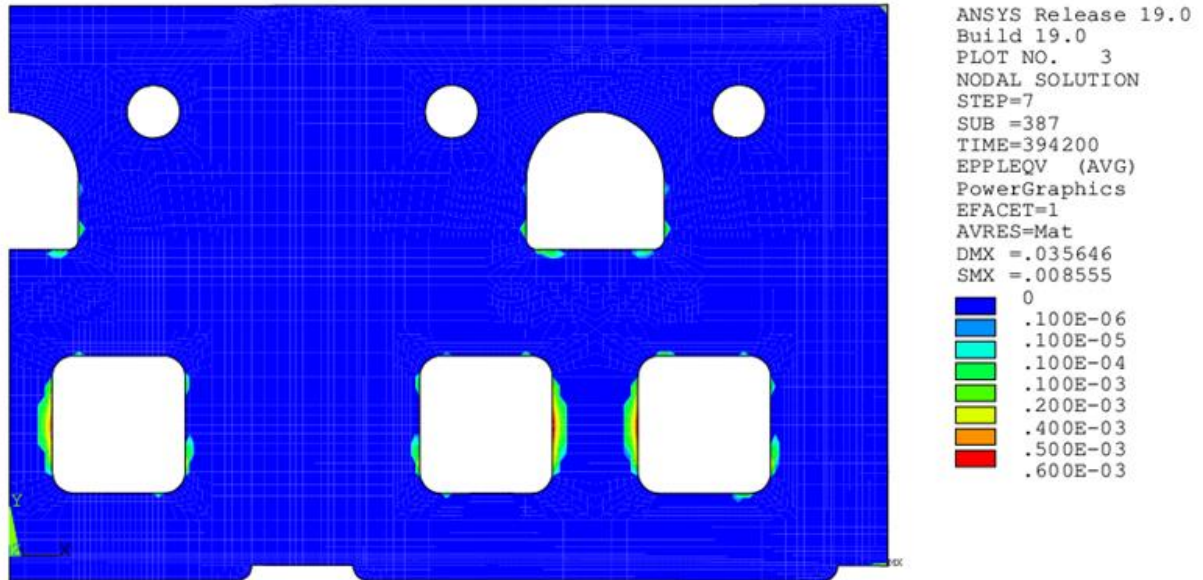


Abbildung 113: Vergleichsmaß für inelastische Verformungen – Berechnungsende (Einlagerungskammer)

Zusammenfassend lassen sich aus der ersten Dimensionierung Schlussfolgerungen für die weiterführende Entwurfs- und Genehmigungserlanungsplanung ziehen und Empfehlungen aussprechen:

- Die Wechselwirkung zwischen Ausbauquerschnitt und Gebirge ist auf Basis des Bauablaufs und der Spannungsgeschichte der SchachanlageASSE II zu erfassen.
- Als mögliche Versagensmechanismen sind Zugversagen infolge Biegewirkung an den Transportröhren, Druckversagen in schlanken pfeilerartigen Tragelemente sowie das Abscheren bei versetzter Anordnung der Verbindungsrohre zu berücksichtigen.
- Die Anzahl, Anordnung und Größe der Verbindungsrohre sowie der Abwetterluten kann weiter optimiert werden, um beim Vortrieb in den Einlagerungskammern und Abbauen mögliche vertikale Einwirkungen bei fehlender Quereinspannung besser abtragen zu können.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 183

- Beim Einsatz eines Betons mit einer hohen Festigkeitsklasse, z.B. C50/60, kann der Ausbau isotrope Gebirgsdrücke von etwa 15 MPa abtragen. Bei der Auswahl des Betons ist auch der Einsatz von Bewehrung zu prüfen.
- Es sollte konzeptionell geprüft werden, ob die Möglichkeit besteht, die Verbindungsrohre zunächst mit größeren lichten Abmessungen herzustellen und im Bedarfsfall mit weiteren Maßnahmen die Querschnittstragfähigkeit zu erhöhen. Hierzu wären Überwachungsmaßnahmen an zu definierenden Messquerschnitten in den Transportrohren vorzusehen.

3.14.12. Vortrieb der Schildmaschine

Beim Vortrieb der Schildmaschinen wird zunächst zwischen der Phase der Anfahrsituation in der Startkaverne (Aufnahme der Pressenkräfte der Schildmaschine von provisorischen Widerlagern) und der Phase der Rückholung in den Einlagerungskammern und den Pfeilern (Aufnahme der Pressenkräfte der Schildmaschine vom Ausbau) unterschieden.

In den ersten ca. 20 m des Vortriebs, nach der Montage der Schildmaschinen in der Startkaverne, wird hinter den Schildmaschinen kein Ausbau hergestellt (Bereich Startkaverne). Die Schildmaschinen fräsen den erforderlichen Hohlraum in den nicht kontaminierten Anfahrbereich. In dieser Phase können auch sämtliche Funktionen der Schildmaschine in einem nicht kontaminierten Bereich getestet werden. Die Vorschubkräfte werden in dieser Startphase über die unteren Vorschubzylinder der Schildmaschine in die verankerten Betonfertigteile und weiter in die Sohle abgeleitet (Abbildung 114).

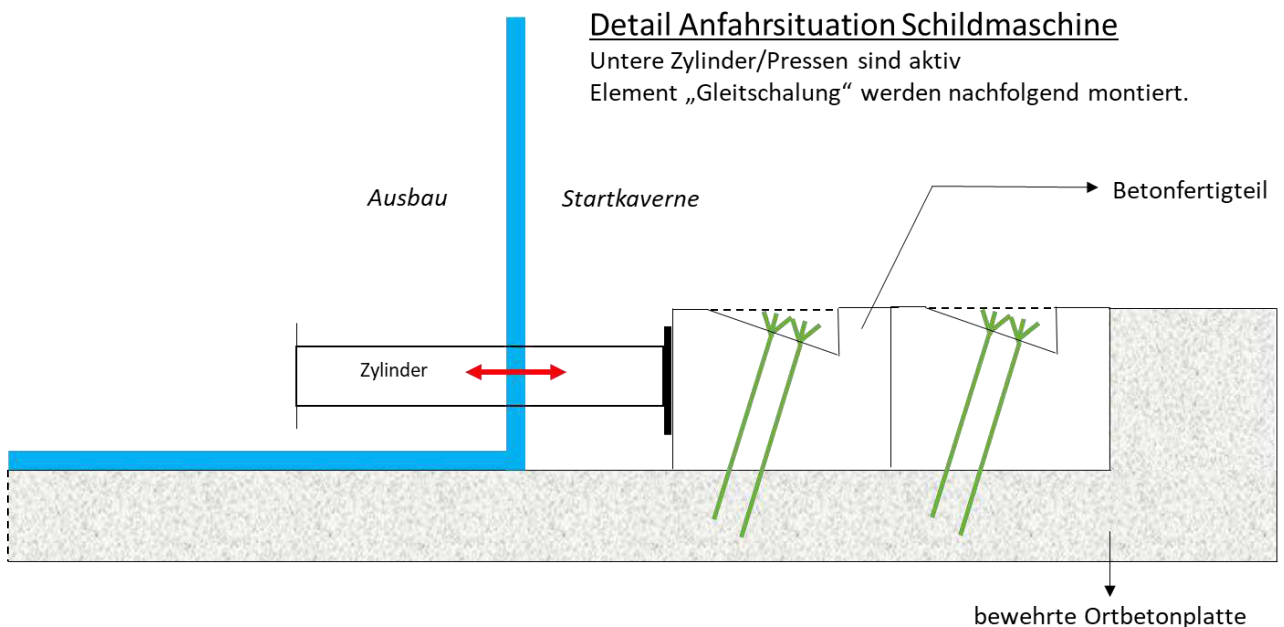



Abbildung 114: Anfahrsituation in der Startkaverne

Nachdem die Schildmaschinen mit ihrer gesamten Länge die Startkaverne verlassen haben, kann mit der Herstellung des Ausbaus hinter den Maschinen begonnen werden. Die Elemente für die Gleitschalung, die von den Schildmaschinen mitgezogen werden, werden nach der o.g. Startphase montiert. Als Schalung zwischen dem Stoß und den Schildmaschinen wird eine Gleitschalungswand inkl. der erforderlichen Öffnungen für die Logistik- und Medienversorgung in der Startkaverne errichtet. Bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Ausbau eine ausreichende Mächtigkeit und Verzahnung

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 184

mit dem Gebirge erreicht hat, um die gesamten Vorschubkräfte aufnehmen zu können erfolgt der Vorschub weiterhin über die unteren Vorschubzylinder. Parallel zu dieser Phase können die Schalungswände in der Startkaverne bereits abgebaut und entfernt sowie die im Anfahrbereich noch nicht vorhandenen, erforderlichen Stahlbau- und Logistikeinrichtung hergestellt werden.

In der folgenden Phase der Rückholung erfolgt der Vortrieb durch die Entkopplung von Schildschwanz und der durch die Vorschubzylinder verschieblichen Gleitschalung im Schildschwanzbereich. Nach dem der Beton eine ausreichende Festigkeit erreicht hat drücken sich die Vorschubzylinder mit der Gleitschalung vom Ausbau ab und bewegen so die gesamte Schildmaschine vorwärts. Es ist vorgesehen, variable Vorschübe in einer Länge von 0,5 m bis 1,0 m zu fahren. Nach Erreichen des geplanten Vorschubs wird die Gleitschalung ebenfalls mittels Vorschubpressen 0,5 m bis 1,0 m nach vorne gezogen (Abbildung 115 a). Hinter der Gleitschalung wird eine neue Betonschicht eingebracht (Abbildung 115 b). Eine detaillierte Beschreibung dieses Vorgangs befindet sich im Abschnitt 3.14.10. Nachdem die neue Betonschicht abgebunden hat, wiederholt sich der Vorschubprozess (Abbildung 115 c).

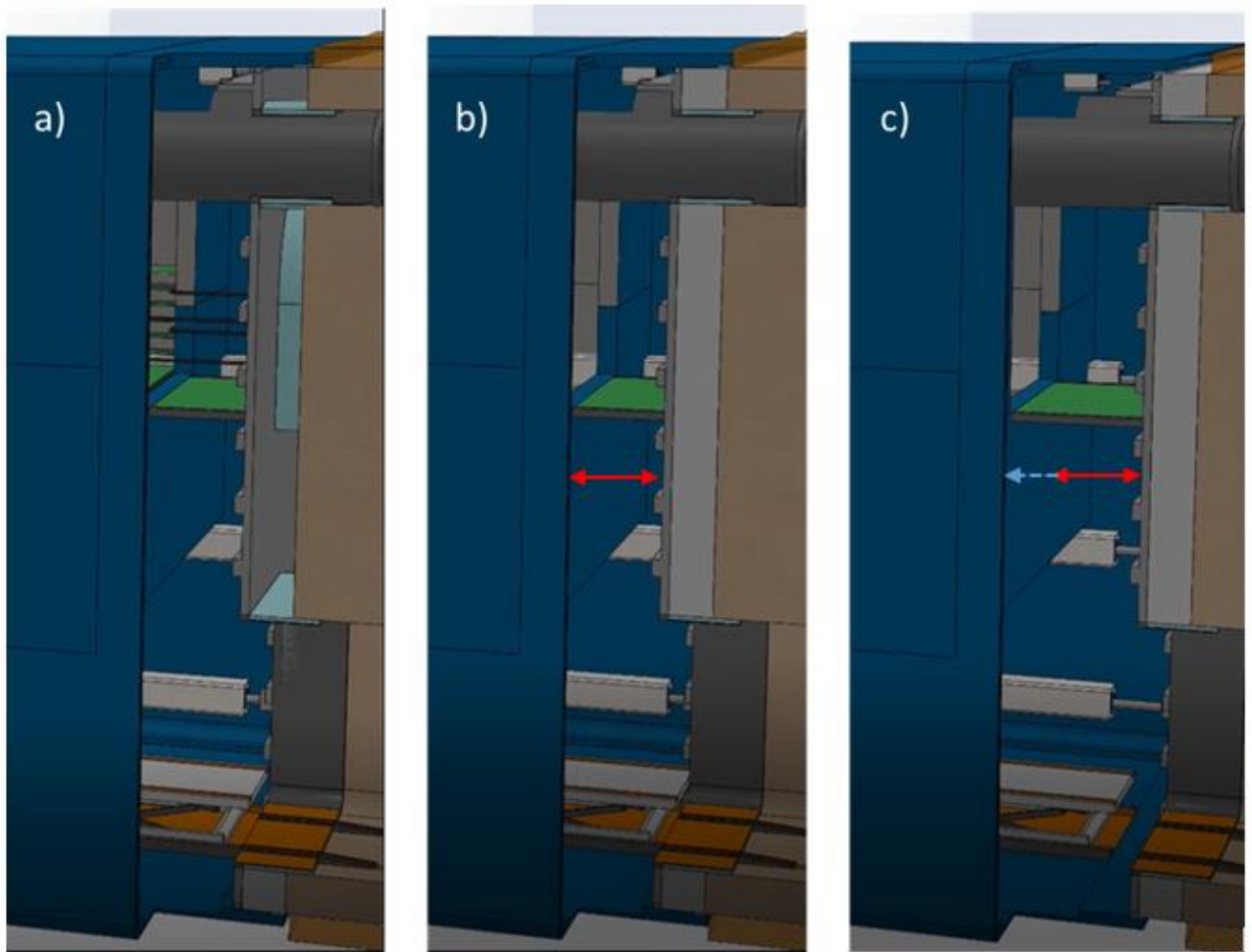


Abbildung 115: a) Ziehen der Gleitschalung nach vorne; b) Betonieren der neuen Ausbauschiicht; c) Vorwärtsbewegung der Maschine

In allen Phasen, in denen die Schildmaschinen vorgepresst werden, besteht um den Schildmantel ein ausreichender Überschchnitt. D.h. beim Vorschub der Schildmaschinen ist zunächst nur die Reibungskraft zwischen dem Schildmantel und der jeweiligen Sohle zu überwinden. Da Lösungszutritte in den Einlagerungskammern nicht ausgeschlossen werden können, wurde im Konzept ein möglicher Materialaustausch der Sohle berücksichtigt. Mit den Manipulatoren kann vor

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 185

den Schildmaschinen nicht tragfähiges Salzgestein mehrere Meter tief entfernt und mit einer geeigneten, pumpfähigen Betonsuspension aufgefüllt werden. Durch diese Möglichkeit können die Vorschubprozesse und der sichere Stand der Schildmaschinen während der gesamten Rückholung sichergestellt werden.

Die Leistungswerte der Schildmaschine („Vortriebsgeschwindigkeit“) sind von unterschiedlichen, in der Planung nicht exakt zu bestimmenden Faktoren, wie z.B. der Einlagerungssituation einschließlich des Zustandes der Gebinde maßgeblich abhängig. Diese umfangreichen Anforderungen, die zu nicht kontinuierlichen Vortriebs- und Herstellungsprozessen innerhalb des Schildschwanzes führen, können durch den variabel möglichen Vorschub der Schildmaschinen durchgängig ausgeglichen werden. Die zeitlich maßgebenden Rückholprozesse werden durch die Vortriebsprozesse während des Vorschubes der Schildmaschinen nur kurz gestoppt.


Durch die redundante Ausstattung der Schildmaschinen und die Parallelisierbarkeit der verschiedensten miteinander verknüpften Rückholprozesse innerhalb des begrenzten Raums innerhalb der Schildmaschinen werden die zeitlichen Risiken einzelner Prozesse minimiert.

3.14.13. Stabilisierungsmaßnahmen während der Rückholung

Stabilisierung der Schweben in den Einlagerungskammern

Die Stabilisierung der Schweben erfolgt innerhalb der Phasen A und B des Rückholkonzeptes in zwei Schritten: In der Phase A erfolgt die nach der Erkundung erforderliche Vergütung der Schweben durch Injektionen (Unterkapitel 3.10) die aus der Begleitstrecke durchgeführt werden. Parallel zur Rückholung der radioaktiven Abfälle in der Phase B erfolgt eine zusätzliche Sicherung der Schweben mittels verschiedenen Stützbauwerken zwischen den Schildmaschinen je nach Bedarf. Letzteres wird im Folgenden beschrieben.

Da die Schildmaschinen mit einem Abstand von 1,5 – 4,0 m zueinander fahren, kann der Zwischenraum für Stützbauwerke, welche die Schweben der Einlagerungskammern rückholbegleitend stützen (Abbildung 116 links) nach Bedarf genutzt werden. Für den variablen Bedarf an Stützung der Schweben wurden in der Konzeptplanung verschiedene Alternativen erarbeitet. Zum einen kann eine Einzelstütze z.B. zur punktuellen Sicherung der Schweben eingesetzt und zum anderen können diese Einzelstützen auch als Linienlager zur Reduzierung der Spannweiten der Schweben genutzt werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 186
---	------------

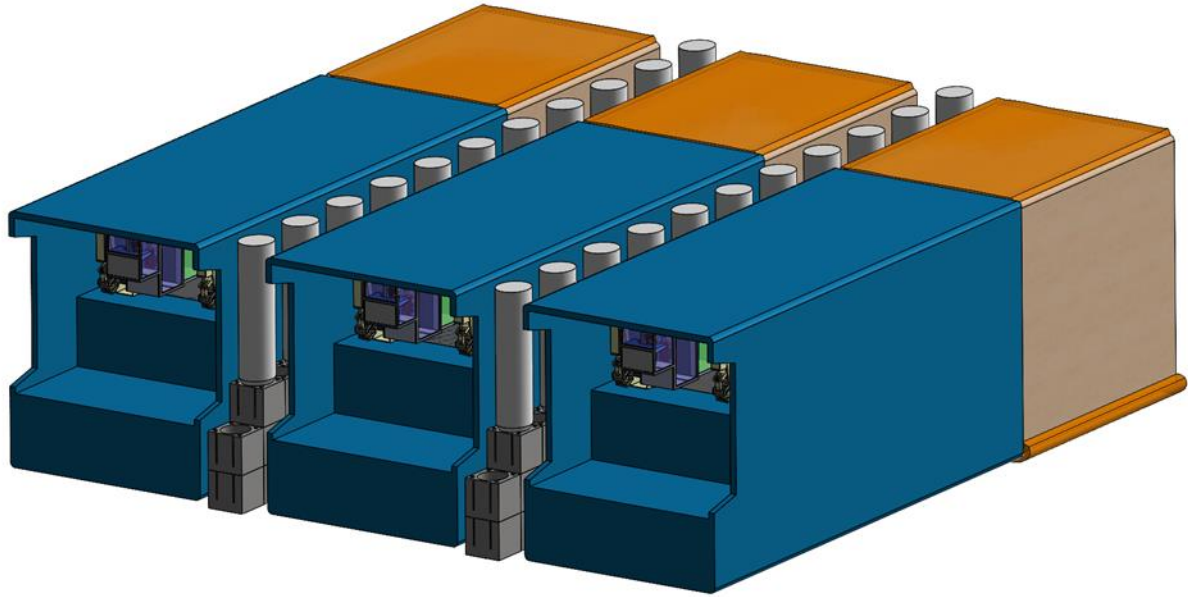



Abbildung 116: Stützbauwerk zwischen den Schildmaschinen

Die Einzelstützen können als Kombination aus Fertigteilen (mit Werkzeuganschlägen) und Bullflex-Schläuchen mit den Manipulatoren der Schildmaschinen hergestellt werden (Abbildung 117 bis Abbildung 119). Die Fertigteile werden in den Umverpackungen ohne zusätzliche Transporte zu einer Ladeluke der Schildmaschinen transportiert, mittels Manipulatoren dort entnommen und auf die vorbereitete Sohle der ELK bzw. dem vorherigen Fertigteil platziert. Anschließend werden die Bullflexschläuche im Hohlraum der Fertigteile mit einer Baustoffsuspension aufgepumpt und der Kraftschluss zur Schweben hergestellt. Während des Pumpvorgangs wird der Bullflexschlauch durch eine mobile Stützkonstruktion gehalten. Das Raster der Stützen kann an den Zustand der Schweben angepasst werden.

Wie zuvor beschrieben können die Einzelstützen zur Reduzierung der Spannweiten der Schweben bei Bedarf auch als Linienauflager (Wand) hergestellt werden (siehe Abbildung 118). Sowohl die Fertigteile als auch die Schläuche sind mit Führungsschienen ausgestattet, die das Aufstellen der Fertigteile mit dem Manipulator erleichtern und den Schlauch beim Pumpen vertikal führen (Abbildung 117 rechts). Hierbei überlappen sich die Arbeitsbereiche der Schildmaschinen, sodass die Fertigteile der Stützen je nach Bedarf von einer der beiden Schildmaschinen aufgestellt werden können.

Für die Stützung im Stoßbereich bzw. zur Abschottung im Zuge eines AÜL können aus den Schildmaschinen heraus mit Betonblöcken auch wandartige Stützelemente hergestellt werden (siehe Abbildung 119).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 187

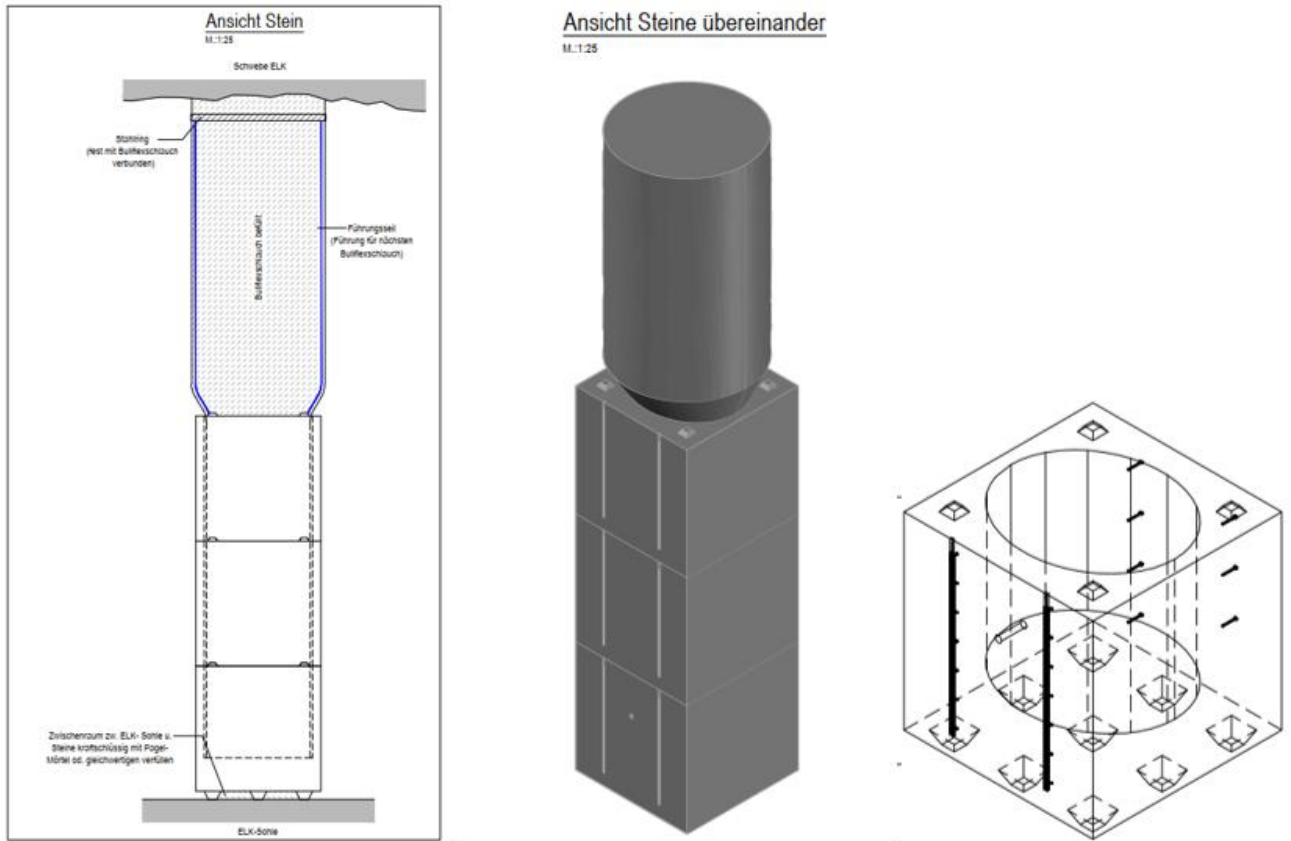


Abbildung 117: Einzelstütze - Fertigteile inklusive Bullflexschlauch

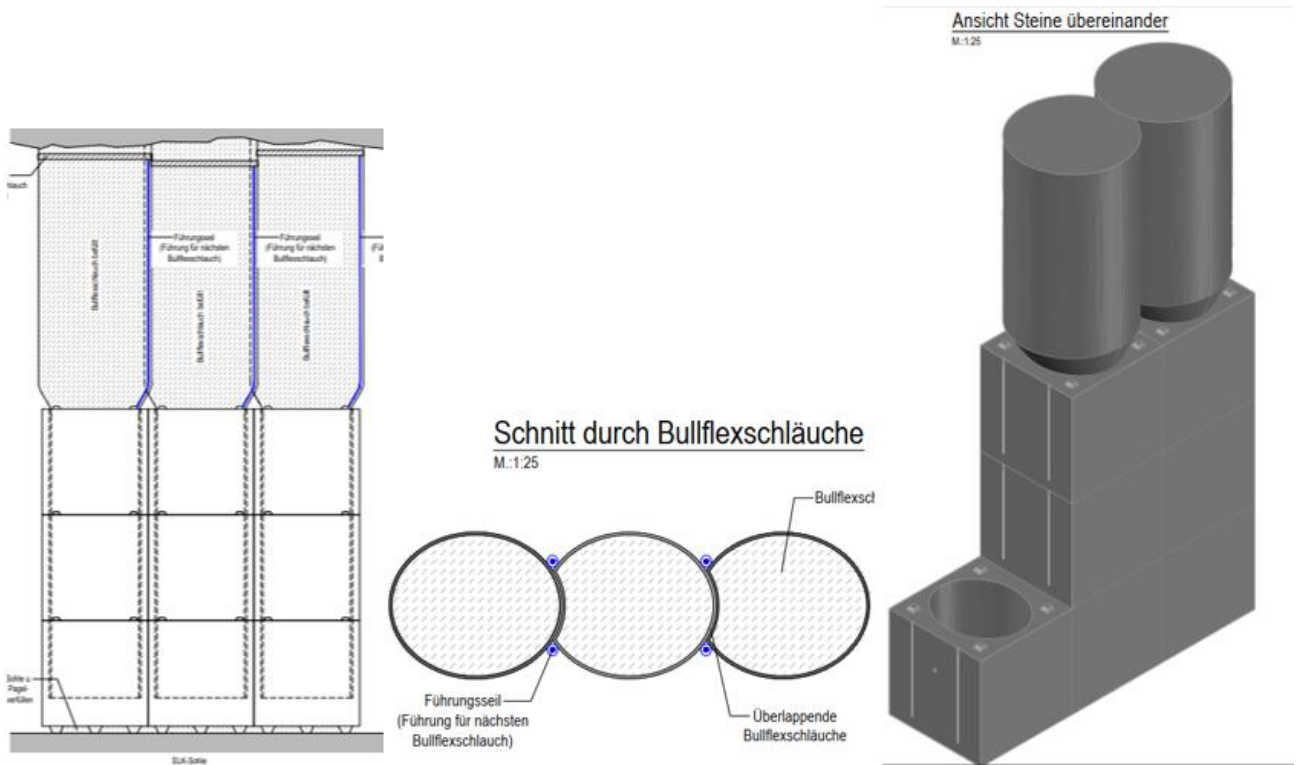



Abbildung 118: Linienauflager - Fertigteile inklusive Bullflexschläuche

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 188

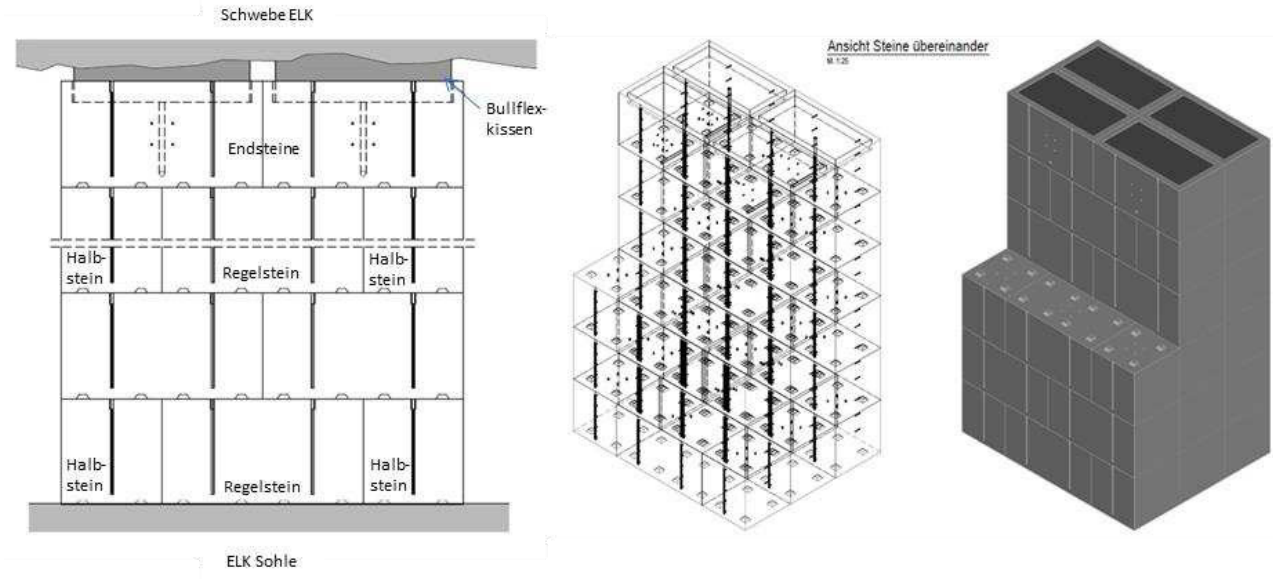


Abbildung 119: Fertigteilewände inklusive Bullflexkissen

Stabilisierung der Pfeiler

Die Stabilisierung der Pfeiler erfolgt in zwei Schritten. Zum einen durch die Errichtung von Pfeilerstützbauwerken während der Phase A aus der Begleitstrecke heraus und zum anderen durch eine rückholbegleitende Sicherung der Pfeiler zu gesamthaft tragenden Rahmenkonstruktionen. Der Zweck dieser Konstruktionen aus GFK bewehrten Betonfertigteilen ist es, die Tragfähigkeit der Pfeiler bzw. die Stabilität des Grubengebäudes, während der kurzen, parallelen Schilddurchfahrten sicherzustellen und die Vertikallasten in die vergütete Sohle abzuleiten.

Die Pfeilerstützbauwerke bestehen aus horizontalen Pfeilerstützbauwerken, die von der Begleitstrecke aus unter Berücksichtigung der radiologischen Barriere hergestellt werden. Mit Hilfe einer Wendelstrecke aus der Begleitstrecke oder einer Hebebühne können die tiefer liegenden Streckenabschnitte in mehreren Abschnitten bis zur südlichen Seite der Pfeiler aufgefahren, bewehrt und betoniert werden. Ihre Herstellung wird detaillierter im Unterkapitel 3.13 beschrieben. Folgend wird die Herstellung der rückholbegleitenden Sicherung der Pfeiler beschrieben und in Abbildungen schrittweise dargestellt.

In der Abbildung 120 wird am Beispiel der ELK 5/750 und ELK 6/750 der Stand der Rückholung unmittelbar vor dem Beginn der Sicherungsmaßnahmen zur Stützung der Pfeiler dargestellt. Die Schildmaschinen befinden sich ca. 10 m vor dem Pfeiler. Unter der Annahme eines Gebinde-Böschungswinkels von 45° und der Kammerhohe von 10 m werden im oberen Bereich der Böschung die ersten Gebinde am Stoß zum Pfeiler geborgen. Während der Rückholung wird, falls notwendig, die Sohle vor den Schildmaschinen ausgehoben und eine Betonschicht zur Verbesserung der Sohltragfähigkeit hergestellt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 189

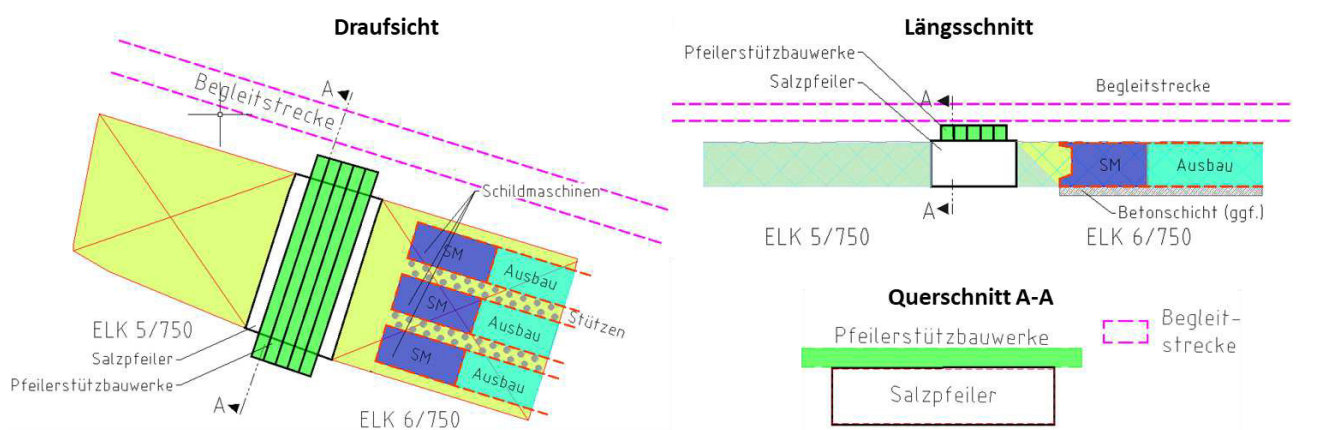


Abbildung 120: Stützbauwerke in den Pfeiler - Stand von dem Durchörteren der Pfeiler

Im Abstand von ca. 5 m zum Pfeilerstoß werden in den Bereichen seitlich der Schildmaschine die Fertigteilwände (Abbildung 119) errichtet. Diese werden durch Bullflexkissen im oberen Fertigteil kraftschlüssig mit der Schewebe verbunden. Über diese massiven Stützbauwerke können Anteile der Vertikallasten der Pfeiler während der Durchfahrt der Schildmaschinen in die Sohle abgeleitet werden. Diese Lastumlagerungen sind in der folgenden Planungsphase weitergehend zu untersuchen. Unter den Schildmaschinen und den Fertigteilwänden wird eine Betonschicht zur Verbesserung der Sohltragfähigkeit hergestellt. In Abbildung 121 wird die Herstellung der Fertigteilwände bis zum Pfeilerstoß schrittweise dargestellt.

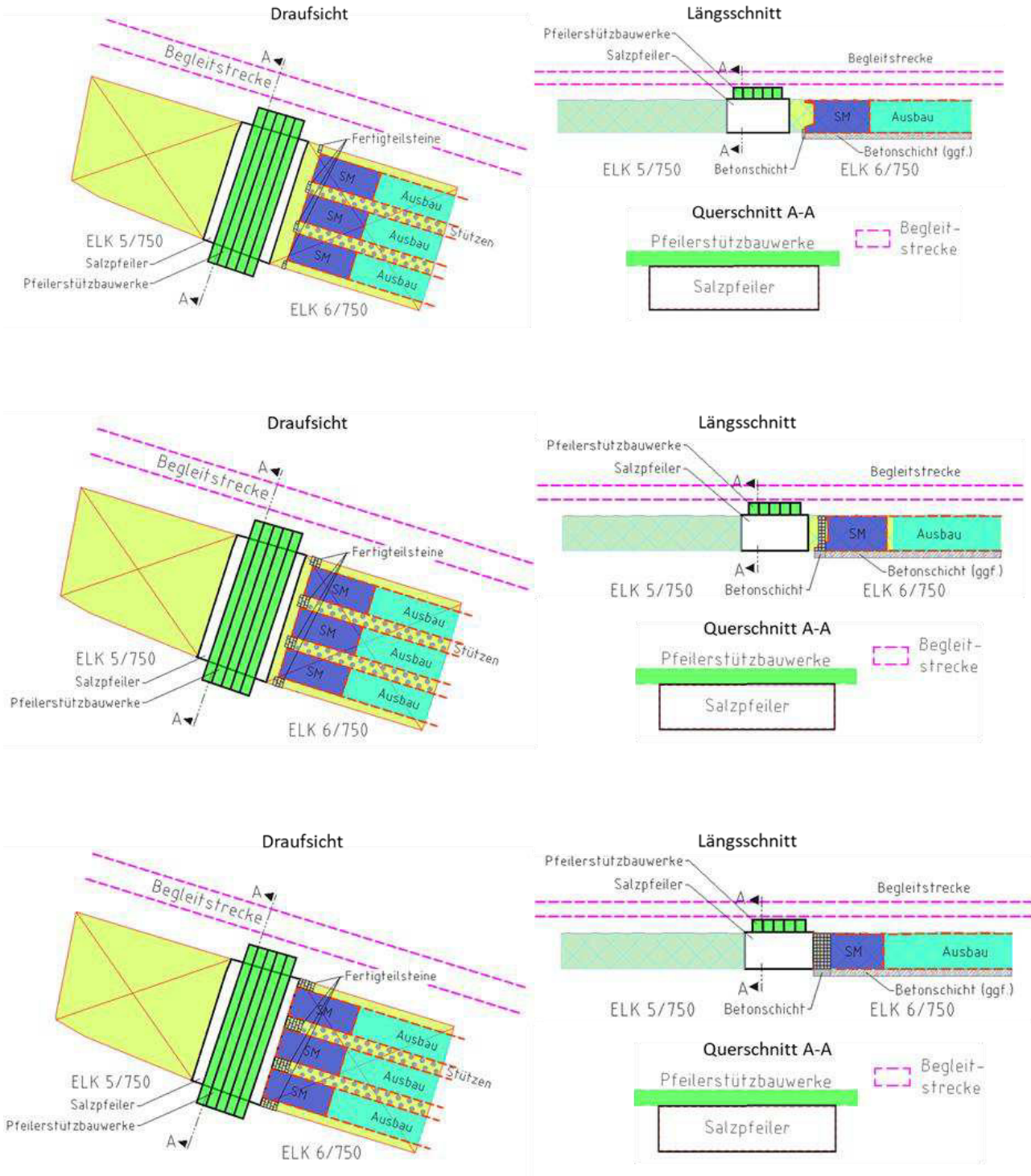



Abbildung 121: Herstellung der Fertigteilwände unmittelbar vor dem Pfeiler – schrittweise Darstellung: a) Beginn der Herstellung – 5 m vor dem Pfeilerstoß, b) Weiterbau c) Fertigteilwände zum bis Pfeilerstoß hergestellt


Anschließend werden die Pfeiler von den Schildmaschinen parallel durchörtert. Währenddessen gibt es zwei Stützvarianten, je nach Abstand der Schildmaschinen (variabel 1,5 m – 4 m). Sind die Abstände zwischen den Schildmaschinen ausreichend groß, wird nur der Querschnitt der Schildmaschinen in Pfeilern durchörtert. Für den Fall, dass die Mächtigkeit verbleibenden Salzpfilers (inkl. der Betrachtung des Pfeilerzustandes) statisch nicht ausreichend ist, werden in

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 191

diesen Bereichen während der Vortriebsarbeiten die massiven Fertigteilwände (Abbildung 119) abschnittsweise unter den Pfeilerstützbauwerken errichtet. Unter den Schildmaschinen und den Fertigteilwänden wird weiterhin eine Ausgleichsschicht aus Beton zur Lastverteilung in die Sohle hergestellt. Die Fertigteilwände werden durch Bullflexkissen mit den Pfeilerstützbauwerken kraftschlüssig verbunden.

Diese Fertigteilwände bilden zusammen mit den horizontalen Pfeilerstützbauwerken und der Betonschicht einen Rahmen, durch den die Schildmaschinen fahren. Abbildung 122 stellt den Zustand dar, in dem sich alle Schildmaschinen im Pfeiler befinden. Die Herstellung von Fertigteilwänden wird schrittweise dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

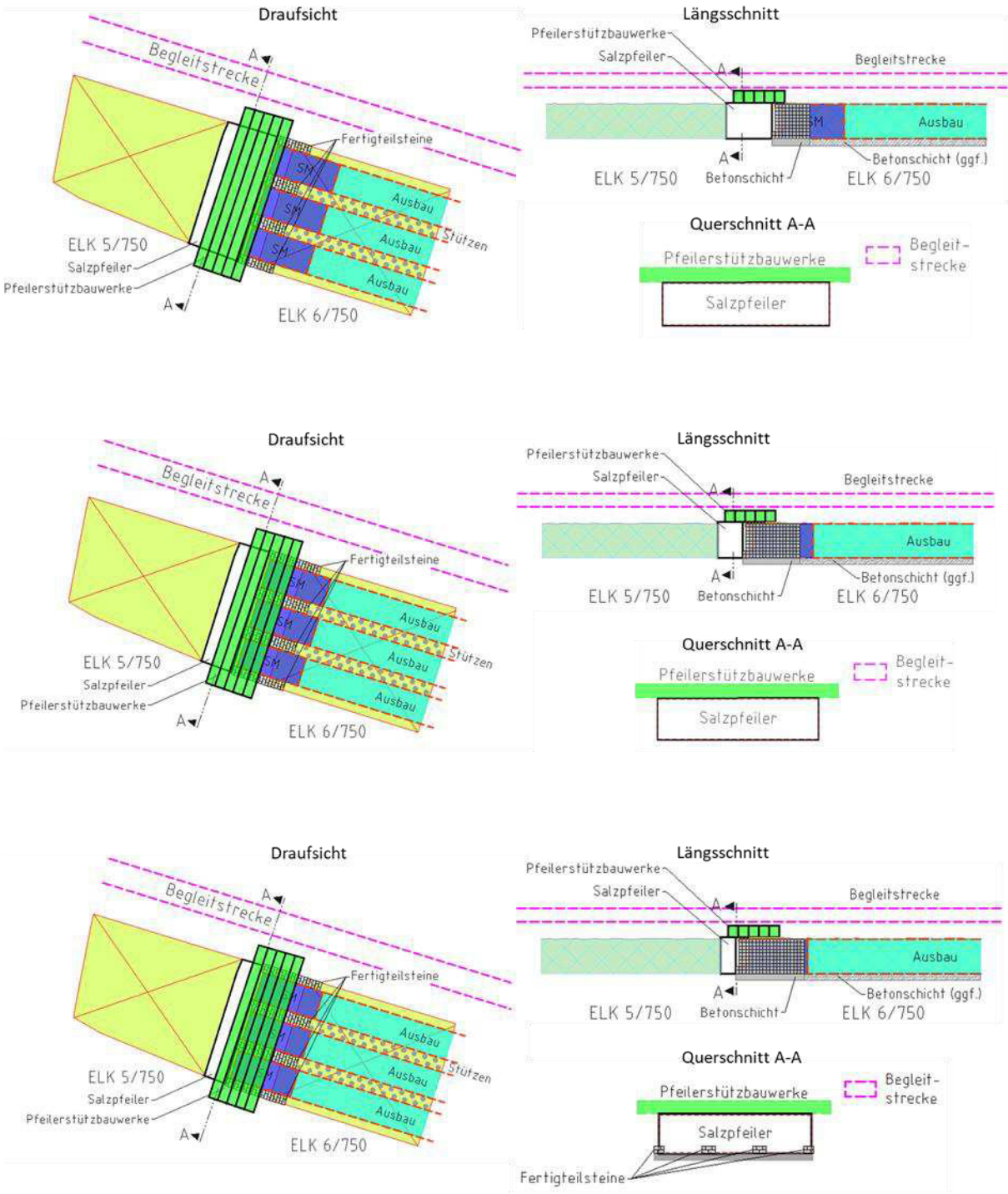



Abbildung 122: Herstellung der Fertigteilwände im Pfeiler – schrittweise Darstellung

Nachdem die Schildmaschine in voller Länge die ELK verlassen haben, kann diese vollständig von der Begleitstrecke aus verfüllt werden. Während dieses Prozesses wird der Überschnittsbereich zwischen dem Pfeiler und der ELK mit Injektionen aus dem Ausbau heraus abgedichtet, um einen unkontrollierten Zufluss von Baustoff in den Pfeilerbereich zu vermeiden. Durch die rückholbegleitende Verfüllung der ELK wird ein zeitnahe, stabiler Zustand des Grubengebäudes erreicht.

In der folgenden Abbildung 123 verlassen die Schildmaschinen den Pfeiler und fahren in die ELK 5/750 hinein. Hierfür wird der Stoß zur ELK 5/750 zunächst in der Höhe, von oben nach unten,

KOM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BGE <small>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</small>
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 193

abschnittsweise geöffnet, um die Gebinde von oben zu bergen und die erforderliche Böschung herzustellen. Nachdem die Schildmaschinen den Pfeiler verlassen haben, wird der Übergang vom Pfeiler zur Kammer mittels Injektionen aus dem Ausbau heraus abgedichtet. Anschließend werden die Überschnitte zwischen dem Ausbau und dem restlichen Pfeiler kraftschlüssig verpresst. In den Pfeilern bleiben – wie in den Einlagerungskammern – nur die Transportröhren und die radiologischen Abwetterluten des Ausbaus bis zur Verfüllung in der Phase C offen (Abbildung 123 c). Die rechnerische (Vor-)Dimensionierung des Ausbaues wird im Abschnitt 3.14.11 beschrieben.

Innerhalb der ELK 5/750 werden bis 5 m nach dem Pfeilerstoß weiterhin Fertigteilwände mit der Betonschicht unter den Schildmaschinen und den Wänden hergestellt. Danach werden wieder nach Bedarf die Stützen zwischen den Schildmaschinen errichtet.

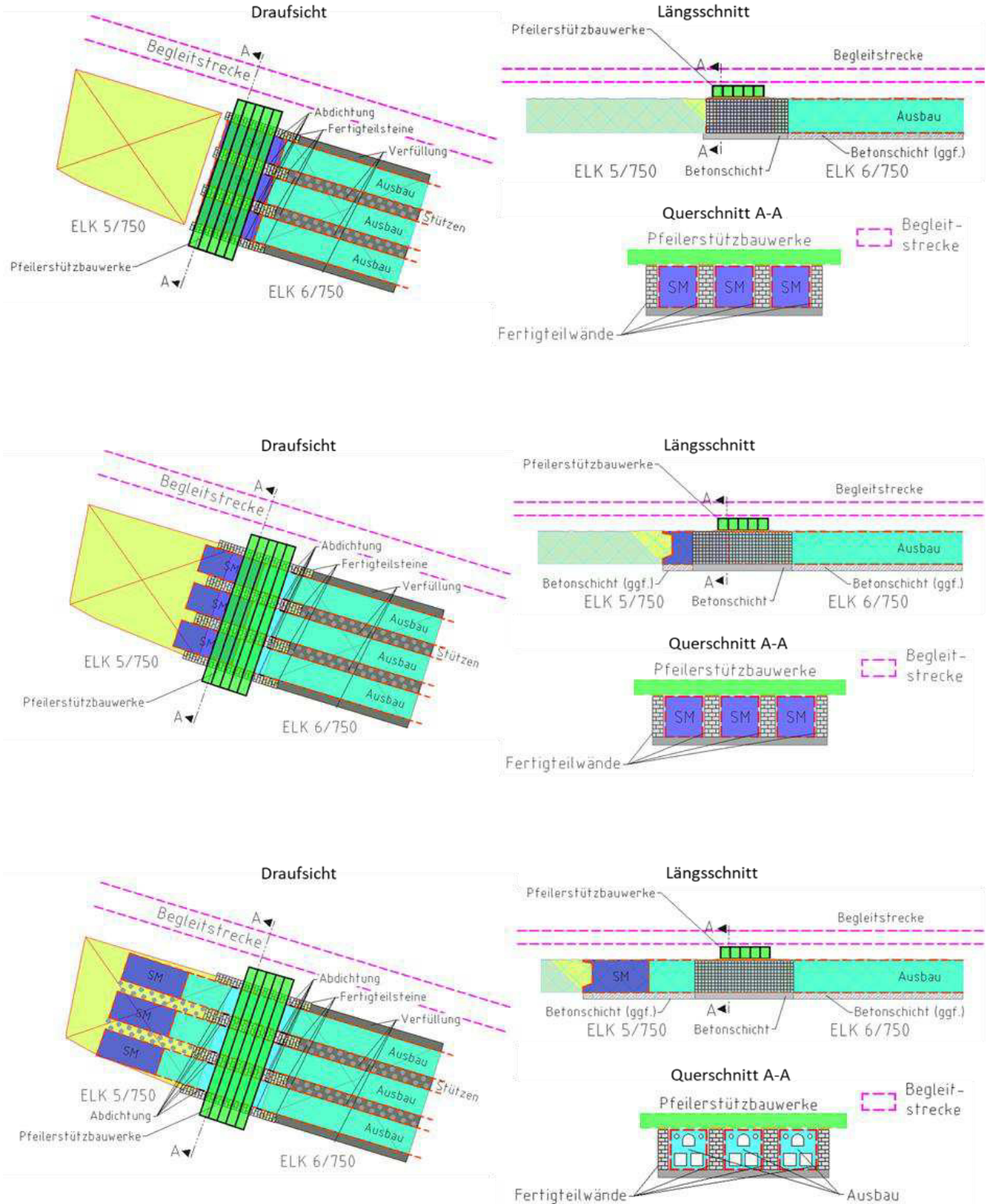



Abbildung 123: Herstellung der Fertigteilwände unmittelbar nach dem Pfeiler – schrittweise Darstellung: a) Öffnen der ELK 5/750, b) Ende der Herstellung der Fertigteilwände c) Herstellung der Stützen zwischen den Schildmaschinen

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 195

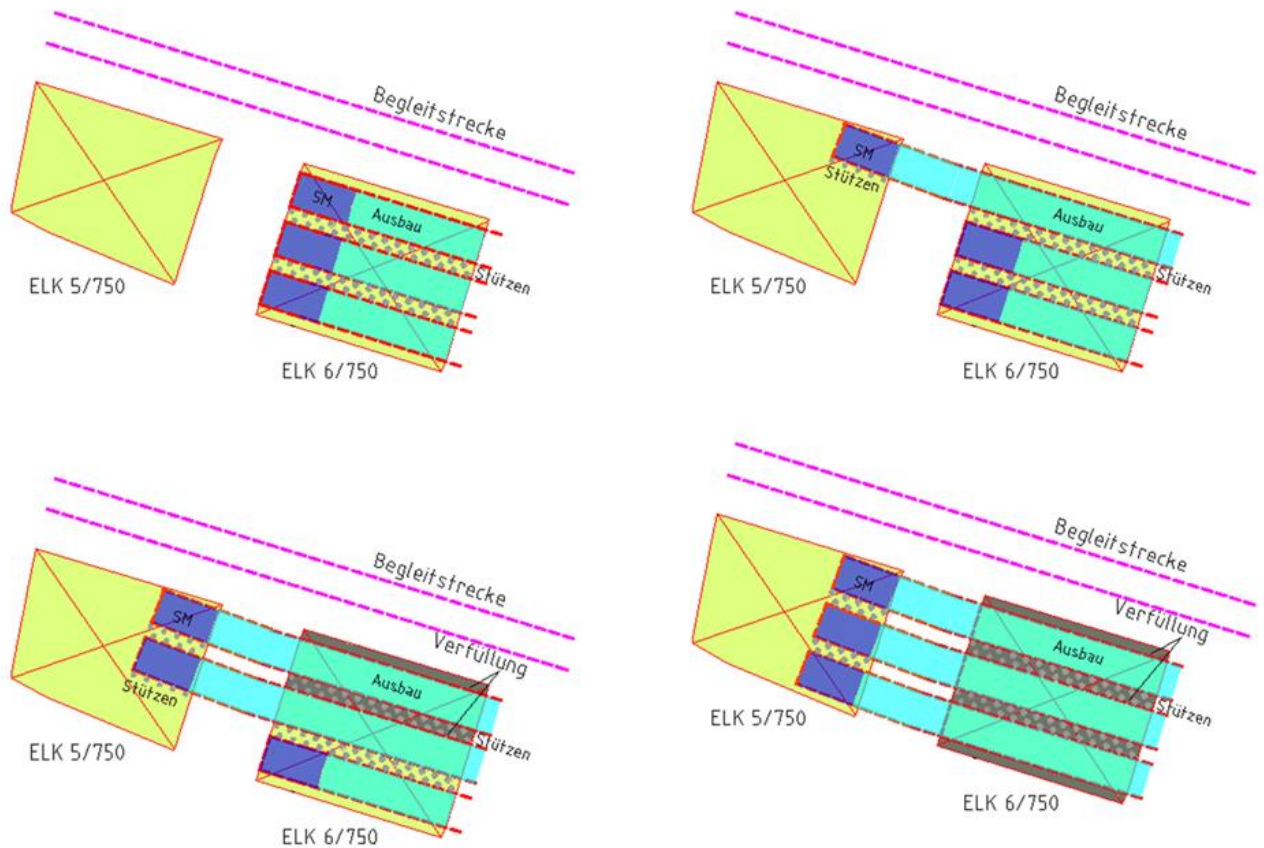


Abbildung 124: Fahrt der Schildmaschinen nacheinander durch die Pfeiler

Im Zuge der weiteren Planung müssen genauere Berechnungen am gesamten Grubengebäude zum Durchhörtern der Pfeiler durchgeführt werden. Sollten diese Berechnungen ergeben, dass die zuvor beschriebene konzeptionelle Vorgehensweise nicht umsetzbar ist, müssen die seitlichen Arbeitsbereiche der Manipulatoren erweitert werden, um seitliche Böschungen der Gebinde herstellen zu können. Mit einer derartigen umsetzbaren Modifikation der Schildmaschinen, die in der weiteren Planung zu prüfen wäre, können diese auch nacheinander die Pfeiler durchhörtern (Abbildung 124). Diese Variante wurde im Bericht [5] auf Grundlage Randbedingungen der Studie [1] als grundsätzlich machbar dargestellt. Unter Berücksichtigung der angepassten Randbedingung ist diese Variante in der weiteren Planung erneut rechnerisch zu prüfen.


3.15. Rückholphase C: Nachbereitung

3.15.1. Übersicht

In der Phase C (Nachbereitung) werden die Schildmaschinen und Anlagen dekontaminiert und demontiert sowie noch offene Grubenräume verfüllt. In Teilen werden diese Arbeitsschritte bereits parallel zur Phase B (Rückholung) einlagerungskammerübergreifend durchgeführt. Nachdem alle Gebinde aus den jeweiligen Einlagerungskammern zurückgeholt wurden und die Schildmaschinen die ELK verlassen haben (befinden sich im Pfeiler oder in der nächsten ELK), wird die ELK vollständig verfüllt, lediglich die Transportröhren im Ausbau bleiben offen. Dadurch wird das Grubengebäude schnellstmöglich stabilisiert.

Eine der drei Schildmaschinen wird bereits im Abbau 3/750 demontiert. Die beiden verbleibenden Schildmaschinen werden weiterhin für die Rückholung benötigt und werden erst nach der Rückholung der letzten Gebinde aus der ELK 10/750 demontiert (siehe Abschnitt 3.15.4). Anschließend werden die Demontagekaverne, die Transportröhren im Ausbau, die Begleitstrecken

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 196

und die sonstigen Infrastrukturräume verfüllt und mit Abdichtungsbauwerken verschlossen. Das vollständig verfüllte für oder im Zusammenhang mit der Rückholung von der 750-m-Sohle aufgefahrene/genutzte Grubengebäude ist in Abbildung 125 dargestellt.

Am Ende der Phase C verbleibt ein Restgrubengebäude, welches in die Stilllegung überführt werden kann.

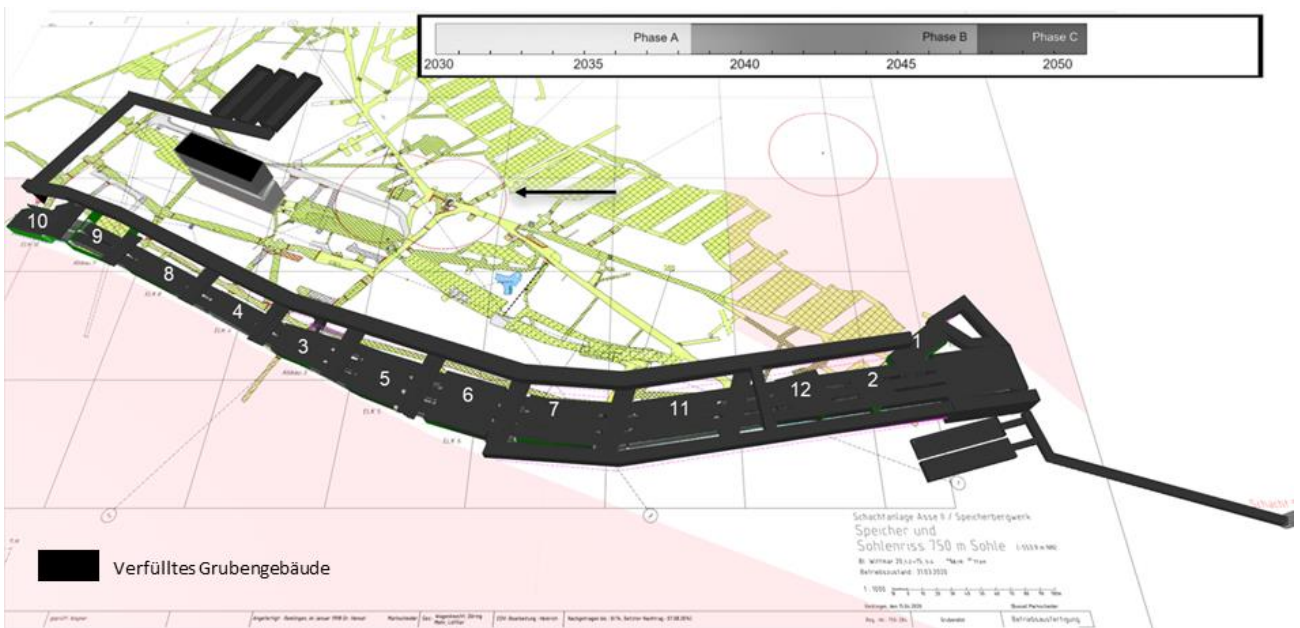



Abbildung 125: Verfülltes Grubengebäude am Ende der Phase C

Für die gesamte Verfüllung aller aufgefahrener Grubenräume wird ungefähr 225.000 m³ Baustoff benötigt. Es ist vorgesehen, dass bei der Auffahrung von Grubenräumen gewonnene Salz, soweit es radiologisch und stofflich geeignet ist, hierzu zu verwenden (siehe auch Unterkapitel 4.2). Ein erheblicher Anteil des Haufwerkes wird bereits durch die Herstellung des Ausbaus hinter den Schildmaschinen in Phase B benötigt. In Phase C werden die restlichen Hohlräume in den Einlagerungskammern (um den Ausbau herum) und die Transportröhren in den Ausbauten verfüllt (Abbildung 125). Die Verfüllung des Abbaus 3/750 erfolgt nach der Demontage der Schildmaschine 1 parallel zu der fortgesetzten Rückholung mit den Schildmaschinen 2 und 3 in den ELK 4/750, 8/750 und 10/750. Der zeitliche Ablauf des Baustoffbedarfs für diese Verfüllmaßnahmen ist in Abbildung 126 als ein Ergebnis aus der BIM-Prozesssimulation dargestellt. Der höchste tägliche Bedarf entsteht bei der Verfüllung der ELK 10/750, da diese Kammer als Demontageräume benutzt wird und der Ausbau nur in einem kleinen Teil der Einlagerungskammer errichtet wird. Die abschließende Verfüllung aller Begleitstrecken und Infrastrukturräume ist in Abbildung 126 nicht berücksichtigt. Für die Verfüllung aller Infrastrukturräume und Begleitstrecken im Grubengebäude werden in der Phase C gesonderte Baustoffmengen benötigt.

Neben der Bereitstellung des erforderlichen Volumens an Verfüllmaterial muss auch die rechtzeitige Baustoffversorgung organisiert werden. Die gesamten Bauabläufe aller Phasen und die zugehörigen logistischen Prozesse werden im Bericht [8] detaillierter beschrieben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 197

Umfang der Verfüllung der Resthohlräume der ELK sowie der Transportröhren in den Ausbaustrecken [m3]

● Verfüllte Kubikmeter pro Tag ● Verfüllte Kubikmeter gesamt

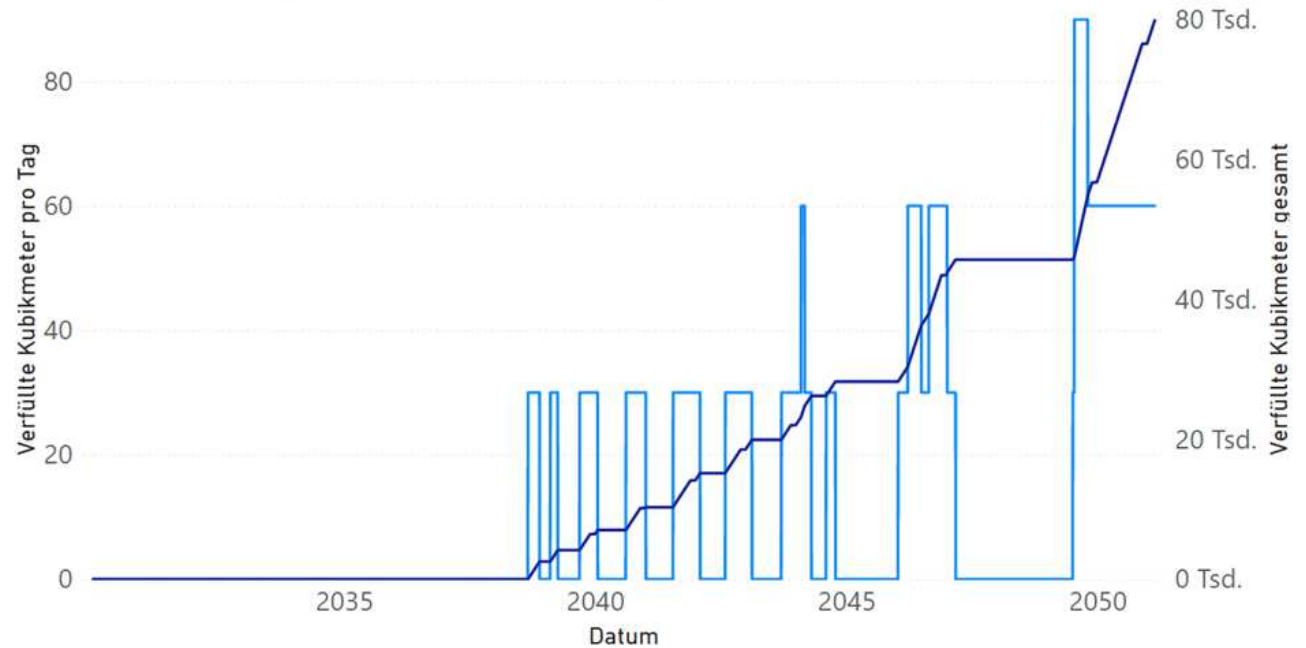


Abbildung 126: Ablauf der Verfüllung von Resthohlräume der Einlagerungskammern und des Ausbaus

3.15.2. Erfassung und Verringerung der Restkontamination

Der radiologische Zustand innerhalb der Schildmaschinen wird während der Phase B regelmäßig überwacht. Dazu gehören neben der Messung der Ortsdosisleistung an den Arbeitsplätzen der Schildmaschine auch eine Kontrolle der Kontamination. Die Kontamination wird in regelmäßigen Abständen innerhalb der verschiedenen Arbeitsbereiche und Räume der Schildmaschine per Wischtest geprüft. Dazu gehören auch die Flure und technischen Räume sowie die radiologischen Sperrbereiche. Sollten die Wischtests eine Überschreitung der Grenzwerte ergeben, so werden diese Bereiche gereinigt und anschließend wieder überprüft. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die Grenzwerte wieder eingehalten sind. Die radiologischen Sperrbereiche werden vorwiegend überwacht und ggfs. gesäubert, um die Kontamination innerhalb der radiologischen Sperrbereiche nicht zu deutlich anwachsen zu lassen.

Durch diese Maßnahmen während der Phase B ist der radiologische Zustand der Schildmaschine in der Phase C sehr gut bekannt und dokumentiert (Kontaminationskataster). Vor Beginn des Rückbaus der Schildmaschinen werden die Räume nochmals einzeln per Wischtest beprobt. Dafür wird für jeden Raum, basierend auf der Raumgeometrie, der Nutzung, der radiologischen Daten und der Betriebserfahrung der Schildmaschine ein Beprobungskonzept erstellt und umgesetzt. Anschließend, nach Durchführung und Auswertung der Beprobung, kann der Raum beräumt werden. Nachdem alle Räume der Schildmaschine beräumt sind, werden die Räume erneut radiologisch beprobt und ggfs. gereinigt (soweit möglich).

Mit Abschluss dieser Arbeiten, ist die Kontamination innerhalb der Schildmaschine soweit wie möglich verringert worden, sodass anschließend die Schildmaschine weiter demontiert werden kann. Bei jedem Demontageschritt (z.B. von Wänden), ist der Zustand radiologisch zu überwachen. Am Ende des Rückbaus steht nur noch die äußere Blechlage des Schildmantels in der beräumten ELK 10/750.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 198
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									

3.15.3. Einrichtung der Demontagekavernen

Es gibt zwei Demontagekavernen – eine befindet sich im Abbau 3/750 (Abbildung 127 rechts) für die Schildmaschine 1 und die andere in der ELK 10/750 für die Schildmaschinen 2 und 3 (Abbildung 127 links).

Die Demontage der Schildmaschine 1 erfolgt in der Demontagekaverne, die in dem nicht kontaminierten Abbau 3/750 eingerichtet wird. Diese Kaverne kann vorab mit konventionellen Methoden aus der Begleitstecke aufgefahren werden, falls sich in Zuge der weiteren Planung die Vorabereinrichtung der Demontagekaverne als vorteilhaft erweist. Ansonsten wird die Kaverne von der Schildmaschine aus durch die Manipulatoren hergestellt.

Die Schildmaschinen 2 und 3 werden nach der Entleerung der ELK 10/750 demontiert. Die Demontagekaverne wird in der ELK 10/750 durch die Manipulatoren und die zugehörigen Werkzeuge erstellt. Zur Reduzierung von Restkontaminationen ist ein ausreichend großer Überschchnitt der Schildmaschine in das stehende, hangende und liegende Salz vorgesehen (ca. 20 – 30 cm).

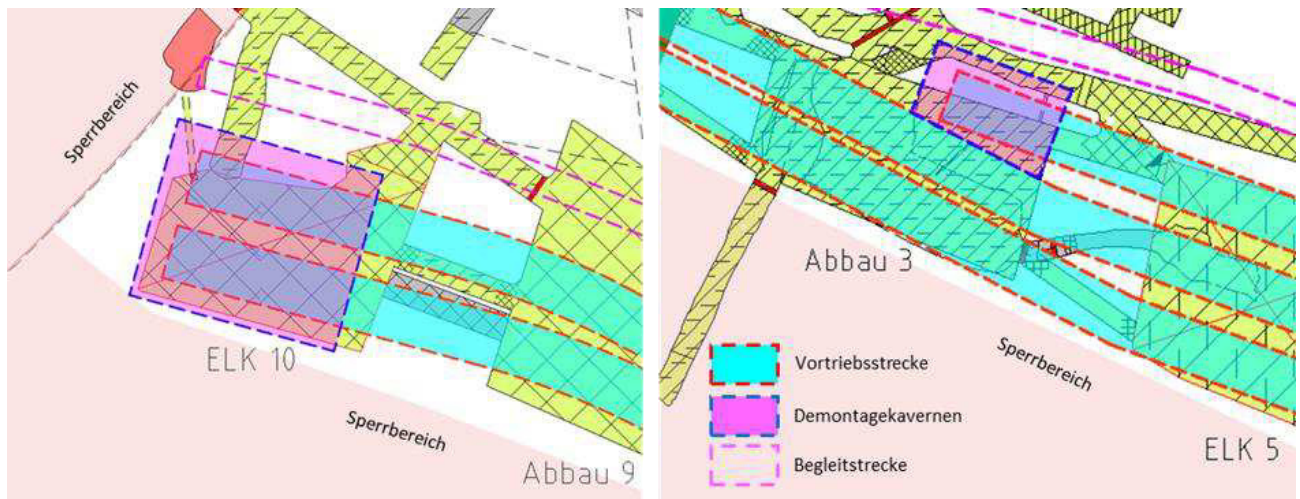



Abbildung 127: links) Demontagekaverne für die Schildmaschinen 2 & 3, rechts) Demontagekaverne für die Schildmaschine 1

3.15.4. Demontage der Schildmaschinen

Die Entwurfs- und die Ausführungsplanung der Schildmaschinen muss bereits bei der Konstruktion die Demontage- bzw. Rückbauplanung berücksichtigen. Vor der Demontage der Schildmaschinen ist als erster Schritt die radiologische Kontamination zu prüfen und aufzunehmen (Kontaminationskataster) sowie durch ein Beprobungskonzept zu verifizieren. Anschließend ist die Rückbauplanung für die Schildmaschinen umzusetzen, die neben den radiologischen Randbedingungen auch die Gegebenheiten vor Ort berücksichtigt. Die Rückbauplanung umfasst u.a. die geplanten Arbeitsschritte, beschreibt ggf. benötigte Rückbaukomponenten, untersucht mögliche Ereignisse während des Rückbaus und bestimmt die zu erwartende radiologische Belastung des Betriebspersonals. Ebenfalls Teil der Rückbauplanung ist eine Verpackungsplanung der zu erwartenden radioaktiv belasteten Komponenten der Schildmaschinen. Durch den Strahlenschutz sind für die verschiedenen Tätigkeiten für den Rückbau betriebliche Vorgaben zu tätigen. Diese umfassen die Organisation des Strahlenschutzes (mit Zuständigkeiten) im Rahmen des Rückbaus, vorbereitende Arbeiten des Strahlenschutzes vor Beginn der einzelnen Tätigkeiten (z.B. radiologische Freigabe eines Arbeitsbereiches) mit Festlegung der radiologischen Schutzmaßnahmen und die Kontrolle der Maßnahmen während der jeweiligen Tätigkeiten.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 199

Die Konstruktion der Schildmaschinen stellt sicher, dass die Demontage von innen heraus, weitestgehend vom Schildmantel geschützt erfolgen kann. Die Abbildung 128 bis Abbildung 131 stellen die Demontage der Schildmaschine 1 im Abbau 3/750 dar. Da die Demontagekaverne im Vergleich zu den Einlagerungskammern aufgrund der Demontagedauer etwas länger offen bleibt, werden die Stützbauwerke zwischen den Schildmaschinen 1 und 2 als Linienauflager hergestellt (siehe Abbildung 128).

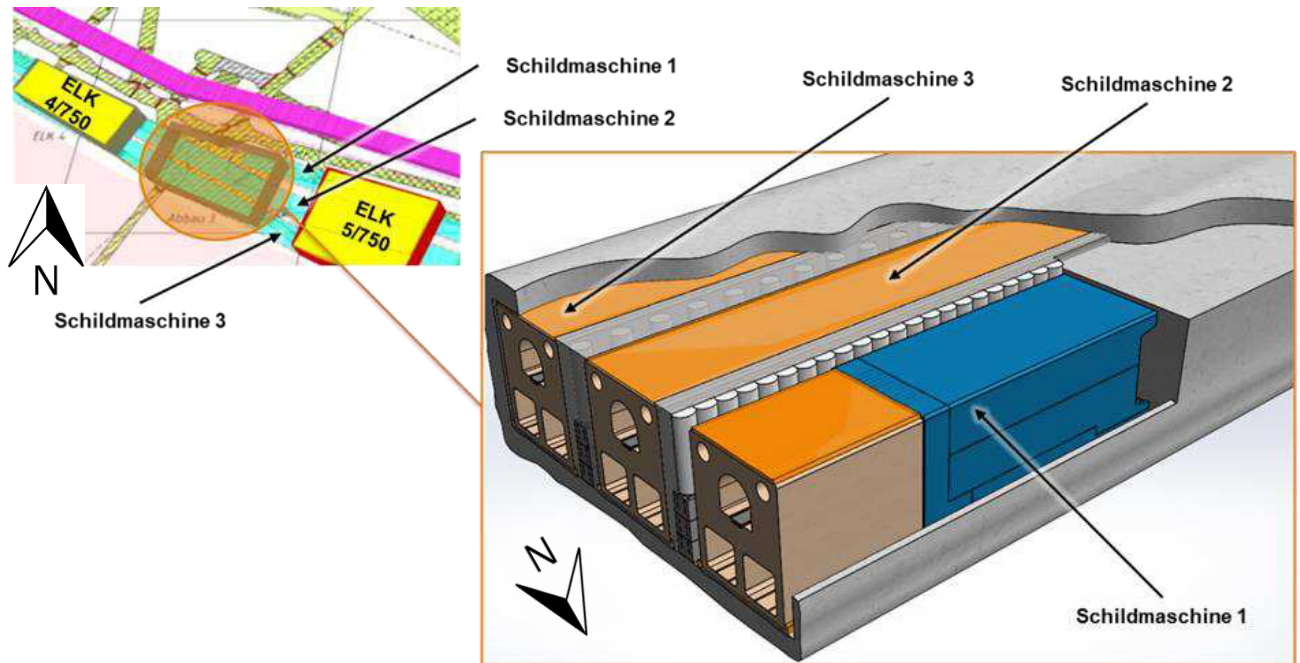



Abbildung 128: Demontagekaverne im Abbau 3/750

Zum Beginn der Demontage werden alle Gerätschaften aus allen Ebenen der Schildmaschine entfernt. Rückgebaute Bereiche der Schildmaschine sind durch den Strahlenschutz radiologisch freizumessen. Radiologisch „saubere Bereiche“ sind gegen eine erneute Kontamination zu schützen. Die radiologisch nicht belasteten Gerätschaften können ohne Umverpackung durch die Transportröhren in die Startkaverne gebracht werden (siehe Abbildung 129). Die Manipulatoren und der Sperrbereich der Schildmaschine werden vor der Demontage dekontaminiert.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 200

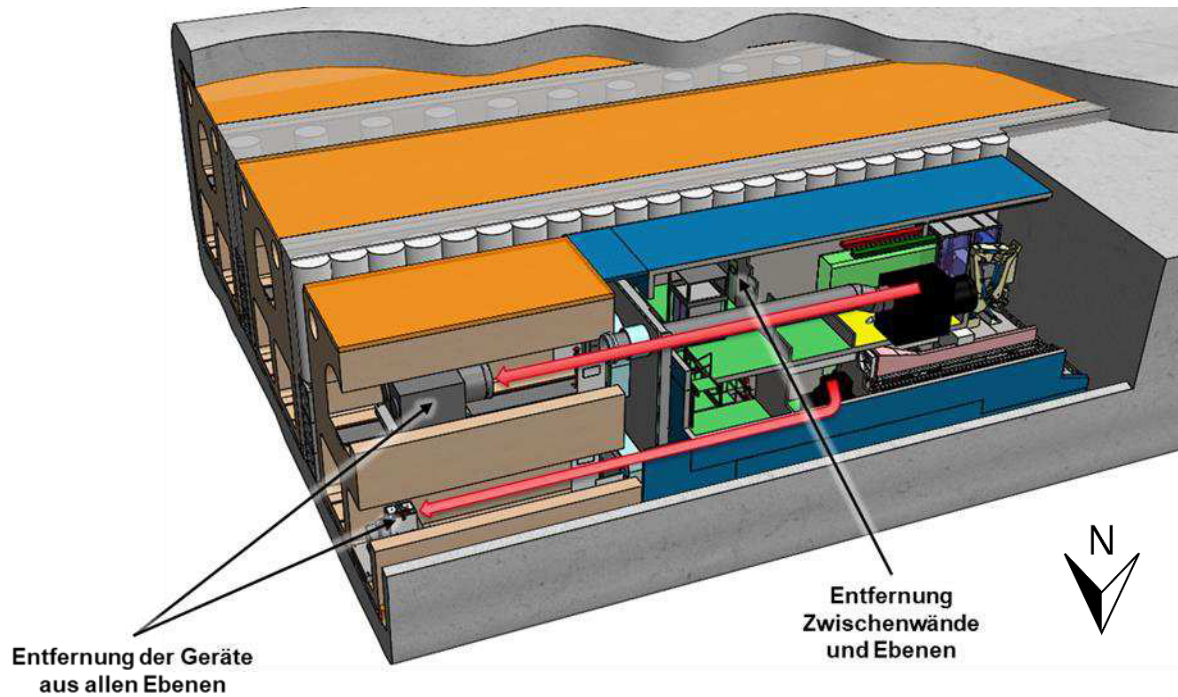


Abbildung 129: Beginn der Demontage – Entfernung der Gerätschaften, Zwischenwände und Ebenen

Darauf folgt die Demontage der Zwischenwände und Ebenen der Schildmaschine. Parallel dazu werden Stützrahmen montiert, die den Schildmantel nach der Entfernung der Wände und Ebenen statisch abstützen und so die sichere Demontage des Schildmantels ermöglichen. Durch den schichtweisen Aufbau des Schildmantels („Zwiebelprinzip“) mit 20 mm starken Stahlblechen, ist eine schrittweise Demontage desselbigen sichergestellt (siehe Abbildung 130). Vor der Demontage des Schildmantels werden die verbleibenden Hohlräume in der Demontagekaverne mit Baustoff verfüllt.

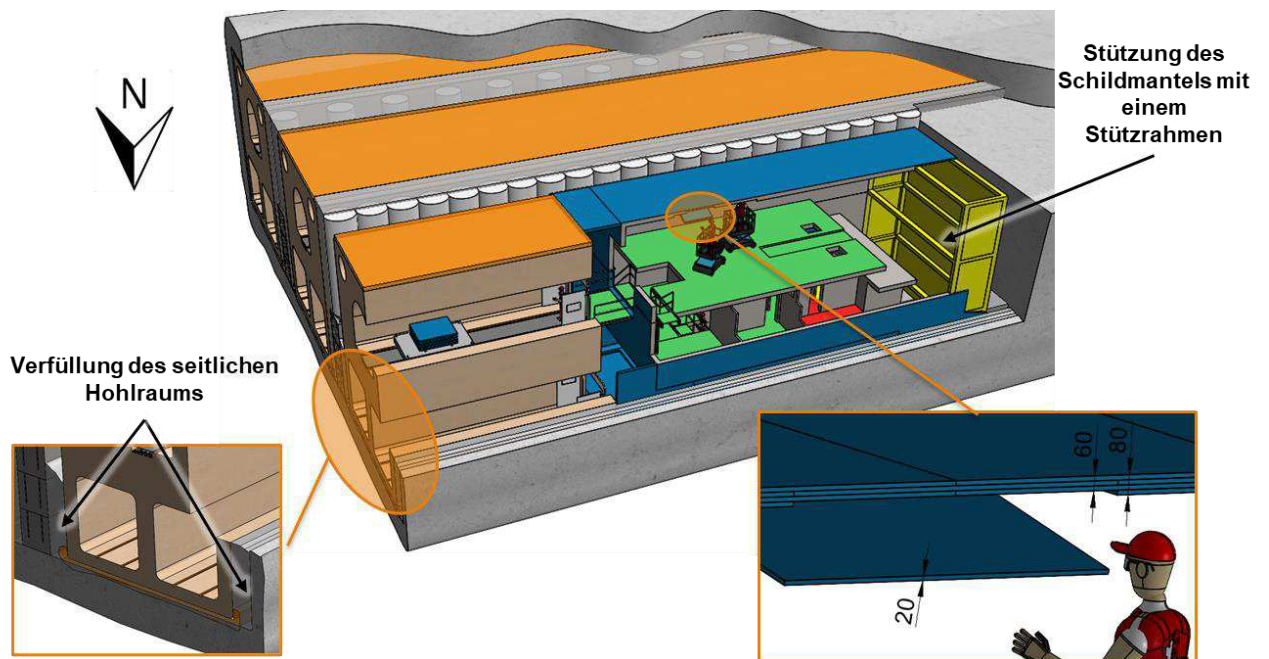


Abbildung 130: Herstellung der Stützrahmen und Demontage des Schildmantels

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 201

Die KPL sieht vor, die äußere Schale des Schildmantels (ca. 20 mm) der drei Schildmaschinen in den Demontagekavernen zu belassen (siehe Abbildung 131). Die verbleibende Schale wird zusammen mit den Stützrahmen aus Nicht-Eisen-Werkstoff verfüllt.

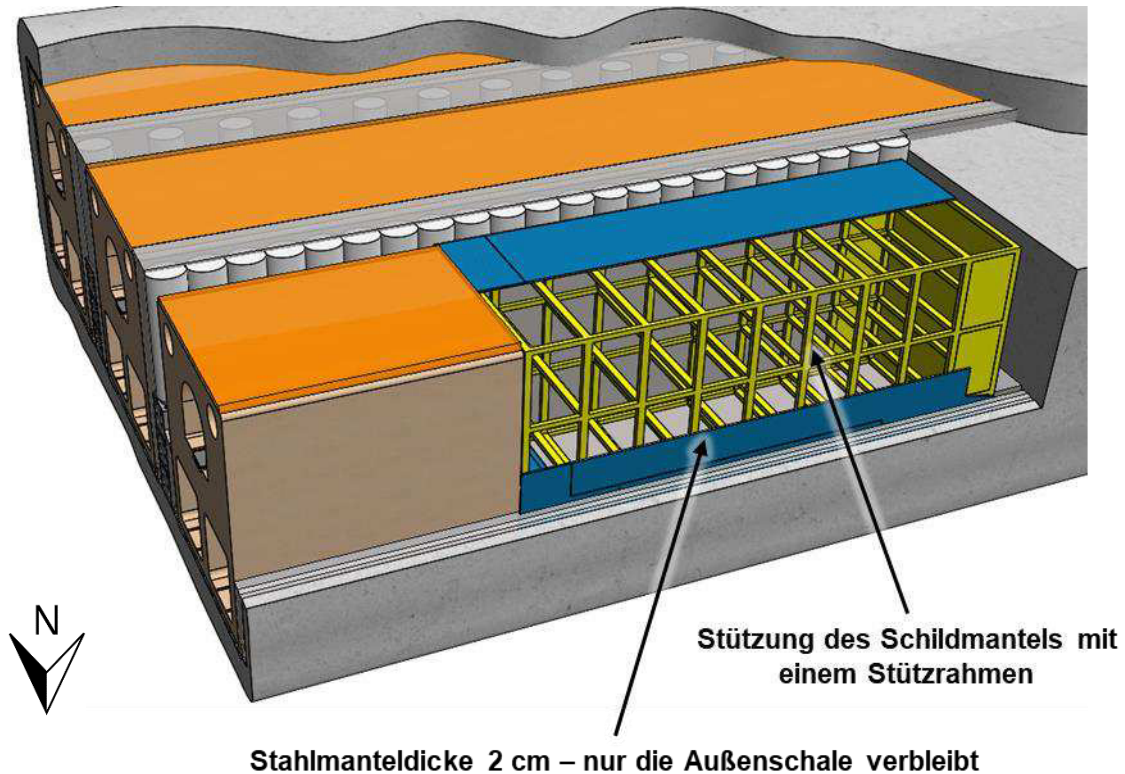



Abbildung 131: Ende der Demontage der Schildmaschinen - die Außenschale verbleibt

Sollte sich das Verbleiben der Außenschale auf der 750-m-Sohle im Zuge weiterer Planungen als ungeeignet erweisen, kann sie unter hohem Aufwand demontiert werden. Die Demontage muss unter Strahlenschutzmaßnahmen erfolgen, da die Außenschale stark kontaminiert sein wird. Die demontierten Komponenten werden in Umverpackungen verpackt und durch die Transportröhren im Ausbau zur Startkaverne und weiter zum Schacht Asse 5 transportiert.

Neben der planmäßigen Demontage innerhalb der Demontagekavernen ermöglicht der vorgesehene Aufbau der Schildmaschine („Zwiebelprinzip“) auch den Teilrückbau im Schutze der im Zuge eines AÜL zu erstellenden Sicherungsbauwerke in den Einlagerungskammern. Der Teilrückbau könnte in diesem Fall nur in dem bisher zeitlich nicht definierten Zeitraum bis zur Flutung des Grubengebäudes erfolgen. Diese Sicherungsbauwerke können als Fertigteilwände mittels Betonfertigteilen durch Manipulatorarme der Schildmaschinen hergestellt werden. Nach Erstellen der Sicherungsbauwerke und dem Abdichten im Kontaktbereich Betonwände/Kammerwände wären die Schildmaschinen von dem in der Einlagerungskammer verbleibendem radioaktivem Material physisch getrennt (Abbildung 132). Die Demontage der Schildmaschinen kann dann, soweit die zeitlichen Randbedingungen des AÜL es zulassen, starten.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 202

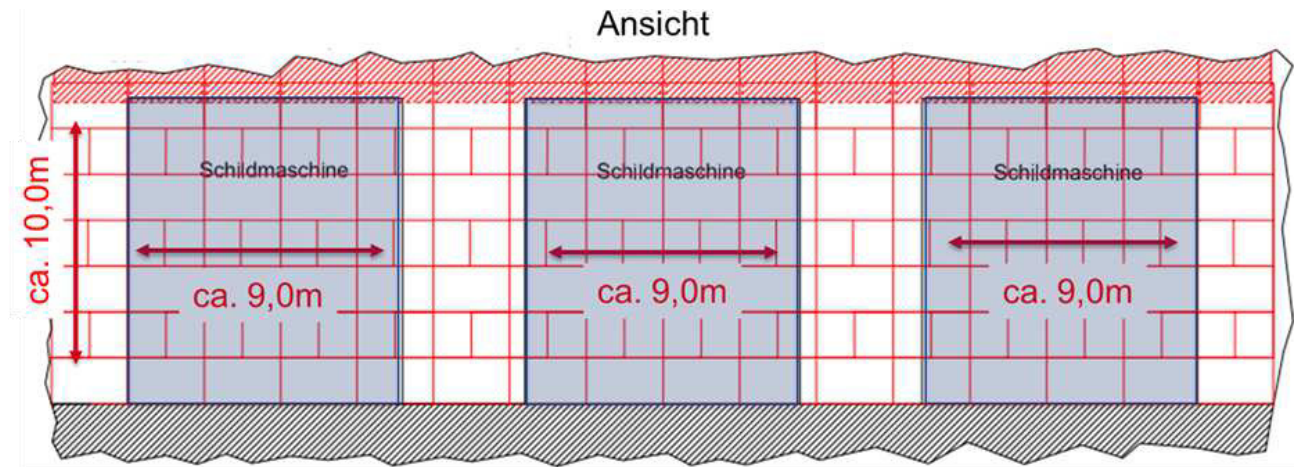


Abbildung 132: Notfallmaßnahmen im Fall eines AÜL

3.15.5. Demontage der sonstigen Rückholtechnik

Bevor mit der Verfüllung der Start- und Demontagekavernen sowie der Aus- und Vorrichtungsrubenbaue begonnen werden kann, muss die Demontage der sonstigen Rückholtechnik erfolgen. Vor Beginn der Rückbaumaßnahmen wird die Oberfläche der zu demontierenden Komponenten zunächst auf Kontamination untersucht, ggf. soweit möglich dekontaminiert und anschließend über Schacht Asse 5 nach über Tage ausgefördert und entsorgt bzw. verwertet. Aufgrund der sehr kleinen Sperr- und Kontrollbereiche ist jedoch davon auszugehen, dass ein Großteil der Technik im Grubengebäude ohne aufwendige Dekontaminationsarbeiten zurückgebaut werden kann.

3.15.6. Verfüllung in den Einlagerungskammern und Pfeilern

Die Arbeitsvorgänge zur Verfüllung der geleerten Einlagerungskammern und der Pfeiler sind in Abbildung 133 am Beispiel der ELK 5/750 und ELK 6/750 idealisiert dargestellt. Sobald die Schildmaschinen eine Einlagerungskammer verlassen haben und sich vollständig in einem Pfeiler befinden, wird der Übergang zwischen dem Pfeiler und der Einlagerungskammer zunächst von der Schildmaschine aus mit einem geeigneten Baustoff abgedichtet. Dies erfolgt von der Maschine aus bei der Herstellung des Ausbaus am Übergang zur Schildmaschine. Nachdem die Schildmaschinen mit ihrer gesamten Länge im Pfeiler stehen, wird die durchfahrene ELK vollständig mit Baustoff verfüllt. Nach derzeitigem Planungsstand wird die Verfüllung von der Begleitstrecke aus durchgeführt. Durch diese Maßnahme wird die Standsicherheit des Grubengebäudes bis zur vollständigen Verfüllung erhöht.

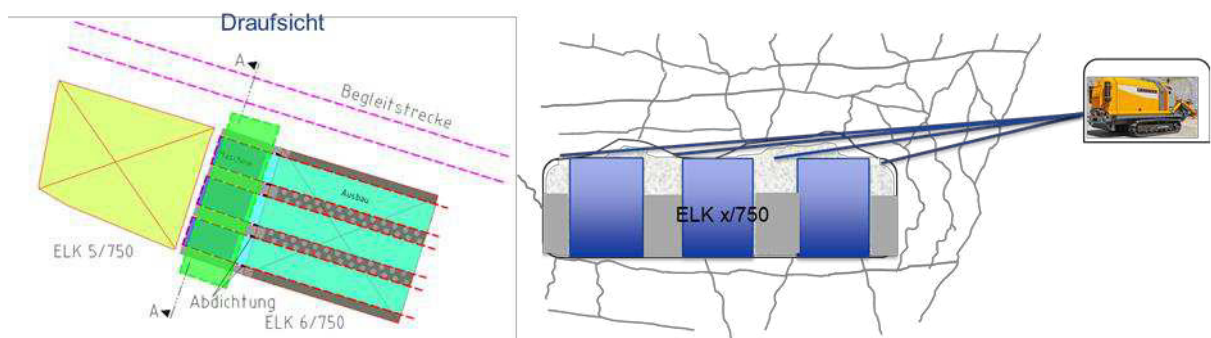


Abbildung 133: Verfüllung der Einlagerungskammern
Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 203

Anschließend wird, nachdem die Schildmaschinen den Pfeiler mit ihrer gesamten Länge verlassen haben, der Übergang zwischen dem Pfeiler und der Einlagerungskammer abgedichtet. Danach kann der Überschneidung zwischen dem Ausbau und dem Pfeiler aus dem Ausbau heraus verpresst werden.

3.15.7. Verfüllung der Transporttunnel

Nach der Demontage der Schildmaschinen in den Demontagekavernen werden die Hohlräume der Kavernen verfüllt. Anschließend werden die einzelnen Röhren im Ausbau mit Sorel- oder Geopolymerbeton verfüllt. Hierbei können die Transportröhren in Abschnitten abgemauert bzw. abgesperrt und verfüllt werden. Die radiologischen Abwetterlatten werden, nachdem sie dekontaminiert wurden, abschnittsweise verpresst.

In der Vordimensionierung wurde eine Tragfähigkeit des Ausbaus inkl. der insgesamt fünf Öffnungen (Transportröhren für Material und Personal sowie die radiologische Abwetterlatten) von 15 MPa nachgewiesen (siehe Abschnitt 3.14.11). Diese Lasten stellen sich erst nach ca. 30 Jahren Salzkriechen ein. Dies bedeutet, dass die fünf Öffnungen im Ausbau über den gesamten Zeitraum der Rückholung genutzt werden können und aus statischen Gründen erst nach der Demontage der Schildmaschinen abschnittsweise verfüllt bzw. verpresst werden müssen.

Nach der Verfüllung der Transportröhren und der Abwetterlatten im Ausbau werden die Begleitstrecken verfüllt. Anschließend erfolgt die Verfüllung der Starkkaverne sowie der sämtlichen übrigen noch offenen Grubenräume, die im Zuge der Rückholung erstellt/genutzt wurden.

3.16. Beschreibung der Ablaufsimulation

Die hohe Komplexität und Anzahl von Prozessabhängigkeiten des Rückholkonzeptes führt dazu, dass eine zuverlässige Terminplanung nicht mit klassischen Planungsmethoden abgebildet werden kann. Durchschnittliche Zeitbedarfe der einzelnen Rückholprozesse aus einer ELK liefern eine Tendenz zur Ermittlung der Gesamtrückholdauer, werden jedoch insbesondere dann ungenau, wenn innerhalb einer ELK mehrere Schildmaschinen sich gegenseitig im Prozessablauf beeinflussen. Die Rückholgeschwindigkeit ist insbesondere von den nachfolgenden Logistikketten der einzelnen Schildmaschinen abhängig. Dies erfordert somit eine detaillierte Betrachtung der vorlaufenden sowie nachfolgenden Logistik der Rückholung, bis hin zur Berücksichtigung der im Zuge der Rückholung variierenden Transportwege jeder einzelnen Umverpackung. Eine in anderen Branchen bereits etablierte Methode diese Komplexität im Planungsprozess abzubilden, ist der Einsatz von Prozesssimulationen. Wird diese im Kontext der BIM-Methodik angewendet, spricht man von einer BIM-Prozesssimulation.

Die in diesem Projekt entwickelte BIM-Prozesssimulation durchläuft über 1,36 Mio. Einzelprozesse und wird gesteuert durch über 3,7 Mio. Prozessabhängigkeiten. Sie liefert als Ergebnis neben klassischen Terminplänen auch weitere Erkenntnisse bezüglich zuvor definierter Kennzahlen wie z.B. die prozessabhängigen Füllstände der Pufferlager und die anfallenden Haufwerksmengen. Der geplante Bauablauf lässt sich durch eine 3D-Animation durchgängig bis zum Abschluss der Rückholung veranschaulichen. Im Zuge der planungsbegleitenden Validierung der BIM-Prozesssimulation mit der Konzeptplanung konnten u.a. logistische Schwachstellen lokalisiert werden. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse wurden sowohl die logistischen Prozesse als auch die eigentliche KPL planungsbegleitend in der Art angepasst, dass die zur Verfügung gestellten logistischen Kapazitäten optimal genutzt werden können. Durch die Anpassung der über 860 Eingangsparametern in der BIM-Prozesssimulation können die Auswirkungen von Änderungen der technischen Planung auf die logistischen Prozesse während der Rückholung und damit auch auf die

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 204

Terminplanung ausgewertet werden. Aus dieser Auswertung ergeben sich im Umkehrschluss auch weitere zu berücksichtigende Anforderungen an die zukünftige technische Planung. Dieser Austausch führt während der KPL der Rückholphasen A bis C dazu, dass die Auswirkungen diverser Entscheidungen auf die Terminalschiene und die Umsetzbarkeit sowie die logistische Durchführung des Konzepts stets berücksichtigt werden können.

Es kann in der BIM-Prozesssimulation z.B. jeder einzelne Transport einer Umverpackung vom Schachtgebäude bis zur Schildmaschine und zurück dargestellt werden. Dabei werden Prozessabhängigkeiten wie z.B. Schachtkapazitäten, Lagerung leerer bzw. voller Umverpackungen im Pufferlager und die Schleusvorgänge inkl. Freimessens berücksichtigt. Soweit es möglich ist, werden die einzelnen Zeitansätze der Prozesse zwecks Vergleichbarkeit der Rückholverfahren aus dem Bericht der Arge KR [3] übernommen.

Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise, der Annahmen sowie der Ergebnisse der BIM-Prozesssimulation sind im gesonderten Bericht [55] der Inge KRS aufbereitet. Der zeitliche Ablauf des Rückholverfahrens, beginnend mit der Rückholphase A im Jahr 2030 und den z. T. parallelen Rückholphasen B und C, kann der Abbildung 134 entnommen werden. Der Beginn der Rückholphase B ist mit der Rückholung des ersten Gebindes mittels des alternativen Rückholverfahrens in der ELK 1/750 zum Ende des Jahres 2035 definiert.

Zur Vergleichbarkeit der Rückholverfahren sind wesentliche Annahmen aus dem Bericht zum TFO-MA [1] in die BIM-Prozesssimulation implementiert.

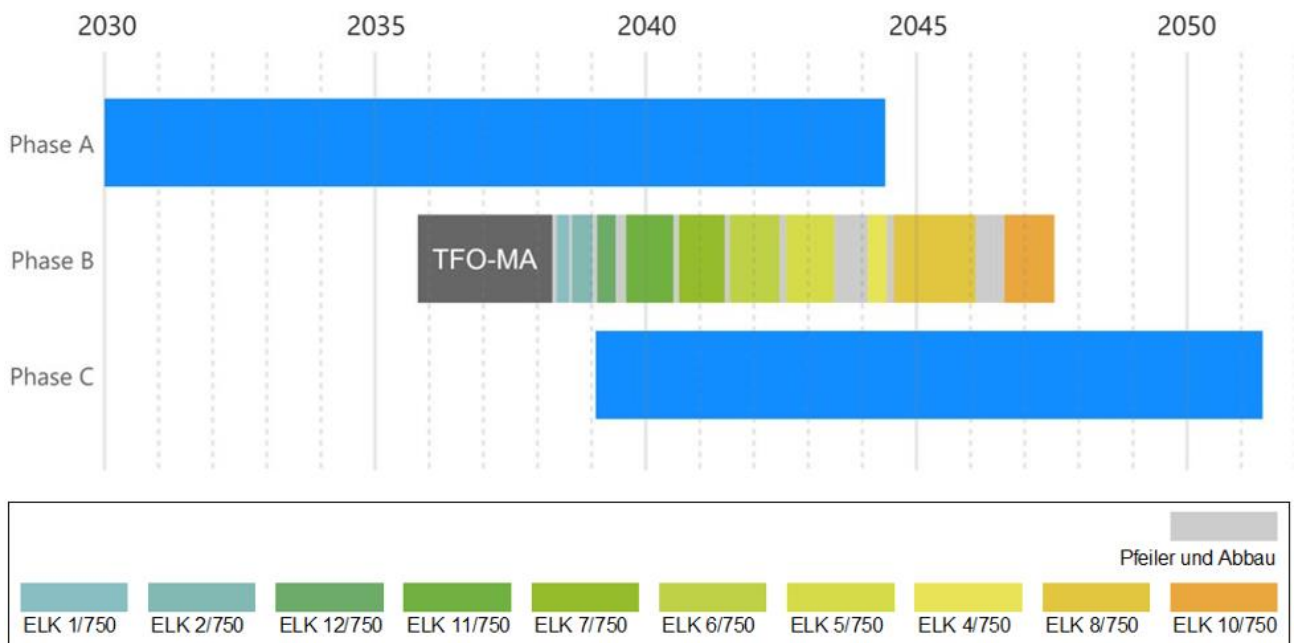



Abbildung 134: Übersicht zeitlicher Bedarf der Rückholphasen A, B und C

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG Blatt: 205

4. Entsorgungskonzept

4.1. Umgang mit den radioaktiven Abfällen

Im Rahmen der Rückholung wird beim Betrieb der Schildmaschinen mit zwei Arten von radioaktiven Abfällen umgegangen:

- Intakte Gebinde, beschädigte Gebinde, Gebindebestandteile und Salzgrus aus den Einlagerungskammern sowie
- Betriebsabfälle in fester oder flüssiger Form.

Die radioaktiven Abfälle werden in der Schildmaschine in Umverpackungen verladen und zum Schacht Asse 5 transportiert. Die weitere Abfallbehandlung erfolgt über Tage in der dafür vorgesehenen Abfallbehandlungsanlage.


4.1.1. Rückgeholte Gebinde aus den Einlagerungskammern

Die rückgeholten Gebinde und Salzgrus aus den Einlagerungskammern werden planmäßig in der Schildmaschine in Umverpackungen mit Innenbehältern, welche maximal den äußeren Abmessungen des „Konrad-Container Typ V“ (KC V) entsprechen, verpackt. Dabei werden Arbeiten mit offener Aktivität nur innerhalb der ELK und den dafür vorgesehenen Räumen der Schildmaschinen durchgeführt. Diese Räume sind als Sperrbereiche ausgewiesen und werden im Normalbetrieb nicht betreten. Das Verschließen der Umverpackungen und die anschließende Messung der Dosisleistung bzw. Überprüfung auf äußerlich anhaftende Kontamination erfolgt im Raum „Verdeckelung/radiologische Kontrolle Container“ in der jeweiligen Schildmaschine (Raum 1.02 und 1.05, eingestuft als Kontrollbereich). Bei einem Befund wird die Umverpackung direkt vor Ort in diesem Raum dekontaminiert. Dies bedeutet, dass ab diesem Zeitpunkt die Umverpackung verschlossen und kontaminationsfrei an der Außenfläche ist. Anschließend wird die Umverpackung aus der Schildmaschine ausgeschleust und durch die Transportröhren im Ausbau sowie durch das Grubengebäude zum Schacht Asse 5 abtransportiert.

4.1.2. Betriebsabfälle in fester oder flüssiger Form

Bei den festen und flüssigen radioaktiven Abfällen handelt es sich im Wesentlichen um Proben von Wischtests bzw. Dekontaminationsmitteln und ggfs. um Betriebsflüssigkeiten von Anlagenteilen im Sperr- und Kontrollbereich der Schildmaschine. Diese werden in geeigneten, verschließbaren Behältnissen gesammelt. Der Abtransport findet über die regulären Transportwege statt, die Abfallbehälter werden hierfür in eine Transportverpackung eingestellt. Die Filtergehäuse der radiologischen Filter in der Startkaverne sind so ausgeführt, dass das Auswechseln der Filterelemente ohne Kontamination der Umgebung durchgeführt werden kann. Das auszuwechselnde Filterelement wird beim Wechsel in eine spezielle Abfallverpackung verladen und händisch verschlossen. Das Wechselsystem ist so konzipiert, dass es zu keiner Kontamination des Personals kommen kann. Das verpackte, außen kontaminationsfreie Filterelement wird anschließend, wie die anderen Betriebsabfälle, in eine geeignete Transportverpackung eingelegt und nach über Tage transportiert.

Radioaktive Abwässer fallen nur in geringen Mengen an. Es handelt sich dabei um Kondensat, welches bei einer eventuell notwendigen Kühlung von Arbeitsbereichen der Schildmaschine (z.B. ständige Arbeitsplätzen) anfällt. Da diese zum Teil dem Kontrollbereich zugeordnet sind (z.B. das Strahlenschutzlabor) müssen die Abwässer separat gesammelt werden. Die Abwässer werden in

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 206

geeigneten, für flüssige Gefahrenstoffen zugelassenen Behältnissen gesammelt und in geeigneten Transportverpackungen transportiert.

4.2. Umgang mit dem Haufwerk

Bei der Auffahrung des Rückholbergwerks und der Strecken zur Rückholung fällt Haufwerk aus dem Salinar an. Im Rahmen der Rückholung mittels Schildvortrieb entstehen folgende Arten und Aufkommen vom Haufwerk:

- Nicht kontaminiertes Haufwerk aus Auffahrungen der Begleitstrecken und Infrastrukturräume,
- Nicht kontaminiertes Haufwerk aus Pfeilerkernen,
- Möglicherweise kontaminiertes Haufwerk am Übergang vom Pfeiler zur Einlagerungskammer,
- Kontaminiertes Haufwerk bzw. Salzgrus aus den Einlagerungskammern.

Grundsätzlich ist es vorgesehen, das Haufwerk aus dem Salinar zum späteren Versatz der aufgefahrenen Grubenräume zu nutzen, z.B. zur Herstellung von Sorelbeton oder einem anderen geeigneten Baustoff. Hierfür müssen die stofflichen und radiologischen Eigenschaften des Haufwerks geeignet sein (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Anforderungen an das Haufwerk bzgl. der Wiederverwendung als Verfüllmaterial

Stoffliche Eignung	Radiologische Eignung	Entsorgung oder Verwertung
gegeben	gegeben	Verwertung
nicht gegeben	gegeben	Entsorgung als nicht radioaktiver Stoff
gegeben/nicht gegeben	nicht gegeben	Entsorgung als radioaktiver Stoff


4.2.1. Stoffliche Eignung

Die Stoffliche Eignung stellt Anforderungen an die Sieblinie, den Feuchtigkeitsgehalt und die (chemische) Zusammensetzung des Salzes. Die genauen Angaben für diese Anforderungen müssen in weiteren Planungsphasen festgelegt werden.

4.2.2. Radiologische Eignung

Der Umgang mit radioaktiven Stoffen, einschließlich mit dem möglicherweise kontaminierten Haufwerk, ist durch das Atom- (AtG) [11] und Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) [14] sowie über die untergeordneten Verordnungen geregelt. Nach derzeitiger Regelung kann Haufwerk verwertet werden, wenn dessen Aktivität unterhalb dem 10-fachen der Freigrenzen gem. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV [13]) liegt³. Wenn diese Anforderung erfüllt ist, ist die Verwertung von Haufwerk unter Tage ohne Genehmigungsverfahren auf Basis einer vorherigen Anzeige gem. AtG § 57b [11] möglich. Nachzeitigem Stand gilt diese Regelung für die Schachanlage Asse II jedoch nur bis zum Beginn der Rückholung. Sollte für die Rückholung eine andere Grenze festgelegt werden, muss die Abschätzung der untertägigen Massenströme (Abbildung 137) entsprechend angepasst werden.

³ StrlSchV, Anlage III Tabelle 1, Spalte 3
Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 207

In der Startkaverne befindet sich ein Labor, in dem das möglicherweise kontaminierte Haufwerk (am Übergang zwischen Pfeiler und ELK) freigemessen werden kann. Eine Freimessanlage für den untertägigen Einsatz unter den genannten Randbedingungen ist derzeit noch nicht am Markt verfügbar und muss im Zuge der weiteren Entwurfsphase entwickelt werden. Liegt die Aktivität des Haufwerks unter dem 10-fachen Wert der Freigrenzen, wird dieses Haufwerk unter Tage in Pufferlager gelagert und für die Verfüllung der Einlagerungskammern verwendet. Das kontaminierte Haufwerk wird wie radioaktiver Abfall behandelt und in den Umverpackungen direkt nach über Tage in die Abfallbehandlungsanlage gebracht. Sollte ein Freigabeverfahren für Haufwerk technisch nicht umsetzbar oder nicht genehmigungsfähig sein, erhöht sich die zu entsorgende Haufwerksmenge entsprechend.


In der Schachanlage Asse II sind sogenannte Verdachtsflächen vorhanden. Das sind Bereiche, in denen in der Vergangenheit mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wurde und abgedeckte Restkontaminationen vorhanden sind oder nicht ausgeschlossen werden können. Die Voraussetzung zur Einrichtung eines Strahlenschutzbereiches sind hier jedoch nicht gegeben. Die Verdachtsflächen auf der 750-m-Sohle sind in Abbildung 135 als gelbe Bereiche dargestellt. Die schwarz-gelb-gestreiften Kreise markieren die Lokationen, an denen Zutrittswässer mit Kontaminationswerten über 1/10 der Werte für eine uneingeschränkte Freigabe⁴, aber unter dem 10-fachen Wert der Freigrenze⁵ gefasst wurden [3].

Die Flächen, in denen von einer Kontamination über dem 10-fachen Wert der Freigrenze ausgegangen werden kann, sind in der Abbildung 135 als rote Bereiche dargestellt. Die Lokation, an der die gefassten Zutrittswässer eine Kontamination von oberhalb des 10-fachen Wertes der Freigrenze aufgewiesen haben, ist in Abbildung 135 als schwarz-rot-gestreifter Kreis gekennzeichnet [3].

Für die restlichen Flächen (grüner Bereich) besteht kein Verdacht auf Kontaminationen, einschließlich der Stellen, an denen Zutrittswässer gefasst wurden (dargestellt mit schwarz-grün-gestreiften Kreisen) [3].

⁴ Gem. Anlage IV Tab. 1 Spalte 3 der StrSchV von 29. November 2018

⁵ Gem. Anlage III Tab. 1 Spalte 3 der StrSchV von 20. Juli 2001

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 208



Abbildung 135: Sohlenriss der 750 m Sohle mit Verdachtsflächen (gelb), kontaminierten Bereichen (rot), nicht kontaminierten Bereichen (grün) sowie Fassstellen von Zutrittswässern (Kreise) [3]

Die Begleitstrecken für die Rückholung der radioaktiven Abfälle mittels Schildvortrieb befinden sich auf der 735-m-Sohle (Zwischensohle – derzeit nicht vorhanden). Sie werden nördlich und z.T. auch südlich der Einlagerungskammern in einem Abstand von ca. 10 m zu den Einlagerungskammern (in der horizontalen Ebene, gemessen vom Rand der Einlagerungskammern bis zum Rand der Begleitstrecke) aufgefahren. In dieser Teufe und mit diesem Abstand zu den Einlagerungskammern sind bei der Auffahrung der Begleitstrecke keine Bereiche mit Restkontaminationen zu erwarten. Das Salz aus den Auffahrungen der Begleitstrecke kann freigegeben werden und für die Verfüllung der aufgefahrenen Hohlräume (Phase C) verwendet werden.

Die Vortriebsstrecken auf der 750-m-Sohle befinden sich in gelben und roten Bereichen. Das Haufwerk aus roten Bereichen einschließlich ca. 3 m um die roten Bereiche herum (ELK-Nahbereich - eine Überganszone ist mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen, es werden ca. 3 m angenommen) wird über Umverpackungen entsorgt. Das Haufwerk aus gelben Bereichen zunächst charakterisiert und entsprechend freigegeben, unter Tage weiter gehandhabt (Kontamination < 10-facher Wert der Freigrenze) oder entsorgt (Kontamination > 10-facher Wert der Freigrenze).

4.2.3. Haufwerksmenge

Die im Zuge der Rückholung anfallende Haufwerksmenge ist in Tabelle 5 analog zur Arge KR [3] dargestellt. Demnach wurden insgesamt 295.000 m³ nicht kontaminiertes, bzw. freizumessendes Haufwerk ermittelt. Davon entstammen 170.000 m³ Haufwerk aus Neuauffahrungen, 45.000 m³ aus Durchörterung der Abbaue und 80.000 m³ freigegebenes Haufwerk aus Pfeilerdurchörterungen. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass im Gegensatz zum TFO-MA die Begleitstrecken für Erkundungs-, Stabilisierungs- und Verfüllmaßnahmen berücksichtigt sind. Die kontaminierte Haufwerksmenge, die über Umverpackungen der Entsorgung zugeführt werden muss, wird auf 65.000 m³ geschätzt. Für sie werden rund 13.430 Umverpackungen mit Abmessungen eines KC IV oder rund 8.570 Umverpackungen mit Abmessungen eines KC V für die Ausförderung benötigt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 209

Tabelle 5: Insgesamt anfallende Haufwerksmenge (bei Auflockerungsfaktor 1,6)


Nr.	Herkunft	Herausgabe (unkontaminier t - vsl.)	Freigabe (< 10-fache Freigrenze)	Entsorgung (> 10-fache Freigrenze)
1	Salz aus Neuauffahrungen: - Aus- und Vorrichtungsstrecken - Begleitstrecken (Erkundung, Stabilisierung, Verfüllung) - Infrastrukturräume	170.000		
2	Salz aus ELK (Sohle, Ausgleichschichten, Zwickel)			45.000
3	Salz aus Pfeilerdurchörterungen (Kernbereich / ELK-Nahbereich)		80.000	20.000
4	Salz aus Durchörterung Abbaue 3/750 und 9/750	45.000		
GESAMT [m³]		215.000	80.000	65.000

Alternative 1: Anzahl UP [KC IV]			13.430
Alternative 2: Anzahl UP [KC V]			8.570

Im Gegensatz zu den Annahmen der Arge KR [23] wurde das komplette Salz aus den Einlagerungskammern (Nr. 2 in Tabelle 5) als kontaminiert betrachtet.

4.2.4. Massenströme des Haufwerks

Im Folgenden werden die Massenströme des Haufwerks vom Beginn bis zum Ende der Rückholung beschrieben. Unter Tage sind drei Pufferbereiche vorgesehen (siehe Abbildung 136). In der Kaverne „Puffer 1“ werden während der Rückholung die leeren und beladenen Umverpackungen gelagert. Vor Beginn der Rückholung wird die Kaverne für die Haufwerkspufferung verwendet. Die anderen zwei Puffer dienen ausschließlich als Haufwerkspuffer. Der Puffer 3 ist in den Infrastrukturräumen aus anderen Maßnahmen geplant (Rückholung der radioaktiven Abfälle aus ELK 7/725), die durch die Begleitstrecke mit der 750-m-Sohle angeschlossen werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 210

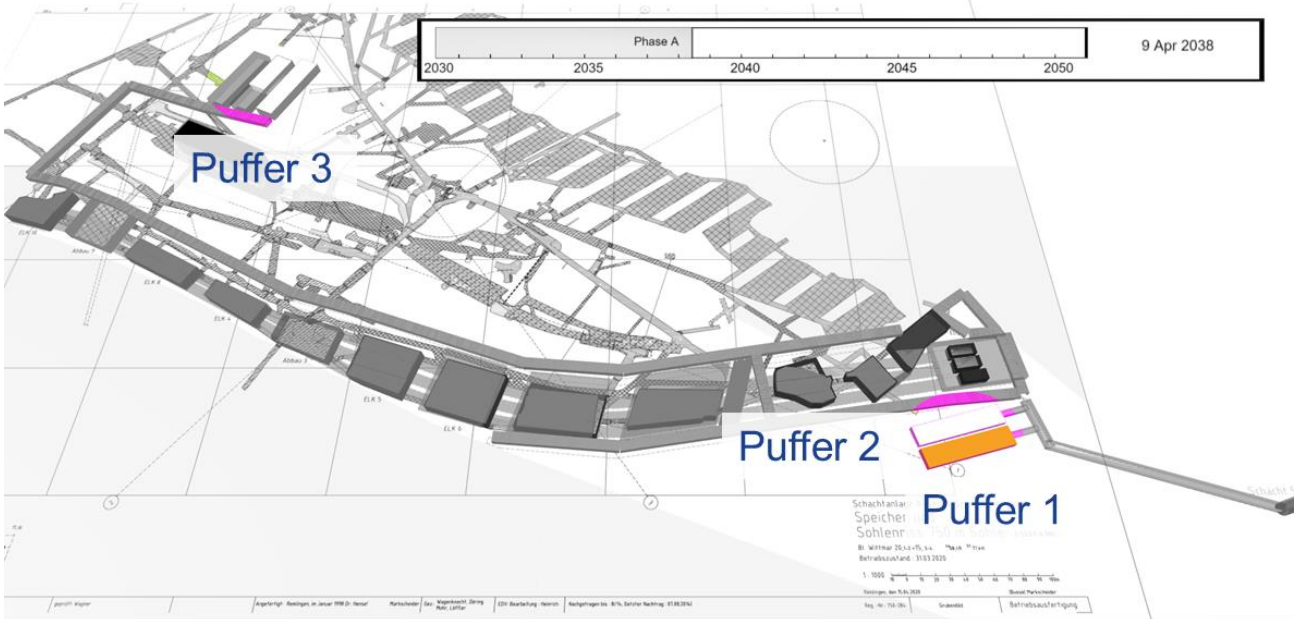


Abbildung 136: Untertägige Pufferbereiche

Die Massenströme inkl. dem Platzbedarf für die Lagerung und dem Bedarf an Umverpackungen für den Transport von Haufwerk werden mit der BIM-Ablaufsimulation aufgeführt und sind in Abbildung 137 dargestellt. Wie in der Abbildung 137 ersichtlich, werden während der Auffahrung der Begleitstrecken und der Startkaverne zunächst die beiden neben der Startkaverne neu erstellten Infrastrukturräume (KC-Puffer – hellblaue Linie und Salzpuffer – orangene Linie) und zwei der drei Infrastrukturräume der Rückholung auf der 725-m-Sohle (dunkelblaue Linie) mit dem dort anfallenden Haufwerk befüllt. Der dritte Infrastrukturräum für die Rückholung auf der 725-m-Sohle wird voraussichtlich erst zum Start der Rückholung mittels Schildvortrieb für das anfallende Haufwerk von der 750-m-Sohle zur Verfügung gestellt, da davon ausgegangen wird, dass zum Zeitpunkt der Durchführung der Rückholphase A auf der 750-m-Sohle noch nicht alle Aktivitäten der Rückholung auf der 725-m-Sohle abgeschlossen werden und weiterhin ein Infrastrukturräum benötigt wird. Nachdem diese Kapazitäten ausgeschöpft sind, stehen nach derzeitigem Planungsstand keine weiteren untertägigen Pufferflächen zur Verfügung, sodass das unkontaminierte Salzhauwerk nach über Tage transportiert und eingelagert (lila Linie) werden muss.

Mit dem Beginn der Phase C (es ist zu beachten, dass diese Phase bereits während Phase B startet) beginnt auch die Wiederverwendung des Salzhauwerkes. Zuerst wird das Salz aus dem für die KC-Pufferung vorgesehenen Infrastrukturräum verwendet, so dass dieser Raum geleert wird und während der Rückholung als Puffer für Umverpackungen genutzt werden kann. Während der Rückholung erfolgt sowohl die Leerung der verbleibenden Salzpuffer für die Verfüllung der durch die Rückholung entstandenen Hohlräume als auch die ständige Wiederbefüllung der Salzpuffer mit dem neuen Haufwerk aus der Durchörterung der Pfeiler. Die Leerung der Pufferlager schreitet jedoch schneller voran als die Wiederbefüllung mit neuem Material. Ab dem Zeitpunkt der Rückholung aus der ELK 6/750 wird daher nach aktueller Abschätzung zusätzliches Material, z.B. aus übertägigen Pufferlagern zur Herstellung von Baustoff bereitgestellt werden müssen. Nach dem Ende der Rückholung wird zur Verfüllung der verbleibenden Hohlräume (Begleitstrecken, Infrastrukturräume, Transportstrecken im Aufbau hinter der Maschine) das während der Rückholung angefallene Eigensalz für die Herstellung von Sorelbeton nicht ausreichen. Zur vollständigen Verfüllung der Hohlräume auf der 750-m-Sohle müssten ca. 20.000 m³ Salz zusätzlich beschafft werden (rosa Linie

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 211

in Abbildung 137). Dabei wird die Annahme getroffen, dass das gesamte durch die Auffahrungen gewonnene Salz stofflich für eine Nutzung oder zur Herstellung von Versatzmaterial geeignet ist. Die radiologische Eignung bzw. der Anteil an kontaminiertem und nicht kontaminiertem Salz ist Abbildung 138 zu entnehmen. Es zeigt sich folglich, dass das bei der Rückholung mittels Schildvortrieb angefallene Salzgrus vollständig im Zuge der Verfüllung aufgebraucht werden kann unter der Voraussetzung, dass das Eigensalz zur Herstellung von Sorelbeton geeignet ist.

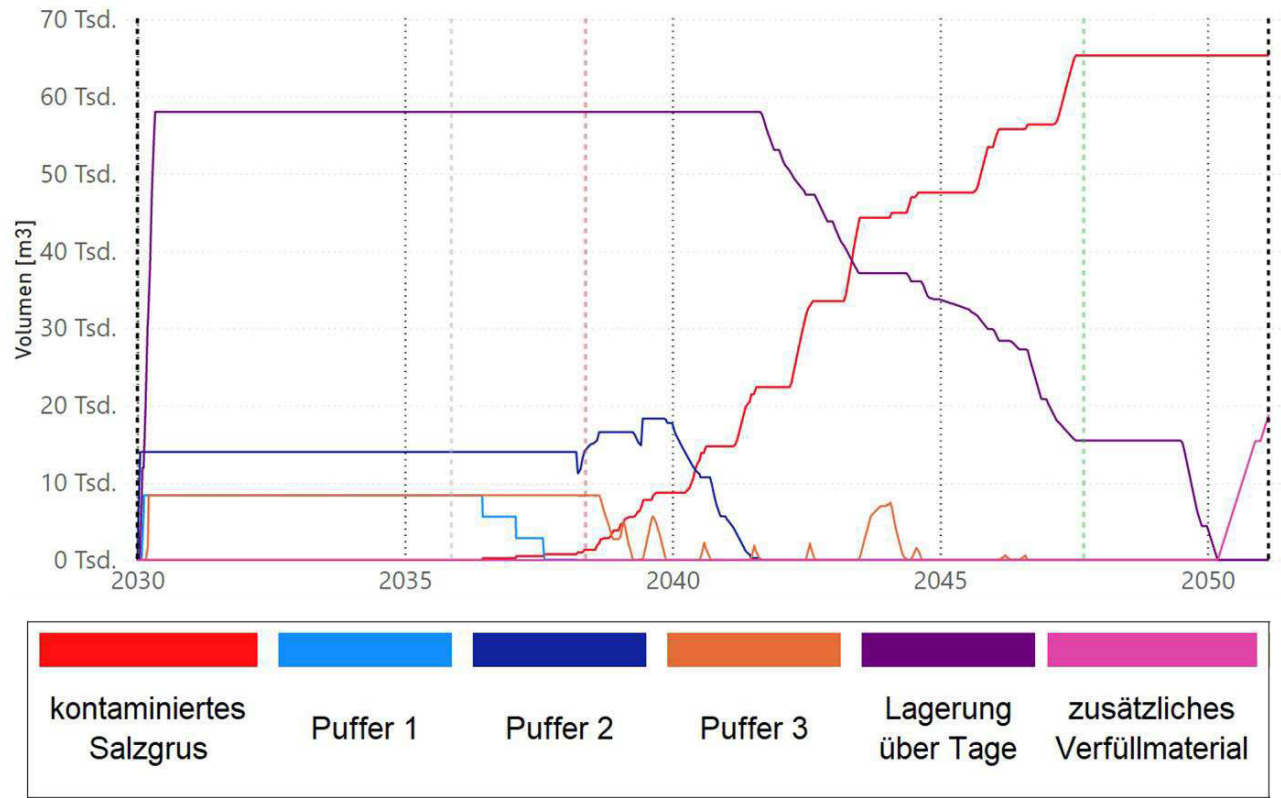


Abbildung 137: Massenströme an Haufwerk

Abbildung 138 stellt den angenommenen Anteil an kontaminiertem Salz (rot) sowie nicht kontaminiertem und freigegebenen Salz (grün) während der Rückholung dar. Wie bereits beschrieben, wird das gesamte Versatzmaterial aus den Einlagerungskammern als kontaminiert betrachtet. Diese Annahme ist konservativ, ergibt aber insgesamt 10.000 m³ Volumen mehr kontaminiertes Salz als in der Tabelle 5 aufgeführt. In den angrenzenden Pfeilern wird der ELK-Nahbereich (eine Überganszone ist mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen, es werden in der KPL ca. 3 m angenommen) als kontaminiert betrachtet. Beim Salz aus Pfeilerkernen und Abbauen wird davon ausgegangen, dass die Kontamination unter dem 10-fachen Wert der Freigrenze liegt. Das Salz aus Auffahren der Begleitstrecke und Infrastrukturräumen wird als nicht kontaminiert betrachtet.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 212

● freigemessenes Haufwerk ● kontaminiertes Haufwerk

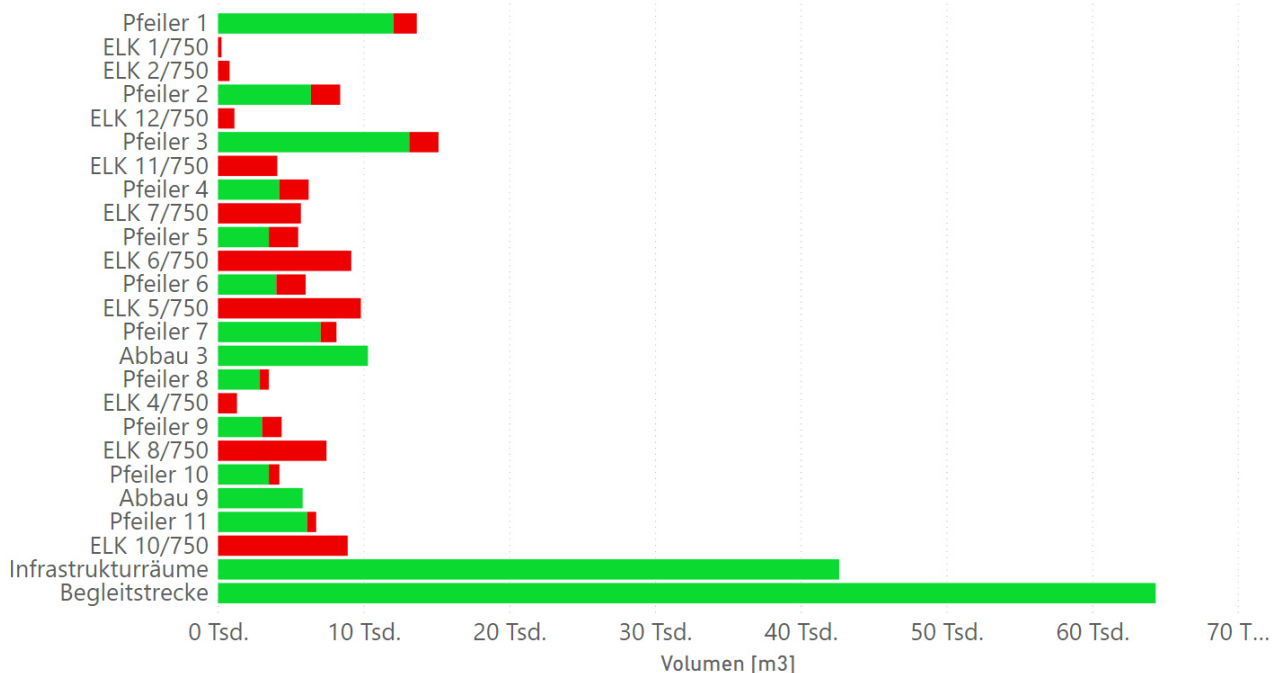


Abbildung 138: Volumen an Haufwerk bezogen auf ELK/Abbau/Strecke

Abbildung 139 stellt die Nutzungsanalyse des Schachtes Asse 5 während der Rückholung dar. Berücksichtigt werden der Transport von radioaktiven Abfällen, von Salz, von Fertigteilen für die Stützbauwerke zwischen den Maschinen sowie von leeren Umverpackungen. Die Analyse zeigt, dass die jährlichen Kapazitäten an Seilfahrten durch die Rückholung der radioaktiven Abfälle mittels Schildvortriebsverfahren nur bis max. 60% ausgenutzt werden. Die übrigen Schachtkapazitäten ermöglichen z.B. eine parallel durchgeführte Rückholung der Kammergruppe Zentral. Eine differenziertere Betrachtung der zeitlichen Abläufe zwischen den Rückholungsplanungen sind in der folgenden Entwurfsplanung zu berücksichtigen. Eine detaillierte Ausarbeitung der Logistikprozesse wird im Unterkapitel 3.16 und im Bericht „Zeitermittlung und Kostenschätzung“ [8] beschrieben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 213

● Einfahrt über Schacht 5 ● Ausfahrt über Schacht 5

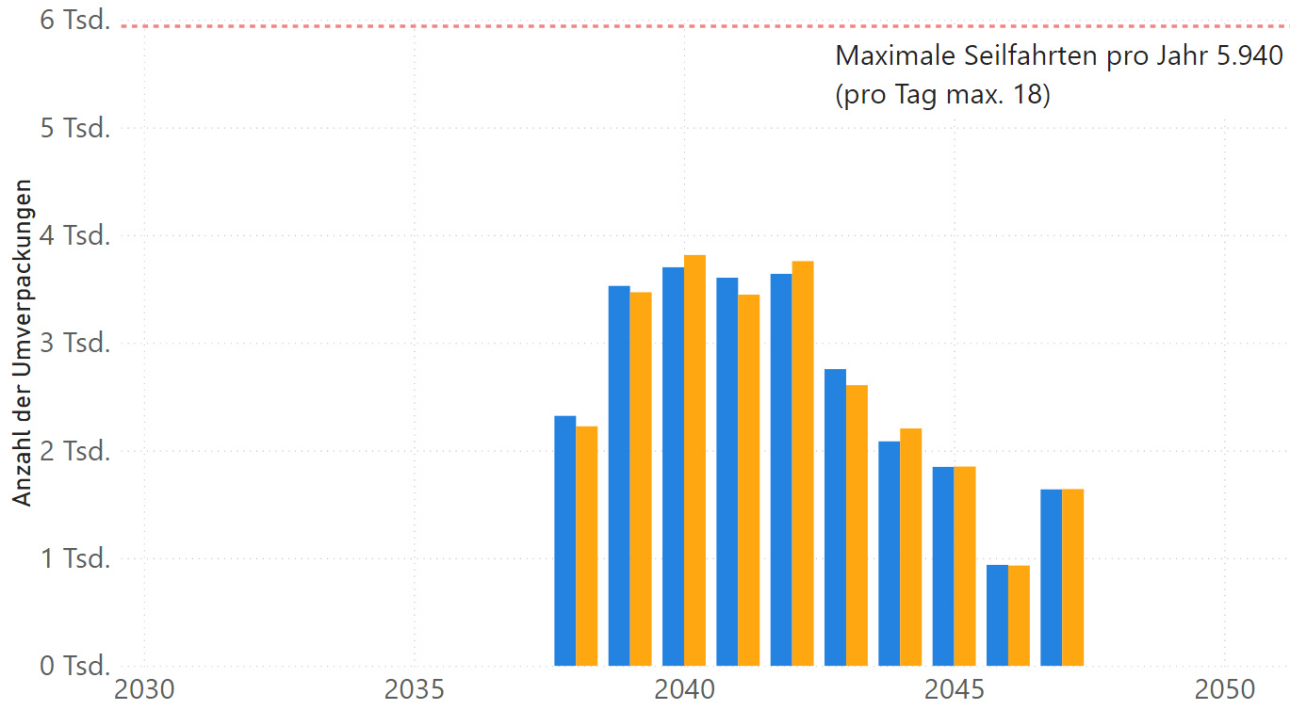



Abbildung 139: Nutzungsanalyse Schacht Asse 5

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 214

5. Bergbauliches Sicherheits- und Nachweiskonzept

5.1. Allgemeines zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Das Sicherheitskonzept beschreibt die grundlegenden Anforderungen für die Planung sowie die zum aktuellen Planungszeitpunkt absehbaren Maßnahmen zur Schadensvorsorge. Im Nachweiskonzept werden die zur Erfüllung der Genehmigungsvoraussetzungen erforderlichen Nachweisführungen aufgezeigt. Das SNK wird iterativ begleitend zur Planung erstellt, d.h. konkretisiert sich mit dem Planungsfortschritt.


Die wesentlichen Ziele eines SNK sind u.a. der Schutz vor den schädlichen Wirkungen ionisierender Strahlung und die Gewährleistung der Sicherheit des Betriebes und der Beschäftigten. Dazu sind mögliche Gefährdungen zu identifizieren und ihr Schadensausmaß zu beurteilen. Daraus sind Maßnahmen zu entwickeln, die sowohl die Eintrittswahrscheinlichkeit als auch das mögliche Schadensausmaß minimieren. Die möglichen Gefährdungen sind nach Art der Gefährdung, der Bereiche, auf welche die Gefährdungen einwirken können, zu differenzieren. Sodann ist eine Einschätzung des potenziellen Schadensausmaßes und seiner möglichen Auswirkungen in Form von Szenarien vorzunehmen. Im Rahmen der KPL kann diese Einschätzung nur ansatzweise erfolgen. Dabei sind Auslegungstörfälle in den verschiedenen Betriebszuständen und -phasen zu identifizieren, zu beschreiben und Maßnahmen zur Verhinderung (Prävention) dieser Ereignisse bzw. zur Verminderung ihrer Auswirkungen zu beschreiben.

Beispielhafte SNK wurden im Rahmen der vorläufigen Sicherheitsanalyse für das Endlager Gorleben durch die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) erstellt [56]. Danach dient ein SNK vor allem dem Nachweis der Langzeitsicherheit [56]. Das SNK für Gorleben schildert auch den Umgang mit Ungewissheiten. Ferner wird verbalargumentativ beschrieben, wie die natürlichen Gegebenheiten, Prozesse und technische Maßnahmen in ihrer Gesamtheit dazu führen, dass die Sicherheit erreicht und gewährleistet wird [56].

Ein SNK wurde auch im Rahmen der Konzeptplanung für den Schacht Asse 5 erstellt [38], welches den gesamten Zeitraum der Nutzungsdauer des neuen Schachtes von der Auffahrung über die Betriebsphase (Rückholung) bis zur Stilllegung umfasst. Dieses kann auch auf die Rückholung mittels Schildvortrieb übertragen werden.

In den nachfolgenden Unterkapiteln des Kapitels 5 und im Kapitel 6 werden die berg-, atom- und strahlenschutzrechtlichen Anforderungen beschrieben. Des Weiteren werden Störfälle und deren Auswirkungen sowie mögliche Maßnahmen zur Verhinderung und Minimierung der, vor allem, radiologischen Auswirkungen beschrieben. Die Konkretisierung erfolgt in weiteren Planungsphasen.

Von zentraler Bedeutung für die Schachanlage Asse II ist der § 57b des Gesetzes über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) [11], welcher Anforderungen für den Betrieb und die Stilllegung der Schachanlage Asse II formuliert („Lex Asse“). Aus den Vorgaben des § 57b AtG [11] formuliert sich die zwingende Notwendigkeit, für die Rückholung einen großräumigen gebirgsmechanischen Standsicherheits- und Integritätsnachweis zu führen, da durch weitere Verletzungen der Integrität der hydrogeologischen Barriere zum wasserführenden Deckgebirge der AÜL hervorgerufen werden könnte. Der Eintritt des AÜL ist als „worst case“ für die Schachanlage Asse II zu betrachten, da dadurch die Rückholung gefährdet wird bzw. im schlimmsten Fall abgebrochen werden muss und eine sichere Stilllegung nach derzeitigem Verständnis nicht mehr erfolgen kann. Die großräumige Standsicherheit und damit die Erhaltung der Integrität der hydrogeologischen Barriere muss dementsprechend für alle Phasen der Rückholung nachgewiesen sein.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 215
---	------------

5.2. Wesentliche bergrechtliche Anforderungen

Im Folgenden werden die zentralen auf den Bergbau bezogenen Gesetze und Verordnungen benannt und wesentliche für die Rückholung betreffende Anforderungen herausgearbeitet.

Neben gesetzlichen Bestimmungen gelten für bergbauliche Betriebe zudem zahlreiche untergesetzliche Bestimmungen, die z.B. in Verordnungen, Richtlinien, berufsgenossenschaftlichen Sicherheitsregeln u.v.m. verschriftlicht sind.

5.2.1. Bundesberggesetz

Alle in Deutschland ausgeübten bergbaulichen Tätigkeiten und Vorgänge unterliegen dem Bundesberggesetz (BergG [12]). Zu den übergeordneten Zwecken des BergG gehört nach § 1

- die Sicherheit der Betriebe und der Beschäftigten des Bergbaus zu gewährleisten sowie
- die Vorsorge gegen Gefahren, die sich aus bergbaulicher Tätigkeit für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter ergeben, zu verstärken und den Ausgleich unvermeidbarer Schäden zu verbessern.

Das BergG definiert zudem die Betriebsplanpflicht und die damit verbundenen Anforderungen an bergbauliche Betriebe.

5.2.2. Allgemeine Bundesbergverordnung

Die Allgemeine Bundesbergverordnung (ABergV) [16] regelt die Sicherheit und den Gesundheitsschutz sowie den Umweltschutz für bergbauliche Betriebe.


Besonders relevant für die Rückholung sind u.a.

- § 15 Untertätige Arbeitsstätten
 - inkl. Anforderungen zu Fluchtwegen, Gebirgssicherung (Ausbau), Brand -und Explosionsschutz, Arbeiten in gasausbruch-, gebirgsschlag- oder wassereinbruchgefährdeten Bereichen, Grubenrettungswesen
- § 16 Bewetterung
- § 22a Entsorgung von bergbaulichen Abfällen.

5.2.3. Allgemeine Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen

Ein wichtiges auf Landesebene geltendes Regelwerk ist außerdem die Allgemeine Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen (ABVO) [15] des Landes Niedersachsen. Im Grundsatz enthält die ABVO [15] Vorschriften zur Arbeitssicherheit, z.B. hinsichtlich

- Maschinenbetrieb,
- Explosions- und Brandschutz,
- Grubenausbau,

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 216

- Bewetterung,
- Grubenrettungswesen.

In der niedersächsischen ABVO [15] werden zudem Sondervorschriften für Salzbergwerke erlassen. Von zentraler Bedeutung für die Schachanlage Asse II ist § 224, in dem Anforderungen an Sicherheitspfeiler vor allem gegenüber der Salzhüllenden definiert sind.

Nach § 224 Abs. 1f ABVO [15] ist gegenüber dem Deckgebirge ein Sicherheitspfeiler von mindestens 150 m zu belassen, wenn die Lage der Salzstockflanken genau bekannt ist. Der Absatz gibt außerdem vor, dass der Sicherheitspfeiler verringert werden kann, wenn nachgewiesen wird, dass das Deckgebirge zum Salzstock hin in einer Stärke von mindestens 150 m trocken ist. Der entsprechende Nachweis ist auf Grundlage von Erkundungsbohrungen zu erbringen. Im Grubengebäude der Schachanlage Asse II sind die Sicherheitspfeiler an der Südflanke bereits verletzt, bzw. der Mindestabstand zum Deckgebirge ist nicht eingehalten.

§ 224 Abs 1h ABVO [15] schreibt zudem einen Sicherheitspfeiler von mindestens 300 m gegen ersoffene Grubenbaue im Carnallit oder Anhydrit vor. Im vorliegenden Fall gilt dies für die westliche Abgrenzung gegenüber den Grubenbauen der ehemaligen Schachanlage Asse I.

Die in § 224 Abs. 1 ABVO [15] aufgeführten sonstigen Sicherheitspfeiler von 50 m gegen die Berechtigungsgrenze, 50 m um die Schachachse von Tagesschächten sowie 20 m um Tagesbohrlöcher werden vsl. eingehalten, was im Genehmigungsverfahren nachzuweisen ist.

5.3. Umsetzung der bergrechtlichen Anforderungen

5.3.1. Sicherheitspfeiler

Es ist davon auszugehen, dass nach der vollständigen Auswertung der 3D-Seismik und anderer Erkundungen genauere Erkenntnisse zur exakten Lage der Salzhüllenden vorliegen werden. Die Konzeptplanung basiert auf dem im Risswerk mit Stand September 2020 dargelegten geologischen Gegebenheiten. Insbesondere werden die Regelungen des § 224 Abs. 2 ABVO [15] eingehalten, welche die Auffahrung von Grubenbauen in bestimmten Bereichen kategorisch ausschließen.


Konkret bedeutet dies, dass

- von Streckenauffahrungen südlich der ELK 10/750 bis einschließlich ELK 6/750 Abstand genommen wird,
- der Sicherheitspfeiler zur Schachanlage Asse I eingehalten wird und
- von Neuauffahrungen nordöstlich der ELK 1/750 abgesehen wird.

Bei der weiteren Planung der Rückholung mittels Schildvortrieb ist zu empfehlen, die Bereiche westlich der ELK 10/750 und nordöstlich der ELK 1/750 näher zu erkunden und – sofern vertretbar – auf eine Reduzierung der Sicherheitspfeiler in diesen Bereichen hinzuwirken.

Aufgrund der aktuell einzuhaltenden Sicherheitspfeiler

- erfolgt die Demontage der Schildmaschinen 2 und 3 in der ELK 10/750, da die Auffahrung einer Demontagekaverne westlich der ELK 10/750 den Sicherheitspfeiler um den abgesoffenen Schacht Asse 1 berühren würde und

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 217

- die Anordnung der Montage-/Startkaverne inklusive Anfahrbereichen für die Schildmaschinen erfolgt nicht nordöstlich, sondern südlich der ELK 1/750.

Letzteres hat wiederum zur Folge, dass für die Rückholung aus der ELK 1/750 ein anderes Verfahren angewandt werden muss, da ein vollständiges Anfahren der ELK 1/750 mit einer Schildmaschine nicht möglich ist.

5.3.2. Großräumiger Standsicherheits- und Integritätsnachweis

Die großräumige Standsicherheit und damit die Erhaltung der Integrität der hydrogeologischen Barriere muss für alle Phasen der Rückholung nachgewiesen werden. Dazu sind insbesondere die Auswirkungen folgender bergbaulicher Tätigkeiten zu bewerten:

- Auffahrung von Hohlräumen im Rahmen der Vorbereitung der Rückholung,
- Offenlegung (inkl. Böschungsbildung) einzelner Bereiche der Einlagerungskammern während der Rückholung,
- Durchörterung der Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern im Bereich der 750-m-Sohle.

Standsicherheitsnachweise können auf unterschiedliche Weisen erbracht werden. Im Bergbau werden solche Nachweise traditionell oftmals unter Anwendung empirisch ermittelter Gleichungen bzw. Kennlinien oder auf Basis von Gebirgsklassifikationen geführt. Modernere Ansätze liegen in der Anwendung numerischer Analysen, z.B. auf Basis finiter Elemente, distinkter Elemente oder finiter Differenzen. Numerische Analysen haben zahlreiche Vorteile und sind den traditionellen Methoden vor allem dann überlegen, wenn sie auf einer breiten und gesicherten Datengrundlage basieren.

Aufgrund der extrem hohen Komplexität der geologischen und bergbaulichen Randbedingungen empfiehlt sich für die Erbringung des großräumigen Standsicherheits- und Integritätsnachweises für die Schachanlage Asse II inklusive Rückholbergwerk der Einsatz großvolumiger dreidimensionaler numerischer Modelle.

Ein solches wurde bereits durch das Institut für Gebirgsmechanik (IfG) Leipzig, das seit Mitte der 1990er Jahre an der Bewertung der gebirgsmechanischen Prozesse im Umfeld der Schachanlage Asse II beteiligt ist, aufgebaut (u.a. [35], [5]). Bis dato bildet dieses Modell einen zentralen Bereich der Asse-Sattelstruktur inklusive geologischem Aufbau, felsmechanischen Kennwerten und der Abbau- und Versatzhistorie ab. Das Finite-Differenzen-Modell des IfG basiert auf einer Vielzahl an enthaltenen Parametern sowie der zeitlichen Implementierung der betrieblichen Abbau- und Versatzhistorie. Zudem konnte es über Jahre hinweg unter der Nutzung real gemessener Verformungen kalibriert werden.

In einem Fachgespräch [57]] wurde seitens IfG angekündigt, dass das existierende 3D-Modell am IfG derzeit auf die gesamte Asse-Sattelstruktur ausgeweitet wird. Nach Abschluss der KPL kann dieses Modell für die Führung eines Nachweises genutzt werden. Dieser Nachweis ist in folgenden Planungsphasen zu erbringen.

5.3.3. Lokale Standsicherheitsnachweise

Auch einzelne untertägige Hohlräume wie z.B. Strecken, Infrastrukturräume, Tagesschächte, Blindschächte usw. bedürfen, u.a. auf Grundlage der ABBergV (§15) [16] und der niedersächsischen ABVO (§§ 60-68) [15], gebirgsmechanischer Standsicherheitsnachweise, anhand derer die jeweils notwendigen Ausbausysteme bestimmt werden.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 218

Auch für die Erbringung lokaler Standsicherheitsnachweise empfiehlt sich die Anwendung numerischer Modelle unter Nutzung moderner Stoffgesetze, die Kriecheigenschaften unterschiedlicher Salzgesteinsarten berücksichtigen. Im Unterschied zum großräumigen Standsicherheits- und Integritätsnachweis genügen hier jedoch weitaus kleinere zwei- oder dreidimensionale Modelle. Im Rahmen der KPL wurde ein 2D-Finite-Elemente-Modell mit Hilfe der Software ANSYS zur Vordimensionierung des hinter den Schildmaschinen einzubringenden Ausbaus entwickelt, siehe Abschnitt 3.14.11.

Von weiteren Standsicherheitsberechnungen wird im Rahmen der KPL abgesehen. Diese werden, unabhängig von dem zum Einsatz kommenden Rückholverfahren, in späteren Planungsphasen zu erbringen sein.

5.3.4. Arbeitssicherheitliche Aspekte

- **Bewetterung**


Die in der ABergV [16] und in der ABVO [15] formulierten Anforderungen werden bei der Ausarbeitung des Bewetterungskonzeptes der Schildmaschinen soweit berücksichtigt, wie im Unterkapitel 3.6 beschrieben. Für das Übergeordnete Bewetterungskonzept sind diese Anforderungen ebenfalls durch die BGE zu berücksichtigen und umzusetzen.

- **Brand- und Explosionsschutz**

Die in der ABergV [16] und der ABVO [15] formulierten Anforderungen sind im Konzept des Brand- und Explosionsschutzes berücksichtigt, wie im Kapitel 7 beschrieben.

- **Fluchtwegs- und Rettungskonzept**

Die in der ABergV [16] und in der ABVO [15] formulierten Anforderungen sind im Fluchtwegs- und Rettungskonzept berücksichtigt, wie im Unterkapitel 3.7 beschrieben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 219

6. Atom- und strahlenschutzrechtliches Sicherheits- und Nachweiskonzept

Im Rahmen dieses Kapitels werden nach einem kurzen Verweis auf die rechtlichen Grundlagen (Unterkapitel 6.1) die Überlegungen zum betrieblichen Strahlenschutz sowie die zugehörigen rechnerischen Grundlagen vorgestellt (Unterkapitel 6.2). Nachfolgend werden die Betrachtungen zur Aktivitätsrückhaltung in den Unterkapitel 6.3 und 6.4 zusammenfassend dargestellt. Abschließend wird die Kritikalitätssicherheit bei der Rückholung der Abfälle betrachtet. Bei allen Diskussionen in diesem Kapitel werden der bestimmungsgemäße Betrieb und der Störfall themenspezifisch in direkter Folge betrachtet.

6.1. Rechtliche Grundlagen

Die rechtlichen Grundlagen werden ausführlich im Abschnitt 2.1.5 beschrieben.

Über die Ausführungen des zuvor genannten Abschnitts hinaus werden die zum Nachweis der Genehmigungsfähigkeit benötigten Unterlagen in Anlehnung an die Atomrechtlichen Verfahrensverordnung (AtVfV) [58] erstellt. Gemäß § 3 AtVfV sind u.a. ein Sicherheitsbericht, Beschreibungen der Schildmaschine und ihrer Komponenten, Angaben zu den sicherheitstechnischen Auslegungsgrundsätzen und Angabe der Vorsorgemaßnahmen gemäß AtG [11] einzureichen.

6.2. Betrieblicher Strahlenschutz

Die Strahlenschutzüberwachung des Rückholbergwerkbetriebes einschließlich der Schildmaschinen erfolgt nach Festlegungen in einer Strahlenschutzanweisung sowie weiterer innerbetrieblicher Regelwerke. Dort werden die Zuständigkeiten beim Betrieb der Schildmaschinen, die Strahlenschutzorganisation, das Verhalten im Kontroll- und Sperrbereich, die Raum- und Arbeitsplatzüberwachung, die Maßnahmen zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle, das Vorgehen bei Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten und bei Störfällen im Detail festgelegt.

Erforderliche mobile Messgeräte wie Kontaminationsmessgeräte, Dosisleistungsmessgeräte und Aerosolmessgeräte werden im Raum 1.09 (Arbeitsraum Strahlenschutz) innerhalb der Schildmaschine vorgehalten. Es werden nur für den jeweiligen Messzweck geeignete Messgeräte eingesetzt.


Im Rahmen dieses Unterkapitels erfolgt zunächst im Rahmen einer Vorüberlegung eine theoretische Einteilung von Strahlenschutzbereichen (Abschnitt 6.2.1), da diese eine Maßnahme des betrieblichen Strahlenschutzes sind. Diese Einteilung wird auf Basis von Erfahrungen aus anderen, vergleichbaren kerntechnischen Projekten vorgenommen

Im Anschluss an diese Vorbetrachtung erfolgt eine Bewertung der zu erwartenden Dosisleistungen in den Arbeitsbereichen über eine Berechnung mit dem Programm MCNP als Grundlage für eine Kollektivdosisabschätzung. In diesem Zusammenhang wurde auch die abschirmtechnische Auslegung der Schildmaschine für das in diesem Konzept verankerte Design vorgenommen.

Hierzu ist jedoch vorab

- eine Ermittlung der radiologischen Eigenschaften des Inventars (Abschnitt 6.2.2 sowie Abschnitt 6.2.3) notwendig, um die für die Bewertung notwendigen radioaktiven Quellen beim Abbau zu charakterisieren sowie

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 220

- der Einfluss von unterschiedlichen Modellparametern auf das Basisabschirmmodell (vgl. Abschnitt 6.2.4) zu quantifizieren (Abschnitt 6.2.5 sowie Abschnitt 6.2.6), um schlussendlich ein abdeckendes Berechnungsmodell zur Bestimmung der Dosisleistung in den Arbeitsbereichen ableiten zu können (vgl. Abschnitt 6.2.7).

6.2.1. Einrichtung von Strahlenschutzbereichen

Im Unterkapitel 3.8 „Übergeordneter Strahlenschutz“ ist der Strahlenschutz bei der Rückholung mittels Schildmaschinen grundlegend beschrieben. In diesem Abschnitt werden die vorgesehenen Strahlenschutzbereiche innerhalb der Schildmaschinen dargestellt. Bei der Rückholung mittels Schildvortrieb werden gemäß §§ 52 und 53 StrlSchV [13] folgende Strahlenschutzbereiche eingerichtet und gekennzeichnet:

- Überwachungsbereich,
- Kontrollbereich und
- Sperrbereich.

Die Einteilung der Strahlenschutzbereiche innerhalb der Schildmaschine ist in der Abbildung 140 für die Ebene 1, in Abbildung 141 für die Ebene 2 und in Abbildung 142 für die Ebene 3 dargestellt. Sperrbereiche sind rot dargestellt, Kontrollbereiche gelb und Überwachungsbereiche grün.

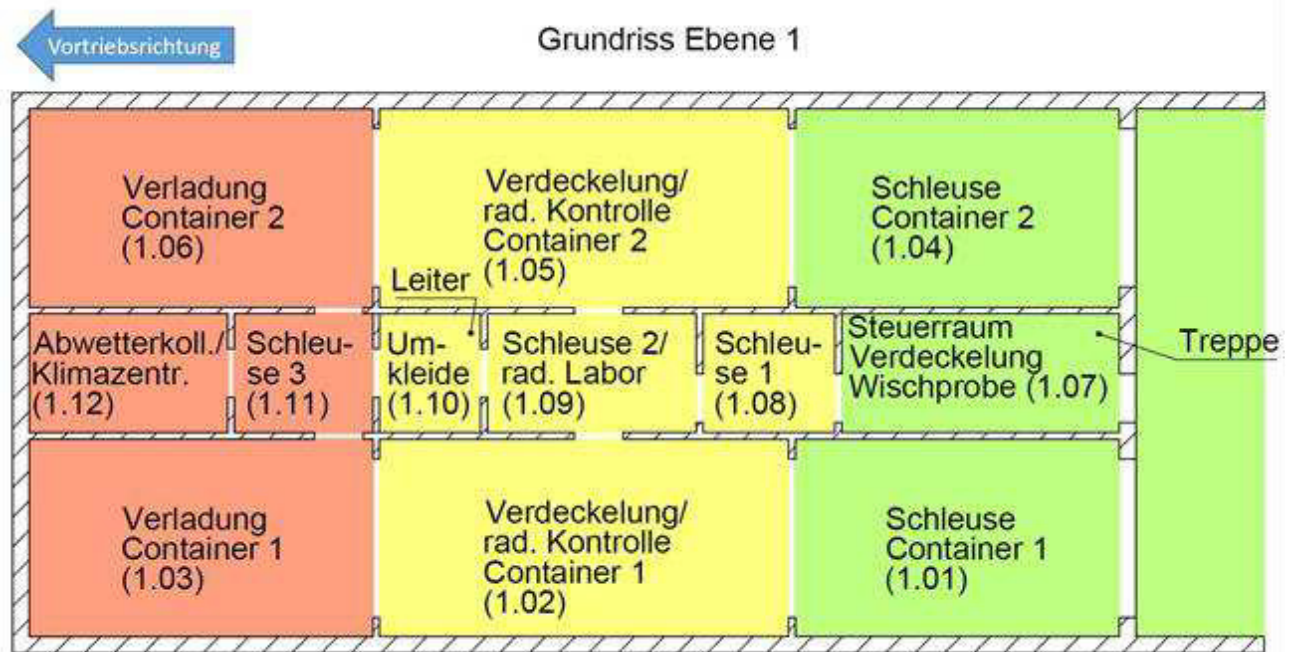



Abbildung 140: Strahlenschutzbereiche auf der Schildmaschine Ebene 1

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 221

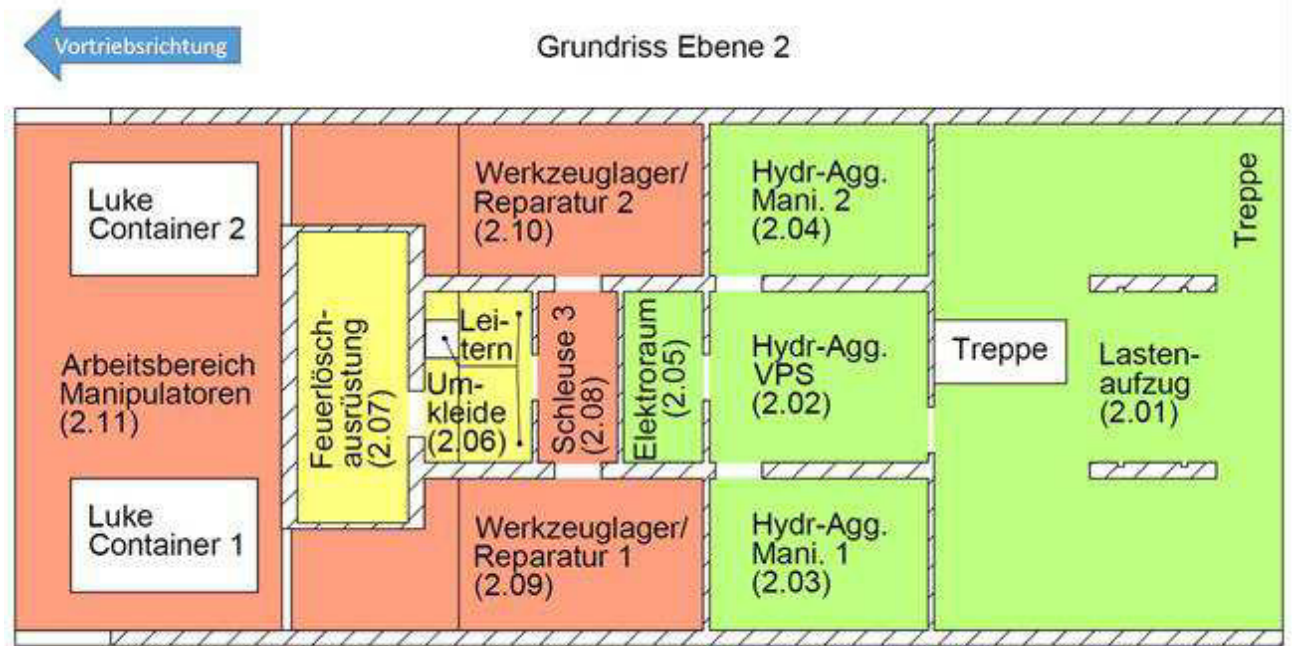


Abbildung 141: Strahlenschutzbereiche auf der Schildmaschine Ebene 2

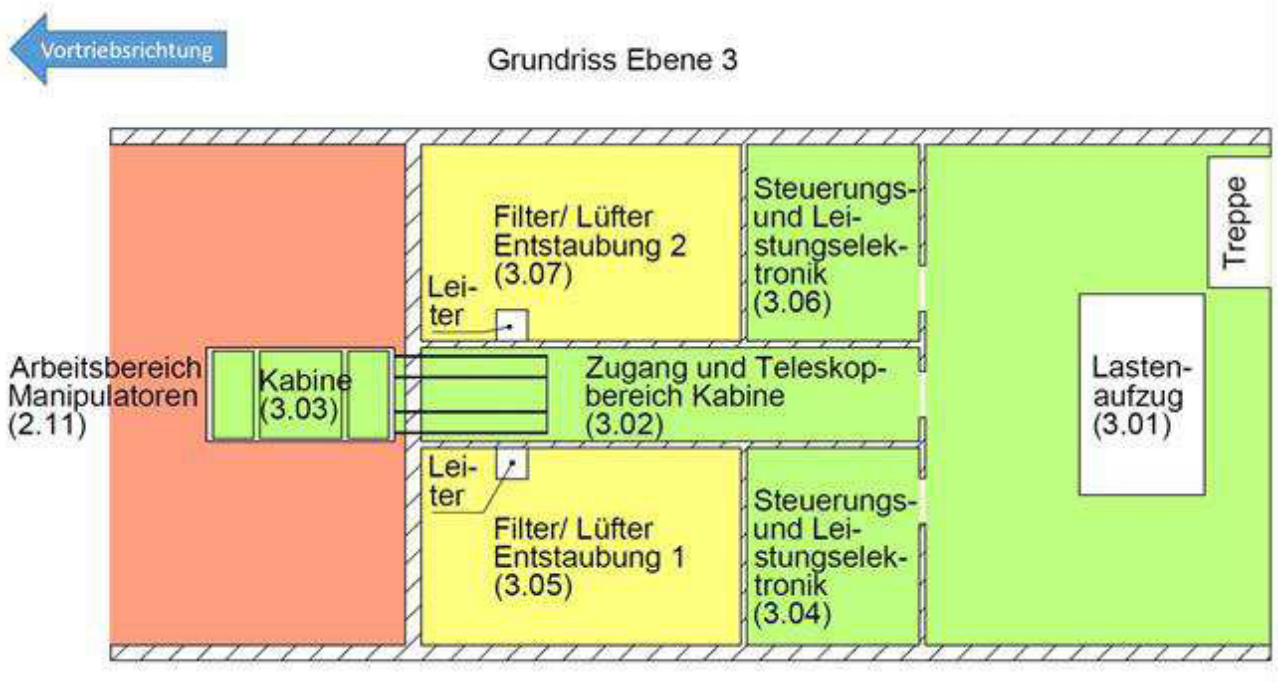



Abbildung 142: Strahlenschutzbereiche auf der Schildmaschine Ebene 3

Darüber hinaus sind die Bereiche um die radiologischen Filter in der Startkaverne als Kontrollbereiche auszuweisen und ggf. räumlich abzugrenzen.

Die Ausweisung oder Umwidmung weiterer Räume oder Bereiche als Strahlenschutzbereiche erfolgt nach Notwendigkeit im Zuge der Entwurfsplanung und nachfolgend durch den Strahlenschutz bei sich ändernden Betriebsbedingungen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 222

6.2.2. Inventarbestimmung

Ziel der nachfolgenden Betrachtungen ist es, den radiologischen Ist-Zustand in den Einlagerungskammern aus den bekannten Rahmenbedingungen wie Einlagerungsdaten und Geometrien von Gebinden abzubilden und aus geplanten Konfigurationen von Schildmaschinen zur Rückholung der radioaktiven Abfälle ein Modell zu erstellen, welches anschließend zur Berechnung von Dosisleistungen an den relevanten Arbeitsplätzen Verwendung findet. So sollen die Einsatzzeiten bzw. die zu erwartende Kollektivdosisleistung für das bei der Rückholung vor Ort befindliche Personal abgeschätzt werden.

Zunächst werden die Eingangsdaten aus [23], [22], [59] im Abschnitt 6.2.2.2 abgeleitet. Auf dieser Grundlage werden anschließend Voruntersuchungen durchgeführt (vgl. Abschnitt 6.2.3), um ein Basismodell erstellen zu können (Abschnitt 6.2.4). In den Abschnitten 6.2.5 und 6.2.6 werden auf Grundlage des Basismodells Variationsberechnungen durchgeführt, um die Sensitivität von abschirmrelevanten Eingangsgrößen zu bestimmen. Hieraus wird ein finales Berechnungsmodell (Abschnitt 6.2.7) abgeleitet. Abschließend werden die Dosisleistungen an den in der Schildmaschine vorliegenden (Dauer-) Arbeitsplätzen rechnerisch im Abschnitt 6.2.8 bestimmt. Die Ergebnisse sowie ein Ausblick auf weitere mögliche Analysen im Rahmen einer Entwurfsplanung finden sich im Abschnitt 6.2.9. Auf dieser Grundlage werden anschließend Voruntersuchungen durchgeführt (vgl. Abschnitt 6.2.3).


6.2.2.1 Datengrundlage

Vorhandene Informationen aus [23] über die Einlagerungskammern beinhalten neben der Lage und Größe der einzelnen Einlagerungskammern auch Angaben zur Anzahl der eingelagerten Gebinde sowie deren Typen. Hierbei ist zu beachten, dass keine Informationen über eventuell zusätzlich vorhandene innere Abschirmungen aus Beton oder Blei für die einzelnen Behältergrößen vorliegen. Hinzu kommen Angaben über Stapeltechnik und gegebenenfalls zur Verfüllung von restlichen Kammervolumen und Zwischenräumen zwischen den Gebinden mit Salzgrus. Um ein „mittleres Gebinde“ für jede Einlagerungskammer zu definieren, können die in Tabelle 6 zusammengefassten Daten über die eingelagerten Gebinde je ELK für die 750-m-Sohle verwendet werden.

Tabelle 6: Eingelagerte Gebindetypen in den Kammern auf der 750-m-Sohle

Gebinde	ELK 1/750	ELK 2/750	ELK 2/750 Na2	ELK 4/750	ELK 5/750	ELK 6/750	ELK 7/750	ELK 8/750	ELK 10/750	ELK 11/750	ELK 12/750
100 I								213	76	16	
150 I				100							
200 I	10.156	5.372	30.504	6.165	7.009	1.617	1.079	10.200	4.266	3.965	6.080
250 I		185		25					20	30	428
300 I	25	29		30	3			154	14	50	24
400 I	752	1.711	6.392	10	1.349	1.184	139	709	280	604	215
VBA		153			1.198	4.799	3.138		8	4.731	717
Sonder			4	10	2	11		2		3	
Summe	10.933	7.450	36.900	6.340	9.561	7.611	4.356	11.278	4.664	9.399	7.464

Mit Hilfe dieser Tabelle können die maximal eingelagerten Quellstärken pro ELK bestimmt werden, nachdem diese pro Gebinde vorliegen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 223

Die Nuklidvektoren, d.h. die nuklidweisen Aktivitäten des Inventars, liegen für jede ELK vor. Als Grundlage für weitere Betrachtungen werden die Daten aus dem Bericht des TÜV-Süd zur Überprüfung des Abfallinventars zum Stichtag 01.01.1980 verwendet [22] Die Datenbasis hierzu ist in Tabelle 32 im Anhang der Unterlage [22] zusammengefasst und bildet den Ausgang für die weiteren Analysen.

6.2.2.2 Berechnung von Nuklidvektoren und Spektren

Der Nuklidvektor (01.01.1980) aus [22] muss rechnerisch über die Berücksichtigung des nuklidspezifischen radioaktiven Zerfalls zum Stichtag der Rückholung am 01.01.2030, der hier zunächst als Startdatum der Rückholung für eine Bewertung angenommen wurde, bestimmt werden.

Wichtiger Hinweis: Im Rahmen der noch folgenden Projektphase, die u. a. eine Beantragung der Genehmigung beinhaltet, kann ein anderes Rückholdatum auf Grundlage eines dann vorliegenden expliziten Terminplans zur Rückholung analog zur hier beschriebenen Vorgehensweise in die Berechnungen einbezogen werden.

Aus dem Nuklidvektor werden für die Abschirmrechnungen die zugehörigen γ -Spektren abgeleitet. Zur Berechnung der zu erwartenden Dosisleistungen im Bereich des Arbeitsbereichs der ELK und im Inneren der Schildmaschine wird lediglich γ -Strahlung betrachtet. α - und β -Strahlung werden vernachlässigt, da die Reichweite dieser Teilchen in Material sehr gering ist. Es wird die Software SCALE des Oak Ridge National Laboratory [60] verwendet, welche Modellierungen und Simulationen zu Fragen der nuklearen Sicherheit, Reaktorphysik, Kritikalitätssicherheit, Abschirmung und Brennstoff-Charakterisierung ermöglicht. Explizit wird für die Berechnungen das Berechnungstool „ORIGEN-S“ aus dem zuvor genannten Softwarepaket verwendet [61], um den radioaktiven Zerfall und einen ggf. möglichen Nuklidaufbau berücksichtigen zu können.


6.2.2.3 Nuklidvektoren

Mit Hilfe des SCALE-Software-Pakets wird der Nuklidvektor vom Stichtag 01.01.1980 zum angenommenen Startdatum der Rückholung am 01.01.2030 zerfallskorrigiert. Das gesamte aufgeführte Nuklidinventar wird hierbei berücksichtigt. Die Betrachtungen sind für eine spätere Rückholung konservativ.

Es ergeben sich die im Anhang 2 aufgeführten Inventare für die einzelnen Einlagerungskammern. Des Weiteren sind die relativen Anteile der häufigsten Nuklide (Hinweis: Hier wurde ein Cut-Off für die Betrachtung ab 0,01 % gewählt) aufgeführt.

6.2.2.4 Energiegruppen-/Quellstärkespektren


Mittels ORIGEN-S lassen sich über die Ermittlung einer Nuklidaktivität auch energiegruppenweise γ -Quellstärken (nachfolgend Energiegruppen- oder Quellstärkespektren genannt) zu einem Stichtag bzw. Referenzzeitpunkt ermitteln. Dies wird für den 01.01.1980 (0 und 0,5 Tage Zerfallszeit) sowie für den 01.01.2030 (50 Jahre Zerfallszeit) durchgeführt. Für 1980 wird das Quellstärkespektrum nach 0,5 Tagen Zerfallszeit des Nuklidvektors angesetzt, da sich aufgrund der Unvollständigkeit des Nuklidvektors ein unvollständiges Energiegruppenspektrum ergibt. Nach einem halben Tag sind auch solche Tochternuklide im Nuklidvektor vorhanden, welche durch einen Zerfall mit kurzer Halbwertszeit aus den Mutternukliden entstehen (z.B. Ba-137m aus Cs-137). Es wird auch explizit eine mögliche Bremsstrahlung berücksichtigt, hier konservativ die Bremsstrahlung an Urandioxid (UO₂).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 224

Die resultierenden Energiegruppenspektren für die einzelnen Einlagerungskammern sind in Tabelle 7 bis Tabelle 9 dargestellt. Farblich gekennzeichnet, gemäß ihres Beitrags zum Energiegruppenspektrum, sind jeweils die 10 größten Quellstärken, die das Spektrum maßgeblich bestimmen:

- 1. Rot,
- 2.-5. Gelb und
- 6.-10. Grün.

Diese Werte sind nicht auf die Gruppenbreite normiert. Die dargestellten Werte können dennoch verglichen werden, da sie jeweils mit den gleichen Energiegrenzen für alle Einlagerungskammern angegeben sind.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept


Blatt: 225

Tabelle 7: Energiegruppenspektren, Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.1980 (Einheit: 1/s)

Quellstärken [1/s] 01.01.1980 (0 Tage)							
E [MeV]	ELK-1-750	ELK-2-750	ELK-2-750-Na2	ELK-4-750	ELK-5-750	ELK-6-750	ELK-7-725
0,000 - 0,020	7,16E+12	7,89E+12	4,42E+12	5,75E+10	8,84E+12	5,85E+13	4,93E+12
0,020 - 0,030	1,00E+12	1,08E+12	5,75E+11	7,08E+08	1,30E+12	1,33E+13	6,10E+11
0,030 - 0,045	3,00E+11	2,89E+11	3,76E+11	5,42E+08	8,20E+11	9,90E+12	1,93E+11
0,045 - 0,070	4,51E+12	4,77E+12	4,79E+11	8,92E+08	2,02E+12	6,66E+12	2,03E+12
0,070 - 0,100	1,50E+11	1,44E+11	1,44E+11	1,23E+09	3,72E+11	4,57E+12	9,20E+10
0,100 - 0,150	1,67E+11	1,19E+11	9,91E+10	1,74E+09	4,19E+11	4,83E+12	1,32E+11
0,150 - 0,300	8,61E+10	6,58E+10	7,12E+10	6,71E+09	2,29E+11	2,84E+12	5,26E+10
0,300 - 0,450	2,82E+10	2,64E+10	7,97E+10	1,11E+08	2,32E+11	4,59E+12	2,78E+10
0,450 - 0,600	4,70E+10	4,14E+10	1,73E+11	8,72E+07	4,18E+11	5,53E+12	8,52E+10
0,600 - 0,750	1,74E+11	1,55E+11	6,59E+11	3,57E+08	1,58E+12	2,06E+13	3,21E+11
0,750 - 1,000	1,62E+11	1,38E+11	6,14E+11	2,57E+08	1,36E+12	1,59E+13	3,03E+11
1,000 - 1,250	1,73E+12	4,69E+12	7,91E+12	1,58E+10	1,11E+13	1,37E+14	1,32E+12
1,250 - 1,500	1,76E+12	4,70E+12	7,93E+12	1,58E+10	1,12E+13	1,38E+14	1,35E+12
1,500 - 1,750	2,91E+09	1,01E+09	8,18E+08	9,96E+05	7,90E+09	8,27E+10	3,17E+09
1,750 - 2,000	3,19E+05	3,03E+05	1,11E+05	5,34E+04	2,19E+05	2,09E+06	2,31E+05
2,000 - 2,500	2,08E+07	5,66E+07	9,50E+07	2,74E+05	1,32E+08	1,63E+09	1,57E+07
2,500 - 3,000	2,92E+05	3,57E+05	2,51E+05	4,92E+04	3,61E+05	2,95E+06	2,18E+05
3,000 - 4,000	2,35E+05	2,39E+05	8,48E+04	4,47E+04	1,28E+05	2,06E+05	1,74E+05
4,000 - 6,000	1,04E+05	1,06E+05	3,79E+04	2,01E+04	5,68E+04	9,22E+04	7,73E+04
6,000 - 8,000	1,16E+04	1,18E+04	4,27E+03	2,27E+03	6,34E+03	1,04E+04	8,63E+03
8,000 - 11,000	1,40E+03	1,42E+03	5,16E+02	2,75E+02	7,64E+02	1,25E+03	1,04E+03
Summe	1,73E+13	2,41E+13	2,35E+13	1,02E+11	3,99E+13	4,22E+14	1,14E+13

E [MeV]	ELK-7-750	ELK-8-750	ELK-8a-511	ELK-10-750	ELK-11-750	ELK-12-750
0,000 - 0,020	5,07E+13	1,95E+12	3,31E+14	7,67E+11	3,17E+13	7,47E+12
0,020 - 0,030	1,00E+13	2,36E+11	1,72E+14	1,32E+11	5,79E+12	1,26E+12
0,030 - 0,045	9,89E+12	2,43E+11	6,81E+13	1,16E+11	4,67E+12	9,51E+11
0,045 - 0,070	7,58E+12	6,53E+11	1,40E+13	9,98E+10	4,54E+12	1,97E+12
0,070 - 0,100	4,70E+12	9,24E+10	8,08E+12	6,11E+10	2,08E+12	5,19E+11
0,100 - 0,150	7,27E+12	4,96E+10	1,08E+13	5,61E+10	2,72E+12	4,54E+11
0,150 - 0,300	2,76E+12	4,51E+10	3,50E+13	3,00E+10	1,33E+12	2,61E+11
0,300 - 0,450	2,36E+12	1,27E+11	1,30E+14	1,95E+10	1,53E+12	1,48E+11
0,450 - 0,600	1,02E+13	3,50E+10	4,75E+13	2,36E+10	3,62E+12	1,78E+11
0,600 - 0,750	3,88E+13	1,33E+11	1,63E+14	8,80E+10	1,37E+13	5,27E+11
0,750 - 1,000	3,62E+13	1,15E+11	2,04E+13	7,55E+10	1,21E+13	4,45E+11
1,000 - 1,250	1,91E+13	1,64E+12	7,21E+14	1,08E+12	6,20E+13	4,57E+12
1,250 - 1,500	2,08E+13	1,65E+12	7,24E+14	1,09E+12	6,26E+13	4,61E+12
1,500 - 1,750	1,89E+11	7,60E+08	2,18E+11	7,38E+08	6,14E+10	4,86E+09
1,750 - 2,000	2,36E+06	1,51E+05	2,53E+06	1,98E+04	7,90E+05	2,33E+05
2,000 - 2,500	1,95E+08	1,98E+07	8,63E+09	1,28E+07	7,34E+08	5,43E+07
2,500 - 3,000	1,16E+06	1,64E+05	1,54E+07	2,66E+04	1,57E+06	2,04E+05
3,000 - 4,000	7,69E+05	1,19E+05	9,12E+05	4,72E+03	3,20E+05	1,04E+05
4,000 - 6,000	3,44E+05	5,33E+04	4,09E+05	2,11E+03	1,43E+05	4,62E+04
6,000 - 8,000	3,87E+04	5,99E+03	4,61E+04	2,37E+02	1,60E+04	5,17E+03
8,000 - 11,000	4,68E+03	7,24E+02	5,59E+03	2,87E+01	1,94E+03	6,23E+02
Summe	2,21E+14	6,97E+12	2,45E+15	3,63E+12	2,09E+14	2,34E+13

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept


Blatt: 226

Tabelle 8: Energiegruppenspektren, Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.1980 nach Zerfall des Nuklidvektors über 0,5 Tage (Einheit: 1/s)

Quellstärken [1/s] 01.01.1980 (0,5 Tage)							
E [MeV]	ELK-1-750	ELK-2-750	ELK-2-750-Na2	ELK-4-750	ELK-5-750	ELK-6-750	ELK-7-725
0,000 - 0,020	7,58E+12	8,10E+12	4,56E+12	6,69E+10	9,49E+12	6,74E+13	5,12E+12
0,020 - 0,030	1,07E+12	1,10E+12	5,91E+11	1,80E+09	1,39E+12	1,48E+13	6,39E+11
0,030 - 0,045	9,00E+11	1,12E+12	8,97E+11	2,85E+09	2,68E+12	2,41E+13	5,25E+11
0,045 - 0,070	4,57E+12	4,79E+12	4,93E+11	1,62E+09	2,10E+12	7,93E+12	2,06E+12
0,070 - 0,100	1,99E+11	1,59E+11	1,57E+11	2,74E+09	4,29E+11	5,56E+12	1,12E+11
0,100 - 0,150	2,08E+11	1,32E+11	1,08E+11	2,47E+09	4,68E+11	5,68E+12	1,49E+11
0,150 - 0,300	1,38E+11	8,23E+10	8,50E+10	7,98E+09	2,90E+11	3,90E+12	7,36E+10
0,300 - 0,450	5,39E+10	3,48E+10	8,93E+10	1,64E+09	2,59E+11	5,06E+12	3,76E+10
0,450 - 0,600	5,65E+10	4,46E+10	1,75E+11	7,77E+08	4,28E+11	5,70E+12	8,89E+10
0,600 - 0,750	6,84E+12	1,02E+13	6,96E+12	2,14E+10	2,37E+13	1,80E+14	4,12E+12
0,750 - 1,000	1,74E+11	1,44E+11	6,22E+11	4,73E+09	1,37E+12	1,60E+13	3,07E+11
1,000 - 1,250	1,73E+12	4,69E+12	7,91E+12	1,60E+10	1,11E+13	1,37E+14	1,32E+12
1,250 - 1,500	1,76E+12	4,70E+12	7,93E+12	1,60E+10	1,12E+13	1,38E+14	1,35E+12
1,500 - 1,750	4,37E+09	1,70E+09	2,36E+09	5,52E+08	8,11E+09	8,56E+10	3,54E+09
1,750 - 2,000	9,76E+08	1,43E+08	1,60E+09	5,90E+07	8,64E+07	8,17E+08	7,84E+07
2,000 - 2,500	4,37E+08	1,03E+08	8,10E+08	1,19E+07	1,61E+08	1,82E+09	3,99E+07
2,500 - 3,000	1,81E+08	7,79E+07	8,40E+07	8,00E+07	5,45E+06	5,63E+06	3,40E+07
3,000 - 4,000	1,70E+06	4,04E+05	2,61E+06	9,21E+04	2,08E+05	5,24E+05	2,55E+05
4,000 - 6,000	1,04E+05	1,06E+05	3,79E+04	2,01E+04	5,68E+04	9,22E+04	7,73E+04
6,000 - 8,000	1,16E+04	1,18E+04	4,27E+03	2,27E+03	6,34E+03	1,04E+04	8,63E+03
8,000 - 11,000	1,40E+03	1,42E+03	5,16E+02	2,75E+02	7,64E+02	1,25E+03	1,04E+03
Summe	2,53E+13	3,53E+13	3,06E+13	1,48E+11	6,49E+13	6,11E+14	1,59E+13

E [MeV]	ELK-7-750	ELK-8-750	ELK-8a-511	ELK-10-750	ELK-11-750	ELK-12-750
0,000 - 0,020	5,98E+13	2,08E+12	3,43E+14	9,16E+11	3,54E+13	8,48E+12
0,020 - 0,030	1,16E+13	2,52E+11	1,75E+14	1,56E+11	6,36E+12	1,43E+12
0,030 - 0,045	2,36E+13	4,50E+11	8,49E+13	3,69E+11	1,28E+13	2,55E+12
0,045 - 0,070	8,90E+12	6,66E+11	1,57E+13	1,20E+11	5,01E+12	2,12E+12
0,070 - 0,100	5,73E+12	1,07E+11	9,42E+12	7,75E+10	2,45E+12	6,33E+11
0,100 - 0,150	8,15E+12	6,05E+10	1,20E+13	6,99E+10	3,04E+12	5,51E+11
0,150 - 0,300	3,85E+12	6,09E+10	3,65E+13	4,75E+10	1,72E+12	3,82E+11
0,300 - 0,450	2,85E+12	1,41E+11	1,31E+14	2,79E+10	1,70E+12	2,03E+11
0,450 - 0,600	1,04E+13	4,08E+10	4,77E+13	2,68E+10	3,69E+12	1,99E+11
0,600 - 0,750	1,91E+14	2,54E+12	3,48E+14	2,96E+12	1,08E+14	1,85E+13
0,750 - 1,000	3,63E+13	1,47E+11	2,05E+13	7,93E+10	1,22E+13	4,63E+11
1,000 - 1,250	1,91E+13	1,64E+12	7,21E+14	1,08E+12	6,20E+13	4,57E+12
1,250 - 1,500	2,08E+13	1,65E+12	7,23E+14	1,09E+12	6,26E+13	4,61E+12
1,500 - 1,750	1,91E+11	4,54E+09	2,22E+11	1,11E+09	6,35E+10	6,36E+09
1,750 - 2,000	7,72E+08	2,48E+08	8,45E+08	9,85E+07	3,42E+08	2,22E+08
2,000 - 2,500	3,60E+08	2,87E+07	8,77E+09	4,72E+07	7,95E+08	1,04E+08
2,500 - 3,000	2,85E+06	4,08E+08	1,63E+07	3,26E+07	1,20E+08	1,38E+08
3,000 - 4,000	9,79E+05	1,79E+05	9,12E+05	1,23E+05	4,11E+05	2,49E+05
4,000 - 6,000	3,44E+05	5,33E+04	4,09E+05	2,11E+03	1,43E+05	4,62E+04
6,000 - 8,000	3,87E+04	5,99E+03	4,61E+04	2,37E+02	1,60E+04	5,17E+03
8,000 - 11,000	4,68E+03	7,24E+02	5,59E+03	2,87E+01	1,94E+03	6,23E+02
Summe	4,02E+14	9,84E+12	2,67E+15	7,02E+12	3,17E+14	4,47E+13

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept


Blatt: 227

Tabelle 9: Energiegruppenspektren, Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.2030 (Einheit: 1/s)

Quellstärken [1/s] 01.01.2030 (50 Jahre)							
E [MeV]	ELK-1-750	ELK-2-750	ELK-2-750-Na2	ELK-4-750	ELK-5-750	ELK-6-750	ELK-7-725
0,000 - 0,020	1,23E+13	1,30E+13	2,24E+12	1,97E+11	8,26E+12	3,37E+13	9,29E+12
0,020 - 0,030	2,02E+12	2,08E+12	3,53E+11	2,42E+10	1,37E+12	6,42E+12	1,47E+12
0,030 - 0,045	4,93E+11	4,51E+11	2,77E+11	2,08E+10	9,52E+11	8,89E+12	2,60E+11
0,045 - 0,070	1,26E+13	1,39E+13	1,68E+12	2,68E+10	6,97E+12	1,09E+13	9,40E+12
0,070 - 0,100	2,13E+11	9,25E+10	1,14E+11	3,20E+10	2,32E+11	3,24E+12	9,13E+10
0,100 - 0,150	1,55E+11	6,92E+10	5,90E+10	1,49E+10	1,86E+11	2,66E+12	6,99E+10
0,150 - 0,300	1,95E+11	7,14E+10	1,05E+11	3,03E+10	1,95E+11	3,01E+12	7,95E+10
0,300 - 0,450	8,94E+10	2,84E+10	6,34E+10	9,80E+09	7,75E+10	1,22E+12	3,13E+10
0,450 - 0,600	3,09E+10	1,67E+10	1,91E+10	9,04E+09	2,73E+10	4,51E+11	1,62E+10
0,600 - 0,750	2,15E+12	3,19E+12	2,05E+12	1,04E+10	7,03E+12	5,06E+13	1,21E+12
0,750 - 1,000	2,88E+10	1,98E+10	3,31E+10	1,19E+10	2,37E+10	2,41E+11	1,53E+10
1,000 - 1,250	2,28E+10	9,80E+09	3,83E+10	2,93E+09	2,15E+10	2,75E+11	5,82E+09
1,250 - 1,500	1,07E+10	8,34E+09	2,21E+10	6,74E+08	1,98E+10	2,43E+11	4,02E+09
1,500 - 1,750	6,21E+09	2,51E+09	9,94E+09	1,58E+09	9,22E+08	9,69E+09	1,70E+09
1,750 - 2,000	1,04E+10	1,27E+09	1,77E+10	5,18E+08	6,48E+08	3,75E+09	7,30E+08
2,000 - 2,500	4,67E+09	5,29E+08	8,08E+09	1,44E+08	2,69E+08	1,27E+09	2,68E+08
2,500 - 3,000	4,12E+09	7,42E+09	6,70E+09	5,13E+09	5,75E+08	1,77E+09	4,77E+09
3,000 - 4,000	1,70E+07	2,73E+06	2,92E+07	9,85E+05	1,05E+06	3,88E+06	1,50E+06
4,000 - 6,000	1,04E+05	1,06E+05	3,74E+04	2,01E+04	4,73E+04	6,56E+04	7,25E+04
6,000 - 8,000	1,15E+04	1,18E+04	4,20E+03	2,27E+03	5,22E+03	7,29E+03	8,02E+03
8,000 - 11,000	1,38E+03	1,41E+03	5,07E+02	2,75E+02	6,25E+02	8,76E+02	9,60E+02
Summe	3,04E+13	3,29E+13	7,10E+12	3,98E+11	2,54E+13	1,22E+14	2,20E+13

E [MeV]	ELK-7-750	ELK-8-750	ELK-8a-511	ELK-10-750	ELK-11-750	ELK-12-750
0,000 - 0,020	4,29E+13	3,25E+12	4,53E+13	5,63E+11	1,93E+13	7,31E+12
0,020 - 0,030	7,89E+12	4,90E+11	8,44E+12	1,04E+11	3,45E+12	1,27E+12
0,030 - 0,045	8,90E+12	1,76E+11	1,12E+13	1,55E+11	4,44E+12	1,04E+12
0,045 - 0,070	2,02E+13	2,74E+12	1,35E+13	1,49E+11	9,83E+12	5,02E+12
0,070 - 0,100	3,33E+12	1,54E+11	4,32E+12	6,24E+10	1,34E+12	3,97E+11
0,100 - 0,150	2,79E+12	6,51E+10	3,61E+12	4,54E+10	1,08E+12	3,11E+11
0,150 - 0,300	3,10E+12	1,62E+11	4,05E+12	6,01E+10	1,20E+12	3,72E+11
0,300 - 0,450	1,26E+12	6,08E+10	1,65E+12	2,49E+10	4,78E+11	1,52E+11
0,450 - 0,600	4,70E+11	7,89E+10	6,15E+11	1,34E+10	1,88E+11	7,19E+10
0,600 - 0,750	4,85E+13	7,83E+11	5,89E+13	9,15E+11	3,00E+13	5,72E+12
0,750 - 1,000	2,67E+11	1,08E+11	4,43E+11	1,32E+10	1,45E+11	5,72E+10
1,000 - 1,250	1,30E+11	1,14E+10	1,13E+12	4,29E+09	1,24E+11	1,75E+10
1,250 - 1,500	1,12E+11	6,68E+09	1,11E+12	2,90E+09	1,16E+11	1,22E+10
1,500 - 1,750	1,10E+10	1,42E+10	1,31E+10	1,66E+09	7,46E+09	5,12E+09
1,750 - 2,000	3,03E+09	1,47E+09	2,08E+09	9,20E+08	1,42E+09	1,41E+09
2,000 - 2,500	9,33E+08	2,10E+08	3,56E+08	3,84E+08	3,91E+08	4,95E+08
2,500 - 3,000	3,40E+07	5,41E+10	2,43E+07	4,57E+09	1,41E+10	1,50E+10
3,000 - 4,000	2,71E+06	5,45E+06	2,49E+05	1,73E+06	2,42E+06	3,03E+06
4,000 - 6,000	1,51E+05	5,26E+04	1,10E+05	1,84E+03	7,52E+04	4,59E+04
6,000 - 8,000	1,67E+04	5,88E+03	1,22E+04	2,06E+02	8,34E+03	5,10E+03
8,000 - 11,000	2,01E+03	7,09E+02	1,47E+03	2,48E+01	1,00E+03	6,12E+02
Summe	1,40E+14	8,16E+12	1,54E+14	2,12E+12	7,17E+13	2,18E+13

Diese Spektren können zur Quelldefinition herangezogen werden, um aus den in den Einlagerungsbedingungen spezifizierten maximal zulässigen Dosisleistungen und der Geometrie der einzelnen eingelagerten Gebinde mit der Software MCNP™ in der Version 6.2 die maximal zulässigen Aktivitäten pro Gebinde zu ermitteln. Exemplarisch ist dies im Abschnitt 6.2.3 für die ELK 7/750 dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 228

6.2.2.5 Referenzspektren

Zur Ermittlung der Referenzspektren werden alle Einlagerungskammern herangezogen, für die im TÜV-Süd-Bericht [22] zum Inventar nuklidspezifische Inventare angegeben sind. ELK 7/725 und ELK 8a/511 liegen nicht auf der 750-m-Sohle, fließen jedoch in die Betrachtungen ein. Die Analysen sind für alle Einlagerungskammern und damit auch für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle abdeckend. Beim Vergleich der Spektren aus Tabelle 10 und Tabelle 11 fallen Ähnlichkeiten für die folgenden Einlagerungskammern auf, aus denen sich drei abdeckende Referenzspektren ableiten lassen, die die jeweils zugeordneten Einlagerungskammern charakterisieren:


- Referenzspektrum 1 beinhaltet die ELK 1/750, 2/750, 7/725: Das Farbschema der Spektren der drei Einlagerungskammern stimmt überein, das Maximum ist bei niedrigen Energien unterhalb von 20 keV zu finden, weitere charakteristisch starke Energiegruppen sind unterhalb von 70 keV und besonders auch der höhere Energiebereich bei 600 bis 750 keV und bei 1 bis 1,5 MeV zu finden.
- Referenzspektrum 2 beinhaltet die ELK 2/750, 5/750, 6/750, 7/750, 8a/511, 10/750, 11/750, 12/750: Hier werden ebenfalls die häufigsten Energiegruppen miteinander verglichen und die Spektren gemäß ähnlicher Färbung in einer Gruppe zusammengefasst.
- Referenzspektrum 3 beinhaltet die ELK 4/750 und 8/750: Diese beiden Spektren weisen ebenfalls ein sehr ähnliches Farbschema auf.

Die in den Spektren aus dem Jahr 1980 festgestellten Ähnlichkeiten der Spektren lassen sich auf die Spektren des Jahres 2030 übertragen. Hierbei ist zu beachten, dass sich die Häufigkeiten der Energiegruppen im Spektrum hin zu niedrigeren Energien verschieben. War der Anteil von γ -Strahlung oberhalb 1 MeV im Jahr 1980 noch sehr hoch, sinkt dieser Anteil in den folgenden 50 Jahren soweit, dass dieser Bereich nicht mehr zu den relativ häufigsten Energiegruppen zählt. Das Maximum bei höheren Energien im Jahr 2030 liegt allgemein bei 600 bis 750 keV.

Bezüglich der Gesamtquellstärken zeigt sich, dass diese sich für die einzelnen Einlagerungskammern in der Zeit zwischen 1980 und 2030 unterschiedlich entwickeln. Für die meisten Einlagerungskammern nimmt die Gesamtquellstärke ab, für einige zeigt sich eine Erhöhung. Die Faktoren zwischen den Quellstärken sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Erwartet wird ein Faktor kleiner als 1,0, d.h. insgesamt eine Reduzierung der Gesamtquellstärke durch den radioaktiven Zerfall, allerdings gibt es für diejenigen Faktoren größer als 1,0 verschiedene Erklärungen:

- möglicherweise unvollständiger Nuklidvektor zum Start,
- Verhältnis von Halbwertszeiten von Mutter- und Tochternukliden (Nuklidaufbau),
- Zerfallsketten,
- Verschiedene Arten von Zerfällen zu Beginn und später im Verlauf der Einlagerungszeit und
- Berücksichtigung von Bremsstrahlungsphotonen.

Die bereits zuvor angesprochenen Referenzspektren werden nun aus den zu Gruppen zusammengefassten Spektren der einzelnen Einlagerungskammern gebildet. Dazu werden die relativen Häufigkeiten der einzelnen Energiegruppen innerhalb eines jeden Spektrums verwendet und das Maximum für jede Energiegruppe innerhalb der zu einer Referenz zusammengefassten Gruppe von Spektren gebildet. Die so gewonnenen (maximalen) Häufigkeiten summieren sich zu Stand: 04.03.2022


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 229
---	-------------------

einem Wert über 1,0 auf. Die resultierende Summe wird wieder (auf 1,0) normiert, wodurch die relativen Häufigkeiten im betreffenden Referenzspektrum (prozentual) entstehen. Diese Referenzspektren sind in Tabelle 10 für das Jahr 1980 und in Tabelle 11 für das Jahr 2030 angegeben.

Tabelle 10: Referenzspektren für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.1980 (nach Zerfall des Nuklidvektors über 0,5 Tage)

Quellstärkespektren 1980 (rel. Anteile)			
E [MeV]	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 3
0,000 - 0,020	27,14%	11,92%	34,06%
0,020 - 0,030	3,58%	4,12%	1,92%
0,030 - 0,045	3,00%	3,68%	3,44%
0,045 - 0,070	15,24%	2,98%	5,09%
0,070 - 0,100	0,66%	0,89%	1,40%
0,100 - 0,150	0,79%	1,27%	1,26%
0,150 - 0,300	0,46%	0,86%	4,06%
0,300 - 0,450	0,20%	3,08%	1,07%
0,450 - 0,600	0,47%	1,62%	0,40%
0,600 - 0,750	24,37%	29,86%	19,43%
0,750 - 1,000	1,63%	5,67%	2,41%
1,000 - 1,250	11,20%	16,97%	12,52%
1,250 - 1,500	11,23%	17,04%	12,59%
1,500 - 1,750	0,02%	0,03%	0,28%
1,750 - 2,000	0,00%	0,00%	0,03%
2,000 - 2,500	0,00%	0,00%	0,01%
2,500 - 3,000	0,00%	0,00%	0,04%
3,000 - 4,000	0,00%	0,00%	0,00%
4,000 - 6,000	0,00%	0,00%	0,00%
6,000 - 8,000	0,00%	0,00%	0,00%
8,000 - 11,000	0,00%	0,00%	0,00%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 230

Tabelle 11: Referenzspektren für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle, 01.01.2030

Quellstärkespektren 2030 (rel. Anteile)			
E [MeV]	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 3
0,000 - 0,020	40,04%	25,81%	36,99%
0,020 - 0,030	6,35%	4,49%	4,53%
0,030 - 0,045	1,54%	5,62%	3,90%
0,045 - 0,070	40,51%	21,12%	25,09%
0,070 - 0,100	0,66%	2,26%	6,01%
0,100 - 0,150	0,48%	1,80%	2,79%
0,150 - 0,300	0,61%	2,18%	5,69%
0,300 - 0,450	0,28%	0,90%	1,84%
0,450 - 0,600	0,10%	0,49%	1,70%
0,600 - 0,750	9,15%	33,17%	7,17%
0,750 - 1,000	0,09%	0,48%	2,24%
1,000 - 1,250	0,07%	0,56%	0,55%
1,250 - 1,500	0,03%	0,55%	0,13%
1,500 - 1,750	0,02%	0,11%	0,30%
1,750 - 2,000	0,03%	0,19%	0,10%
2,000 - 2,500	0,01%	0,09%	0,03%
2,500 - 3,000	0,02%	0,17%	0,96%
3,000 - 4,000	0,00%	0,00%	0,00%
4,000 - 6,000	0,00%	0,00%	0,00%
6,000 - 8,000	0,00%	0,00%	0,00%
8,000 - 11,000	0,00%	0,00%	0,00%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%

In den bisher dargestellten Berechnungen werden relative Häufigkeiten der einzelnen Energiegruppen in den Referenzspektren betrachtet. Um zur weiteren Berechnung die Quellstärken je Energiegruppe im Jahr 1980 und im Jahr 2030 vergleichen zu können, wird das Verhältnis der Gesamtquellstärken der einzelnen Einlagerungskammern aus dem Jahr 2030 zum Jahr 1980 herangezogen. Diese Werte sind bereits in den Berechnungen mit ORIGEN-S ermittelt (vgl. Tabelle 7 und Tabelle 9). Die daraus resultierenden Verhältnisse sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 231
---	------------

Tabelle 12: Faktoren zwischen den berechneten Gesamtquellstärken zwischen 2030 und 1980

Einlagerungs-kammer	Faktor QS(2030)/QS(1980)
ELK 1/750	1,20
ELK 2/750	0,93
ELK 7/725	1,38
Ref. 1	1,38
ELK 2/750 Na2	0,23
ELK 5/750	0,39
ELK 6/750	0,20
ELK 7/750	0,35
ELK 8a/511	0,06
ELK 10/750	0,30
ELK 11/750	0,23
ELK 12/750	0,49
Ref. 2	0,49
ELK 4/750	2,70
ELK 8/750	0,83
Ref. 3	2,70


Das Verhältnis zwischen den Gesamtquellstärken in den Jahren 1980 und 2030 wird für die einzelnen Einlagerungskammern bestimmt. Es ist zu beobachten, dass das Verhältnis innerhalb einer Referenzgruppe ähnlich (größer oder kleiner als 1,0) ist. Den Faktor für die drei Referenzspektren bestimmt das Maximum aus der Gruppe, um eine abdeckende Beschreibung zu erhalten.

Diese Rückrechnung ist notwendig, da sie als Grundlage für die im Abschnitt 6.2.3.1 vorgestellte Voruntersuchung Verwendung findet. Hier wird auf Grundlage der zum Einlagerungszeitpunkt geltenden Annahmebedingungen [59], die im Wesentlichen über Dosisleistungsgrenzwerte bestimmt werden, die zum Einlagerungszeitpunkt je Gebinde zulässige Aktivität über eine Monte-Carlo-Simulation bestimmt. Für den Transfer dieser Ergebnisse auf den geplanten Rückholzeitpunkt (Jahr 2030) sind die in Tabelle 12 abdeckend hergeleiteten Faktoren von Relevanz.

Mit den so gewonnenen Referenzspektren wird die finale Berechnung der Situation bei der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den einzelnen Einlagerungskammern durchgeführt. Inventarseitig sind damit alle Parameter gegeben, um eine Berechnung durchführen zu können.

6.2.3. Voruntersuchungen zu den eingelagerten Gebinden

Im Rahmen dieses Abschnitts werden zwei Voruntersuchungen vorgestellt. Im Abschnitt 6.2.3.1 wird die zum Einlagerungszeitpunkt maximal zulässige gebindespezifische Aktivität abgeleitet. Darüber hinaus beinhaltet Abschnitt 6.2.3.2 eine Voruntersuchung zu einer Homogenisierung der eingelagerten Gebinde bei der Dosisleistungsberechnung. Diese Voruntersuchung ist mit Blick auf die spätere Abbildung des Abfalls in der Schachanlage Asse II im Berechnungsmodell der Schildmaschine relevant. Abschließend wird im Abschnitt 6.2.3.3 der Einfluss der Verfüllung mit Salzgrus und ohne Verfüllung sowie der Art der Gebindelagerung (gestapelt, abgekippt, etc.) untersucht.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 232

6.2.3.1 Berechnung der maximal einlagerungsfähigen Quellstärke aus Behältergeometrie und Einlagerungsbedingungen

Die maximale einlagerungsfähige Quellstärke kann unter Verwendung der γ -Spektren für die einzelnen Einlagerungskammern oder der Referenzspektren für jeden Gebindetyp aus dessen Geometrie und der bei Einlagerung zulässigen Dosisleistung an der Behälteroberfläche berechnet werden. Hierzu wird eine Quelle definiert, welche dem Spektrum von 1980 (0,5 d) entspricht. Mittels Monte-Carlo-Simulation werden die Quellstärken abgeleitet (Gesamtspektrum), die in den einzelnen Gebinden eingelagert wurden, so dass die Annahmebedingungen der SchachanlageASSE II zum Zeitpunkt der Einlagerung erfüllt sind. Diese Annahmebedingungen [59] sind wie folgt definiert:

Für alle Gebindetypen:

- 200 mrem/h = 2 mSv/h an der Oberfläche
- 10 mrem/h = 0,1 mSv/h in 1 m Entfernung.

Für alle Fässer, nicht für VBA, in maximal 10% aller Gebinde:


- 1000 mrem/h = 10 mSv/h an der Oberfläche
- 50 mrem/h = 0,5 mSv/h in 1 m Entfernung.

Die Berechnungen werden mit dem Monte-Carlo-Teilchentransportprogramm MCNP [62] unter Verwendung von Wirkungsquerschnitten für kontinuierliche Energieverteilungen nach ENDF/B VII durchgeführt. MCNP ist ein internationaler Standard auf dem Gebiet nuklearer Anwendungen. Die Informationen für ein bestimmtes Transportproblem werden mittels einer Vielzahl von Detektoren gewonnen, die eine Bilanzierung der Teilchencharakteristika an ihrem jeweiligen Ort ermöglichen. Statistische Hilfwerte geben Auskunft über die Varianz jeder Detektorinformation und erlauben eine Abschätzung der Verlässlichkeit der berechneten Erwartungswerte. Die einfache Standardabweichung der hier erzeugten Berechnungsergebnisse ist sehr gering und wird bei größeren statistischen Unsicherheiten bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt.

Die mit MCNP ermittelten spektralen Photonenflussdichten werden in effektive Umgebungsdosisleistungen $\dot{H} * (10)$ entsprechend ICRP 103 [63] basierend auf ICRP 116 [64] entsprechend der Dosiskonversionsfaktoren nach ICRP 74 [65] umgerechnet.

In den nachfolgenden Abschnitten wird das Verfahren am Beispiel der Gebinde in der ELK 7/750 erläutert.

Für ELK 7/750 wird für die dem Projekt bekannten Fass- und VBA-Typen die maximale einlagerungsfähige Quellstärke bestimmt. Das Ergebnis ist in Tabelle 13 dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 233

Tabelle 13: Maximal einlagerungsfähige Quellstärken pro Gebinde in ELK 7/750 unter Einhaltung der Annahmebedingungen, grün kennzeichnet ein mittleres VBA-Gebinde

Eingelagerte Gebinde-typen	Mit MCNP berechnete DL		rel. Fehler	DLmax [mSv/h]	Grenzwerte eingehalten		Grenzwerte überschritten	
	[mSv/h]/[1/s]				rel. Fehler	rel. Fehler	rel. Fehler	rel. Fehler
200I	2,59E-11		0,09%	0,1	3,85E+09	0,09%	1,93E+10	0,09%
200IB	1,57E-11		0,07%	0,1	6,36E+09	0,07%	3,18E+10	0,07%
400I	1,99E-11		0,10%	0,1	5,02E+09	0,10%	2,51E+10	0,10%
400IB	8,39E-12		0,09%	0,1	1,19E+10	0,09%	5,96E+10	0,09%
400I200I	2,23E-11		0,09%	0,1	4,49E+09	0,09%	2,25E+10	0,09%
400I200IB	9,29E-12		0,07%	0,1	1,08E+10	0,07%	5,38E+10	0,07%
BN20	lokal	1,86E-12	0,61%	0,1	5,37E+10	0,61%		
	global	1,70E-12	0,13%	0,1	5,89E+10	0,13%		
BN20B	lokal	7,01E-13	0,71%	0,1	1,43E+11	0,71%		
	global	7,04E-13	0,16%	0,1	1,42E+11	0,16%		
BN40B	lokal	1,59E-12	0,56%	0,1	6,29E+10	0,56%		
	global	1,58E-12	0,08%	0,1	6,35E+10	0,08%		
BN41		3,00E-12	0,30%	0,1	3,33E+10	0,30%		
BN41B		1,49E-12	0,10%	0,1	6,73E+10	0,10%		
BS20	lokal	6,64E-13	0,65%	0,1	1,51E+11	0,65%		
	global	5,72E-13	0,15%	0,1	1,75E+11	0,15%		
BS20B	lokal	3,09E-13	0,75%	0,1	3,23E+11	0,75%		
	global	2,95E-13	0,17%	0,1	3,39E+11	0,17%		
BS40B	lokal	7,16E-13	0,75%	0,1	1,40E+11	0,75%		
	global	6,58E-13	0,12%	0,1	1,52E+11	0,12%		
BS41		1,38E-12	0,08%	0,1	7,26E+10	0,08%		
BS41B		6,69E-13	0,12%	0,1	1,49E+11	0,12%		

Zur Berechnung der in der ELK 7/750 eingelagerten Gesamtquellstärke wird die maximal eingelagerte Quellstärke pro Gebinde eines Gebindetyps über die verschiedenen Ausführungen bzgl. zusätzlicher Abschirmung in den einzelnen Gebindeklassen gemittelt, mit der Anzahl der eingelagerten Gebinde dieser Klasse multipliziert und zum Ergebnis für die gesamte Einlagerungskammer aufsummiert,

$$Q_{ELK}^{max} = \sum_{\text{Gebindeklasse}} n_{\text{Gebindeklasse}} \left(\frac{\sum_{\text{Gebindetyp}} Q_{\text{Gebindetyp}}^{max}}{n_{\text{Gebindetyp}}} \right) \quad 6.2.3.1 - I.$$

wobei Q_{ELK}^{max} die maximale einlagerungsfähige Quellstärke für diese Einlagerungskammer, $n_{\text{Gebindeklasse}}$ die Anzahl Gebinde eines Gebindeklasse (s. Tabelle 13), $Q_{\text{Gebindetyp}}^{max}$ die maximal in einem speziellen Gebindetyp einlagerungsfähige Quellstärke und $n_{\text{Gebindetyp}}$ die Anzahl Gebindetypen in der Gebindeklasse sind.

In dieser Berechnung finden

- die maximale Quellstärke pro Gebinde,
- ein mittleres Gebinde des Gebindetyps und
- die eingehaltenen Annahmebedingungen (ohne Grenzwertüberschreitung)

Verwendung.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 234

Die einzelnen Schritte zur Berechnung der für die ELK 7/750 verwendeten Quellstärke sind in Abbildung 143 schematisch dargestellt.

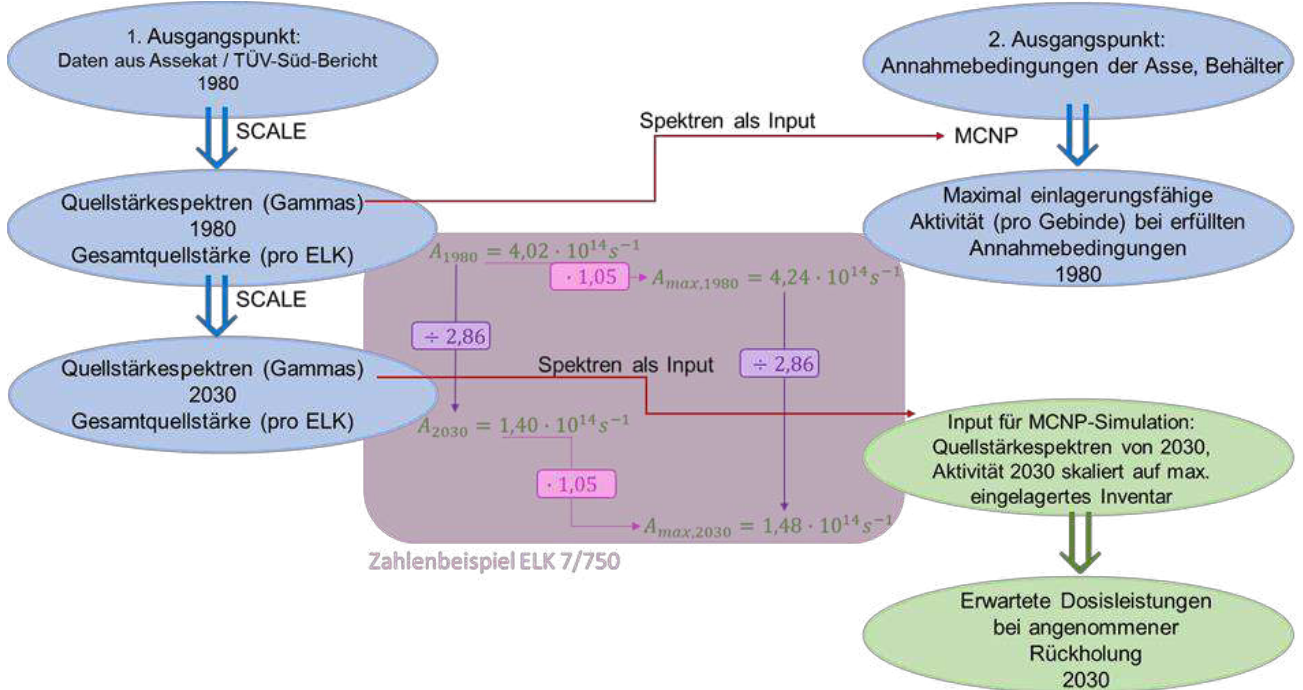



Abbildung 143: Vorgehensweise bei der Berechnung von Quellstärken für die in der Schachanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfälle, die bei der Rückholung zu erwartenden Dosisleistungen führen am Beispiel von ELK 7/750

Der erste Ausgangspunkt für die Berechnung sind die Daten aus dem Bericht des TÜV Süd [22], aus welchem wie zuvor beschrieben die Quellstärkespektren für Photonen (und die Nuklidvektoren) für das Jahr 1980 (0,5 Tage Zerfallszeit) und für das Jahr 2030 (50 Jahre Zerfallszeit) bestimmt werden. Zwischen den Quellstärken für die beiden Stichtage liegt der in Abbildung 143 aufgeführte Faktor von 2,86.

Als zweiter Ausgangspunkt dienen die Annahmebedingungen bei der Einlagerung der radioaktiven Abfälle in die Schachanlage Asse II und die Geometrie der Gebinde. Aus diesen Angaben wird die maximale einlagerungsfähige Aktivität pro ELK unter Einhaltung der Annahmebedingungen (hier dargestellt) oder mit in 10% der Fälle überschrittenen Werten berechnet. Zwischen der laut TÜV enthaltenen Quellstärke und der so ermittelten Quellstärke ergibt sich ein Faktor (bei ELK 7/750 größer als 1,0).

Um nun ein Inventar für die Rückholsituation im Jahr 2030 zu erhalten, wird die maximal einlagerungsfähige Quellstärke aus dem Jahr 1980 mit dem Faktor zwischen den Gesamtquellstärken aus 2030 und 1980 aus dem linken Zweig der schematischen Darstellung in Abbildung 143 multipliziert und das Spektrum für das Jahr 2030 (Phase A) mit der so ermittelten Quellstärke als Input für die weiteren Berechnungen verwendet.

In Abbildung 143 sind im inneren Rechteck die Zahlenwerte für das betrachtete Beispiel abgebildet. Es resultiert ein Faktor von 1,05 zwischen der laut TÜV-Bericht [22] eingelagerten Quellstärke und der maximalen einlagerungsfähigen Quellstärke unter Einhaltung der Annahmebedingungen (ohne Grenzwertüberschreitung). Die Quellstärke nimmt zwischen 1980 und 2030 um einen Faktor 2,86 ab.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 235

Diese Quellstärke wird für die Berechnungen im Testszenario verwendet, da die Grenzwerte nur an 10% der Fässer überprüft werden und somit eine Sicherheitsmarge in die Bewertung eingebracht wird.

Aus den Untersuchungen der maximalen einlagerungsfähigen Quellstärke für die ELK 7/750 können zwei Gebindetypen identifiziert werden, die im Folgenden zur Betrachtung des vorhandenen Inventars dienen:

- Zum einen wird ein einfaches 200-l-Fass ohne Innenabschirmung betrachtet. Dies bedeutet, dass nur eine sehr dünne Stahlwand das Inventar von der Umgebung trennt.
- Zum anderen wird ein „mittleres“ VBA (BN20B) gewählt, um die Kategorie der VBA zu repräsentieren. Das VBA stellt ein Gebinde mit dicker Abschirmung dar.

Es ergeben sich die in Tabelle 14 zusammengefassten maximalen einlagerungsfähigen Quellstärken zum Zeitpunkt 1980 (0,5 Tage) für die zwei betrachteten Gebindetypen.

Tabelle 14: Maximal einlagerungsfähige Quellstärken pro Gebinde (200 l, VBA) bezogen auf die drei Referenzspektren

Gebinde- typ	Messpunkt	DL max. [mSv/h]	Ref. 1 QS [1/s]	Ref. 2 QS [1/s]	Ref. 3 QS [1/s]
200 l:	0,1m Mantel	2,0	9,37E+09	6,23E+09	8,97E+09
	0,1m Boden	2,0	9,66E+09	6,40E+09	9,26E+09
	0,1m Deckel	2,0	9,81E+09	6,51E+09	9,40E+09
	1m Mantel	0,1	4,53E+09	3,01E+09	4,34E+09
	1m Boden	0,1	7,09E+09	4,72E+09	6,79E+09
	1m Deckel	0,1	7,19E+09	4,76E+09	6,88E+09
VBA:	OFL Mantel lokal	2,0	4,62E+11	3,02E+11	4,21E+11
	OFL Mantel gesamt	2,0	4,69E+11	3,09E+11	4,29E+11
	OFL Boden	2,0	4,93E+11	3,21E+11	4,49E+11
	OFL Deckel	2,0	4,48E+11	2,97E+11	4,17E+11
	OFL Kehle	2,0	5,57E+11	3,67E+11	5,12E+11
	1m Mantel lokal	0,1	1,25E+11	8,11E+10	1,13E+11
	1m Mantel gesamt	0,1	1,23E+11	8,10E+10	1,12E+11
	1m Boden	0,1	1,77E+11	1,15E+11	1,60E+11
	1m Deckel	0,1	1,60E+11	1,08E+11	1,48E+11

Es wird darauf hingewiesen, dass bei der gebindeweisen Berechnung der Quellstärken für das Jahr 2030 davon ausgegangen wird, dass der zwischen den Quellstärken aus den Jahren 1980 und 2030 bestimmte einlagerungskammerspezifische Faktor aus Abbildung 143 für jedes einzelne Gebinde gilt und somit die Werte aus Tabelle 12 Verwendung finden können.

Werden diese Faktoren auf die maximale einlagerungsfähige Quellstärke aus dem Jahr 1980 (0,5 Tage) angewendet, ergibt sich so die Quellstärke für dieses Gebinde zum Zeitpunkt 2030. Zusammen mit dem Quellstärkespektrum für das Jahr 2030 ist hiermit das Auslegungsgebinde für das betreffende Spektrum (einlagerungskammerspezifisch, referenzspezifisch) als Grundlage der Berechnung der zu erwartenden Dosisleistungen bei der Rückholung bestimmt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 236

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

6.2.3.2 Homogenisierte vs. Explizite Rechnung

Bei der expliziten Darstellung werden einzelne, Inventar enthaltende Gebinde im Berechnungsmodell abgebildet. Es werden somit intakte Gebinde beschrieben, welche in bestimmter Weise in der ELK gestapelt werden und deren Zwischenräume entweder unverfüllt (d. h. mit Luft gefüllt) bleiben oder mit Salzgrus gefüllt sind.

Bei der Betrachtung einer Homogenisierung werden beschädigte Gebinde angenommen, deren Inhalt vollständig durchmischt wurde. Es wird mit einem „Mischmaterial“ und einer mittleren Dichte gerechnet, welches im korrekten Verhältnis das Inventar (hier Dichte 1 g/cm³ angenommen), das abschirmende Material aus der Hülle des Gebindes (Stahl, Beton, Mörtel, Blei) und das bei der Stapelung verwendete Füllmaterial (Salz, Luft) berücksichtigt.

Die Aktivität wird hierbei wie die Dichte über das gesamte Zellvolumen, welches das Gebinde und die ihm zugeordnete Menge an Füllmaterial beinhaltet, verteilt. Dies bewirkt, dass die Aktivität weniger konzentriert ist, d.h. es ergibt sich eine kleinere volumenspezifische Aktivität. Dem gegenüber steht bei dieser Vorgehensweise, dass „aktivitätsfreie“ Bereiche entfallen und somit innerhalb des Gebindestapels keine rein abschirmenden Strukturen existieren. Die Zellengröße ist hier über die Art der Stapelung in einem Gitter und einen angenommenen Abstand zwischen den Gebinden gegeben. (Hinweis zu den vorliegenden Berechnungen: Bei der hexagonalen, dichtesten Stapelung wird der Zwischenraum zwischen den Gebinden auf null gesetzt, bei einem rechtwinkligen Gitter auf ca. 1 cm).

Zur Konkretisierung der Betrachtungen auf Grundlage der in der Schachtanlage Asse II wahrscheinlich vorzufindenden Gebindekonfiguration wird nachfolgend eine Vergleichsrechnung für 200-l-Fässer und VBA mit Co-60 und Cs-137 in einer Gebindematrix von 5x5x5 Gebinden durchgeführt und vorgestellt.

In Abbildung 144 sind die MCNP-Modelle für die Vergleichsrechnung zwischen expliziter und homogenisierter Darstellung der Gebinde (hier VBA) gezeigt. zum Einsatz kommt eine 5x5x5-Matrix mit quaderförmigen Zellen.

Aus dem Vergleich der Dosisleistungsmaxima in Ebenen in 0 m, 1 m und 2 m Entfernung von der Quelle für die explizite und die homogenisierte Darstellung resultiert, dass der homogenisierte Fall im Rahmen der statistischen Genauigkeit abdeckend ist.

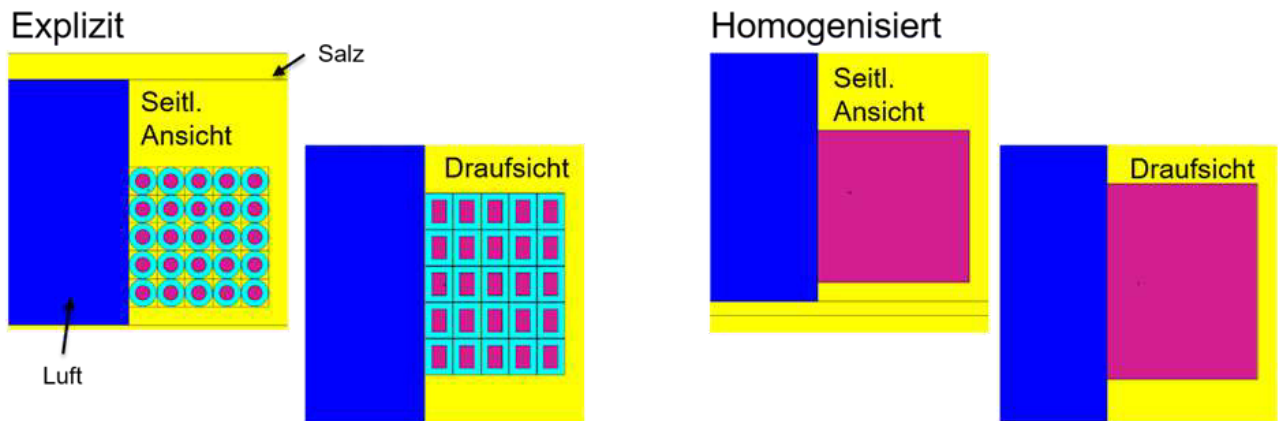



Abbildung 144: Modelle für die Vergleichsrechnung zwischen explizit dargestellten und homogenisierten Gebinden entsprechend einer 5x5x5-Matrix im rechtwinkligen Gitter (hier VBA, Verfüllung mit Salz)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 237

Einzig bei salzverfüllten 200-I-Fässern stimmt diese Aussage für den Nahbereich nicht. Dieser Effekt tritt durch die Wölbung der Fässer auf, wo (im expliziten Fall) die Aktivität bis zum Rand des Gittervolumens konzentrierter angeordnet ist, sodass an diesen Stellen eine höhere Dosisleistung erreicht wird als im homogenisierten Fall.

Die Faktoren zwischen expliziter und homogenisierter Darstellung sind in Tabelle 15 angegeben. Zur Darstellung wird der Quotient aus homogenisierter und expliziter Rechnung gebildet.

Der Effekt ist erwartungsgemäß für VBA mit ihrer dickeren Abschirmung größer, ebenso bei Verfüllung mit Salz, da dieses eine größere Abschirmwirkung als Luft aufweist.

Tabelle 15: Vergleich der Dosisleistungsmaxima in 0 m, 1 m und 2 m entfernten Ebenen über das Verhältnis (Faktoren) zwischen expliziter und homogenisierter Darstellung des Inventars für die Nuklide Co-60 und Cs-137, Salz- und Luftverfüllung und zwei Gebindetypen (200-I-Fass, VBA)

Co-60		0 m	1 m	2 m
200 I	Luft	1,01	1,03	1,04
	Salz	0,74	1,03	0,99
VBA	Luft	5,79	7,27	6,88
	Salz	6,22	13,28	10,85

Cs-137		0 m	1 m	2 m
200 I	Luft	1,00	1,00	0,96
	Salz	0,72	1,12	1,06
VBA	Luft	13,75	16,67	16,11
	Salz	14,86	38,80	31,17


6.2.3.3 Einfluss der Verfüllung mit Salz oder Luft und der Art der Stapelung

Für diese Untersuchungen wird ein Block der Größe 4 x 4 x 4 m modelliert, welcher homogenisiertes Material beinhaltet, das verschiedene Verfüllungen und Arten der Stapelung aufweist. Die untersuchten Parameter spiegeln sich bei der Homogenisierung in der Materialzusammensetzung und der Dichte wider.

Bei der Betrachtung von Luft zwischen den Fässern wird bei den nun folgenden Untersuchungen der homogenisierte Block als von Luft eingeschlossen berücksichtigt. Bei einer Verfüllung mit Salz ist an allen Seiten mit Ausnahme der Vorderseite eine Salzumgebung unterstellt.


Die Begründung für diesen Ansatz ist auf die nachfolgende Überlegung zurückzuführen. In Bezug auf die Abschirmung der eingelagerten radioaktiven Abfälle spielt es eine Rolle, ob die Gebinde in den Einlagerungskammern nur aufeinandergestapelt wurden oder ob die Zwischenräume zwischen den einzelnen Gebinden mit Salzgrus verfüllt wurden. Salz hat eine höhere Abschirmwirkung als Luft, so dass erwartet wird, dass für die Modellierung des Inventars das abdeckende Szenario durch Luft in den Zwischenräumen gegeben ist.

Da zu erwarten ist, dass die Größe des Effekts gebindeabhängig ist, wird die nachfolgende Untersuchung für zwei stark unterschiedliche Gebindetypen, das 200-I-Fass ohne Abschirmung und ein VBA (BN20B), durchgeführt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 238

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 16 und Tabelle 17 zusammengefasst. Erwartungsgemäß bildet eine Stapelung von VBA im hexagonalen Gitter mit Luft in den Zwischenräumen zwischen den Gebinden das Maximum. Der Faktor zwischen eingehaltenen und zu 10 % überschrittenen Grenzwerten aus den Annahmebedingungen gilt nur für 200-I-Fässer und beträgt 1,4.

Das Referenzspektrum 3 zeigt deutlich höhere Werte als Referenzspektrum 1 und 2 für VBA, wobei in den hier zusammengefassten Einlagerungskammern keine VBA eingelagert sind, so dass das 200-I-Szenario für diese Einlagerungskammer gewählt wird.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept


Blatt: 239

Tabelle 16: Parametereinfluss 200 I (Stapelung, Verfüllung)

Dosisleistungen [mSv/h]					
	Abstand	200I Luft Rec.		200I Luft Hex.	
		eingehaltene GW	überschrittene GW*	eingehaltene GW	überschrittene GW*
Referenzspektrum 1	0 m	0,46	0,65	0,47	0,65
	1 m	0,28	0,40	0,29	0,41
	2 m	0,17	0,23	0,17	0,24
	3 m	0,11	0,15	0,11	0,15
Referenzspektrum 2	0 m	0,42	0,58	0,42	0,59
	1 m	0,26	0,36	0,26	0,37
	2 m	0,15	0,22	0,16	0,22
	3 m	0,09	0,13	0,10	0,14
Referenzspektrum 3	0 m	1,72	2,41	1,74	2,44
	1 m	1,05	1,47	1,07	1,50
	2 m	0,62	0,87	0,65	0,91
	3 m	0,38	0,53	0,39	0,55

Dosisleistungen [mSv/h]					
	Abstand	200 I Salz Rec.		200 I Salz Hex.	
		eingehaltene GW	überschrittene GW*	eingehaltene GW	überschrittene GW*
Referenzspektrum 1	0 m	0,27	0,38	0,39	0,55
	1 m	0,17	0,24	0,24	0,34
	2 m	0,10	0,14	0,15	0,21
	3 m	0,06	0,09	0,09	0,12
Referenzspektrum 2	0 m	0,24	0,34	0,35	0,49
	1 m	0,15	0,21	0,22	0,31
	2 m	0,09	0,12	0,13	0,18
	3 m	0,05	0,08	0,08	0,11
Referenzspektrum 3	0 m	1,01	1,41	1,46	2,05
	1 m	0,62	0,87	0,90	1,26
	2 m	0,37	0,51	0,56	0,79
	3 m	0,22	0,31	0,32	0,45

*Gemäß Annahmebedingungen dürfen 10 % der Gebinde eine höhere Dosisleistung aufweisen. Bei der Berechnung wurde die Quellstärke entsprechend erhöht.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 240

Tabelle 17: Parametereinfluss VBA (Stapelung, Verfüllung)

Dosisleistungen [mSv/h]					
	Abstand				
		VBA Luft Rec.	VBA Luft Hex.	VBA Salz Rec.	VBA Salz Hex.
Referenzspektrum 1	0 m	1,24	1,25	0,94	1,13
	1 m	0,80	0,80	0,59	0,71
	2 m	0,47	0,47	0,35	0,42
	3 m	0,29	0,30	0,22	0,26
Referenzspektrum 2	0 m	1,03	1,03	0,78	0,94
	1 m	0,65	0,66	0,49	0,59
	2 m	0,40	0,41	0,30	0,36
	3 m	0,24	0,25	0,18	0,22
Referenzspektrum 3	0 m	4,25	4,26	3,21	3,88
	1 m	2,67	2,70	2,01	2,43
	2 m	1,60	1,62	1,19	1,45
	3 m	0,98	1,01	0,73	0,88

6.2.4. Modellierung der Schildmaschine


In diesem Abschnitt wird zunächst das Basismodell der Schildmaschine beschrieben. In den Abschnitten 6.2.5 und 6.2.6 werden auf Grundlage dieses Modells Variationsberechnungen durchgeführt, um die Sensitivität von abschirmrelevanten Eingangsgrößen zu bestimmen. Hieraus wird ein finales Berechnungsmodell (Abschnitt 6.2.7) abgeleitet. Abschließend werden die Dosisleistungen an den in der Schildmaschine vorliegenden (Dauer-) Arbeitsplätzen rechnerisch im Abschnitt 6.2.8 bestimmt. Die Ergebnisse sowie ein Ausblick auf weitere mögliche Analysen im Rahmen einer Entwurfsplanung finden sich im Abschnitt 6.2.9.

Um eine Abschätzung für die zu erwartenden Dosisleistungen an Arbeitsplätzen aufbauend auf den im Abschnitt 6.2.1 beschriebenen Strahlenschutzbereichen innerhalb der Schildmaschine bei der Rückholung zu erhalten, ist es neben der Kenntnis des zu erwartenden Inventars wichtig, die bei der Rückholung einzusetzende Schildmaschine mit ihren abschirmtechnisch relevanten Details in die vorgesehene Monte-Carlo-Simulation einfließen zu lassen.

Die Definition von Arbeitsplätzen wird im Rahmen der KPL vorgegeben und in drei Kategorien unterteilt:

- Dauerarbeitsplatz, womit Arbeitsplätze gemeint sind, an denen sich Personen längere Zeit aufhalten (Steuerstand und radiologisches Labor),
- Arbeitsplatz im Störfall, z.B. in den Räumen für Verladung, Verdeckelung, Manipulatoren, Werkzeuglager, Filter, etc. und
- Arbeitsplatz in anomalem Zustand, z.B. in der Schleuse 3, Wischprobe, Umkleide, etc.

Die anzusetzenden Aufenthaltsdauern an diesen definierten Arbeitsplätzen stehen zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch aus, da hierfür eine Ausdetaillierung notwendig ist, die über das in diesem Bericht dargestellte Konzept hinausgeht. Im Folgenden werden die vorgesehenen Arbeitsplätze mittels der Abschätzung, dass in deutschen Kernkraftwerken maximale Dosisleistungswerte im

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 241

Bereich von 1 $\mu\text{Sv/h}$ bis 10 $\mu\text{Sv/h}$ eingehalten werden müssen, um sich im Rahmen einer vertretbaren Kollektivdosis an einem Arbeitsplatz aufhalten zu können, bewertet (Die Werte im radiologischen Labor sind aufgrund höherer Abschirmung deutlich geringer).

6.2.4.1 Technisches Modell der Schildmaschine

Die Basis für das mit MCNP entwickelte Modell bildet das 3D-CAD-Modell der Schildmaschine.

6.2.4.2 Modell in MCNP

Die Positionen der Wände und Außenabmessungen leiten sich aus dem 3D-Modell der Schildmaschine ab (siehe Abschnitt 3.2). Die Wandstärken des Schildmantels werden mit einer Stärke von jeweils 80 mm angenommen. Türen, Rolltore und die Lukendeckel über der Verladestation sind mit 4 mm Stahl im Modell berücksichtigt. Eventuell vorhandenes Material zur Ausschäumung ist nicht berücksichtigt, ebenso wenig wie die Inneneinrichtung.

Der Steuerstand ist mit einer Wandstärke von 50 mm und einer Deckenstärke von 20 mm modelliert. Die Front sowie der Boden des vorderen Bereichs, in dem das Bedienpersonal die Rückholung auf Sicht steuern können soll, ist aus Bleiglas mit einer Dicke von 100 mm im Boden und 50 mm an der Front berücksichtigt.

Als Quelle radioaktiver Strahlung (hier γ -Strahlung) wird einzig das eingelagerte Inventar in den Einlagerungskammern berücksichtigt. Eventuell im Inneren der Maschine vorhandenes radioaktives Material, z.B. in der Umverpackung oder in der Lüftung, ist nicht im Modell berücksichtigt.

6.2.4.3 Basismodell

Das Basismodell wird wie folgt auf Grundlage der Voruntersuchungen der vorangegangenen Abschnitte aufgesetzt:

- Es wird die ELK 7/750 zur Inventarermittlung eingesetzt. Dies beinhaltet i. W.:
 - VBA in rechtwinkliger Stapelung,
 - Salzverfüllung.
- Drei Schildmaschinen fahren die Einlagerungskammer parallel an.
- Im Zwischenraum zwischen den Maschinen befindet sich Luft.

Ein Schnitt durch das Modell der Schildmaschine ist in Abbildung 145 dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 242

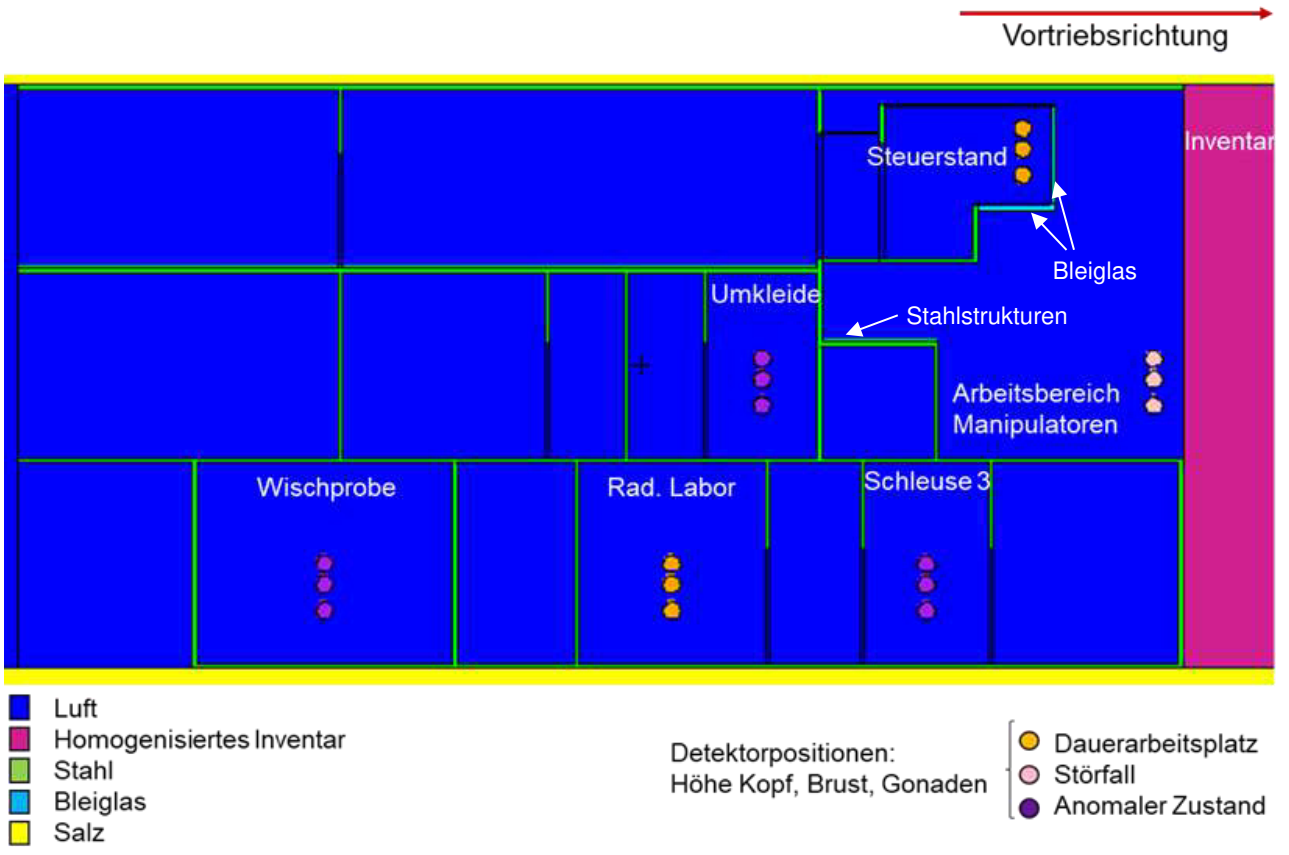



Abbildung 145: Modell der Schildmaschine, Schnitt vertikal durch die Mitte der Maschine, relevante Detektoraufpunkte in dieser Ebene sind durch drei übereinanderliegende Kreise gekennzeichnet

Abbildung 145 zeigt das Inventar bzw. die ELK auf der rechten Seite. Die Schildmaschine fährt bei dieser Darstellung nach rechts. Die als relevant identifizierten Räume in dieser Schnittebene der Schildmaschine auf den verschiedenen Ebenen sind gekennzeichnet und mit jeweils drei Aufpunkten zur Bestimmung der Dosisleistung, sogenannten Detektoren, versehen. Diese decken Kopf-, Brust- und Gonadenhöhe für eine stehende Person (bzw. eine sitzende Person im Steuerstand) ab. Unter der Annahme einer Körpergröße von 180 cm sind die Positionen auf den Höhen 90 cm (Gonaden), 135 cm (Brust) und 170 cm (Kopf) festgelegt. Es werden kugelförmige Detektoren mit einem Radius von 15 cm eingesetzt. Für die sitzende Position im Steuerstand werden die Positionen jeweils um 40 cm abgesenkt.

Ein Schnitt in horizontaler Richtung auf Brusthöhe eines Menschen vor Ort auf der Ebene 1, der Ebene 2, der Ebene 3 und im Steuerstand ist in Abbildung 146 zu sehen. Hier sind ebenfalls die relevanten Räume bzw. als Arbeitsplätze definierten Positionen gekennzeichnet.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 243

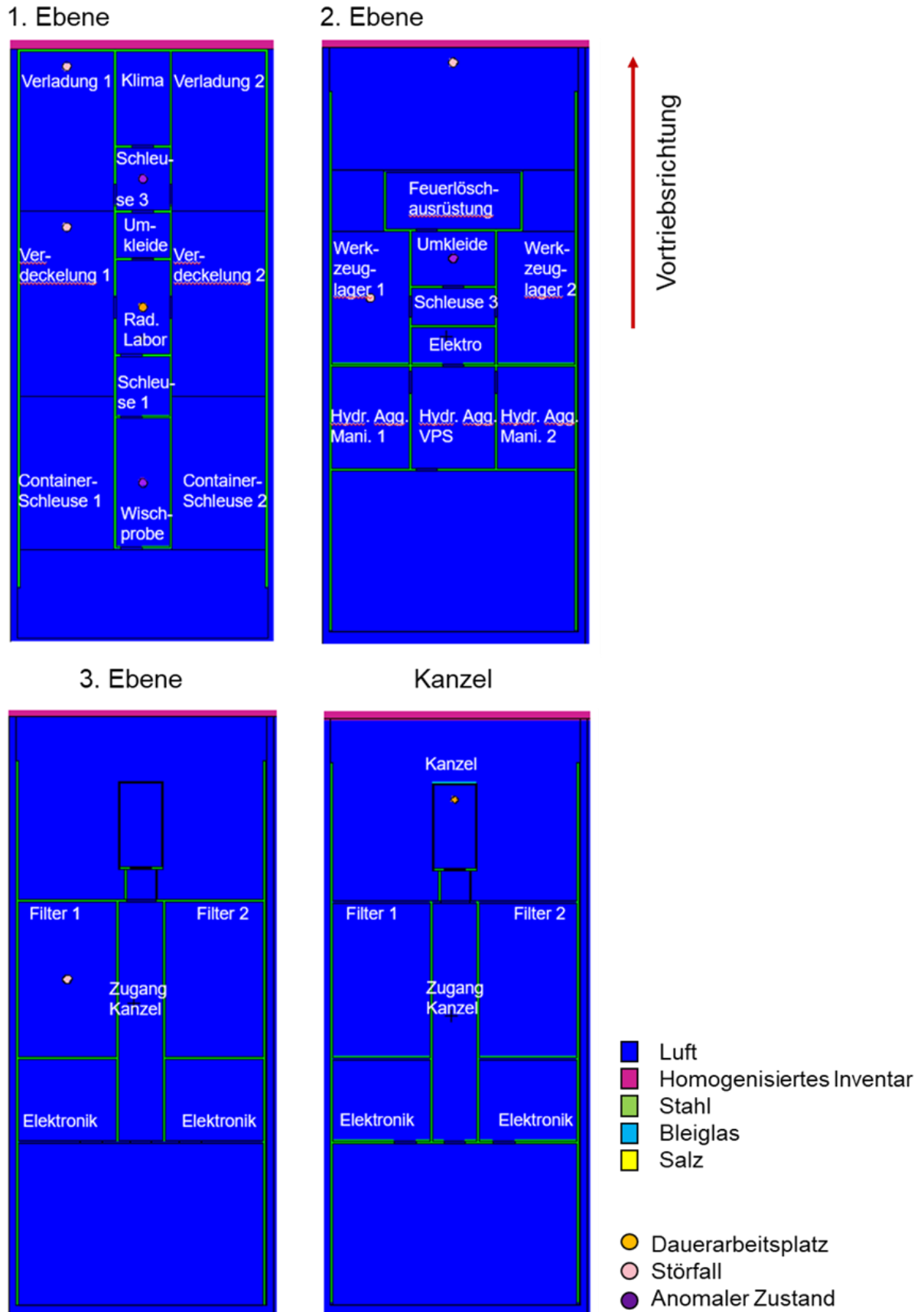


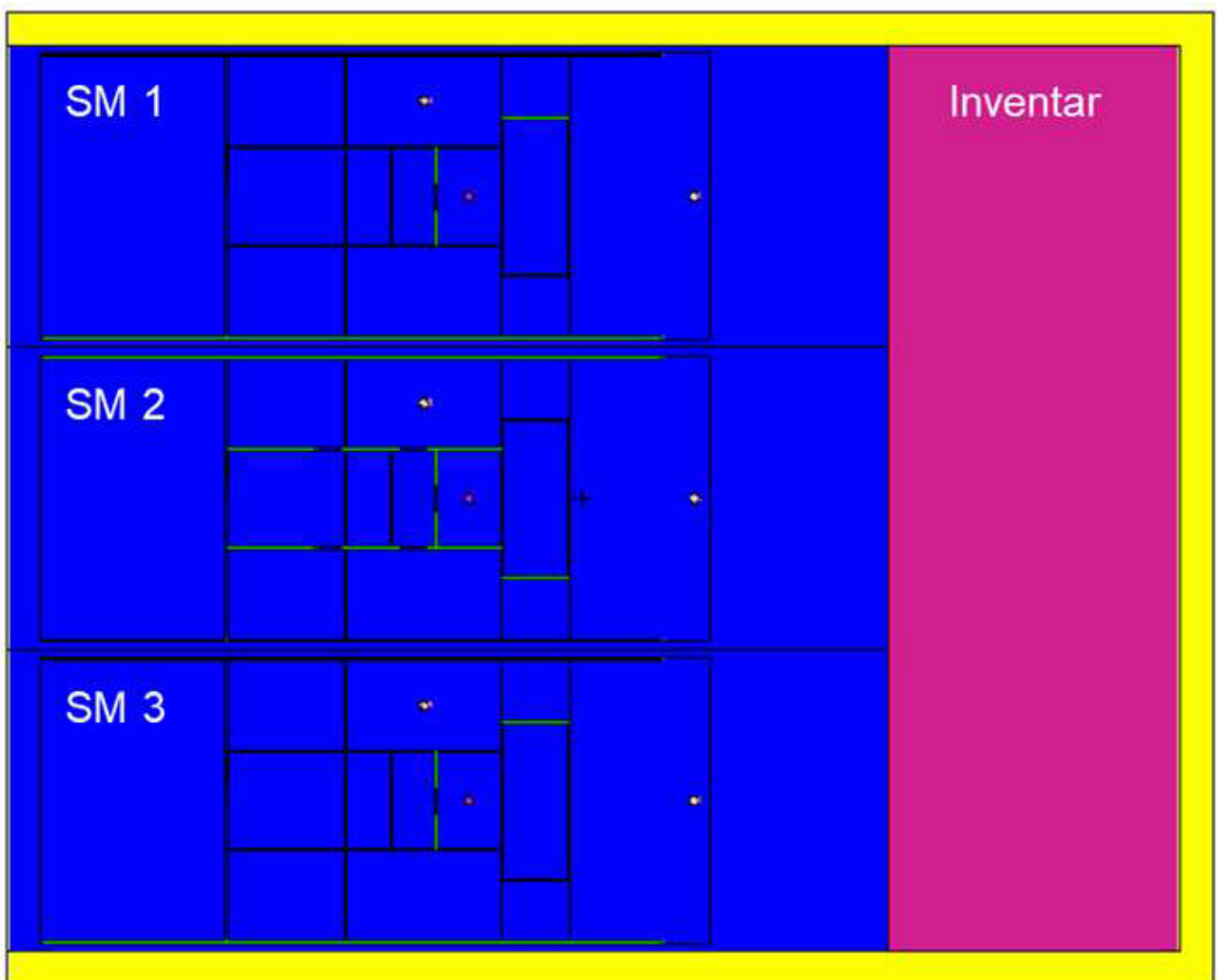
Abbildung 146: Horizontaler Schnitt durch die verschiedenen Ebenen der Schildmaschine mit Kennzeichnung der relevanten Arbeitsplätze (Die Frontscheibe der Kanzel besteht aus Bleiglas. Die übrigen Strukturen der Maschine sind aus Stahl)

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 244

In der MCNP-Berechnung werden drei dieser Schildmaschinen im Abstand von 50 cm nebeneinander platziert. Dieser Abstand ergibt sich daraus, dass das eingelagerte Inventar als Front von 27 m Breite abgebildet und der Raum davor auf drei Maschinen aufgeteilt ist. Eine schematische Darstellung zeigt Abbildung 147.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Dosisleistungen ausgewiesen. In der mittig fahrenden Schildmaschine sind die größten Werte zu erwarten. Wenn drei Maschinen die Einlagerungskammer anfahren, dann wirkt keine oder weniger Strahlung von vorne-seitlich auf die äußeren beiden Schildmaschinen. Die mittlere Schildmaschine ist der Strahlenquelle direkt exponiert und damit ist hier auch die höchste Dosisleistung zu erwarten.




- Luft
- Homogenisiertes Inventar
- Stahl
- Bleiglas
- Salz

Vortriebsrichtung

Abbildung 147: Testszenario – Drei Schildmaschinen fahren parallel die ELK 7/750 an, hier gezeigt mit einer Inventarfront, welche einen Winkel von 45° gegenüber der Senkrechten aufweist, Schnitt horizontal durch die 2. Ebene

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDEGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 245
---	------------

6.2.5. Untersuchungen zur Abschirmung in der Schildmaschine

Auf Grundlage des Basisszenarios werden in diesem Abschnitt Parameter bestimmt, die die rechnerisch bestimmten Dosisleistungen (speziell im Steuerstand) beeinflussen. Als solche Parameter werden die Bleiglasdicke im Steuerstand, die Position des Steuerstandes und die Wandstärke im Steuerstand identifiziert und ihr Einfluss auf die Messwerte untersucht. Abbildung 148 enthält eine Skizze der als relevant für die Dosisleistung im Steuerstand eingestuft Parameter. Die zugehörigen Variationsrechnungen werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert.

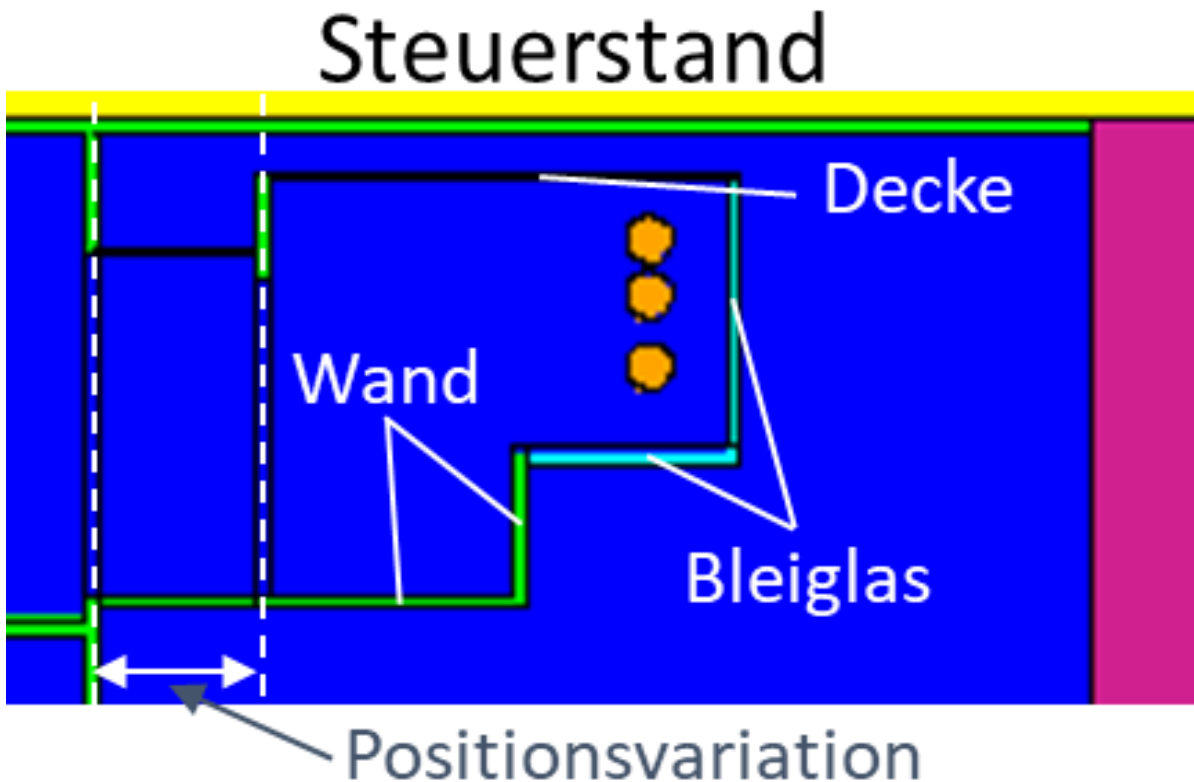



Abbildung 148: Skizze des Steuerstands mit Parametern, welche die Dosisleistung beeinflussen

6.2.5.1 Variation der Bleiglasdicke im Steuerstand

Unter der Annahme, dass die γ -Strahlung von vorne vom Gebindestapel her in den Steuerstand einstrahlt, wird für die Berechnung zunächst die Bleiglasdicke erhöht. Hier ist im Basismodell die Front in Anlehnung an das 3D-Modell dünner ausgeführt. Es werden eine Front mit einer Schichtdicke von 50 mm und ein Boden mit einer Schichtdicke von 100 mm betrachtet. Die Dosisleistung im Steuerstand beträgt hierbei über 50 $\mu\text{Sv/h}$. Die Ergebnisse der Variation sind in der Tabelle 18 dargestellt. Angegeben ist jeweils der Faktor, der sich zwischen den berechneten Dosisleistungen zweier Konfigurationen ergibt. Faktoren kleiner 1,0 bedeuten eine Verringerung der Dosisleistung.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 246

Tabelle 18: Variation der Bleiglasdicke: Effekt auf die für die Arbeitsplätze berechneten Dosisleistungen

Detektorposition		Faktor →		Faktor →		Faktor →	
Steuerstand		0,32		0,79		0,94	
rad. Labor		1,03		0,95		0,97	
Verladung 1	"Original", Bleiglas 50 mm, 100 mm	1,00	Bleiglas 100 mm	1,02	Bleiglas 120 mm	0,99	Bleiglas 140 mm
Verdeckelung 1		0,98		1,01		1,00	
Manipulatoren		1,00		1,00		1,00	
Werkzeuglager 1		0,99		1,01		1,01	
Filter 1		1,05		0,99		1,00	
Schleuse 3		1,01		1,00		0,97	
Wischprobe		0,75		1,27		1,02	
Umkleide		1,03		0,98		1,00	

Von dieser Variation ist ausschließlich der Arbeitsplatz im Steuerstand betroffen, welcher gegenüber den zuvor dargestellten Grenzwerten für die Dosisleistung bei Ausweisung als Dauerarbeitsplatz zu hohe Dosisleistungswerte aufweist. Aus den Ergebnissen ist abzulesen, dass sich zunächst die Dosisleistung mit steigender Bleiglasdicke stark verringert, allerdings wird dieser Effekt mit zunehmender Dicke der Bleiglasscheibe geringer, so dass die Dosisleistung im Steuerstand ab einer gewissen Bleiglasstärke maßgeblich vom Abschirmvermögen der übrigen Wände abhängt.

6.2.5.2 Variation der Position des Steuerstandes


Der Steuerstand kann bei Bedarf aus der angenommenen Nominalposition (100 cm vor der Wand der Schildmaschine) zurückgefahren werden. Da sich hierdurch der Abstand zum Inventar vergrößert, ist anzunehmen, dass sich die Dosisleistung merklich verringert. Die Untersuchung beinhaltet eine Verschiebung zu größeren Entfernungen vom Inventar um 50 cm und um 100 cm (direkt vor der Wand der Schildmaschine). Die Bleiglasdicke in den Berechnungen beträgt 120 mm. Das Ergebnis ist in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19: Variation der Position des Steuerstandes: Effekt auf die für die Arbeitsplätze berechneten Dosisleistungen

Detektorposition		Faktor →		Faktor →	
Steuerstand		0,79		0,73	
rad. Labor		1,02		0,97	
Verladung 1	Bleiglas 120 mm	1,00	Bleiglas 120 mm, Steuerstand -50 cm	1,00	Bleiglas 120 mm, Steuerstand -100 cm
Verdeckelung 1		1,00		1,00	
Manipulatoren		1,00		1,00	
Werkzeuglager 1		0,99		1,02	
Filter 1		0,99		1,02	
Schleuse 3		0,99		1,02	
Wischprobe		0,96		1,04	
Umkleide		1,08		0,99	

Ein Zurückfahren des Steuerstandes um 50 cm verringert hier die Dosisleistung im Steuerstand um ca. 25 %. Die Dosisleistungen im Bereich der anderen Arbeitsplätze bleiben von der Variation der Position des Steuerstandes unberührt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 247

6.2.5.3 Variation der Wanddicke und Deckenstärke im Steuerstand

Bei der Variation der Bleiglasdicke im Steuerstand im Abschnitt 6.2.5.1 fällt auf, dass sich ab einer bestimmten Schichtdicke die Dosisleistung nicht mehr so stark wie erwartet verringert. Daher liegt es nahe, weitere Parameter mit einzubeziehen. Zumal bei Betrachtung der Dosisleistungsverteilungen festgestellt worden ist, dass ab einer gewissen Bleiglasstärke die Höhe der Dosisleistung im Inneren des Steuerstandes maßgeblich durch das Abschirmvermögen der Wände bzw. der Decke des Steuerstandes bestimmt wird, da die Isolinien höherer Dosisleistung seitlich in den Steuerstand hineinragen.

Zur Untersuchung dieses Sachverhalts wird daher zunächst die Wandstärke von 50 mm auf die im Rest der Maschine verwendeten 80 mm Stahl erhöht. In einem zweiten Schritt wird die Deckenstärke im Steuerstand von 20 mm auf 50 mm Stahl erhöht. Ein Vergleich der Dosisleistungen im Bereich des Steuerstandes für diese drei Szenarien ist in Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 20: Variation der Wand und Deckenstärke des Steuerstandes: Effekt auf die für die Arbeitsplätze berechneten Dosisleistungen

Detektorposition		Faktor →		Faktor →	
Steuerstand		0,45		0,76	
rad. Labor		0,98		1,00	
Verladung 1		1,00		1,00	
Verdeckelung 1	Bleiglas	0,99	Bleiglas	1,00	Bleiglas
Manipulatoren	120 mm,	1,00	120 mm,	1,00	120 mm,
Werkzeuglager 1	Steuerstand	1,01	Steuerstand	1,00	Steuerstand
Filter 1	50/20 mm Stahl	0,95	80/20 mm Stahl	0,99	80/50 mm Stahl
Schleuse 3		1,01		1,00	
Wischprobe		0,99		0,98	
Umkleide		0,98		1,01	

Insgesamt ergibt sich hier eine Reduktion der Dosisleistung für Personal im Steuerstand auf ca. 35 % des Ausgangswertes, wobei allein die Wandstärkenenerhöhung der Seitenwände eine Reduktion um 50 % bewirkt. Alle weiteren Arbeitsplätze sind von dieser Änderung im Rahmen der statistischen Genauigkeit nicht betroffen.

6.2.6. Untersuchung relevanter Parameter zum Auslegungsinventar (Basisszenario)

Weitere Parameter, welche zu einer Veränderung der Dosisleistung bzw. zur Notwendigkeit weitergehender Maßnahmen in Bezug auf die Abschirmung führen können, werden im Folgenden betrachtet. Diese Untersuchungen betreffen nicht die Maschine, sondern vielmehr die Simulation des Inventars in der Einlagerungskammer.

Zur Veranschaulichung der Darstellung in den Abschnitten 6.2.6.1 und 6.2.6.2 dient die Skizze in Abbildung 149, da hier die aufgeführte Böschung der freigelegten Gebinde und die Inventartiefe (hier 4 m) behandelt wird.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 248

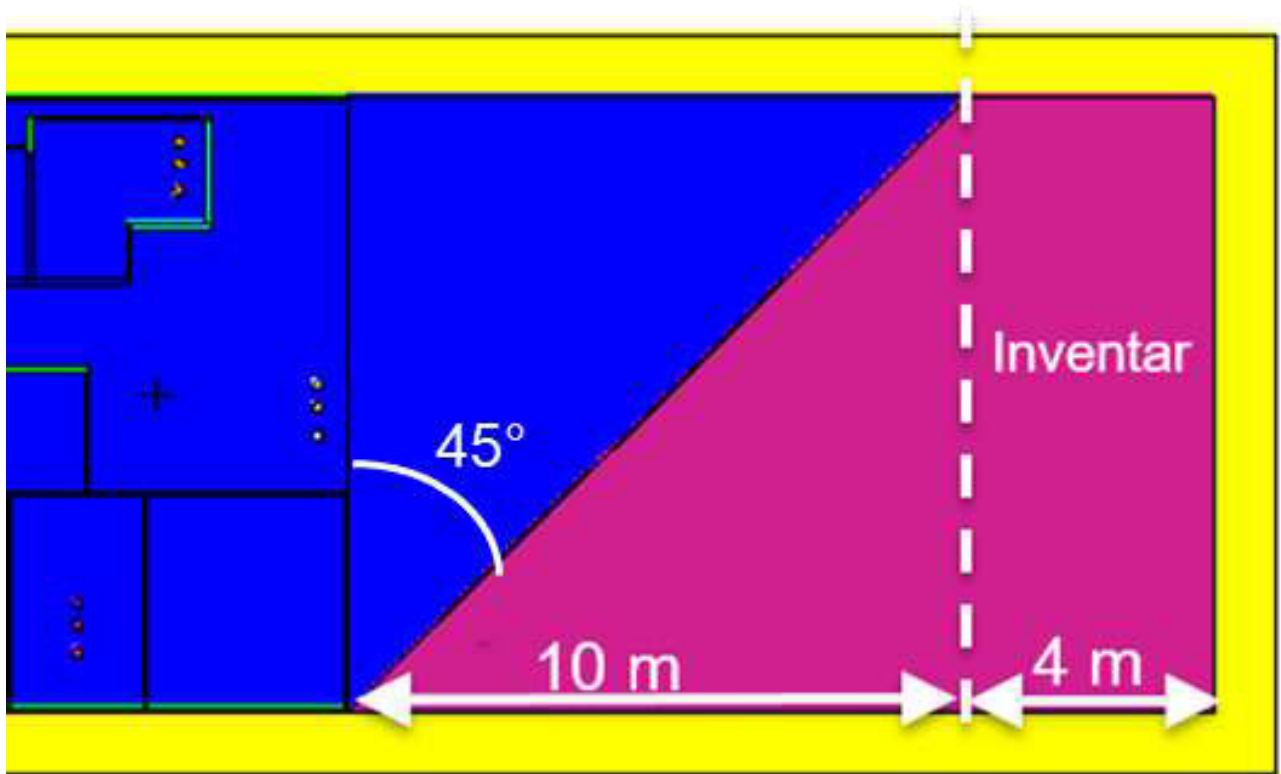



Abbildung 149: Anfahrt einer schrägen Böschung mit 45°. Inventartiefe minimal 4 m

6.2.6.1 Schräge Inventarböschung

Beim An- und Durchfahren der Einlagerungskammern ergibt sich zwangsläufig, dass der Stapel eingelagerter Gebinde von oben abgebaut werden muss. Es wird im Zuge der Rückholarbeiten eine Böschung erstellt. Diese wird bei Stapelung im rechteckigen Gitter mindestens 45° gegenüber der Senkrechten und bei hexagonaler Stapelung mindestens 30° gegenüber der Senkrechten aufweisen. Andernfalls besteht die Gefahr von oben nachrutschender Gebinde, was bei der Rückholung möglichst zu vermeiden ist. Bei stehender Lagerung bzw. ungeordneter Lagerung gelten analoge Annahmen, wobei hier ein Überhang von Fässern zweier Lagen bei stehender Stapelung berücksichtigt werden muss.

In diesem Abschnitt wird die liegende Stapelung von Gebinden entlang eines rechteckigen Gitters (Mantel bzw. Wölbung der Gebinde in Vortriebsrichtung) betrachtet und die Dosisleistungen und ihre Verläufe für eine senkrechte und eine mit 45° geneigte Böschung verglichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 enthalten.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 249
---	------------

Tabelle 21: Dosisleistungen im Vergleich für eine senkrechte und eine mit 45° geneigte Inventarböschung bei homogenisierter Rechnung

Detektorposition		Faktor →	
Steuerstand		0,74	
rad. Labor		0,64	
Verladung 1	Bleiglas 100 mm, Steuerstand 80/50 mm, senkrecht	0,71	Bleiglas 100 mm, Steuerstand 80/50 mm, schräg
Verdeckelung 1		0,35	
Manipulatoren		0,60	
Werkzeuglager 1		0,86	
Filter 1		0,80	
Schleuse 3		0,64	
Wischprobe		0,48	
Umkleide		0,57	

Aus Tabelle 21 ist ersichtlich, dass sich die Dosisleistungen, welche an den verschiedenen Arbeitsplätzen erwartet werden, deutlich verringern. Es ist zu erwarten, dass das Verhalten nicht mit einem Faktor zu beschreiben ist, da sich der Abstand zum Inventar für die unterschiedlichen Ebenen unterschiedlich stark ändert. Dieser Effekt ist abhängig von der Art der Stapelung, da hierdurch unterschiedliche Böschungswinkel entstehen können. Bei hexagonaler Stapelung (Winkel von 30°) muss der Effekt als geringer eingestuft werden, da der Abstand zur Schildmaschine sich nicht so stark verringert: Es entsteht eine steilere Böschung. Daher ist bei konservativer Betrachtungsweise der erwarteten Dosisleistungen diese Neigung zu unterstellen.

6.2.6.2 Inventartiefe, Mächtigkeit der Einlagerung

Im Folgenden wird angenommen, dass sich ab einer bestimmten Inventartiefe die vor dem Inventar gemessenen Dosisleistungen nicht mehr verändern, da dann durch die Selbstabschirmung die Strahlung aus den weiter hinten befindlichen Quellen das Inventar nicht mehr in Richtung Schildmaschine verlassen kann. Für die Monte-Carlo-Simulation hat dieser Sachverhalt den Vorteil, dass für das Ergebnis nicht relevante Quellzonen im Modell unberücksichtigt bleiben können und zur Verkürzung der Rechenzeit von vorneherein ausgeschlossen werden können.

Für die Berechnungen wird als Startwert eine Inventartiefe von 4 m angenommen. Es gilt zu zeigen, dass sich die Dosisleistung nicht signifikant ändert, wenn stattdessen größere Inventartiefen angenommen werden. Hierzu werden Inventartiefen von 6 m und 8 m betrachtet. Die Aktivität des homogenisierten Fassstapels vergrößert sich entsprechend der Vergrößerung seines Volumens.


Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 250

Tabelle 22: Faktoren, die bei der Änderung der Inventartiefe von 4 m zu 6 m zu 8 m zwischen den Dosisleistungen an den einzelnen Detektorpositionen auftreten

Detektorposition		Faktor →		Faktor →	
Steuerstand		1,02		1,01	
rad. Labor		0,92		0,87	
Verladung 1		0,93		1,00	
Verdeckelung 1	Bleiglas	1,06	Bleiglas	1,01	Bleiglas
Manipulatoren	100 mm,	1,00	100 mm,	1,01	100 mm,
Werkzeuglager 1	4 m Inventar	1,02	6 m Inventar	0,98	8 m Inventar
Filter 1		0,96		0,97	
Schleuse 3		1,08		0,94	
Wischprobe		1,67		0,89	
Umkleide		0,87		1,05	

Die Faktoren, die bei der Änderung der Inventartiefe von 4 m zu 6 m bzw. 6 m zu 8 m auftreten, sind in Tabelle 22 aufgeführt. Im Rahmen der Unsicherheiten der Monte-Carlo-Simulation sind alle Faktoren kompatibel mit 1,0. Größere Abweichungen treten bei den Arbeitsplätzen auf, welche stark abgeschirmt sind und dementsprechend mit größeren Unsicherheiten bei der Bestimmung der Dosisleistung behaftet sind. Dies bedeutet, dass durch eine größere Inventartiefe keine signifikante Änderung der berechneten Dosisleistungen auftritt.

Für das im Abschnitt 6.2.7 abgeleitete finale Modell werden ebenfalls 4 m Inventartiefe an der schmalsten Stelle angenommen.

6.2.7. Finales Modell der Schildmaschine

Das finale Modell der Schildmaschine unterscheidet sich in folgenden Punkten vom im Abschnitt 6.2.4 dargestellten Basisszenario:

- Die drei Schildmaschinen werden in einem Abstand von 4 m voneinander platziert. Der Zwischenraum in der Simulation wird als luftgefüllt angenommen (radiologisch).
- Auslegung des Gebindestapels:
 - Bei der Berechnung wird nicht ELK-spezifisch vorgegangen, sondern es wird das Auslegungsinventar mit den zugehörigen Referenzspektren und maximalen Quellstärken für das Auslegungsgebäude berücksichtigt.
 - Die Zwischenräume zwischen den Gebinden sind mit Luft gefüllt. Die Gebinde werden in der dichtesten Stapelung, nämlich hexagonal und homogenisiert berücksichtigt und
 - der Böschungswinkel wird auf 30° gegenüber der Senkrechten entsprechend den Erkenntnissen aus den Untersuchungen im Abschnitt 6.2.6 festgesetzt.
- Es wird von 100 mm Bleiglas, 80 mm Stahlwänden und 50 mm Stahldecke im Steuerstand ausgegangen sowie
- von einer Position des Steuerstandes 1 m vor der Wand der Schildmaschine.

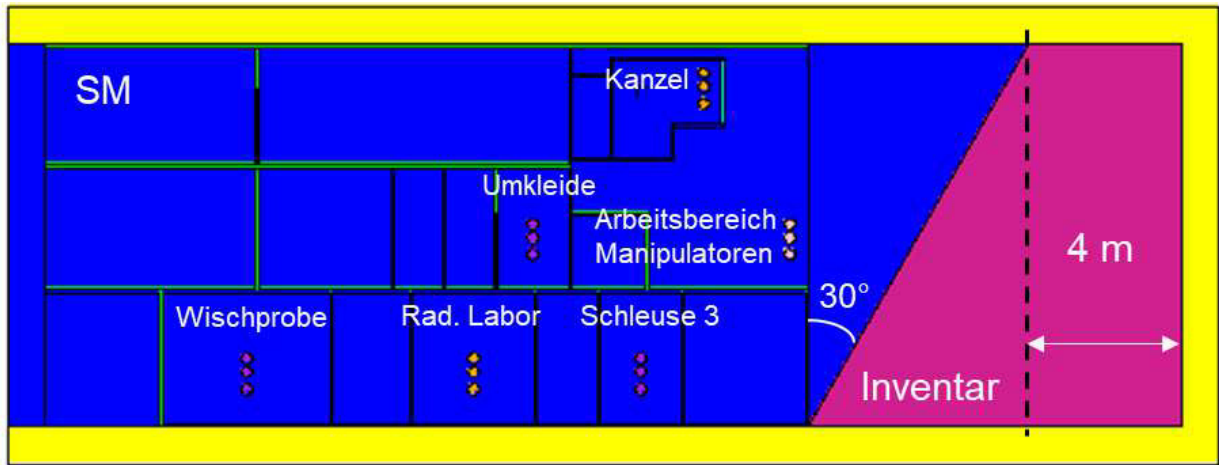
Das finale Modell ist in Abbildung 150 in einem vertikalen Schnitt mittig durch die Schildmaschine und in Abbildung 151 im horizontalen Schnitt durch die Ebene 3 gezeigt. Die Raumaufteilung hat sich gegenüber dem Basisszenario nicht geändert. Werden Dosisleistungen im nachfolgenden

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 251

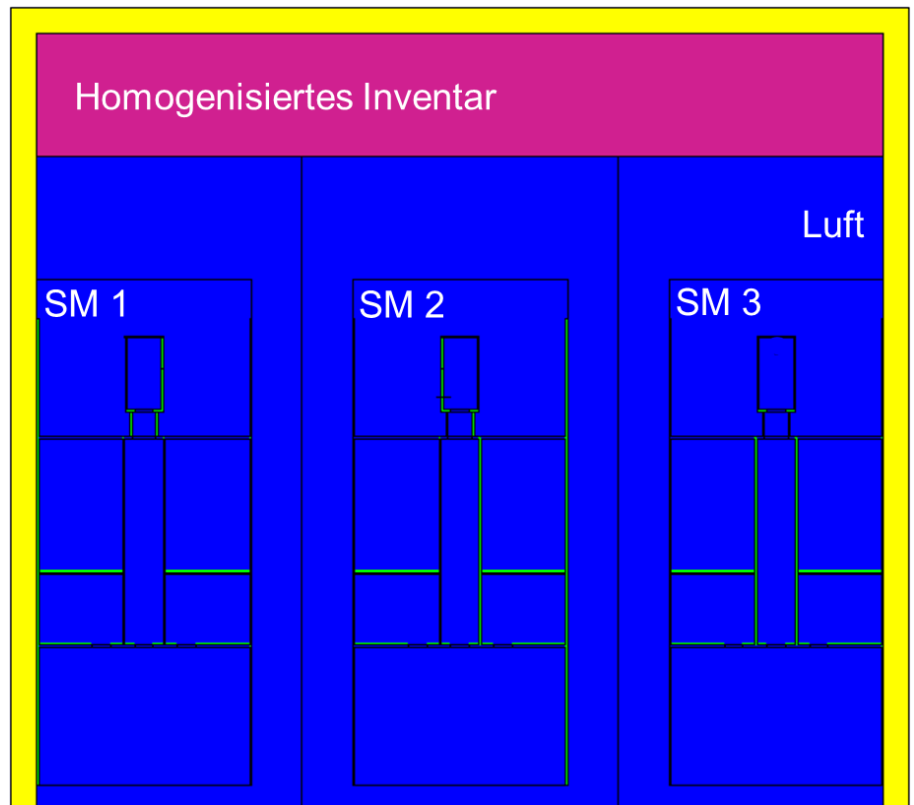
Abschnitt 6.2.8 auf Grundlage des hier vorgestellten Modells ausgewiesen, so sind dies die in der mittleren Schildmaschine bestimmten Werte, da hier die maximale Dosisleistung zu erwarten ist. Die Schildmaschine fährt das Inventar mittig an, es sind keine Randeffekte zu erwarten.



- Luft
- Homogenisiertes Inventar
- Stahl
- Bleiglas
- Salz

→
Vortriebsrichtung

Abbildung 150: Vertikaler Schnitt durch die Schildmaschine, finales Modell mit schräger Böschung (hex., VBA, Ref. 1-3). Die Front der Kanzel besteht aus Bleiglas. Die übrigen Strukturen der Maschine sind aus Stahl.



- Luft
- Homogenisiertes Inventar
- Stahl
- Bleiglas
- Salz

Abbildung 151: Horizontaler Schnitt durch die drei Schildmaschinen, welche eine schräge Inventarböschung anfahren. Das Inventar reicht auf Ebene 1 bis an die Schildmaschine. Hier: Schnitt durch Ebene 3/Steuerstand

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 252

6.2.8. Dosisleistungen an definierten Arbeitsplätzen

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse des im vorherigen Abschnitt beschriebenen finalen Berechnungsmodells vorgestellt. Hierzu wird zunächst exemplarisch eine Dosisleistungsverteilung, die auf Referenzspektrum 1 basiert gezeigt, um dann im Abschnitt 6.2.8.2 für alle im Abschnitt 6.2.4 ermittelten Referenzspektren die Ergebnisse an den relevanten Aufpunkten zusammenzuführen.

6.2.8.1 Referenzspektrum 1: Berechnete Dosisleistungsverteilungen

Am Beispiel von Referenzspektrum 1 werden im Folgenden Dosisleistungsverteilungen im gesamten Bereich vor dem Inventar gezeigt. Enthalten sind die Ergebnisse der Berechnungen ohne Berücksichtigung von Unsicherheiten.

In Abbildung 152 ist ein Schnitt vertikal durch die mittlere der drei Schildmaschinen dargestellt. Im oberen Bereich der Abbildung ist das Modell aus den Berechnungen im gleichen Maßstab wie die berechnete Verteilung der Dosisleistung gezeigt.

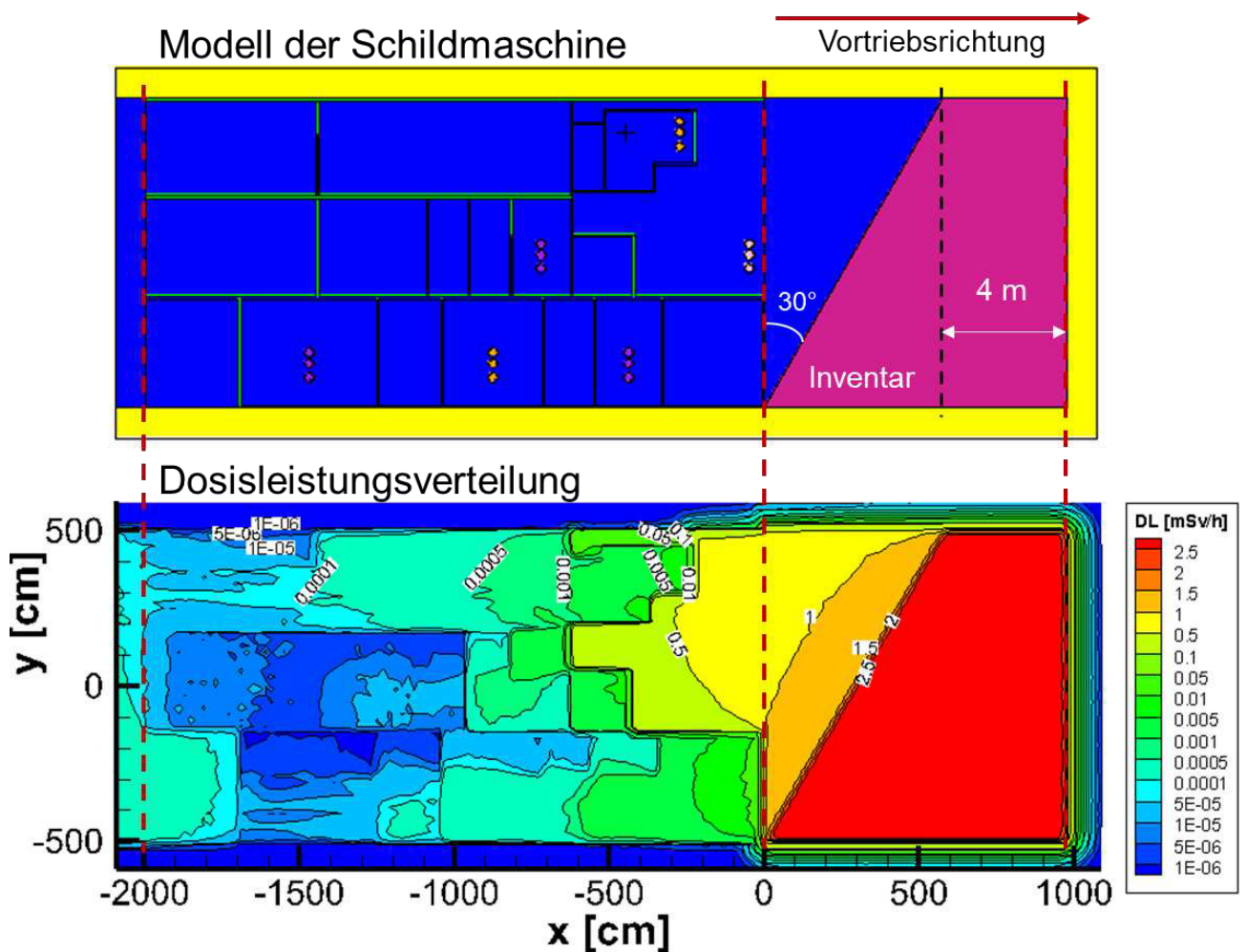


Abbildung 152: Dosisleistungsverteilung: Vertikaler Schnitt durch die mittlere Schildmaschine (Referenzspektrum 1)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 253

Das Inventar mit schräger Böschung und die Wände der Schildmaschine sind deutlich als Grenzen zwischen verschiedenen Dosisleistungsniveaus zu erkennen. An der Vorderkante der Schildmaschine befindet sich in etwa die Isolinie von 1 mSv/h.

Eine Ausschnittvergrößerung mit Fokus auf den Steuerstand dieses Szenarios ist in Abbildung 153 dargestellt.

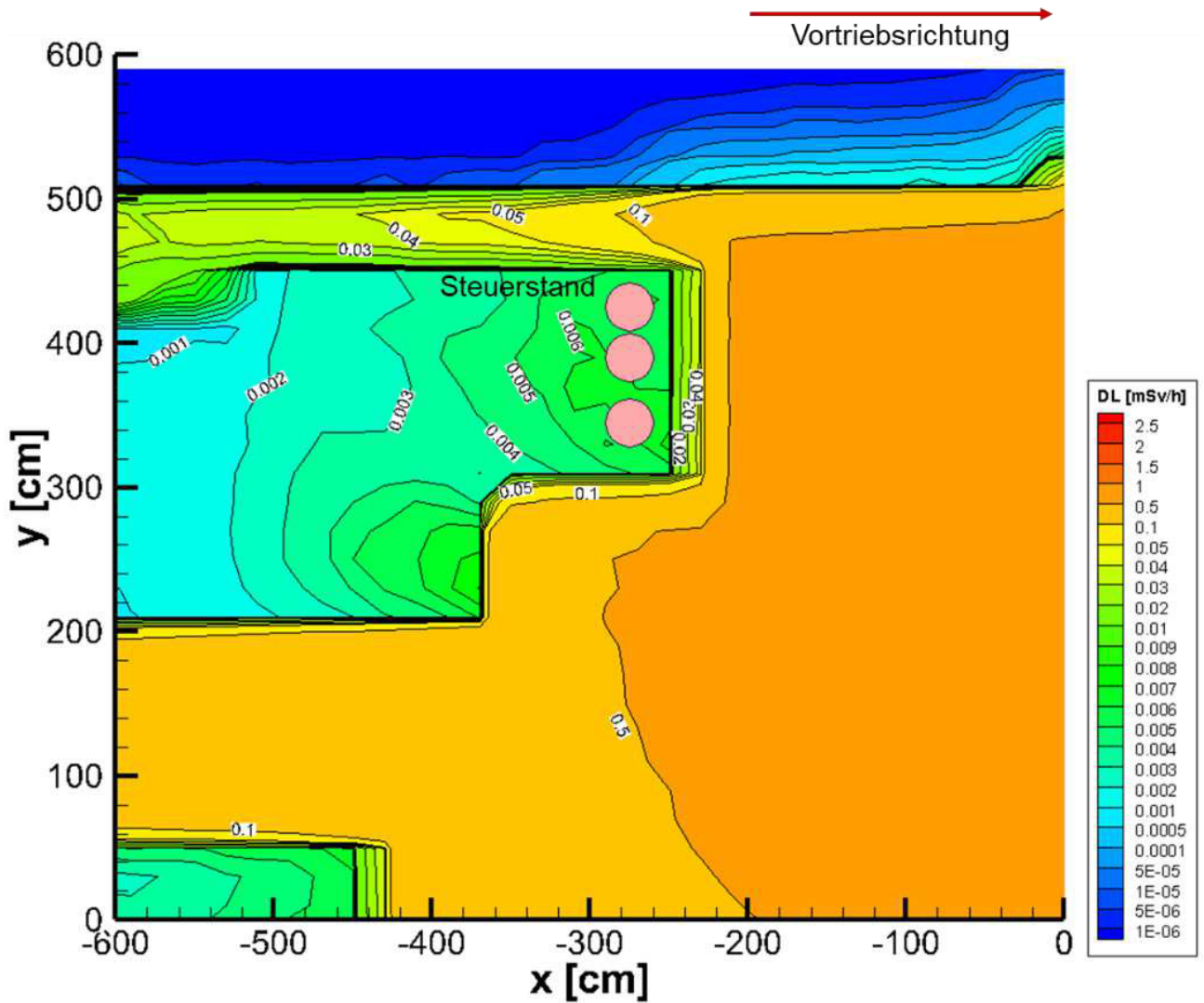


Abbildung 153: Ausschnittvergrößerung des Bereichs des Steuerstandes in der Dosisleistungsverteilung. Die Punkte (rosa) kennzeichnen die Positionen der drei Detektoren am Arbeitsplatz. (Referenz 1)

Die Detektoren, welche den Arbeitsplatz im Steuerstand definieren, befinden sich im Bereich zwischen der 5- und der 10- μ Sv/h-Linie in der Dosisleistungsverteilung, also bei zu erwartenden Dosisleistungen, die im Kraftwerksbereich für einen Dauerarbeitsplatz üblich sind.

In Abbildung 154 bis Abbildung 157 sind die Dosisleistungsverteilungen in den verschiedenen Schnittebenen dargestellt (Ebene 1, 2, 3, Steuerstand – jeweils auf Brusthöhe).

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 254

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

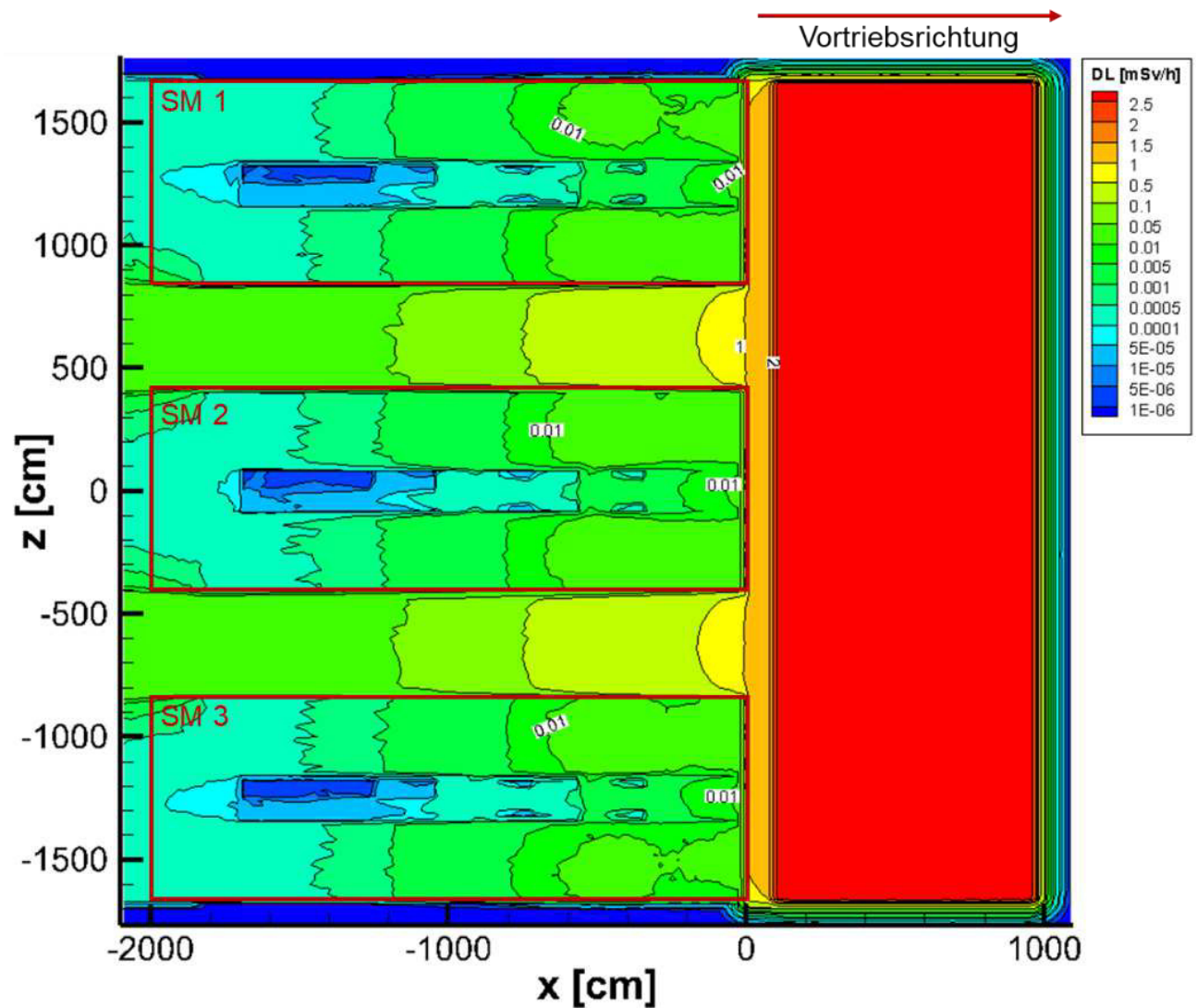



Abbildung 154: Dosisleistungsverteilung: Referenz 1, Ebene 1 (Brusthöhe)

Aus Abbildung 154 wird ersichtlich, dass der untere Teil der Schildmaschine bis direkt an das Inventar heranreicht. Die vorderen Räume der Ebene gelangen nicht in den Bereich der Definition von Dauerarbeitsplätzen, da hier die Dosisleistung immer noch im Bereich 10 bis 50 $\mu\text{Sv/h}$ liegt. Sie sind zur Zeit der Berechnungen nicht als solche definiert, ggf. müssten in diesem Bereich zusätzliche abschirmende Maßnahmen erfolgen.

Des Weiteren ragen Zonen höherer Dosisleistung in die Zwischenräume zwischen den Schildmaschinen hinein, so dass die Dosisleistung nicht nur von vorne, sondern auch seitlich in die Maschine gelangt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
 Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 255

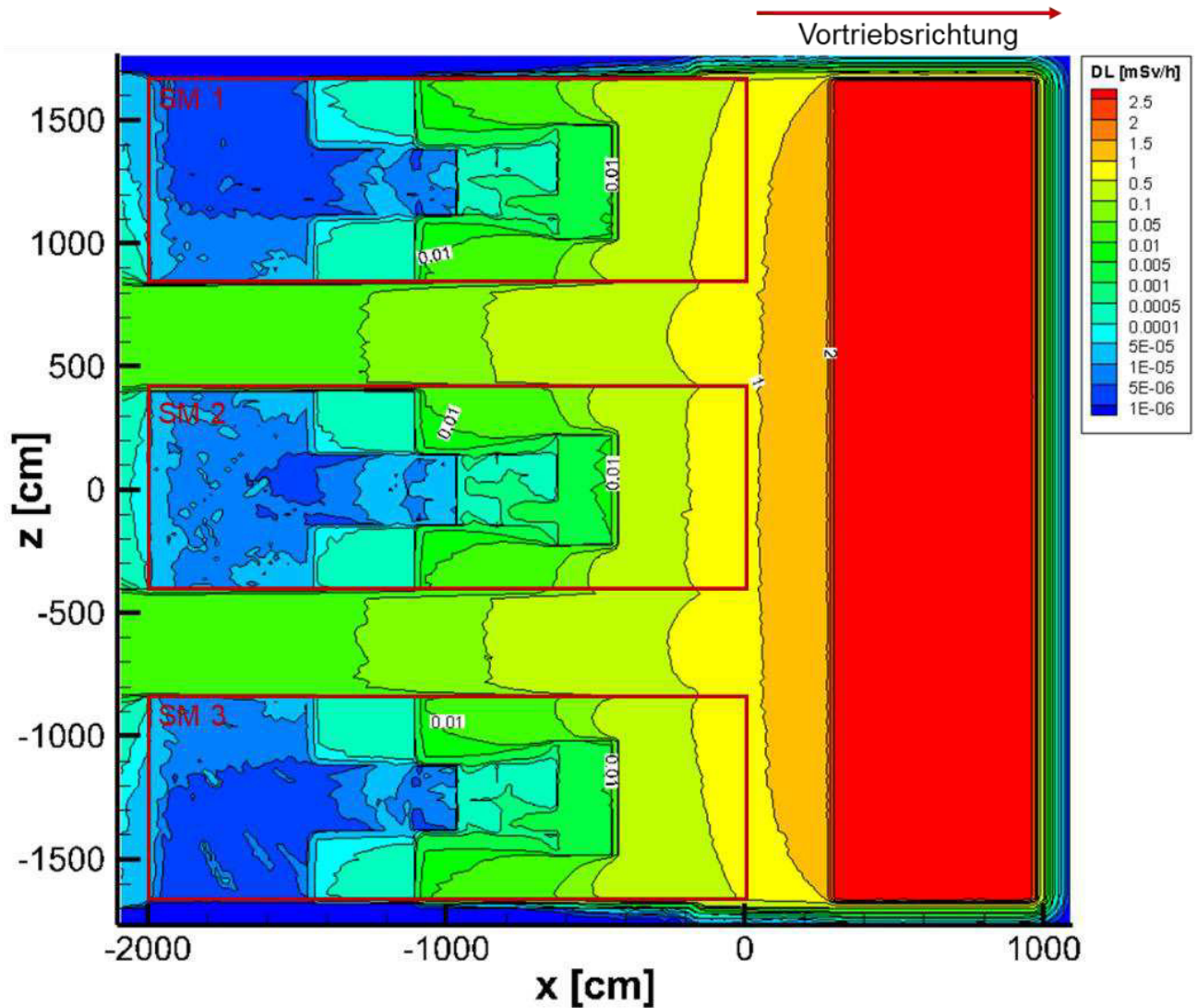


Abbildung 155: Dosisleistungsverteilung: Referenz 1, Ebene 2 (Brusthöhe)

Abbildung 155 zeigt Ebene 2 der Schildmaschinen. Hier reichen die Schildmaschinen nicht bis an das freigelegte Inventar heran. Die „Inventarwand“ beginnt gegenüber Ebene 1 durch die Böschung ein Stück zurückgesetzt. Zudem sind die vorderen Außenwände der Schildmaschinen zurückgesetzt.

Zu beachten ist der Bereich innerhalb der Schildmaschine, in dem bei einer Wartung der Manipulatoren eingegriffen werden müsste. Hier liegen die berechneten Dosisleistungen mit 0,1 bis 1,0 mSv/h weit über einem vertretbaren Wert für den Langzeiteinsatz von Personal. Hier muss entsprechend bei einem Eingriff durch Personen zusätzlich abgeschirmt werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 256

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

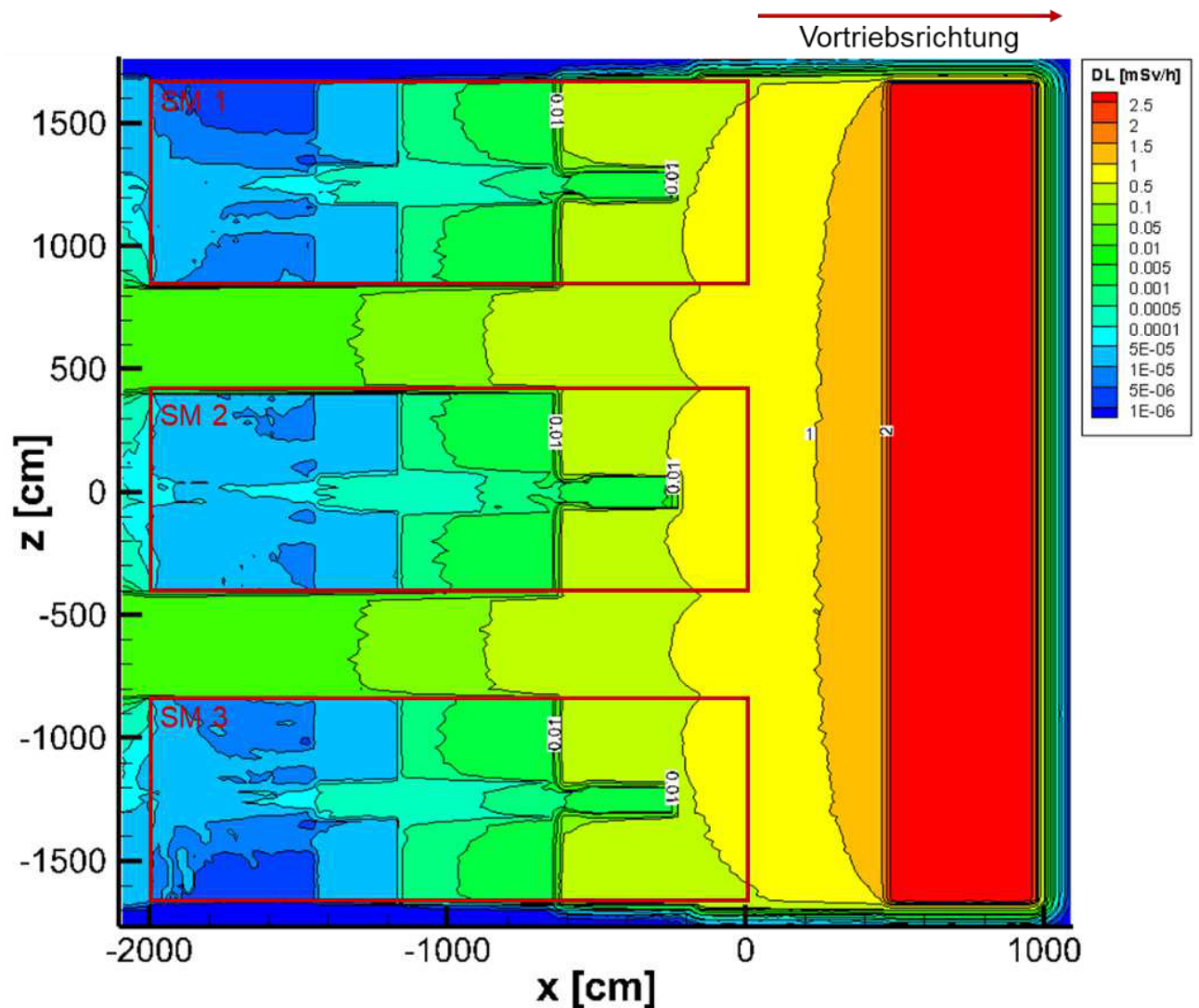


Abbildung 156: Dosisleistungsverteilung: Referenz 1, Ebene 3 (Brusthöhe)

Abbildung 156 zeigt Ebene 3 der Schildmaschinen. Die Dosisleistungsverteilung bildet die Inventar- und Schildmaschinenwände ab. Es werden innerhalb der Schildmaschine Dosisleistungswerte innerhalb der zulässigen Werte erreicht. Ähnliches ist auf Höhe des Steuerstandes in Abbildung 157 zu erkennen.

Bei Betrachtung der Isolinien der Dosisleistungsverteilung fällt auf, dass diese im Bereich der mittleren Schildmaschine weiter in die Schildmaschine verlaufen als bei den beiden äußeren Schildmaschinen. Es bestätigt sich die Annahme, dass die Dosisleistung im Bereich der mittleren Maschine am größten ist.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 257

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

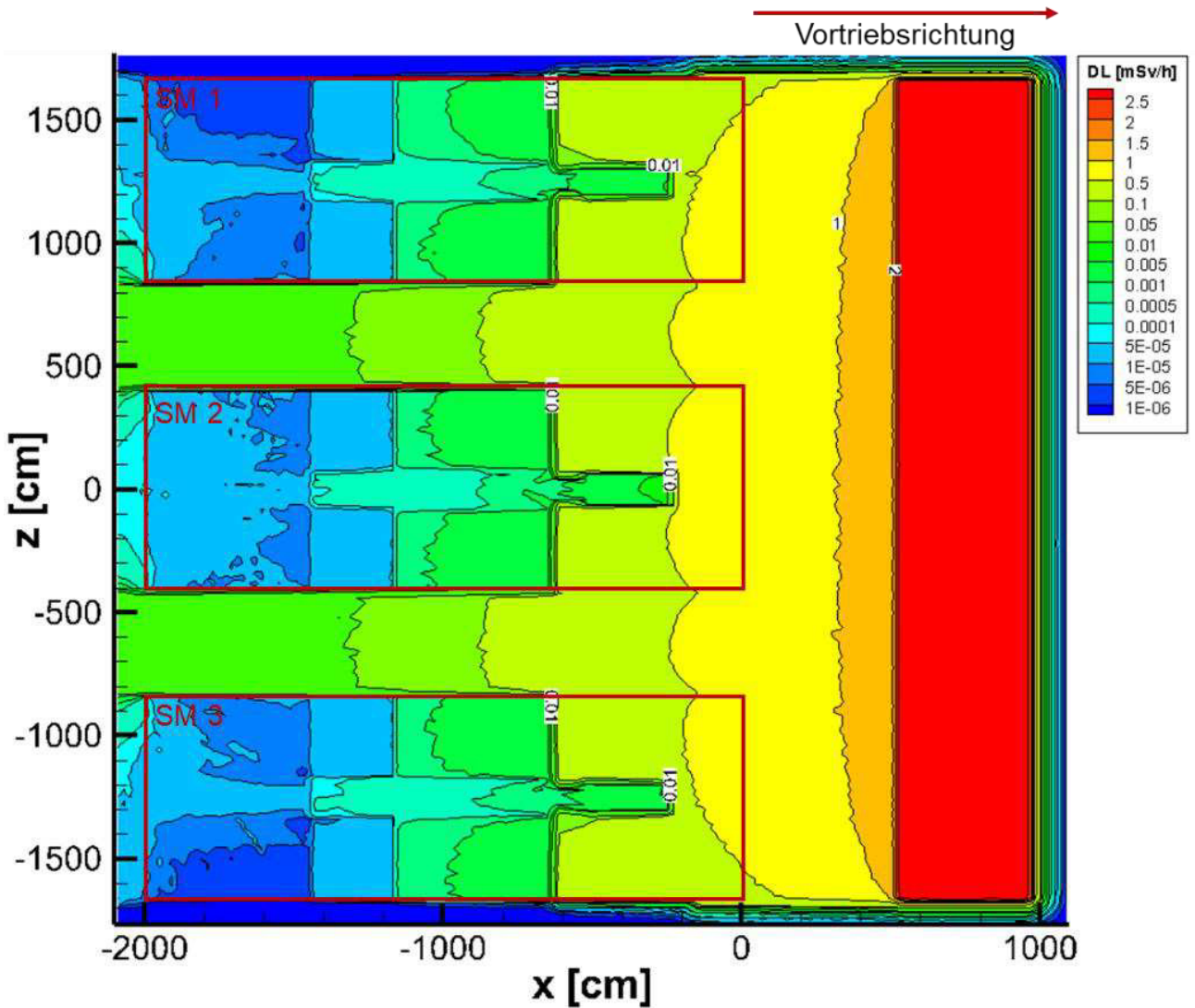



Abbildung 157: Dosisleistungsverteilung: Referenz 1, Steuerstandsebene (Brusthöhe)

6.2.8.2 Berechnete Dosisleistungen für Referenzspektren 1 bis 3

Zusammengefasst ergeben sich für die definierten Arbeitsplätze die in Tabelle 23 aufgeführten Dosisleistungen. Hier werden die Werte aus den Detektoren an den in den Abbildung 150 und Abbildung 151 dargestellten Aufpunkten verwendet. Die Werte der Dosisleistungen werden mit den Unsicherheiten der Berechnung beaufschlagt und sind somit als abdeckend zu verstehen.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 258

Tabelle 23: Berechnete Dosisleistungen für die drei Referenzspektren

	Berechnete Dosisleistungen [$\mu\text{Sv/h}$]		
	Referenzspektrum 1 (VBA)	Referenzspektrum 2 (VBA)	Referenzspektrum 3 (200-l-Fass)
Steuerstand	8	8	35
rad. Labor	0,5	0,5	1,0
Verladung 1	20	20	45
Verdeckelung 1	15	15	30
Manipulatoren	830	710	1170
Werkzeuglager 1	25	20	30
Filter 1	2	2	6
Schleuse 3	2,5	2,5	7,0
Wischprobe	0,02	0,03	0,10
Umkleide	1,5	1,5	4,0

Für die Referenzspektren 1 und 2 liegen die Dosisleistungen im Steuerstand im Bereich unter $10 \mu\text{Sv/h}$. In der zugehörigen Berechnung sind viele konservative Annahmen eingeflossen, so dass dieser Wert aus Sicht des Strahlenschutzes zulässig ist.

Für das Referenzspektrum 3 müssen nach dem Stand dieser Voruntersuchungen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um die für einen Dauerarbeitsplatz zulässigen Dosisleistungen zu erreichen, wobei zu berücksichtigen ist, dass viele abdeckende Annahmen in die Berechnungen eingeflossen sind. Sollte eine Senkung der Dosisleistung auf einen vertretbaren Wert nicht möglich sein, müssen die Schildmaschinen bei Eintreten eines solchen Szenarios fernbedient werden.

6.2.9. Zusammenfassung der radiologischen Maschinenauslegung und Ausblick

Im Rahmen der KPL wird gezeigt, dass es möglich ist, aus den Annahmebedingungen und den zur Verfügung stehenden Informationen über die in den Einlagerungskammern eingelagerten Gebinde ein Auslegungsinventar abzuleiten. Die einzelnen Einlagerungskammern können zu Gruppen und entsprechenden Referenzspektren/-gebinden zusammengefasst werden. Somit ist die Abbildung des Inventars für die in diesem Bericht dargestellte Abschirmberechnung zur Schildmaschine möglich.

Die Schildmaschine ist mit ihren relevanten abschirmenden Eigenschaften und Abmessungen als Modell in MCNP erstellt. Anhand der Voruntersuchungen zu den bei der Rückholung möglichen Inventarkonfigurationen konnte eine abdeckende Beschreibung der radioaktiven Quelle als Auslegungsgrundlage für die Schildmaschine abgeleitet werden. Auf dieser Grundlage wurde eine erste Isodosisleistungsdarstellung der zu erwartenden Dosisleistungen bei der Rückholung erstellt, anhand derer die möglichen Arbeitszeiten für Personal vor Ort bzw. die Kollektivdosis für Personal bei vorgegebenen Arbeitszeiten für das im Konzept verankerte Design der Maschine im Zuge des betrieblichen Strahlenschutzes abgeschätzt werden können.

Weitere Präzisierungen des Modells und der Inventarbestimmung können in weiterführenden Planungen erfolgen. An vielen Stellen werden im Rahmen dieser Berechnungen Konservativitäten berücksichtigt, sodass diese Betrachtungen als abdeckend für die Auslegung der Maschine angenommen werden können. Die prinzipiell mögliche Einrichtung von Dauerarbeitsplätzen innerhalb der Schildmaschinen wurde bereits im Rahmen der in diesem Bericht enthaltenen Berechnungen nachgewiesen.

Stand: 04.03.2022


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 259

6.3. Überlegungen zur Aktivitätsrückhaltung

6.3.1. Aktivitätsfreisetzung bei der Rückholung aus den Einlagerungskammern

Bei der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der Schachanlage Asse II kann es zur Freisetzung von Radioaktivität kommen. Ein Teil der Aktivität wird durch Rückhaltemechanismen gebunden, so dass sie nicht in die Umgebung der Anlage gelangt. In diesem Unterkapitel wird untersucht, wieviel Aktivität im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen in die Einlagerungskammer oder in eine Schildmaschine freigesetzt wird. Anschließend wird die Freisetzung in die Umgebung der Anlage und die daraus resultierende Exposition der Bevölkerung sowie die Exposition des Betriebspersonals in der Schildmaschine konzeptionell betrachtet. Bei den unterschiedlichen Bearbeitungsschritten der Rückholung aus den Einlagerungskammern kann es bei verschiedenen Ereignissen zu Aktivitätsfreisetzung kommen. Eine Übersicht und Bewertung sind in Tabelle 34 (Abschnitt 6.4.6) gegeben.

Die Ereignisse können entweder dem bestimmungsgemäßen Betrieb oder den Störfällen zugeordnet werden. Der bestimmungsgemäße Betrieb wird gemäß Störfall-Leitfaden für die Schachanlage Asse II [66] in den Normalbetrieb (ungestörter Zustand) und in Betriebsvorgänge des anomalen Betriebs sowie Instandhaltungsvorgänge aufgeteilt. Eine gewisse Staubbildung ist im Normalbetrieb unvermeidlich. Die Ereignisse des anomalen Betriebs sind nicht auszuschließen. Selbst wenn in den betrieblichen Abläufen die Ereignisse des anomalen Betriebs mehrfach auftreten würden, liegen die radiologischen Auswirkungen solcher Ereignisse innerhalb der einzuhaltenden Grenzwerte. Störfälle sind Ereignisse, bei deren Eintreten der Betrieb der Schildmaschine aus sicherheitstechnischen Gründen (ggf. vorübergehend) nicht fortgeführt werden kann. Die Anlage ist so auszulegen oder mit vorsorglichen Schutzvorkehrungen zu versehen, dass die Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung der Anlage soweit begrenzt wird, dass die Störfallplanungswerte gemäß § 104 StrlSchV eingehalten werden (Störfallklasse 1) oder dass eine störfallbedingte Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung der Anlage vermieden wird (Störfallklasse 2). Darüber hinaus ist die störfallbedingte Freisetzung gemäß dem Minimierungsgebot auch unterhalb der Störfallplanungswerte so gering wie möglich zu halten. In Tabelle 24 ist eine Übersicht der Klassifizierung mit Beispielen gegeben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 260


Tabelle 24: Radiologische Klassifizierung der auftretenden Ereignisse (Beispiele)

Radiologische Klassifizierung		Ereignis (Beispiele)
Bestimmungsgemäßer Betrieb	Normalbetrieb <i>ungestörter Zustand</i>	Staubbildung bei Abbauarbeiten Gebinde ist komplett zerstört und wird unbemerkt mit Salzgrus aufgenommen
	anomaler Betrieb <i>vom ungestörten Zustand abweichender Betriebszustand, bei dem der Fortführung des Betriebes aus sicherheitstechnischen Gründen nichts entgegensteht</i>	Gebinde stürzt innerhalb der ELK ab Gebinde zerbricht bei der Handhabung
		Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf freigelegte Gebinde
		Brand in der ELK oder in der Schildmaschine Die mit Abfällen beladene Umverpackung stürzt innerhalb der Schildmaschine ab oder es fällt etwas Schweres (z. B. Abschirmtor) darauf
Störfall	Störfallklasse 1 <i>störfallbedingte Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung; Einstellung des Betriebs aus sicherheitstechnischen Gründen</i>	
	Störfallklasse 2 <i>keine störfallbedingte Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung aufgrund</i> a. Vermeidung des Ereignisses oder b. Vermeidung einer störfallbedingten Freisetzung im Ereignisfall; <i>im Fall b: Einstellung des Betriebs aus sicherheitstechnischen Gründen</i>	a. Umkippen des Behälters b. Ausfall der Bewetterung in der Schildmaschine

Im Weiteren werden folgende Freisetzungsszenarien in Bezug auf die Exposition der Bevölkerung und/oder des Betriebspersonals bewertet:

- bestimmungsgemäßer Betrieb (Abschnitt 6.4.5.1):
 - Normalbetrieb:
 - Aktivitätsfreisetzung durch Staubbildung beim Abbau
 - anomaler Betrieb:
 - Gebindeabsturz in der Einlagerungskammer
 - Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf freigelegte Gebinde
- Störfall (Störfallklasse 1; Abschnitt 6.4.5.2):
 - Absturz einer Umverpackung innerhalb der Schildmaschine
 - Brand

Die übrigen Ereignisse werden entweder von den betrachteten Fällen abgedeckt oder sind technisch auszuschließen. Diese Bewertung wird im Abschnitt 6.4.6 vorgenommen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 261

6.3.2. Staubbildung bei den Abbauarbeiten

Beim Lösen der Gebinde in den Einlagerungskammern ist mit Staubbildung zu rechnen. Ein Teil des Staubes entsteht aus der Bearbeitung des Versatzmaterials und ist überwiegend nicht radioaktiv. Die Bildung radioaktiv kontaminierter Stäube kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, da durch den Verlust der Gebindeintegrität (z. B. Beschädigung bereits durch Einlagerungstechnik, Korrosion, Beschädigung bei Rückholprozessen etc.) ein Teil der Aktivität aus den Gebinden in das Versatzmaterial übergegangen sein kann. Von Belang für die Betrachtung zur Aktivitätsfreisetzung sind nur Partikel, die kleiner als 10 µm sind. Größere Partikel werden durch die Filter vollständig zurückgehalten. Für die Belastung des Betriebspersonals beim (zu vermeidenden) direkten Einatmen von Staub sind ebenfalls nur Partikel < 10 µm zu betrachten, da nur solche lungengängig sind und zur Inhalationsdosis beitragen (vgl. [67]).

Aus Praxisversuchen [68] mit Salzbeton, der in Hinblick auf die Staubbildung mit dem in der Schachanlage Asse II verwendeten Versatzmaterial (feinkörniges Salzgesteinsmaterial aus Salzgrus) vergleichbar ist, ist eine Partikelgrößenverteilung des bei typischen Arbeiten (Fräsen und Schleifen) entstehenden Staubes bekannt. Von den Staubpartikeln < 2 mm, fallen

- bis zu etwa 50 % im Größenbereich < 200 µm an,
- bis zu etwa 20 % der Partikel fallen im Größenbereich < 10 µm an.

6.3.3. Gasförmige Radionuklide

Einige Radionuklide können gasförmig vorkommen. Das sind die Nuklide

- H-3 (Tritium) als HTO,
- C-14 in Kohlenstoffdioxid (CO₂),
- die Edelgase Kr-85 und Rn-218, Rn-219, Rn-220 („Thoron“), Rn-222 („Radon“)


sowie im Brandfall die Halogene

- (F), Cl-36, (Br), I-129, At-217, At-218.

Dies wird bei den Freisetzungsanteilen im Brandfall (vgl. Abschnitt 6.3.5) berücksichtigt. Die Rückhaltung durch den Filter (vgl. Abschnitt 6.3.4) wird daher für die Radionuklide H-3, C-14, Kr-85, Rn-218, Rn-219, Rn-220 und Rn-222 nicht berücksichtigt (Durchlassgrad = 1). Im Brandfall wird zusätzlich für die Radionuklide Cl-36, I-129, At-217 und At-218 keine Rückhaltung berücksichtigt.

6.3.4. Filter

Ein wesentlicher Bestandteil des Aktivitätsrückhaltekonzeptes sind leistungsstarke Filter. Alle Abwetter passieren einen Grobfilter innerhalb der Schildmaschine gefolgt von einem Feinfilter in der Startkaverne (siehe Bewetterungskonzept Unterkapitel 3.6). Im Rahmen der KPL wird davon ausgegangen, dass die Grobfilterung durch einen F9- und die Feinfilterung durch einen H13-Filter realisiert werden können. Eventuell kann bei erhöhter Staubbildung ein weiterer Filter – ein sogenannter Havariefilter (H13) – hinzu geschaltet werden. Dieser wird im Rahmen der KPL bei der Bewertung der radiologischen Auswirkungen jedoch nicht berücksichtigt, würde aber zu minimierten radiologischen Auswirkungen führen.

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 262

Für F9-Filter wird abdeckend angenommen, dass sie im Bereich $< 1 \mu\text{m}$ einen Abscheidegrad von 45 % und im Bereich $1 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m}$ einen Abscheidegrad von 99 % aufweisen. Für H13-Filter wird abdeckend angenommen, dass sie im Bereich $< 1 \mu\text{m}$ einen Abscheidegrad von 99,95 % (entsprechend dem Wert des Abscheidegradminimums „MPPS“) und im Bereich $1 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m}$ einen Abscheidegrad von 99,9995 % besitzen. Für Partikel, die größer als $10 \mu\text{m}$ sind, wird angenommen, dass sie vollständig vom Filter abgeschieden werden. Gase werden vom Filter nicht zurückgehalten, vgl. Abschnitt 6.3.3. Mit fortgeschrittenem Planungsstand können die Annahmen über die Abscheidegrade an die Datenblätter der geplanten Filter angepasst werden. Der Durchlassgrad ergibt sich aus der Differenz 100 % minus Abscheidegrad.

$$D = 100\% - A \quad 6.3.4 - I.$$

Die jeweiligen Durchlassgrade im Bereich $< 10 \mu\text{m}$ ergeben sich aus einem über die Intervallbreite gewichteten Mittelwert. Der Durchlassgrad zweier hintereinander geschalteter Filter ergibt sich aus der Multiplikation ihrer Durchlassgrade und ist in Tabelle 25 dargestellt.

$$D_{\text{ges}} = D_1 \cdot D_2 \quad 6.3.4 - II.$$

Für die Kombination eines F9-Filters mit einem H13-Filter ergibt sich ein effektiver Durchlassgrad für den Partikelgrößenbereich $< 10 \mu\text{m}$ von 0,002795 %.


Tabelle 25: Durchlassgrade der Filter

	einzelne Filter				Filterkombinationen			
	Feinstaubfilter F9		Schwebstofffilter H13		F9 & H13		F9 & H13 & H13	
Partikel-durch-messer	Ab-scheide-grad	Durch-lass-grad	Abscheide-grad	Durchlass-grad	Abscheide-grad	Durchlass-grad	Abscheide-grad	Durchlass-grad
$< 1 \mu\text{m}$	45%	55%	99,95%	0,05%	99,9725%	0,0275%	99,9999862 5000%	1,375E-07
1-10 μm	99%	1%	99,995%	0,005%	99,99995 %	0,00005%	99,9999999 9750%	2,5E-11
eff. $< 10 \mu\text{m}$	93,6%	6,4%	99,9905%	0,0095%	99,997205 %	0,002795 %	99,9999986 2275%	1,37725E-08

6.3.5. Freisetzungsteile

Für die Abschätzung des Ausmaßes der Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den Gebinden in die Atmosphäre der Einlagerungskammer werden die Freisetzungsteile aus der GRS-Transportstudie Konrad [67] unter Berücksichtigung der Aktualisierung aus [69] zugrunde gelegt. Das Spektrum der anfallenden Gebinde mit verschiedenen eingelagerten Abfallprodukten wurde in der GRS-Transportstudie Konrad [67] in sogenannte Abfallgebindergruppen (AGG) unterteilt, mit der Zielsetzung, Abfallgebinder mit gleicher Freisetzungseigenschaft in einer Gruppe zusammenzufassen. Die partikelgrößenabhängigen Freisetzungsteile sind abhängig von diesen AGG, wobei insgesamt acht AGG unterschieden werden:

- AGG 1: Brennbare, unfixierte Abfälle in Stahlblechcontainern
- AGG 2: Unfixierte und nicht kompaktierbare metallische und nichtmetallische Abfälle (einschließlich Verdampferkonzentrate) in Stahlblechcontainern oder Betonbehältern

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 263

- AGG 3: Metallische Abfälle in Stahlblechcontainern oder Betonbehältern
- AGG 4: Kompaktierte Abfälle in Stahlblechcontainern oder Betonbehältern
- AGG 5: Zementfixierte Abfälle in Stahlblechcontainern
- AGG 6: Brennbare, unfixierte Abfälle in Betonbehältern
- AGG 7: Zementfixierte Abfälle in Betonbehältern
- AGG 8: Abfälle in Gussbehältern

Da über die in der Schachanlage Asse II eingelagerten Gebinde keine genauen Informationen vorliegen, wird für alle Gebinde die AGG 1 oder AGG 2 angenommen, die zu den größten Freisetzungsteilen führen können.

6.3.5.1 Freisetzungsteile bei mechanischer Belastung

Im Unterkapitel 4.2 in [70] wird die Herleitung der Freisetzungsteile bei mechanischer Belastung beschrieben. Die Freisetzungsteile $\eta < 10$ für die Partikelgröße $< 10 \mu\text{m}$ der AGG 1 werden ausgehend von dem Bezugsszenario mit der Fallhöhe $h_0 = 9 \text{ m}$, dem Volumen $V_0 = 0,1 \text{ m}^3$, dem Ausströmanteil $A_0 = 1$ und dem für diese Werte gemessenen Freisetzungsteil $\eta_{0,<10} = 0,001$ mit folgender Formel skaliert:

$$\eta_{<10} = \frac{h}{h_0} \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{-\frac{2}{3}} \cdot \frac{A}{A_0} \cdot \eta_{0,<10} \quad 6.3.5.1 - I.$$

Die Freisetzungsteile können demnach auch für andere Fallhöhen (h), Behältervolumina (V) und Ausströmanteile (A) skaliert werden. Für die hier betrachtete, rein mechanische Belastung sind die Freisetzungsteile der AGG 1 und der AGG 2 identisch.

Die Freisetzungsteile η_{10-20} für Partikelgrößen zwischen $10 \mu\text{m}$ und $20 \mu\text{m}$ ergeben sich zu 75 % des Werts von $\eta_{<10}$:

$$\eta_{10-20} = 0,75 \cdot \eta_{<10} \quad 6.3.5.1 - II.$$


Die Freisetzungsteile η_{20-50} für Partikelgrößen zwischen $20 \mu\text{m}$ und $50 \mu\text{m}$ ergeben sich zu 75 % des Werts von $\eta_{<10}$:

$$\eta_{20-50} = 0,75 \cdot \eta_{<10} \quad 6.3.5.1 - III.$$

Die Freisetzungsteile η_{50-100} für Partikelgrößen zwischen $50 \mu\text{m}$ und $100 \mu\text{m}$ ergeben sich zu 50 % des Werts von $\eta_{<10}$:

$$\eta_{50-100} = 0,5 \cdot \eta_{<10} \quad 6.3.5.1 - IV.$$

Die Freisetzungsteile steigen demnach für kleine Partikel. Da nur Partikel, die kleiner als $10 \mu\text{m}$ sind, überhaupt in die Umgebung der Anlage freigesetzt werden bzw. zur Inhalationsdosis des Betriebspersonals beitragen (vgl. Abschnitt 6.3.2), ist insbesondere die Partikelgrößenverteilung der Partikel, die kleiner als $10 \mu\text{m}$ sind, relevant. Der Anstieg der Freisetzungsteile lässt die Vermutung zu, dass sich dieser Trend zu immer kleineren Partikeln fortsetzt. Dies ist allerdings nicht der Fall, wie die Auswertung von Fallversuchen in [71] zeigt. Eine Untersuchung des Freisetzungsverhaltens im Partikelgrößenbereich $< 15 \mu\text{m}$ (Tabelle 6 und Bild 17 in [71]) zeigt, dass mit abnehmender Partikelgröße die Freisetzungsteile wieder abnehmen. Daher wird hier abdeckend angenommen, dass die Partikelgrößen im Bereich $< 10 \mu\text{m}$ gleichverteilt sind.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 264

Als maximale Fallhöhe der Gebinde in den Einlagerungskammern wird 10 m angenommen. Der Ausströmanteil wird auf 1 gesetzt. Das bedeutet, dass keine Rückhaltewirkung des Gebindes berücksichtigt wird, weil nicht klar ist, in welchem Zustand sich die Gebinde nach der jahrelangen Einlagerung in der SchachanlageASSE II befinden. Mit diesen Annahmen ergeben sich die Freisetzungsteile für die betrachteten Behälter (200-I-, 400-I-Fass, KC Typ V) wie in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Freisetzungsteile bei mechanischer Belastung

Behältertyp	Volumen [m³]	Fallhöhe [m]	Ausströmanteil	$\eta_{<10\mu\text{m}}$	$\eta_{10-20\mu\text{m}}$	$\eta_{20-50\mu\text{m}}$	$\eta_{50-100\mu\text{m}}$
200-I-Fass	0,2	10	1	7,0E-04	75% $\eta_{<10\mu\text{m}}$	75% $\eta_{<10\mu\text{m}}$	50% $\eta_{<10\mu\text{m}}$
400-I-Fass	0,4	10	1	4,4E-04			
KC Typ V	9,1	1,3	1	7,1E-06			

6.3.5.2 Freisetzungsteile bei thermischer Belastung

Für die Abschätzung des Ausmaßes der Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den Gebinden in die Atmosphäre bei Einwirkung eines Brandes werden die Freisetzungsteile gemäß [69] für die Belastungskategorie BK 8 und BK 9 zugrunde gelegt. Die BK stehen für eine Brandtemperatur von 800 °C, eine Branddauer von 30 min (BK 8) bzw. 60 min (BK 9), sowie eine dem Brand vorausgehende mechanische Beschädigung der Gebinde, die einer Fallhöhe von ca. 48 m entspricht (vgl. Tab. 4.2 in [70]). Die AGG 1 und AGG 2 führen zu den größten bzw. zweitgrößten Freisetzungsteilen.


Nur die Freisetzungsteile für Partikel < 10 µm werden herangezogen, da größere Partikel durch das Filtersystem zurückgehalten werden.

Die Freisetzungsteile für Konrad-Container (Umverpackungen) für den Störfall Brand sind in Tabelle 27 angegeben. Sie unterscheiden sich für verschiedene Nuklide. Insbesondere wird davon ausgegangen, dass H-3, C-14 und die Halogene vollständig freigesetzt werden. Bei diesen Nukliden muss außerdem davon ausgegangen werden, dass sie als Gase freigesetzt werden und somit nicht vom Filter zurückgehalten werden. Für die sonstigen Nuklide (mit Ausnahme der Edelgase) wird davon ausgegangen, dass sie als Aerosole freigesetzt werden und somit der Rückhaltewirkung des Filters unterliegen.

Tabelle 27: Freisetzungsteile im Störfall Brand für einen Konrad-Container

	Freisetzungsteile, $\eta_{<10\mu\text{m}}$	
	BK 8 oder BK 9	
	AGG 1	AGG 2
Sonstige Nuklide	0,1	0,005
H-3	1	1
C-14	1	1
Halogene	1	1

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 265

Die Übertragbarkeitsbewertung der Freisetzungsteile von Konrad-Containern auf Gebinde steht noch aus. Gegebenenfalls ergeben sich erhöhte Freisetzungsteile für sonstige Nuklide, da bei kleineren Gebinden die Temperatur im Inneren schneller ansteigt. Sinnvoll ist hier eine zusammenfassende Bewertung, in welcher auch realistische Angaben über das zu erwartende Brandereignis (z. B. Dauer und Temperaturen) berücksichtigt werden. Die Begrenzung der Freisetzung erfolgt über eine geeignet auszulegende Brandbekämpfungsmaßnahme.

6.4. Quantifizierung der Freisetzung

6.4.1. Anforderungen

Unter Ableitung wird gemäß § 1, Absatz 1 StrlSchV [13] die Abgabe flüssiger, an Schwebstoff gebundener oder gasförmiger radioaktiver Stoffe auf hierfür vorgesehenen Wegen verstanden.


Im Rahmen der KPL werden die Kriterien des aktuellen, allgemein gültigen Strahlenschutzrechts, insbesondere die Vorgaben aus § 80 StrlSchG [14] und §§ 99 und 104 StrlSchV [13], zugrunde gelegt. Dies gilt ungeachtet der speziellen Regeln gemäß § 57b AtG [11] insbesondere der im Einzelfall festzulegenden Störfallplanungswerte.

Ereignisse des bestimmungsgemäßen Betriebs werden demnach unter den für Ableitung geltenden Regeln bewertet. Die effektive Dosis der durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser bedingten Exposition ist gemäß § 99, Absatz 1 StrlSchV [13] für Einzelpersonen der Bevölkerung auf 0,3 mSv/a begrenzt.

Gemäß § 104 StrlSchV in Verbindung mit § 194 StrlSchV [13] ist bei Störfällen die durch Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung verursachte effektive Dosis auf 50 mSv zu beschränken.

6.4.2. Bewertungsmaßstab für die Aktivitätsableitung

Die effektive Dosis der durch Ableitungen radioaktiver Stoffe bedingten Exposition ist gemäß § 99, Absatz 1 StrlSchV [13] für Einzelpersonen der Bevölkerung auf 0,3 mSv/a begrenzt. Der Nachweis kann z.B. über eine Ausbreitungsrechnung erfolgen. Gemäß § 102, Absatz 2 StrlSchV [13] kann bei Einhalten der Summenformel der Anlage 11 Teil D der StrlSchV [13] der Nachweis zur Einhaltung des Grenzwertes als erbracht angesehen werden. Bei Einhalten der Summenformel ist davon auszugehen, dass die effektive Dosis der durch Ableitung radioaktiver Stoffe bedingten Exposition 10 µSv/a nicht überschreitet. Auf eine Ausbreitungsrechnung kann in diesem Fall verzichtet werden. Zur Abschätzung der effektiven Dosis wird im Folgenden vereinfachend angenommen, dass ein Summenwert von 1,0 einer effektiven Dosis von 0,01 mSv entspricht und ein Vielfaches des Summenwertes linear skaliert werden kann. Das Überschreiten eines Summenwertes von 1 bedeutet demnach nicht, dass eine Ableitung nicht genehmigungsfähig ist. Es bedeutet lediglich, dass für die Genehmigung eine Ausbreitungsrechnung erforderlich ist und das vereinfachte Verfahren mittels der Summenformel nicht ausreichend ist. Als Orientierung gilt, dass ab einem Summenwert von 30 mit einer effektiven Dosis von 0,3 mSv/a zu rechnen ist, was den Grenzwert der Genehmigungsfähigkeit darstellt. Unter exemplarischer Berücksichtigung einer hälftigen „Budgetteilung“ aufgrund zweier Emittenten während der Rückholung (Rückholung unter Tage und Abfallbehandlungsanlage über Tage) halbiert sich der Wert auf 0,15 mSv/a, was zu einem Summenwert von 15 korrespondiert. Realistisch ist, dass bei einer detaillierten Auslegung, z. B. im Rahmen der GPL, auch für höhere Summenwerte als 15 bzw. 30 mit Ausbreitungsrechnungen gezeigt werden kann, dass der Grenzwert noch eingehalten wird.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 266

Die Ableitung der Radioaktivität in die Umgebung der Anlage wird hier auf Grundlage der Summenformel aus Anlage 11 Teil D bewertet. Die einzuhaltende Summenformel lautet

$$\sum_i \frac{\bar{C}_{i,a}}{C_i} \leq 1,0 \quad 6.4.2 - I.$$

wobei $\bar{C}_{i,a}$ der jährliche Mittelwert der abgeleitete Aktivitätskonzentration [Bq/m³] von Nuklid i und C_i die zulässige Aktivitätskonzentration ist. Der Fortluftstrom ist dabei auf 1,0E+05 m³/h beschränkt. Die Werte für C_i sind in Anlage 11 Teil D der StrlSchV [13] angegeben. Durch die Multiplikation des maximal zulässigen Fortluftstroms mit der zulässigen Aktivitätskonzentration ergibt sich eine maximale Aktivität, die im Kalenderjahr abgegeben werden kann.

Derzeit ist für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II eine Wettermenge von 6000 m³/min = 3,6E+05 m³/h vorgesehen. Dieser Abwetterstrom übersteigt den Fortluftstrom, der maximal vorgesehen ist, um die Summenformel anwenden zu dürfen, um den Faktor 3,6. Da es aus radiologischer Sicht nicht auf die Luftmenge, sondern nur auf die freigesetzte Aktivität ankommt, kann die maximale Aktivität, die im Kalenderjahr abgegeben werden kann, unabhängig vom tatsächlichen Abwetterstrom zur Abschätzung der effektiven Dosis herangezogen werden. In der weiteren Planung ist eine Bewertung auf Grundlage von § 99, Absatz 1 StrlSchV [13] mit einer Ausbreitungsrechnung erforderlich.

Unter den Nukliden des dokumentierten Inventars sind einige Nuklide, für die in Anlage 11 Teil D der StrlSchV [13] keine zulässigen mittleren Aktivitätskonzentrationen für die Ableitung angegeben sind. Diese lassen sich in zwei Gruppen aufteilen:

Gruppe 1: Ag-108, Ba-137m, TI-206, TI-207, TI-208, TI-209, TI-210, Bi-211, Po-211, Po-212, Po-213, Po-214, Po-215, Po-216, Po-218, At-217, At-218, Fr-221, Pa-234m.

Gruppe 2: Kr-85, Rn-218, Rn-219, Rn-220, Rn-222.

Bei der Gruppe 1 handelt es sich um kurzlebige Tochternuklide, die allesamt eine Halbwertszeit von weniger als 5 min aufweisen. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Nuklide nur unwesentlich zur effektiven Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung beitragen, weil sie größtenteils zerfallen sind, bevor sie diese erreichen. Dennoch werden diese Nuklide für die Berechnung des Summenwertes mit $C_i = 0,001$ Bq/m³ berücksichtigt.


Bei der Gruppe 2 handelt es sich um radioaktive Edelgase. Im Genehmigungsbescheid 1/2011 für die Schachanlage Asse II [72] wird für die Edelgase ein Ableitungswert von 1,0E+12 Bq/a angegeben, der hier im Rahmen der KPL übernommen wird. Für die Rückholung ist ein eigener Genehmigungsbescheid erforderlich, der auch zur Unterlage [13] abweichende Ableitungswerte enthalten kann.

6.4.3. Bewertungsmaßstab für die Freisetzung

Die Ergebnisse zur Aktivitätsfreisetzung werden ins Verhältnis zum für die Aktivitätsableitung erläuterten Kriterium gestellt, um eine qualitative Einschätzung der zu erwartenden radiologischen Auswirkungen zu erlauben. In der Entwurfsplanung sind vertiefte Betrachtungen unter Verwendung von Ausbreitungsrechnungen erforderlich.

6.4.4. Aktivitätsinventar

Das Gesamtaktivitätsinventar wird für jede Einlagerungskammer nuklidweise berechnet und ist im Abschnitt 6.2.1 angegeben. Für die Freisetzungsbetrachtung wird abdeckend das Inventar zum Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 267

Bezugszeitpunkt 01.01.2030 herangezogen, der vor dem für Phase A maßgeblichen Jahr 2033 liegt. Nur Nuklide, deren Aktivität zum Bezugszeitpunkt größer als 10 kBq ist, werden berücksichtigt. Außerdem ist die Anzahl der Gebinde (z.B. 200-l-, 400-l-Fass, VBA) je Einlagerungskammer bekannt, siehe Tabelle 28. Mit dem Innenvolumen der Behälter und ihrer Anzahl lässt sich das Gesamtvolumen des radioaktiven Abfalls in den Behältern berechnen. Daraus lässt sich wiederum die nuklidweise mittlere spezifische Aktivität des Abfalls [Bq/m³] für jede Einlagerungskammer bestimmen. Unter der Annahme, dass die mittlere spezifische Aktivität für alle Behältertypen dieselbe ist, lässt sich mit dem Innenvolumen somit das mittlere Aktivitätsinventar für jeden Behältertypen berechnen. Zusätzlich wird das Ergebnis mit einem Skalierungsfaktor von 1,71, der sich abdeckend aus dem Vergleich des gemäß Annahmebedingungen für ein Gebinde möglichen Aktivitätsinventars und dem für die ELK 7/750 aus der aufsummierten Gesamtaktivität abgeleiteten mittleren Gebinden ergibt, siehe Abschnitt 6.2.1 (dort wird der geringere Wert von 1,05 genannt), multipliziert. Die somit erhaltenen spezifischen Aktivitäten sind in Anhang 2 angegeben und übersteigen den Erwartungswert um ca. 60 % (1,71/1,05 - 1).

Tabelle 28: Anzahl der Gebinde in den Einlagerungskammern

ELK		1/750	2/750	2/750 Na2	4/750	5/750	6/750	7/750	8/750	10/750	11/750	12/750
Gebinde	[m ³]	Anzahl										
100 l	0,1								213	76	16	
150 l	0,15				100							
200 l	0,2	10156	5372	30504	6165	7009	1617	1079	10200	4266	3965	6080
250 l	0,25		185		25					20	30	428
300 l	0,3	25	29		30	3			154	14	50	24
400 l	0,4	752	1711	6392	10	1349	1184	139	709	280	604	215
VBA	0,34		153			1198	4799	3138		8	4731	717
Sonder	1			4	10	2	11		2		3	
Summe		10933	7450	36900	6340	9561	7611	4356	11278	4664	9399	7464
ges. Innenvol [m ³]		2340	1866	8662	1277	2352	2440	1338	2393	985	2670	1660

Das maximale Gebindeinventar für jeden Behältertyp wird durch die Multiplikation des spezifischen Aktivitätsinventars mit dem Innenvolumen berechnet. Zusätzlich wird das Ergebnis mit dem Überladungsfaktor von 5,0 multipliziert. Der Überladungsfaktor berücksichtigt, dass bei der Einlagerung 10 % der Fässer um das 5-fache überladen worden sein durften.

Das Aktivitätsinventar der Umverpackung (KC Typ V, Innenvolumen 9,1 m³) wird ebenso berechnet, wobei auf den Überladungsfaktor von 5 verzichtet wird, da es sich beim Inventar einer Umverpackung um einen Materialmix aus mehreren Gebinden und überwiegend nicht radioaktiv kontaminiertem Versatzmaterial handelt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 268

6.4.5. Freisetzungsszenarien

In diesem Abschnitt werden verschiedene Ereignisse bezüglich ihres Freisetzungsverhaltens betrachtet. Dazu werden drei Szenarien im bestimmungsgemäßen Betrieb und zwei Störfallszenarien definiert, aus deren Betrachtung auch Rückschlüsse auf andere Szenarien möglich sind (vergleiche Tabelle 34 im nachfolgenden Abschnitt). Zur Einteilung in bestimmungsgemäßen Betrieb und Störfälle sei auf Abschnitt 6.3.1 verwiesen.

Bei der Betrachtung des bestimmungsgemäßen Betriebs werden im Normalbetrieb die Staubbildung beim Abbau und im anomalen Betrieb der Absturz eines Gebindes in der Einlagerungskammer (repräsentativ für Ereignisse mit einem betroffenen Gebinde) und der Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf freigelegte Gebinde (repräsentativ für Ereignisse mit mehreren betroffenen Gebinden) betrachtet.

Im Rahmen der Betrachtung möglicher Störfälle mit Aktivitätsfreisetzung (Störfallklasse 1) wird nachfolgend der Absturz eines beladenen und unverdeckelten KC innerhalb der Schildmaschine und die zugehörige Belastung des Betriebspersonal bewertet sowie der Störfall Brand betrachtet. Weitergehende Konsequenzenminimierungen für Störfälle (z.B. die Verwendung eines Havariefilters, das Tragen von Atemschutzmasken o. ä.) sind im Folgenden nicht berücksichtigt und in jedem Falle empfehlenswert.

Im Abschnitt 6.4.6 wird erläutert, dass die anderen Ereignisse mit potentieller Aktivitätsfreisetzung jeweils abdeckend einem der vorgenannten Freisetzungsszenario zugeordnet werden können.


6.4.5.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb

Nachfolgend werden als Szenarien für den bestimmungsgemäßen Betrieb (anomalen Betrieb) der

- Absturz eines Fasses in der ELK sowie der
- Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf freigelegte Gebinde vorgestellt.

Abschließend erfolgt eine Abschätzung zur Aktivitätsfreisetzung durch Staubbildung beim Abbau (Normalbetrieb).

Für den Absturz eines Gebindes wird eine maximale Fallhöhe von 10 m angesetzt. Die pro Gebinde freigesetzte Aktivität ergibt sich aus der Multiplikation des Gebindeinventars mit dem Freisetzunganteil. Die Freisetzunganteile sind in Tabelle 29 angegeben. Da ein 400-l-Fass die doppelte Aktivität eines 200-l-Fasses enthalten kann, der Freisetzunganteil des 200-l-Fasses aber weniger als doppelt so groß ist wie der des 400-l-Fasses, bildet das 400-l-Fass den abdeckenden Fall. Sondergebände, mit einem abgeschätzten Innenvolumen von 1 m³, werden wegen ihrer geringen Anzahl nicht betrachtet. Für das Betriebspersonal besteht beim Lastabsturz in der ELK keine Expositionsgefahr, da das Betriebspersonal sich im Luftstrom vor der ELK, das heißt auf der Frischwetterseite, befindet. Die in die Umgebung der Anlage freigesetzte Aktivität berechnet sich aus der freigesetzten Aktivität durch Multiplikation mit dem Durchlassgrad des Filters von 2,795E-05 (vgl. Tabelle 25), wobei für die Radionuklide H-3, C-14, Kr-85, Rn-218, Rn-219, Rn-220 und Rn-222 ein Durchlassgrad des Filters von 1,0 angewendet wird, da sie (bei H-3 und C-14 je nach Verbindung) gasförmig sind. Die resultierenden Summenwerte zur Ausschöpfung der zulässigen jährlichen Aktivitätsableitung gemäß § 102 StrlSchV, Anhang 11 Teil D der StrlSchV [13] (vgl. Abschnitt 6.4.2) sind in Tabelle 30 angegeben. Aufgrund der geringen Summenwerte wird ersichtlich, dass auch der Absturz von mehreren Gebinden pro Kalenderjahr keine unzulässige Exposition der Bevölkerung verursacht.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 269

Tabelle 29: Summenwert bei Absturz eines 400-l-Fasses in der Einlagerungskammer

ELK	1/750	2/750	2/750 Na2	4/750	5/750	6/750	7/750	8/750	10/750	11/750	12/750
Summenwert	0,31%	0,46%	0,01%	0,00%	0,20%	0,28%	0,95%	0,08%	0,01%	0,26%	0,20%
1/Summenwert	321	216	6963	59693	511	358	105	1256	8598	379	503

Bei der Betrachtung des Absturzes von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden in den Einlagerungskammern auf Gebinde wird in der nachfolgenden Berechnung davon ausgegangen, dass zehn 400-l-Fässer getroffen werden. Bei größeren Anzahlen getroffener Fässer skalieren die Ergebnisse entsprechend. Ab einer gewissen Anzahl beteiligter Gebinde sind so erhebliche Auswirkungen auf die Fortführung der Rückholung zu erwarten, dass die Zuordnung zu einem Störfall angemessen wäre, so dass große Anzahlen (mit potentieller Überschreitung des Bewertungsmaßstabs für den bestimmungsgemäßen Betrieb) hier nicht betrachtet werden.

Als Fallhöhe wird von 10 m ausgegangen. Die Fallgeschwindigkeit ist nicht abhängig von der Masse. Die Fallenergie skaliert linear mit der Masse und der Fallhöhe. Daraus folgt, dass die Freisetzungsteile ebenfalls linear mit der Fallhöhe skalieren (vgl. Abschnitt 6.4.5). Daher kann der Absturz von Material auf die Fässer berechnet werden, als würden die Fässer aus der gleichen Höhe auf das Material fallen. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass das abstürzende Material ggf. erheblich schwerer ist als die Fässer und damit mehr Verformungsarbeit verrichtet. Dies kann aufgrund der linearen Zusammenhänge ebenfalls linear berücksichtigt werden. Da das verfestigte Salzgrus porös ist, verursacht der Sturz von Material auf die Fässer weniger Freisetzung als der Aufprall der Fässer auf unnachgiebigem Boden, der für die Berechnung der Freisetzungsteile zugrunde gelegt wird. Hinzu kommt, dass sich das abstürzende Material auf mehrere Fässer verteilt. Insgesamt erscheint daher ein Sicherheitszuschlag mit einem Faktor 10 auf die Freisetzungsteile als angemessen, um den ggf. lokal stark erhöhten Energieeintrag zu berücksichtigen.


Weil nur 10 % der Gebinde bei der Einlagerung um den Faktor 5 überladen sein durften (siehe Tabelle 3 in [59]), muss nicht davon ausgegangen werden, dass alle zehn Gebinde um den Faktor 5 überladen sind. Es ist ausreichend, anzunehmen, dass bis zu drei der zehn Gebinde überladen sind (deckt 98,7 % der auftretenden Fälle ab). Damit beinhalten die zehn Gebinde ein Gesamtinventar von 22 nicht überladenen 400-l-Fässern:

Drei Gebinde mit 5-fachem Inventar + sieben Gebinde mit einfachem Inventar = 22-mal einfaches Inventar.

Die aus den zehn Gebinden freigesetzte Aktivität ergibt sich aus der Multiplikation ihres Gesamtinventars mit dem Freisetzungsteil ($4,4E-04$) und dem vorgenannten Sicherheitszuschlag (Faktor 10).

Für das Betriebspersonal besteht beim Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf Gebinde in den Einlagerungskammern keine Expositionsgefahr, da es sich im Luftstrom vor der ELK befindet. Die in die Umgebung der SchachanlageASSE II freigesetzte Aktivität berechnet sich aus der freigesetzten Aktivität durch Multiplikation mit dem Durchlassgrad des Filters von $2,795E-05$ (vgl. Tabelle 25), wobei für die Radionuklide H-3, C-14, Kr-85, Rn-218, Rn-219, Rn-220 und Rn-222 ein Durchlassgrad des Filters von 1,0 verwendet wurde, da sie gasförmig vorkommen.

Die resultierenden Summenwerte zur Ausschöpfung der zulässigen jährlichen Aktivitätsableitung gemäß § 102 StrlSchV, Anhang 11 Teil D der StrlSchV [13] (vgl. Abschnitt 6.4.2) sind in Tabelle 30 angegeben. Es wird ersichtlich, dass durch den Absturz von Lösern auf zehn 400-l-Fässer keine

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 270

unzulässige Exposition der Bevölkerung verursacht wird, selbst dann nicht, wenn dieses Ereignis mehrmals im Kalenderjahr auftritt.

Tabelle 30: Summenwert bei Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf zehn 400-I-Fässer in den Einlagerungskammern

ELK	1/750	2/750	2/750 Na2	4/750	5/750	6/750	7/750	8/750	10/750	11/750	12/750
Summenwert	0,14	0,20	0,01	0,00	0,09	0,12	0,42	0,04	0,01	0,12	0,09
1/Summenwert	7	5	158	1357	12	8	2	29	195	9	11

Nachfolgend wird die Aktivitätsfreisetzung durch Staubbildung bei Arbeiten zum Räumen der Einlagerungskammern bewertet (Normalbetrieb). Eine typische Tätigkeit ist das Fräsen von verfestigtem Salzgrus. Der Salzgrus kann radioaktiv kontaminiert sein, wenn Gebinde undicht geworden sind. Außerdem kann es vorkommen, dass Gebinde versehentlich beschädigt werden. Im schlimmsten Fall ist davon auszugehen, dass ein Gebinde vollständig zerstört, als solches nicht mehr erkennbar ist und der Abfall samt restlicher Gebindehülle mit dem umgebenden Salzgrus aufgenommen wird.

Für die Berechnung wird ein jährliches Abfallvolumen (Gebinde und Salzgrus) von 6000 m³ angesetzt. Dies ergibt sich aus einer Vortriebsgeschwindigkeit von 0,5 m/Woche, einer Höhe des abgebauten Volumens von 10,5 m (Höhe der Schildmaschine von 10 m + 0,5 m Überschnitt), einer Breite der Schildmaschine von 8,5 m und einer Anzahl von drei nebeneinander fahrenden Schildmaschinen. Es wird von jährlich 39 Kalenderwochen für die Abbauarbeiten ausgegangen. Der restliche Zeitraum ist für Wartungsarbeiten vorgesehen.

Weiterhin wird angenommen, dass 1 % des abgebauten Volumens als Staub (Korngröße < 2 mm) anfällt. Davon fallen 20 % im Bereich < 10 µm (vgl. Abschnitt 6.3.2) an. Bis zu 5 % des Staubes werden als radioaktiv kontaminiert betrachtet (mit der spezifischen Aktivität der jeweiligen Einlagerungskammer). Insgesamt ergibt sich somit ein jährlich als Staub im Bereich < 10 µm freigesetztes Volumen von 0,6 m³/a (mit der spezifischen Aktivität der jeweiligen ELK).

Für das Betriebspersonal besteht durch die Staubbildung beim Räumen der ELK keine Expositionsgefahr, da es sich im Luftstrom vor der ELK befindet. Die in die Umgebung der Schachanlage Asse II freigesetzte Aktivität berechnet sich aus der freigesetzten Aktivität durch Multiplikation mit dem Durchlassgrad des Filters von 2,795E-05 (vgl. Tabelle 25), wobei für die Radionuklide H-3, C-14, Kr-85, Rn-218, Rn-219, Rn-220 und Rn-222 ein Durchlassgrad des Filters von 1,0 verwendet wurde, da sie gasförmig sind. Die resultierenden Summenwert zur Ausschöpfung der zulässigen jährlichen Aktivitätsableitung gemäß § 102 StrlSchV, Anhang 11 Teil D der StrlSchV [13] (vgl. Abschnitt 6.4.2) sind in Tabelle 31 angegeben. Die erreichten Summenwerte überschreiten für einige Einlagerungskammern den Wert 1,0 (bis zu 6,5-fach). Ein vereinfachter Nachweis unter Verwendung des Summenwertes ist demnach nicht möglich. Die zu erwartende effektive Dosis kann aber mit 0,065 mSv abgeschätzt werden (vgl. Abschnitt 6.4.2). Ein Nachweis, dass die effektive Dosis auf 0,3 mSv/a beschränkt ist und damit die Anforderungen aus § 99 Absatz 1 StrlSchV [13] einhält, kann mittels Ausbreitungsrechnung erbracht werden.

Die getroffenen Annahmen sind abdeckend. Bei genauerer Kenntnis der Menge des anfallenden Staubes, der tatsächlich durch das Lüftungssystem abgesaugt wird und in die Umgebung der Schachanlage Asse II gelangt, ist damit zu rechnen, dass die prognostizierten Werte der effektiven Dosis weiter reduziert werden können. Hierzu sind gegebenenfalls Praxisversuche (mit inaktivem Material) zur Bestimmung der Menge der Staubbildung nötig.


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG		
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN			
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	Blatt: 271		
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept											

Tabelle 31: Summenwert der jährlichen Aktivitätsfreisetzung durch Staubbildung bei Räumung der EKL

ELK	1/750	2/750	2/750 Na2	4/750	5/750	6/750	7/750	8/750	10/750	11/750	12/750
Summenwert	2,1	3,2	0,1	0,0	1,3	1,9	6,5	0,5	0,1	1,8	1,4

6.4.5.2 Störfälle

Störfälle der Störfallklasse 2 sind hier nicht gesondert zu betrachten, da sie nicht zu einer Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung der Anlagen führen.

Im Rahmen der Betrachtung möglicher Störfälle der Störfallklasse 1 wird nachfolgend der Absturz eines beladenen und unverdeckelten KC innerhalb der Schildmaschine und die zugehörige Belastung des Betriebspersonal bewertet sowie der Störfall Brand betrachtet. Für die Bewertung des Absturzes eines beladenen und unverdeckelten KC Typ V innerhalb der Schildmaschine, wird das im Abschnitt 6.4.4 ermittelte Aktivitätsinventar des KC Typ V zugrunde gelegt. Die maximale Fallhöhe innerhalb der Schildmaschine beträgt 1,3 m. Die beim Absturz freigesetzte Aktivität beträgt nur etwa 7 % der beim Absturz eines 400-l-Fasses innerhalb der Einlagerungskammer freigesetzten Aktivität (Berechnung analog zu Abschnitt 6.4.5.1). Die Berechnung der Belastung der Bevölkerung ist demnach mit der Betrachtung im Abschnitt 6.4.5 abgedeckt. Allerdings muss die Belastung des Betriebspersonal betrachtet werden, da der Absturz innerhalb der Schildmaschine stattfindet.

Die beim Absturz der unverdeckelten Umverpackung freigesetzte Aktivität ergibt sich aus der Multiplikation des Gebindeinventars mit dem Freisetzunganteil. Die Freisetzunganteile sind in Tabelle 32 angegeben.

Für die Berechnung der vom Betriebspersonal inhalierten Aktivität wird davon ausgegangen, dass sich die freigesetzte Aktivität A im Luftvolumen des Raums gleichmäßig verteilt. Die anfängliche Aktivitätskonzentration a_0 beträgt dann $a_0 = A/V$ [Bq/m³], wobei V das Volumen des Arbeitsraumes (etwa 60 m³) ist. Für die Lüftung der gesamten Schildmaschine ist ein Volumenstrom von 2000 m³/min vorgesehen. Für den Arbeitsraum beträgt er $L = 200$ m³/min.

Die zeitliche Entwicklung der Aktivitätskonzentration ist gegeben durch

$$a(t) = a_0 \cdot \exp(-L/V \cdot t). \quad 6.4.5.2 - I.$$

Der Wert L/V wird als Luftwechselzahl (abgeführtes Luftvolumen pro Raumvolumen und Zeit) bezeichnet. Die inhalierte Aktivität ergibt sich aus der Multiplikation der Atemrate r mit der Aktivitätskonzentration a mit der Aufenthaltszeit t :

$$A_{inh} = r \cdot a \cdot t \quad 6.4.5.2 - II.$$


bzw. bei zeitabhängiger Aktivitätskonzentration

$$A_{inh} = r \int_0^t a(\tau) d\tau. \quad 6.4.5.2 - III.$$

Für $t \rightarrow \infty$ ergibt sich

$$A_{inh} = A \cdot r/L. \quad 6.4.5.2 - VI.$$

Es wird die gemäß Anhang 1 von [73] nach Störfällen gültigen erhöhten Atemrate für Erwachsene von $r = 3,8E-04$ m³/s angesetzt. Die effektive Dosis des Betriebspersonals ergibt sich aus der

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 272
---	-------------------

Multiplikation der inhalierten Aktivität mit den Dosiskoeffizienten [Sv/Bq]. Es gelten die Dosiskoeffizienten gemäß [73] für innere berufliche Exposition.

Für dieselben Nuklide, für die in der StrISchV [13] keine Konzentrationen für die Berechnung des Summenwertes bei Ableitung angegeben sind (vgl. Abschnitt 6.4.2), sind auch keine Dosiskoeffizienten angegeben. Der Beitrag der Beta-/Gammastrahler zur effektiven Dosis wird daher mit 1,0E-06 Sv/Bq und für Alphastrahler mit 1,0E-04 Sv/Bq berücksichtigt.

Die effektive Dosis, die sich für das Betriebspersonal durch Inhalation, der in den Arbeitsraum nach Lastabsturz freigesetzten Aktivität, ergibt, ist in Tabelle 32 angegeben. Dabei wird jeweils davon ausgegangen, dass die Umverpackung mit Material aus der entsprechenden Einlagerungskammer gefüllt ist.


Tabelle 32: Effektive Dosis des Betriebspersonal nach Aufenthalt in Arbeitsräumen nach Lastabsturz

ELK	1/750	2/750	2/750 Na2	4/750	5/750	6/750	7/750	8/750	10/750	11/750	12/750
Dosis [mSv]	8,4	12,3	0,4	0,08	4,8	4,8	20,7	2,2	0,2	5,4	4,9

Der Grenzwert der effektiven Dosis beträgt für beruflich exponierte Personen 20 mSv/a (siehe § 78 StrISchG [14]). Ohne weitere Schutzmaßnahmen sind die durch Lastabsturz erhaltenen Werte der effektiven Dosis zu hoch. Weitere Schutzmaßnahmen beinhalten einen automatisierten Ablauf in Arbeitsräumen mit unverdeckelten Umverpackungen. Wenn Arbeitsräume mit unverdeckelten Umverpackungen in Ausnahmefällen betreten werden müssen, so ist ein geeigneter Schutzanzug mit Atemschutz erforderlich. Der Wischtest-Raum kann i.d.R. ohne Atemschutz betreten werden, weil der Container dort bereits verdeckelt ist. Außerdem ist die Fallhöhe dort wesentlich geringer. Ein Umkippen des Containers ist aufgrund der Abmessungen des Raumes nicht möglich.

Nachfolgend wird der Störfall Brand betrachtet. Ein Brand kann sowohl in der ELK als auch in der Schildmaschine ausbrechen. Es wird daher die Freisetzung aus einem 400-l-Fass sowie aus einer Umverpackung hinsichtlich der Exposition der Bevölkerung betrachtet. Etwaige Abweichungen der Freisetzungen aus anderen Gebindetypen als 400-l-Fässern sind im Rahmen der Genehmigungserlangungsplanung separat zu bewerten und zu diskutieren, können jedoch durch geeignete Brandbekämpfungsmaßnahmen u. ä. kompensiert werden, so dass die nachfolgenden Schlussfolgerungen hiervon nicht berührt sind. Die pro Gebinde freigesetzte Aktivität ergibt sich aus der Multiplikation des Gebindeinventars mit dem Freisetzungsanteil. Die Freisetzungsanteile sind in Tabelle 27 angegeben. Bei H-3, C-14, den Halogenen und den Edelgasen muss davon ausgegangen werden, dass sie als Gase freigesetzt werden und somit nicht vom Filter zurückgehalten werden. Für die sonstigen Nuklide wird davon ausgegangen, dass sie als Aerosole freigesetzt werden und somit der Rückhaltewirkung des Filters unterliegen. Die in die Umgebung der Schachanlage Asse II freigesetzte Aktivität berechnet sich aus der freigesetzten Aktivität durch Multiplikation mit dem Durchlassgrad des Filters von 2,795E-05 für Aerosole (vgl. Tabelle 25) und 1,0 für gasförmige Radionuklide.

Die resultierenden Summenwerte zur Ausschöpfung der zulässigen jährlichen Aktivitätsableitung gemäß § 102 StrISchV, Anhang 11 Teil D der StrISchV [13] (vgl. Abschnitt 6.4.2) sind in Tabelle 33 angegeben.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 273

Tabelle 33: Summenwert im Störfall Brand bei einem betroffenen Gebinde

ELK		1/750	2/750	2/750 Na2	4/750	5/750	6/750	7/750	8/750	10/750	11/750	12/750
		Summenwert										
400-I- Fass	AGG 1	0,74	1,1	0,071	0,0056	0,52	0,74	2,3	0,23	0,055	0,81	0,53
	AGG 2	0,066	0,081	0,042	0,0021	0,10	0,15	0,21	0,067	0,033	0,26	0,11
KC Typ V	AGG 1	3,4	4,9	0,32	0,025	2,4	3,4	10	1,1	0,25	3,7	2,4
	AGG 2	0,30	0,37	0,19	0,0094	0,47	0,68	0,94	0,31	0,15	1,2	0,50

Der Brand einer Umverpackung stellt das abdeckende Ereignis dar. Der zulässige Summenwert wird für die AGG 1 teilweise bis zum Zehnfachen überschritten. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass im Brandfall voraussichtlich mehrere Gebinde betroffen sind.

Bei Einhalten der Summenformel kann davon ausgegangen werden, dass die bedingte Exposition 10 µSv/a nicht überschreitet. Die zu erwartende effektiven Dosis kann daher für die ELK 7/750 und ein Fass der AGG 1 mit $10,2 \cdot 10 \mu\text{Sv} = 0,10 \text{ mSv/a}$ abgeschätzt werden. Da der Brandfall einen Störfall darstellt, ist § 104 StrlSchV [13] in Verbindung mit § 194 StrlSchV [13] maßgeblich, wonach die durch Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung verursachte effektive Dosis auf 50 mSv zu beschränken ist. Mit der bisherigen Betrachtung kann davon ausgegangen werden, dass es möglich ist, einen entsprechenden Nachweis zu erbringen. Dennoch ist es empfehlenswert Brandbekämpfungsmaßnahmen vorzuhalten. Dies ist schon aufgrund des Arbeitsschutzes für das Betriebspersonal notwendig. Hierzu siehe auch Kapitel 7.

6.4.6. Bewertung der vorkommenden Ereignisse

In diesem Abschnitt werden die möglichen Ereignisse, die bei der Rückholung der Gebinde aus den Einlagerungskammern auftreten können, den betrachteten Freisetzungsszenarien, die sie radiologisch abdecken, zugeordnet (siehe Tabelle 34). Damit wird belegt, dass die Wahl der für die Konzeptbewertung ausgewählten Szenarien sinnvoll ist, da die anderen Szenarien den ausgewählten Szenarien zugeordnet oder durch technische und organisatorische Maßnahmen verhindert werden können.

Bei der Zuordnung wurde mittels einer ingenieurmäßigen Abschätzung ermittelt, welche betrachteten Szenarien jeweils abdeckend sind. Beispielsweise wurden Ereignisse mit geringeren Fallhöhen oder weniger betroffenen Gebinden als von vergleichbaren Szenarien mit größeren Fallhöhen oder mehr betroffenen Gebinden abgedeckt angesehen.

Die betrachteten Freisetzungsszenarien des bestimmungsgemäßen Betriebs sind gemäß Abschnitt 6.4.5.1:


Normalbetrieb:

N: Abschätzung zur Aktivitätsfreisetzung durch Staubbildung beim Abbau

anomaler Betrieb:

Aa: Fassabsturz in der ELK

Ab: Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf freigelegte Gebinde

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 274
---	------------

Die betrachteten Freisetzungsszenarien, die als Störfälle der Störfallklasse 1 gemäß Abschnitt 6.4.5 eingeordnet sind, sind:


S1a: Absturz KC Typ V innerhalb der Schildmaschine

S1b: Brand

Tabelle 34: Radiologische Bewertung möglicher Ereignisse

Handhabungsschritt	Ereignis	Bewertung
Arbeiten innerhalb der ELK: Freilegen eines Gebindes durch Einsatz von Werkzeug (Fräser)	Beschädigung des intakten Gebindes durch Werkzeug (zu tief gefräst)	Normalbetrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario N abgedeckt
	Beschädigung max. 4 intakter Gebinde durch Werkzeug (falls die Fräse genau die Schnittstelle anfahren würde)	Normalbetrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario N abgedeckt
	Gebinde ist nicht intakt (nicht durch Fräse verursacht)	Normalbetrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario N abgedeckt
	Mehrere nicht intakte Gebinde liegen nebeneinander	Normalbetrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario N abgedeckt
	Absturz von Lösern aus den Schweben/dem Hangenden auf freigelegte Gebinde	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung in Szenario Ab betrachtet
	Defekt des Werkzeugs (Gebinde ist freigelegt, Fräse verklemmt sich)	anomaler Betrieb, keine Aktivitätsfreisetzung
	Brand/Eintrag thermischer Energie mit Folgebrand	Störfallklasse 1, Aktivitätsfreisetzung in Szenario S1b betrachtet, Brandbekämpfungsmaßnahme vorhalten und geeignet auslegen
	Ausfall der Luftführung (vor der Maschine) bei gleichzeitiger Druckerhöhung in der ELK	Störfallklasse 2, keine Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung der Anlage, Aktivität kann in die Schildmaschine eindringen, Evakuierung notwendig
Ausfall der Medienversorgung (Strom, Druckluft, Lüftung etc., für alle Handhabungsschritte nur hier aufgeführt)	Störfallklasse 2, keine Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung der Anlage, Aktivität kann in die Schildmaschine eindringen, Evakuierung notwendig	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 275

(Fortsetzung)

Handhabungsschritt	Ereignis	Bewertung
Arbeiten innerhalb der ELK: Lösen eines Gebindes durch Einsatz von Werkzeug (Greifer)	Absturz eines intakten Gebindes aufgrund Handhabungsfehler auf die Schildmaschine	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario Aa abgedeckt
	Absturz eines nicht intakten Gebindes aufgrund Handhabungsfehler auf die Schildmaschine	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung in Szenario Aa betrachtet
	Absturz eines intakten Gebindes aufgrund Handhabungsfehler auf freigelegte Gebinde	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario Ab abgedeckt
	Absturz eines nicht intakten Gebindes aufgrund Handhabungsfehler auf freigelegte Gebinde	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario Ab abgedeckt
	Beschädigung des Gebindes durch Greifer ("zerquetschen")	Normalbetrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario N abgedeckt
	Beschädigung des "Führerstands" mit Enthermetisierung	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal durch Eintreten von radioaktiv kontaminierter Außenluft, Evakuierung → durch technische Maßnahmen auszuschließen (Verstärkung des Führerstandfensters, Schutz vor herunterfallendem Gestein o.ä.)
Beladung KC: Anheben des KC	KC ist nicht luftdicht an Ladeöffnung angehoben worden, Salzgrus/Inventar gelangt in Verladekammer	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz
	Lösen des KCs von der Ladeöffnung aufgrund von Erschütterungen	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 276

(Fortsetzung)

Handhabungsschritt	Ereignis	Bewertung
Beladung KC: Laden eines Gebindes durch Einsatz von Werkzeug (Greifer)	Inventar aus nicht intaktem Gebinde fällt während der Bewegung zur Ladeöffnung auf Schildmaschine	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario Aa abgedeckt
	Ein freigelegtes (intakt/nicht intakt) Gebinde fällt aus der ELK in den vollbeladenen KC	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario Ab abgedeckt
	Absturz des Werkzeuges (Manipulator aufgrund Überlastung) auf Gebinde, die bereits in KC eingestellt sind.	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario Ab abgedeckt
	Absturz des Werkzeuges auf Gebinde in ELK (Manipulator aufgrund Überlastung)	anomaler Betrieb, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario Ab abgedeckt
	Umkippen des KC aufgrund einseitiger Beladung (in die Maschine hinein)	Störfallklasse 2, aufgrund der Platzverhältnisse in der Schildmaschine ausgeschlossen
	Beschädigung des KC (durch Greifer, Gebinde, Handhabungsfehler, etc.)	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz
Beladung KC: Absenken des KC	Defekt des Hubwerks (mechanisch, elektrisch)	anomaler Betrieb, radiologisch nicht relevant
	Brand innerhalb des Raumes	Störfallklasse 1, Aktivitätsfreisetzung analog zu Szenario S1b , automatische Brandbekämpfungsanlage, Auslegung muss radiologische Anforderungen berücksichtigen


Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 277

(Fortsetzung)

Handhabungsschritt	Ereignis	Bewertung
Transport 1: KC zur Verdeckelung - Transport des KC in Raum 2	Undichtigkeit in Abschirmtor (zwischen Beladestation und Verdeckelung)	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz, Überwachung mit Messgeräten erforderlich
	Defekt des Transportsystems (mechanisch, elektrisch)	anomaler Betrieb, radiologisch nicht relevant
	Absturz des Abschirmtors auf den KC	Störfallklasse 1, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario S1a abgedeckt, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz
Transport 1: KC zur Verdeckelung - Durchführung der Verdeckelung	Absturz der Deckel- Hebevorrichtung auf Gebinde (aufgrund Materialermüdung)	Störfallklasse 1, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario S1a abgedeckt, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz
	Absturz des Deckels auf das Gebinde	Störfallklasse 1, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario S1a abgedeckt, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz
	Ausfall der Medienversorgung (elektrisch)	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal durch Austreten von radioaktiv kontaminierter Luft aus dem KC in die Schildmaschine → Auswirkungen sind durch stets griffbereite Schutzausrüstung zu minimieren; zusätzlich unterbrechungsfreie Stromversorgung für Medienversorgung


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 278

(Fortsetzung)

Handhabungsschritt	Ereignis	Bewertung
Transport 1: KC zur Verdeckelung - Durchführung der Wischtests	Ausfall der Medienversorgung	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal durch Austreten von radioaktiv kontaminierter Luft aus dem KC in die Schildmaschine → Auswirkungen sind durch stets griffbereite Schutzausrüstung zu minimieren; zusätzlich redundant ausgeführte Medienversorgung mit unterbrechungsfreier Stromversorgung
Transport 2: KC zu Warteposition - Transport des KC in Raum 3	Undichtigkeit in Abschirmtor (zwischen Beladestation und Verdeckelung)	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz, Überwachung mit Messgeräten erforderlich
	Defekt des Transportsystems (mechanisch, elektrisch)	anomaler Betrieb, radiologisch nicht relevant
	Absturz des Abschirmtors auf den KC	Störfallklasse 1, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario S1a abgedeckt, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 279

(Fortsetzung)

Handhabungsschritt	Ereignis	Bewertung
"Ausschleusung" Transport	Absturz des Abschirmtors auf den KC	Störfallklasse 1, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario S1a abgedeckt, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz
	Kollision eines leeren KC mit einem vollbeladenen KC	Störfallklasse 1, Aktivitätsfreisetzung durch Betrachtung zu Szenario S1a abgedeckt, Gefahr für Personal, Zugangsregelung, Atemschutz
	Ausfall der radiologischen Filteranlage	Störfallklasse 2, Gefahr für Personal durch Eintreten von radioaktiv kontaminierter Außenluft → Auswirkungen sind durch stets griffbereite Schutzausrüstung zu minimieren; zusätzlich redundant ausgeführte Medienversorgung mit unterbrechungsfreier Stromversorgung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 280


Grundsätzlich können auch bei anderen Prozessschritten im Rahmen der Rückholung Störfälle auftreten, die hier nicht explizit betrachtet wurden, für die aber durch technische oder organisatorische Maßnahmen radiologische Folgen in der Umgebung der Anlage ausgeschlossen werden können und die damit zur Störfallklasse 2 zählen.

Dazu zählen:

- Die Schildschwanzdichtung dichtet den Spalt zwischen der Schildmaschine und dem betonierten Teil des Schachts ab und besteht typischerweise aus einer Elastomerdichtung. Aufgrund von mechanischer Belastung kann es zu Materialermüdung kommen, was zu Undichtigkeit, aber nicht zu einem spontanen Komplettersagen führen kann. Die Bewetterung muss derart ausgelegt sein, dass sie die Druckdifferenzen vor und hinter der Schildmaschine auch bei durch Materialermüdung bedingter Undichtigkeit aufrechterhalten werden kann. Zusätzlich können, falls dies nicht mehr ausreicht, die Abbauarbeiten unterbrochen werden, um die Staubbildung zu reduzieren. Sollte eine Undichtigkeit festgestellt werden, kann die Dichtung ausgetauscht werden. Eine redundante Ausführung der Dichtung ist ebenfalls möglich.
- Verstürzen der radiologischen Abwetterwege: Aufgrund der statischen Auslegung der Abwetterwege und den zugehörigen Lastannahmen ist nicht von einem Verstürzen auszugehen.
- Arbeiten beim Verschluss der Abwetterlutte nach Abschluss der Rückholung: Auf Basis einer radiologischen Charakterisierung, die z. B. über Robotertechnik analog zum Kanalbau umgesetzt werden kann, werden die potentiellen radiologischen Auswirkungen von Störfällen ermittelt. Die bei der radiologischen Charakterisierung zu untersuchenden nuklidspezifischen Kontaminationsaktivitäten sowie der zu bestimmenden Probenumfang (z. B. Differenzierung zwischen festanhaftender und nicht-festanhaftender Aktivität) können auf Basis der beim Rückholprozess festgestellten radiologischen Situation der Abwetter festgelegt werden. Mit betrieblichen Strahlenschutzmaßnahmen wird die im Falle von Störfällen zu erwartende Exposition des Betriebspersonals geeignet minimiert. Bei Bedarf wird die potentielle störfallbedingte Freisetzung in die Umgebung durch temporäre Maßnahmen auf ein geringes Maß begrenzt.
- Bei der Pufferlagerung ggf. innenkontaminierter Leercontainer im Eingangslager könnte durch einen Brand Aktivität mobilisiert werden. Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Brandes kann durch einen ständigen Behälterverschluss sowie die Minimierung von Brandlasten auf ein Minimum reduziert werden. Das gilt analog für ggf. puffergelagerte beladene Behälter.

6.4.7. Offene Punkte der Freisetzungsanalyse

- Die in der KPL durchgeführte Bewertung der Ableitung auf Grundlage von § 102 StrlSchV [13] mittels Berechnung von Summenwerten ist für die Genehmigungserlangungsplanung nicht ausreichend. Hierfür sind Ausbreitungsrechnungen gemäß § 99 StrlSchV [13] erforderlich. Als Orientierung gilt, dass ab einem Summenwert von 30 mit einer effektiven Dosis von 0,3 mSv/a zu rechnen ist, was den Grenzwert der Genehmigungsfähigkeit darstellt. Unter Berücksichtigung einer hier exemplarisch angenommenen hälftigen Budgetteilung durch zwei Emittenten (Rückholung unter Tage und Abfallbehandlungsanlage über Tage, vgl. Abschnitt 6.4.2) verringert sich der Wert auf 0,15 mSv/a, was zu einem Summenwert von 15 korrespondiert.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 281


- Der Skalierungsfaktor 1,71 kann für Alphastrahler nicht begründet werden und ist für β - sowie γ -Strahler indikativ. Für die KPL zur Prüfung der prinzipiellen Machbarkeit ist diese Vorgehensweise jedoch ausreichend. Die Betrachtung muss in weiterführenden Planungen für alle Einlagerungskammern durchgeführt werden.
- Die Erkenntnisse aus Erkundungsbohrungen in die Einlagerungskammern zu Vorkommen von radioaktiven Gasen (Faktenerhebung) müssen noch bewertet werden. Der Einfluss der Radonkonzentration auf das Betriebspersonal ist zu bewerten. Es muss geklärt werden, ob eine Überprüfung der Gebinde auf Überdruck notwendig ist (Blähfässer).
- Die einzelnen Ableitungs- und Freisetzungsbetrachtungen basieren zum Teil auf Näherungs- und Schätzwerten, die als Eingangsparameter verwendet werden. Dazu zählen u.a. die Anzahl der bei einem Absturz von Lösern getroffenen Gebinde und die maximal mögliche Fallhöhe.
- Die Anwendbarkeit der Freisetzungsteile aus der Transportstudie Konrad [67] ist vor dem Hintergrund, dass die Grundanforderungen des Endlagers Konrad in der Schachanlage Asse II nicht uneingeschränkt gelten, zu verifizieren.
- Die Betrachtung der Staubbildung führt derzeit zu hohen Freisetzungswerten. Die darin enthaltenen Annahmen, insbesondere die Staubbildung von 1 % des abgebauten Volumens und der davon radioaktive Anteil von 5 %, sind grob geschätzt. Voraussichtlich sind wesentlich geringere Werte realistisch, die die Endergebnisse im Wesentlichen linear beeinflussen. Für eine substantiierte und weniger konservative Bewertung sind ergänzende Angaben zur Staubbildung notwendig, die gegebenenfalls durch Praxisversuche nachgewiesen werden müssen. Dabei sind auch Vorbehalte bezüglich der Übertragbarkeit der Versuche in [68] zu berücksichtigen.
- Der Störfall Brand führt bei Annahme der ungünstigen AGG 1 zu hoher Aktivitätsfreisetzung. Für eine genauere Berechnung sind mehr Informationen über die Abfallart sowie die Branddauer und Brandtemperatur erforderlich. Außerdem müssen die Freisetzungsteile eventuell an das kleine Volumen der Gebinde angepasst werden, weil dadurch die Temperatur im Inneren schneller ansteigt, was zu einer verstärkten Freisetzung der sonstigen Nuklide führen kann. Es muss geklärt werden, welche Nuklide gasförmig freigesetzt und nicht durch den Filter zurückgehalten werden. Wenn dies nicht möglich ist, so ist ggf. alternativ eine Ausbreitungsberechnung unter Vernachlässigung des Filters durchzuführen.
- Die Gefahr für das Betriebspersonal durch Eintreten von radioaktiv kontaminierter Außenluft in die Schildmaschine ist technisch und organisatorisch auszuschließen bzw. zu minimieren.

6.4.8. Fazit

Mit den vorstehenden Betrachtungen wird gezeigt, dass die Nachweise zur Ableitung bzw. Freisetzung radioaktiver Stoffe im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen im Rahmen der Rückholung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II mit der Schildmaschine voraussichtlich die maßgeblichen Anforderungen erfüllen. Dies gilt auch für die Auswirkungen auf das Betriebspersonal.

Zur Absicherung erforderlicher Eingangsdaten bei der Erstellung von Sicherheitsnachweisen sind jedoch weitere Informationen erforderlich. Weiterhin müssen die Betrachtungen nach Stand des Regelwerks ausdetailliert werden. Dazu gehört insbesondere die Durchführung von atmosphärischen Ausbreitungsberechnungen für die als abgeleitet bzw. freigesetzt zu unterstellende Aktivität.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 282

6.5. Bewertung der Kritikalitätssicherheit bei der Rückholung

Im Folgenden werden Betrachtungen zur Kritikalitätssicherheit durchgeführt, da sowohl in den Inventarbeschreibungen der in der Schachanlage Asse II eingelagerten Stoffe als auch in der von der BGE veröffentlichten Jahresmeldung (vgl. Abbildung 158) eine signifikante Menge spaltbarer Stoffe ausgewiesen ist.

Hierzu werden zunächst zu betrachtende Szenarien abgeleitet, die eine Agglomeration der Gebinde im Zuge der Rückholung mittels Schildmaschine hervorrufen können. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Spaltstoffmassen derzeit im eingelagerten Zustand bisher keine Agglomeration erfahren haben, die zu einem Kritikalitätsstörfall führen können. Der Ausgangszustand vor der Rückholung wird als unterkritisch unterstellt.

Folgende mögliche Szenarien werden abgeleitet:

- Beim Greifen der Gebinde bzw. der Gebinde-Salzgrus-Mischung wird der Spaltstoff agglomeriert.
- Bei der Anhäufung einer Gebinde-Salzgrus-Mischung während des Abbau- bzw. Bergungsprozesses wird Spaltstoff agglomeriert.
- Beim Verpacken der Gebinde-Salzgrus-Mischung wird Spaltstoff agglomeriert.

Zur ersten Einschätzung und Bewertung werden die in den Annahmebedingungen der Schachanlage Asse II verankerten Massen je Gebinde, herangezogen:


- U-235: Maximal 200 g
- U-233: Maximal 15 g
- Plutonium: Maximal 15 g

Darüber hinaus wird die Information herangezogen, dass sowohl Low Enriched Uranium (LEU) als auch High Enriched Uranium (HEU) eingelagert wurde (vgl. Abbildung 158).

Die Bewertung der o.g. Massen in Verbindung mit den zuvor abgeleiteten Szenarien erfolgt nachfolgend über das Konzept der kritischen Massen, bei dem optimal moderierte Systeme als unterkritisch angesehen werden können, sofern diese einen Schwellenwert, d.h. eine festgelegte Masse, unterschreiten.


Gemäß dem Handbuch zur Kritikalität der GRS gilt für den kleinsten kritischen Wert für die sicher kritische Masse:

- LEU (d. h. bis 20 % Anreicherung U-235): **2,3 kg**.
- HEU (d. h. in der Regel metallischen Ursprungs) Zwischen **360 g** und **10 kg**.
- Plutonium bei 100 % Pu-239: **230 g**. (Hinweis: Es ist keine separate Bewertung für Pu-241 notwendig, obwohl Pu-241 reaktiver ist, da beim Abbrand ebenfalls Pu-240 (Absorber) entsteht. Daher kann das Gesamtsystem durch die Angaben für Pu-239 bewertet werden.)

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 283


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

**Jahresmeldung für die Schachanlage Asse II
gemäß der Verordnung (Euratom) Nr. 302/2005**

15. Januar 2021

Code der Materialbilanzzone: WGSB

Berichtszeitraum:

Startdatum: 01.01.2020
 Enddatum: 31.12.2020
 Berichtsnummer: 9
 Berichtersteller: [REDACTED] Bundesgesellschaft für Endlagerung

Buchendbestand (BA):

Bei den angegebenen Mengen handelt es sich um geschätzte Werte (best estimated) aufgrund von Unsicherheiten bei den laufenden Inventarermittlungen (Zwischenstand). Belastbare Angaben bezüglich Gebindeanzahl und U-235- Anteil in HEU und LEU liegen gegenwärtig nicht vor und können erst nach Abschluss der Inventarüberprüfung übermittelt werden.

Plutonium		Uran _{nat} /Uran _{ab} (nicht näher definierbar)		Thorium	
Anzahl	P in g	Anzahl	N/D in g	Anzahl	T in g
11 371	28 899	59 053	103 610 230	10 120	81 069 899

HEU >20%			LEU ≤20%		
Anzahl	HEU _{gesamt} in g	U-235 in g	Anzahl	LEU _{gesamt} in g	U-235 in g
-	905	-	-	5 931	-

Bundes-Gesellschaft für Endlagerung mbH (BGE)
 Sitz der Gesellschaft: Peine, eingetragen beim Handelsregister AG Hildesheim (HRB 204918)
 Geschäftsführung: Stefan Städt (Vors.), Beate Kallenbach-Herbert, Steffen Kanitz, Dr. Thomas Lautsch
 Vorsitzender des Aufsichtsrats: Staatssekretär Jochen Fasbarrh
 Konföderation: Volksbank eG Braunschweig Wolfsburg – IBAN DE57 2699 1066 7220 2270 00, BIC GENODEF1WOB
 USt-Id.Nr.: DE 308282389, Steuernummer: 38/210/05728
 Seite 1 von 1

Abbildung 158: Jahresmeldung für die Schachanlage Asse II gemäß der Verordnung (Euratom) Nr. 302/2005


Folgende Schlussfolgerungen können über einen Vergleich der maximal möglichen Spaltstoffmassen, die in die Schachanlage Asse II unter Einhaltung der zum Zeitpunkt der Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 284

Einlagerung geltenden Annahmebedingungen hätten eingebracht werden können, mit den kleinsten kritischen Werten gezogen werden:

- Sollte der Spaltstoff eines einzelnen Gebindes agglomerieren, stellt dies kein Problem dar. Die sicher kritischen Massen werden für ein Einzelbinde unterschritten.
- Bei Beladen von defekten Gebinden in die Umverpackung oder Aufhäufung während des Abbaus bzw. der Bergung ist nicht davon auszugehen, dass mehr als die Inhalte von zwei Fässern bzw. VBA oder andere Gebindetypen agglomeriert werden. Hier könnte ausschließlich das HEU ein Problem darstellen, da dies je nach Zusammensetzung bereits ab einer Masse von 360 g kritisch werden kann.
- Damit müssten in der Entwurfsplanung der Schildmaschine unter Betrachtung der stofflichen Angaben des in der SchachanlageASSE II eingebrachten HEU separate Kritikalitätsberechnungen durchgeführt werden, um zu bestimmen, in welcher Größenordnung die kleinsten kritischen Werte liegen. Dies muss zumindest für den Fall der Agglomeration bei der Bergung bzw. beim Abbau untersucht werden.
- Für die Agglomeration in der Umverpackung kann eine technische Lösung entwickelt werden. Beispielsweise wäre ein Innentragkorb bzw. ein sogenanntes Magazin denkbar, das unterschiedliche Schachtpositionen aufweist, die jeweils nur den Inhalt eines Fasses bzw. VBAs aufnehmen können und aus Sicht der Kritikalitätssicherheit voneinander entkoppelt sind (z.B. durch genügenden Abstand). Hierfür könnte ein rechnerischer Nachweis erbracht und die Kritikalitätssicherheit somit gewährleistet werden.

Insgesamt kann somit gezeigt werden, dass die Kritikalitätssicherheit bei der Bergung der Gebinde gegeben ist. Die Kritikalitätssicherheit für den Transport der rückgeholt radioaktiven Abfälle ist über ein geeignetes Behälterkonzept sicherzustellen. Dies kann auf Basis der Vorschläge in diesem Kapitel in den nachfolgenden Planungsphasen weiterentwickelt werden und in das dann zu erstellende abschließende Nachweiskonzept zur Kritikalitätssicherheit einfließen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 285

7. Brand- und Explosionsschutz

Der Brandschutz in der Schachanlage Asse II ist, wie im Abschnitt 3.13.8 bereits erläutert, ein tragender Faktor zur Erlangung und Aufrechterhaltung eines ausreichenden Schutz- und Sicherheitsniveaus. Örtlich umfasst der Brandschutz auf der Schachanlage Asse II alle Anlagen über Tage, den sonstigen Grubenraum unter Tage im Allgemeinen und besonders die Strahlenschutzbereiche (mit besonderer Beachtung der ausgewiesenen Sperrbereiche), die in Verbindung mit der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle einzurichten sind. Ein detailliertes und möglichst alle Prozesse umfassendes Brandschutzkonzept ist vor Beginn der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern für den baulichen Brandschutz (bei finaler Kenntnis der Gebäude- bzw. Grubenraumgeometrien, der Schildmaschinen sowie deren Lage, Flucht- und Rettungswege etc.) zu erstellen und abzustimmen. Das Brandschutzkonzept ist im Rahmen der Genehmigungserlangungs- und Ausführungsplanungen fortzuschreiben.

Durch die Handhabung radioaktiver Stoffe in der Phase B der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II innerhalb der Strahlenschutzbereiche sind sinngemäß auch die Regelungen des kerntechnischen Ausschusses in der KTA-Regel 2101 „Brandschutz in Kernkraftwerken, Teil 1 - 3“ mit zu berücksichtigen. Das Brandschutzkonzept hat alle Einzelmaßnahmen im Rahmen des baulichen und anlagentechnischen Brandschutzes sowie des abwehrenden und betrieblichen Brandschutzes zu umfassen. Darüber hinaus ist eine Brandschutzordnung zu erstellen. Diese umfasst die aktuellen Brandschutzpläne sowie grundlegende Funktionen und Regelungen eines für den Betrieb der Anlage ausgelegten Rettungsplans.


Die aktuell gültigen Regelungen hierzu, welche grundsätzlich auf der „Bergverordnung für alle bergbaulichen Bereiche“ (Allgemeine Bundesbergverordnung – ABergV [16]) basieren, sind in der Systembeschreibung „Brandschutz der Schachanlage Asse II“ festgeschrieben, welche die Anforderungen an den Brandschutz aus den entsprechenden Verordnungen und dem Brandschutzleitfaden berücksichtigt [74]. Vor diesem Hintergrund wird in der vorliegenden Ausarbeitung auf Beschreibungen zum konventionellen (berg-)baulichen Brandschutz über und unter Tage dahingehend verzichtet, sodass nur die grundsätzlichen

- baulichen,
- anlagentechnischen,
- betrieblichen und
- abwehrenden Brandschutzmaßnahmen

beschrieben werden, die im direkten Zusammenhang mit der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle stehen. Wesentliche Beurteilungsgrundlagen liefern hierfür u.a. die nachfolgend aufgeführten Vorschriften und Richtlinien in der jeweils aktuell gültigen Fassung:

- Bergverordnung zum Schutz der Gesundheit gegen Klimateinwirkungen (KlimaBergV),
- DGUV-Regel 101-604 Branche Tiefbau,
- Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (LüAR),
- Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (LAR),

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 286
---	-------------------

- Muster-Systembödenrichtlinie (MSyBöR),
- Strahlenschutzverordnung (StrlSchV [13]),
- ESK-Empfehlung für die Lagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung,
- DIN 25422 - Aufbewahrung und Lagerung radioaktiver Stoffe,
- DIN EN 3 - Feuerlöscher,
- DIN 4844 - Sicherheitskennzeichnung,
- DIN 14096 - Brandschutzordnung,
- DIN 14675 - Brandmeldeanlagen.

Diese Auflistung ist nicht vollständig und abschließend, sondern ist in nachfolgenden Planungsphasen zu überprüfen und ggf. zu erweitern.

Abschließend folgt eine Beschreibung grundsätzlicher Maßnahmen zum Explosionsschutz im Hinblick auf mögliche, mit den Abfällen verbundenen und potenziell vorhandenen, explosiven Gase.

7.1. Brandschutz im sonstigen Grubengebäude

7.1.1. Bauliche und anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen

Um Gefahrenschwerpunkte frühzeitig zu identifizieren, sind für die Anlagen- und Arbeitsbereiche und deren Ausstattungen die Brandlasten im Rahmen von Gefährdungsbeurteilungen zu ermitteln und in einem Brandlastkataster aufzuführen. Die Anlagen- und Arbeitsbereiche sind hinsichtlich des Risikos einer Brandentstehung unter Berücksichtigung einer potenziellen Brand-/Rauchausbreitung zu kategorisieren.

Als vorbeugende Brandschutzmaßnahmen gilt es, Brandlasten so gering wie möglich zu halten und bei Installationen und Bauvorhaben Bauteile bzw. Bauelemente zu verwenden, die die Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse und den Einsatz in untertägigen Betrieben erfüllen. Grundsätzlich sollten brennbare Baustoffe und Werkstoffe vermieden werden. Nur in absoluten Ausnahmefällen, wenn die Verwendung brennbarer Baustoffe und Werkstoffe unvermeidbar ist, sollte hiervon begründet abgewichen werden.

Auch bei baulichen Anlagen sind diese Grundsätze zu beachten, um einer Brandentstehung und ggf. -ausbreitung entgegenzuwirken. Eine Leit- bzw. Richtlinie stellt hier z.B. das niedersächsische Gesetz über den Brandschutz (NBrandSchG) und die Hilfeleistung der Feuerwehr. Diese schreibt auch regelmäßige Übungen der Werksfeuerwehr, der Grubenwehr sowie Verbundübungen der anlageneigenen mit den freiwilligen Feuerwehren der anliegenden Ortschaften vor.

7.1.2. Branddetektion und Brandbekämpfung

An Orten mit identifizierter Gefährdung (z.B. Dieselmotortanklager oder Ladestation für elektrische Fahrzeuge) ist eine Brandmeldeanlage zur frühzeitigen Branderkennung und -meldung sowie Einrichtungen und Maßnahmen zur Alarmierung bei einem Brandereignis vorzusehen. Die erforderlichen Anzeige- und Bedienungseinrichtungen sind in der Grubenwarte anzuordnen. Bei Vorhandensein von Brandlasten sind ortsfeste (inkl. solcher an mobilen Maschinen installierte)

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 287


Löschanlagen einzusetzen oder gleichwertige Brandschutzmaßnahmen vorzusehen. Sofern eine manuelle Brandbekämpfung aufgrund erschwelter Zugänglichkeit oder unzureichender Rauchableitung zu einer unzulässigen Gefährdung der Einsatzkräfte (Grubenwehr) führen kann, sind ebenfalls ortsfeste Löschanlagen einzusetzen.

Im Rahmen der Ausführungsplanung ist ein Konzept durch einen Fachplaner zu erstellen und mit den zuständigen Stellen abzustimmen. Für aufzufahrende Grubenräume ist eine Alarmierungseinrichtung erforderlich. Diese wird in Verbindung mit der Brandmeldeanlage ausgeführt. Im Alarmfall erfolgt ein akustischer Alarm mit einem Warnton.

Weiterhin wird eine Sprachalarmanlage installiert, die sowohl von den Steuerständen der Schildmaschine als auch von der Warte der Grubenwehr bedient werden kann.

7.1.3. Brandlastführende Bereiche/Systeme und Brandschutzmaßnahmen

In nachfolgender Tabelle 35 werden Beispiele für brandlastführende Bereiche und Systeme im sonstigen Grubengebäude mit erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung von Brandentstehungen und gegen eine Brandausbreitung sowie zur Bekämpfung von Bränden aufgelistet.

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 288

Tabelle 35: Im direkten Zusammenhang mit der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle stehende Brandschutzmaßnahmen für das sonstige Grubengebäude

Brandlastführende Bereiche/Systeme	Umgangs- und Konstruktionsregelungen
Fahrzeug (Dieselbetrieb)	<ul style="list-style-type: none"> Wartungs- und Prüfanweisung zur frühzeitigen Identifikation potenzieller Brandursachen (z. B. Undichtigkeiten der Hydraulik) Bestückung aller dieselbetriebenen Grubenfahrzeuge mit geeigneten Feuerlöschern oder Feuerlöschsystemen Funktionsunterweisung und Brandschutzschulung des einzusetzenden Personals
Fahrzeug (Batteriebetrieb)	<ul style="list-style-type: none"> Konstruktive Planung (Zugänglichkeit) und Vorhaltung geeigneter Löschmittel bzw. -systeme, um die Auswirkungen eines thermischen Durchgehens der Fahrzeugbatterie abzumindern Funktionsunterweisung und Brandschutzschulung des einzusetzenden Personals
Kompressoren	<ul style="list-style-type: none"> Separater, brandgeschützter Kompressorraum oder mobile Kompressoranlagen (z. B. auf Plateauwagen) mit entsprechender Feuerschutzklasse und Anforderungen an brandgeschützte Betriebsräume
Sonstige brennbare Stoffe (z. B. konv. Abfälle)	<ul style="list-style-type: none"> Vermeidung unnötiger Brandlasten durch Abfallkonzept für konventionelle Abfälle (Papier, Holz, Plastik) Lagerkonzept für brennbare Stoffe und Flüssigkeiten, z.B. separate Lagerung wie im Schmierstoff- oder Kraftstofflager
Schmierstoff-/ Kraftstofflager	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung entsprechender Feuerschutzklassen und Anforderungen an brandgeschützte Betriebsräume Lagerbereiche für Brandlasten mit erhöhter Dichte an Branddetektions- und -bekämpfungsmitteln ausstatten Durchführung und regelmäßige Wiederholung von Beurteilungen der Brandgefährdung im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung Branddetektions- und -bekämpfungsmittel in ausreichender und für den die Gefahrstoffe passender Form, wie eine Hochdrucknebel-löschanlage
Sonstiger Grubenraum, z. B. Strecken, allgemeine Lagerflächen	<ul style="list-style-type: none"> Branddetektions- und -bekämpfungsmittel in ausreichender und für den Grubenbetrieb üblicher Verteilung Vermeidung unnötiger Brandlasten u.T. Regelmäßige Schulungen und Übungen des Grubenpersonals zu Fluchtwegen und Verhalten im Brandfall Ausstattungen des Grubenpersonals (Selbstretter) Vorhaltung einer regelmäßig geschulten und trainierten Grubenwehr

Weder die aufgelisteten Bereiche noch die Umgangs- und Konstruktionsregelungen sind als vollständig anzusehen und entsprechend in den nachfolgenden Planungsphasen zu detaillieren und zu ergänzen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 289

7.2. Brandschutz im Strahlenschutzbereich

7.2.1. Bauliche und anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen

Die in der Datenbank Assekate Version 9.3.1 mit Stand 02/2015 hinterlegten Abfallarten weisen eine Vielzahl von Gebinden aus, die beispielsweise mit den Stichworten: brennbar, Papier/Pappe, Putzlappen, Filter, Laub oder ähnlichen Brandlastindizes, wie Bitumen, gekennzeichnet wurden. Für einen Großteil dieser Gebinde ist zudem keinerlei Information bzgl. der Abfallbehandlung hinterlegt, so dass kein Kredit von brandrisikoreduzierenden Behandlungsprozessen (z.B. Betonieren) der Gebinde vor der Einlagerung in die Einlagerungskammern genommen werden kann. Die o.g. Hinweise führen zu einer potenziell hohen Brandlast innerhalb der Einlagerungskammern.

Die für Entstehungs- und Schwelbrände notwendige Zündenergie kann durch lokal hohe thermische Energiefreisetzung, wie durch Reibung beim Lösen und Laden der eingelagerten radioaktiven Abfälle während der Rückholung, entstehen. Als Beispiel dient hier der Einsatz der Anbaufräse, welche bei voller Leistung auf die Metallwand eines Gebindes trifft und in dessen Folge ein Funkenflug entstehen kann, der z.B. ein in der ELK freiliegendes mit brennbarer Flüssigkeit verschmiertes oder undichtes Gebinde entzündet.

Vor diesem Hintergrund sind die Arbeitsschritte beim Lösen und Laden der Gebinde prozessoptimiert durchzuführen, indem das notwendige Werkzeug und der aufzubringende Krafteinsatz zum Lösen von Gebinden aus einer Salzversatzmatrix bedarfsgerecht zu wählen und zu steuern ist. Gleichzeitig ist eine zündfähige Atmosphäre innerhalb der Einlagerungskammern zu vermeiden. Hierzu ist eine durchgängige Frischwetterzufuhr und Abwetterabfuhr der Umgebungsluft der ELK notwendig.


Diese prozessoptimierten Arbeitsschritte verstehen sich als iterativer Prozess, so dass der genannte Löseprozess zunächst mit kleinem Werkzeug und geringem Krafteinsatz initiiert wird, da diese theoretisch ein geringeres Zündenergiepotential darstellen. Nur bei einem nicht zufriedenstellenden Ergebnis sollten sukzessiv größere Werkzeuge eingesetzt werden. Thermische Trennverfahren sind nicht für den Einsatz bei der Rückholung vorgesehen. Nur in absoluten Ausnahmefällen sollten thermische Verfahren, wie z.B. das Brennschneidverfahren, eingesetzt werden. Der Einsatz ist ausschließlich unter Einhaltung definierter Umgebungsbedingungen und strengen Brandschutzmaßnahmen sowie nur bei Vorliegen einer Brenngenehmigung erlaubt.

Entsprechend der ESK-Leitlinie für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung sind grundsätzlich nichtbrennbare Baustoffe (Baustoffklasse A entsprechend DIN 4102-1) zu verwenden. Oberflächen, Dämmstoffe, Verkleidungen etc. werden entsprechend ausgeführt.

In der gesamten Schildmaschine sind die Oberflächen mit einer Beschichtung zu versehen, die eine leichte Dekontamination ermöglichen. Reguläre zur Beschichtung verwendbare Stoffe sind im Normalfall vor der Verarbeitung (flüssiger Aggregatzustand) bei einem Flammpunkt von mehr als 100°C brennbar. Nach erfolgreicher Verarbeitung als Bodenbeschichtung bestehen diesbezüglich jedoch keine Restriktionen.

Fugeneinlagen in Dehnungs- oder Bewegungsfugen zwischen Brandabschnitten sind aus nichtbrennbaren Baustoffen herzustellen, die Fugendichtungsmasse muss hierbei mindestens die Baustoffklasse B1 entsprechend DIN 4102 aufweisen.

Lutten, die zur Wetterführung dienen, sind grundsätzlich aus nichtbrennbaren Materialien herzustellen, entweder aus Metall oder schwerentflammenden Kunststoffen oder, wie beim Schildvortrieb, als betonierete Ausführung im Ausbau. Im Brandfall ist eine Rauch- und Aktivitätsverschleppung in nicht betroffene Bereiche zu verhindern. Dies wird durch eine separate und

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 290

grundsätzlich saugend betriebene Abwetterführung gewährleistet. Eine Rauchableitung aus den baulichen Anlagen innerhalb des Kontrollbereiches ist grundsätzlich zulässig, wenn sie zur Brandbekämpfung und zur Personenrettung erforderlich ist und über die Abgabepfade des bestimmungsgemäßen Betriebes für radioaktive Stoffe möglich ist.


7.2.2. Branddetektion

Das Brandrisiko in den Einlagerungskammern wird dadurch erhöht, dass die Branddetektion im Rückholbereich durch unterschiedliche Störgrößen, die die zu messende(n) Brandkenngroße(n) beeinflussen können, erschwert wird. Als Brandkenngroße wird eine physikalische Größe verstanden, die im Detektionsbereich eines Brandes eine messbare Veränderung erzeugt (z.B. Temperaturanstieg, Sichttrübung, Brandgas-Konzentration). Die Arbeitsbedingungen (Temperatur, Bewetterung, Staubemission) in den Rückholbereichen sind örtlich und zeitlich nicht konstant. Beispielsweise ist beim Lösen und Laden der radioaktiven Abfälle mit einer erhöhten Staubentwicklung zu rechnen. Die Sicht kann jedoch durch verstärkten Beleuchtungseinsatz und mehrere Kamerawinkel (bei Fernsteuerung) bzw. manuelle Steuerung durch Personal vom teleskopierbaren Führerstand verbessert werden. Stäube sind für Detektionssysteme, die mit Sichttrübung arbeiten (optische Signalschwächung durch Lichtabsorption oder -ablenkung infolge von Aerosolen im Messfeld), eine Störgröße.

Zur Gewährleistung eines Sichtfeldes im Arbeitsbereich der Rückholtechnik kann die Staubentwicklung durch eine lokale Absaugung kontrolliert werden. Diese Maßnahme würde Einfluss auf die Branderkennung nehmen. Durch die zentrale, redundante Staubabsaugung der Schildmaschine wird die Staubentwicklung reduziert. Vor diesem Hintergrund werden Detektionssysteme, die ausschließlich durch Sichttrübung auslösen, trotzdem als weniger geeignet angesehen. Detektionssysteme, die als Wärmemeldesysteme ausgelegt sind, sind aufgrund zeitlicher Temperaturschwankungen und lokaler Temperaturdifferenzen voraussichtlich allein nicht ausreichend, da einerseits Fehlalarme und andererseits eine zu späte Erkennung von Bränden nicht auszuschließen sind.

Analog zu Abschnitt 3.13.8 wird zur Branddetektion innerhalb und außerhalb der Einlagerungskammern die Installation automatischer Mehrfachsensor-Brandmelder vorgesehen. Mehrfachsensor-Brandmelder verfügen über mindestens zwei Sensoren zur Erfassung unterschiedlicher Brandkenngroßen, deren Signale in geeigneter Weise miteinander verknüpft werden. Dies kann zu einer Verbesserung des Ansprechverhaltens und der Täuschungsresistenz führen. Mehrfachsensor-Brandmelder können beispielsweise als Optisch-Thermischer-Mehrfachsensor oder als Wärme-Gas-Mehrfachsensor ausgelegt sein. Zur Verifizierung der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit eines für die entsprechenden Randbedingungen ausgelegten Detektionssystems sind im Vorfeld zur Rückholung der radioaktiven Abfälle Erprobungsversuche durchzuführen.

Neben der automatisierten Branddetektion durch Brandmeldesysteme ist die visuelle Begleitung von Arbeitsschritten der Rückholung der radioaktiven Abfälle (hier insbesondere die Löse- und Lade-Prozesse) mittels Wärmebild- oder Infrarotkamera zweckmäßig. Die Auswertung und automatisierte Detektion von Bränden kann bei diesen Thermographie-Lösungen auch bei staubiger Atmosphäre und über größere Distanzen mittels hochauflösender Temperaturmessung erfolgen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 291

7.2.3. Brandlastführende Bereiche/Systeme und Brandschutzmaßnahmen

In nachfolgender Tabelle werden brandlastführende Bereiche und Systeme in den Strahlenschutzbereichen mit erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung von Brandentstehungen und gegen eine Brandausbreitung sowie zur Bekämpfung von Bränden exemplarisch beschrieben.

Tabelle 36: Im direkten Zusammenhang mit der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle stehende Brandschutzmaßnahmen in den Strahlenschutzbereichen


Brandlastführende Bereiche/Systeme	Umgangs- und Konstruktionsregelungen
Brennbare Stoffe und Flüssigkeiten im Schleusenbereich/ in Maschinenräumen (Hydraulikantriebe)	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerkonzept für brennbare Stoffe und Flüssigkeiten. z.B. externe Lagerung im Schmierstoff-/Kraftstofflager, nicht innerhalb der Maschinenräume • Ausreichende Anzahl und Verteilung von geeigneten Feuerlöschern für das Personal vor Ort und im Nahfeld • Komplette brandschutztechnische Kapselung • Installation einer autonomen Brandlöschanlage
Transportfahrzeug für flurgeführten Gebindetransport in den Transportröhren	<ul style="list-style-type: none"> • Flurgeführtes Transportfahrzeug mit sehr geringer Eigenbrandlast • Ggf. Hochdruck-Wassernebel-Löschsysteme im/am Transportfahrzeug • Installation von Brandmeldesensoren und Löschmitteln (Feuerlöscher, Hydranten, Schlauchsysteme) oder Sprinkleranlagen in den Transportröhren
Brennbare Abfälle innerhalb der Schildmaschine und deren Nahbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichende Anzahl passender Branddetektionssysteme (z.B. Mehrfachsensor-Brandmelder) direkt vor Ort (innerhalb der Schildmaschine/n) • Optische Begleitung und Kontrolle der Rückholung ggf. in Verbindung mit Einsatz von Wärmebildkameras • Vorhalten eines Brandbekämpfungssystems mit Löschmittelreservoir direkt vor Ort (für den Einsatz von der Schildmaschine aus in der ELK) zur raschen Löschung von Entstehungsbränden
Schildmaschine generell	<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichende Anzahl passender Branddetektionssysteme in allen Bereichen, ggf. Hochdruck-Wassernebel- oder Sprinkleranlagen als Löschsysteme für alle Räume innerhalb der Schildmaschine • Brandgeschütztes Belüftungs- und Entrauchungssystem mit Brandklappen und Brandschutztüren gemäß erforderlicher Brandschutzklassen

Weder die aufgelisteten Bereiche noch die Umgangs- und Konstruktionsregelungen sind als vollständig anzusehen und entsprechend in den nachfolgenden Planungsphasen zu detaillieren und ggf. zu ergänzen.

7.3. Explosionsschutz

In das vor Beginn der Rückholung zu erstellende Brandschutzkonzept sind ebenfalls entsprechende Vorgaben und Regelungen zum Schutz vor Explosionen (Aufkommen zündfähiger Atmosphären) aufzunehmen.

Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 292


Für den sonstigen Grubenbereich gelten grundsätzlich die gemäß GefStoffV beschriebenen Maßnahmen zur Sicherstellung des Explosionsschutzes in folgender Rangordnung:

- Es sind Stoffe und Gemische einzusetzen, die keine explosionsfähigen Gase bilden können, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.
- Ist dies nicht möglich, ist die Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Gemischen/Gasen zu verhindern oder einzuschränken, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.
- Gefährliche, explosionsfähige Gemische/Gase sind gefahrlos nach dem Stand der Technik zu beseitigen. Soweit nach der Gefährdungsbeurteilung erforderlich, sind die Maßnahmen zur Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Gemische/Gase durch geeignete technische Einrichtungen zu überwachen.

Durch den Umgang mit radioaktiven Stoffen in Strahlenschutzbereichen in der Phase B der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II sind sinngemäß auch die Regelungen des Kerntechnischen Ausschusses in der KTA-Regel 2103 „Explosionsschutz in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren (allgemeine und fallbezogene Anforderungen)“ mit zu berücksichtigen. Durch die Unkenntnis der jeweils vorherrschenden atmosphärischen Bedingungen in den Einlagerungskammern sind die oben aufgeführten Maßnahmen zur Sicherstellung des Explosionsschutzes für diesen Bereich und diese Phase der Rückholung nur begrenzt umsetzbar. Vor diesem Hintergrund müssen für diesen sicherheitstechnisch bedeutsamen Rückholbereich andere Maßnahmen zur Sicherstellung des Explosionsschutzes abgeleitet und mitberücksichtigt werden. Oberste Priorität nimmt hier die Analyse der Kammeratmosphäre im Rahmen der Einlagerungskammerspezifischen Erkundung hinsichtlich des Vorhandenseins gefährlicher, explosionsfähiger Gasgemische vor der Durchörterung der radiologischen Barriere ein. Die Vorgaben seitens der ATEX-Richtlinie, wie sie im Steinkohlenbergbau gilt, sind hier nicht von Anfang an zu beachten bzw. umzusetzen. Es müssen dementsprechend keine schlagwettergeschützten elektrischen Anlagen oder Maschinen eingesetzt werden. Alle anderen Vorgaben gelten jedoch sinngemäß.

Für die weitere Planung sind im Zuge der Erkundung in Bezug auf explosionsfähige Atmosphären folgende Tätigkeiten und Maßnahmen auszuführen. Vor dem Anbohren der Einlagerungskammern zur Entnahme einer Gasprobe, entweder im Zuge der Vorerkundung vor der eigentlichen Rückholung von den Begleitstrecken aus bzw. im Zuge der Schwebenstabilisierung oder während der Rückholung von den Schildmaschinen aus, sind von Seiten des Betreibers Gefährdungsbeurteilungen hinsichtlich der Explosionsgefahr durchzuführen. Kann die Bildung einer gefährlichen, explosionsfähigen Atmosphäre nicht ausgeschlossen werden, sind in einer Gefährdungsbeurteilung die erforderlichen Explosionsschutzmaßnahmen festzulegen und ein Explosionsschutzdokument zu erstellen.

Darin sind insbesondere die Maßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen (z.B. ausschließlich Nutzung explosionsgeschützter Geräte, die für den Einsatz in gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre geprüft und seitens der Gerätehersteller der erforderlichen Gerätekategorie gem. ATEX-Richtlinie zugeordnet sind) zu beschreiben. In Abbildung 159 ist ein Beispiel einer Transformatorstation nach ATEX-Richtlinie dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 293
---	-------------------



Abbildung 159: ATEX geschützte Transformatorstation Trafstation (Quelle: Altgeld products)

Die dargestellte Anlage ist mit einem Überdruckkapselungssystem Typ PCS-Ex p SIL2 sowie einer Schutzgasfüllung mit Überdruck in den Stationsabteilungen und Feldern ausgestattet. So wird das Eindringen explosionsfähiger Gase gegenüber der äußeren Atmosphäre verhindert. Optional kann der Trafo gekühlt und die Abwärme über Wärmestrahlung oder Konvektion abgeleitet werden.

Sofern durch Analyse der Kammeratmosphären explosionsfähige Gemische ausgeschlossen werden können, sind die Rückholtätigkeiten, wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, durchzuführen. Aufgrund des hohen Durchsatzes an Frischwettern durch die jeweilige ELK und separater Abführung der Abwetter, ist die Bildung explosionsfähiger Gemische für die weiteren Schritte der Rückholung zu diesem Zeitpunkt und in dieser KPL nicht zu unterstellen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 294

8. Zusammenfassung

Die INGE KRS, bestehend aus den Unternehmen ZPP Ingenieure AG, Redpath Deilmann GmbH, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG und WTI Wissenschaftlich Technische Ingenieurberatung GmbH wurde von der BGE mit der Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ beauftragt. Im Zuge der Konzeptplanung wurde das Rückholverfahren, deren Grundidee einer Machbarkeitsstudie [1] entstammt, für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle der Schachanlage Asse II konkretisiert und die technische Machbarkeit durchgängig nachgewiesen. In den früheren Bewertungen der o.g. Machbarkeitsstudie [1] wurden diverse Problemstellungen aufgeführt, die gegen eine Rückholung mittels Schildvortrieb sprechen. Für diese generellen Problemstellungen des Rückholverfahrens wurden in der Konzeptplanung technisch umsetzbare Lösungen gefunden.

Auf Grund der Vielzahl an konzeptionellen Weiterentwicklungen und der Integration neuer Ideen in der vorliegenden Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ ist ein Vergleich mit vorherigen Planungen dieser Rückholvariante nicht mehr zielführend.

Das Rückholverfahren „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ wurde ergänzend zum potentiell kleinvolumigen Rückholverfahren „Teilflächenbau von oben - mit Ausbau“ (TFO-MA) planerisch untersucht. Bei der Konzeptplanung lag der Fokus auf der Vergleichbarkeit der beiden Verfahren, wobei ein direkter Vergleich respektive eine Gegenüberstellung oder eine Bewertung der beiden Verfahren sowie die Aussprache einer Empfehlung ausdrücklich nicht Gegenstand der beauftragten Leistungen war.


Die vorliegende Konzeptplanung basiert auf Planungsunterlagen, welche von der BGE zur Verfügung gestellt wurden sowie auf Informationen aus Fachgesprächen, die mit den zuständigen Organisationseinheiten der BGE geführt wurden.

Gegenstand der vorliegenden Konzeptplanung ist die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle der Schachanlage Asse II. Die Rückholung aus der ELK 2/750 Na2 ist u.a. auf Grund der gesonderten Lage kein Bestandteil der Beauftragung. Auf Grundlage der aktuell zur Verfügung stehenden geologischen Erkenntnisse wurde in der Konzeptplanung von der Auffahrung einer Montagekaverne östlich der ELK 1/750 Abstand genommen. Die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dieser ELK erfolgt vorzugsweise teilweise mit einem alternativen Verfahren, z.B. dem TFO-MA. In der vorliegenden Konzeptplanung wurde dieses Verfahren in die Bau- und Rückholabläufe integriert. Für den Fall, dass sich durch die derzeitigen Erkundungen neue geologische Erkenntnisse östlich der ELK 1/750 ergeben und die Herstellung einer Montagekaverne hier doch erfolgen kann, ist eine vollständige Rückholung der Abfälle aus dieser Einlagerungskammer auch mittels Schildvortrieb technisch umsetzbar.

Die vorliegende Konzeptplanung sieht vor, während der Rückholung insgesamt drei Schildmaschinen einzusetzen, die in einer Montagekaverne (Startkaverne) südöstlich der ELK 1/750 mit Zugang zum neuen Rückholschacht Asse 5 montiert werden. In dieser Startkaverne werden nach dem Umbau während der Rückholung auf zwei Ebenen die radiologische Filterung sowie die Logistik und weitere Infrastrukturräume betrieben.

Die Rückholung gliedert sich analog zum TFO-MA in folgende drei Phasen:

- Phase A - Vorbereitung der Rückholung: Auffahren der erforderlichen Strecken und Grubenräume, kammerspezifische Erkundung, Montage der Rückholtechnik, Sicherung der Firste/des Hangenden der Einlagerungskammern.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 295

- Phase B - Durchführung der Rückholung: Bergung der Gebinde aus den Einlagerungskammern, Verladen in Umverpackungen und Transport nach über Tage in die Abfallbehandlungsanlage.
- Phase C - Abschluss der Rückholung: Demontage der Rückholtechnik und Verfüllen der Einlagerungskammern und noch offener Grubenräume.


Die einzelnen Rückholphasen folgen während der Rückholung nicht strikt aufeinander, sondern werden zu großen Teilen parallel an verschiedenen Orten durchgeführt. Beispielsweise werden die erforderlichen Erkundungs- und Stabilisierungsarbeiten der ELK 8/750 aus der Begleitstrecke (Phase A) heraus parallel zu der Rückholung mit den Schildmaschinen (Phase B) durchgeführt. In der Konzeptplanung wurden hierzu in einer BIM-Prozesssimulation die logistischen Zwangspunkte der verschiedenen Prozesse berücksichtigt.

Im Rahmen der Phase A werden die Montagekaverne (Startkaverne) und sonstige für die Rückholung erforderliche Infrastrukturräume aufgefahren. Nördlich und z.T. südlich (von ELK 1/750 bis ELK 7/750) der Einlagerungskammern werden zwei Begleitstrecken aufgefahren. Aus diesen werden, größtenteils parallel zur Rückholung, die Erkundung der Einlagerungskammern mittels Erkundungsbohrungen sowie die Sicherung der Firste bzw. Schweben der Einlagerungskammern mittels Injektionen durchgeführt. Zusammen mit diesen zuvor beschriebenen Sicherungsmaßnahmen werden u.a. in den Schweben Messsysteme (z.B. Ketteninklinometer) zur messtechnischen Überwachung der Bereiche der Einlagerungskammern vor, während und nach der Rückholung installiert. Durch diese Genehmigungsrelevante Maßnahme können die in der Genehmigungserlangungsplanung festzulegenden maximalen Verformungen (z.B. Warn-, Alarm und Grenzwerte) in Echtzeit mit den tatsächlichen Verformungen während der Rückholphasen A-C verglichen werden und falls erforderlich, frühestmöglich vorabgestimmte Gegen- bzw. Sicherungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Der Vortrieb mit bis zu drei Schildmaschinen erfolgt weitgehend parallel. In dem Bereich zwischen den Schildmaschinen (1,5 - 4,0 m) werden bei Bedarf zur weiteren Stabilisierung des Grubengebäudes, vortriebsbegleitend Stützbauwerke zwischen den Sohlen und den Schweben der jeweiligen Einlagerungskammer hergestellt.

Die Gebinde in den Einlagerungskammern werden je nach Art und Zustand sowie in Abhängigkeit der Art der Einlagerung innerhalb der ELK detektiert, gelöst und in eine Umverpackung geladen. Dabei wird angenommen, dass die Gebinde teilweise beschädigt oder zerstört sind und in den verfüllten Einlagerungskammern eine Verbindung mit dem sie umgebenden Salzgrus eingegangen sind. Die Umverpackungen (mit Innenbehälter) werden direkt nach der Beladung innerhalb der Schildmaschine verdeckelt und in einer der beiden Schleusen für den weiteren Transport im Grubengebäude vollständig automatisiert freigeschoben. Hinter der Schildmaschine werden die durchhörten Bereiche (Resthohlräume in den Einlagerungskammern, Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern und verfüllte Abbaue), mit Ausnahme der fünf Versorgungsröhren im Ausbauquerschnitt, zeitnah nach der Durchörterung von den Begleitstrecken und den Schildmaschinen heraus zur weiteren Stabilisierung des Grubengebäudes mit Baustoff (z.B. Geopolymerbeton) verfüllt (Phase C).

Die nördliche Schildmaschine (SM 1) betreibt nur in den Einlagerungskammern 1/750, 2/750, 12/750, 11/750, 7/750, 6/750, 5/750 die Rückholung und wird anschließend im Abbau 3/750 dekontaminiert und entsprechend des Demontagekonzeptes von innen heraus demontiert. Die mittlere und südliche Schildmaschine (SM 2 und 3) führen anschließend die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den verbleibenden Einlagerungskammern 4/750, 8/750 und 10/750 fort und werden danach in der ELK 10/750 dekontaminiert und analog zur ersten Schildmaschine demontiert. Dabei wird unterstellt, Stand: 04.03.2022

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 296

dass der Verbleib und das Einbetonieren der Schildmaschinen nach Abschluss der Rückholung nicht möglich sind. Der Abtransport der demontierten Komponenten der Schildmaschinen erfolgt durch die Transportröhren im Ausbau. Anschließend erfolgen die Arbeiten zur Verfüllung der restlichen Hohlräume bis zur Übergabe des Restgrubengebäudes, welches in die Stilllegung überführt wird.


Die Schildmaschinen selbst weisen einen rechteckigen Querschnitt von ca. 8,5 m Breite und 10 m Höhe sowie eine Länge von ca. 20 m auf. Im vorderen Bereich der Schildmaschine befinden sich im Schutz des Schildmantels zwei Manipulatorarme sowie der teleskopierbare Steuerstand. Mit Hilfe der Manipulatoren und den verschiedenen Wechselwerkzeugen können die Gebinde detektiert und gelöst werden. Im Anschluss werden die Gebinde bzw. das Salzgrus mit Hilfe dieser Wechselwerkzeuge in einen Innenbehälter verladen, der sich untertägig immer in einer Umverpackung befindet. Die Umverpackung, Bauart „Konrad Container Typ V“ (KC V) oder kleiner, wird während der Beladung luftdicht an den Rahmen der Ladeluke gedrückt, sodass eine Kontaminationsverschleppung vermieden wird.

Die Schildmaschinen sind innen in drei Ebenen und hier in verschiedene Strahlenschutzbereiche aufgeteilt, die während der Rückholung unterschiedlich genutzt werden. Bei der Konstruktion der Schildmaschine ist eine redundante Ausführung des technischen Equipments berücksichtigt worden. Darüber hinaus ist das zu wartende technische Equipment überwiegend in die Überwachungsbereiche der Schildmaschinen gelegt worden. Durch diese planerischen Grundsätze der Schildmaschine kann die Wartung ohne gesonderte Strahlenschutzmaßnahmen auch während der Rückholung durchgeführt werden. In der unteren Ebene befinden sich zwei Schleusen, durch die jeweils eine Umverpackung aus der Transportröhre in die automatische Entdeckelung und dann in den vorderen Verladebereich gefahren wird. Nach der Beladung wird die Umverpackung vollautomatisch verdeckelt und Wischproben genommen, die im angeschlossenen radiologischen Labor direkt auf Kontamination geprüft werden. Erst nach Feststellung der Kontaminationsfreiheit der Umverpackung erfolgt der schienengebundene Weitertransport auf Plateauwagen durch die Transportröhren zur Startkaverne und anschließend weiter zum Schacht Asse 5.

In der mittleren Ebene der Schildmaschinen befinden sich die vollautomatischen Werkzeugmagazine (Sperrbereich), aus denen die Manipulatoren die erforderlichen Werkzeuge für die Rückholung entnehmen. Neue bzw. defekte und kontaminierte Werkzeuge können mit Hilfe von Umverpackungen über die Transportröhre an- und abtransportiert werden. Im hinteren Überwachungsbereich der mittleren Ebene liegen die Standorte der Elektroversorgung sowie der Hydraulikaggregate in jeweils redundanter Ausführung.

Im vorderen Teil der oberen Ebene sind neben den beiden Manipulatoren auch der teleskopierbare Steuerstand (Überwachungsbereich) der Schildmaschinen integriert. Neben der vollständigen Fernsteuerung kann die Steuerung der Schildmaschinen bei entsprechend nachgewiesener, zulässiger radiologischer Belastung auch direkt aus diesem Steuerstand erfolgen. Im mittleren Teil der Ebene sind die Ansaugöffnungen der radiologischen Abwetter und im Weiteren die Grobfilterung angeordnet. Durch die redundanten Grobentstauber wird die Staubbelastung in den beiden radiologischen Abwetterluten innerhalb des Ausbauquerschnittes sowie für die anschließende radiologische Filterung der Abwetter in der Startkaverne reduziert. Im hinteren Teil dieser Ebene befindet sich der Zugang für das Personal mit der Verbindung zur Personenröhre im Ausbau.

Im Bereich des Schildschwanzes befinden sich über alle drei Ebenen ein Lastenaufzug, der zur Andienung der Wartungsarbeiten genutzt wird. Darüber hinaus befindet sich hier die Schalungstechnik für die Herstellung des Ortbetonausbaus einschließlich der Vortriebszylinder. Der Vortrieb und die Steuerung der Schildmaschinen erfolgen mittels Hydraulikstempeln, die sich vom

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 297

Ausbau nach ausreichender Aushärtung abdrücken. Die individuelle Manövrierbarkeit der Schildmaschinen ist durch den Abstand zueinander jederzeit gewährleistet.

Der Ausbauquerschnitt teilt sich in fünf unterschiedlich große Röhren für verschiedene Nutzungen auf. Die beiden unteren Röhren dienen dabei der Andienung der Umverpackungen sowie sonstiger Materialtransporte. Durch die obere Röhre kann das Personal von der Startkaverne per Fußfahrgang zur Schildmaschine gelangen. Durch die beiden kleineren, außenliegenden Röhren des Ausbaus werden die radiologischen Abwetter zur Startkaverne und den dort angeordneten radiologischen Filteranlagen geführt.

Während der Rückholung erfolgt die Abfuhr von anfallendem Haufwerk ebenfalls über Umverpackungen durch die Transportröhren. Haufwerk, welches zur Herstellung von Versatzstoffen, z.B. Sorel- oder Geopolymerbeton verwendet werden darf, wird in Teilen untertägig gepuffert, sonstiges Material ausgefördert.

Die Bauabläufe und Logistikprozesse der Rückholung mittels Schildvortrieb sind in einer BIM-Prozesssimulation abgebildet. Unter Betrachtung der Prozessreihenfolgen und -abhängigkeiten wird u.a. die Rückholdauer ermittelt. Die BIM-Prozesssimulation und die zu Grunde gelegten Zeitansätze der einzelnen Prozesse und deren Abhängigkeiten werden in einem gesonderten Bericht [8] detailliert beschrieben. Dieser Bericht enthält auch die Kostenschätzung dieses Rückholverfahrens.

Die Konzeptplanung hat die „Umsetzbarkeit“ einer Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der Südflanke auf der 750-m-Sohle mittels Schildvortrieb grundsätzlich bestätigt.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 298

9. Fazit und Handlungsempfehlungen

9.1. Fazit

Die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle mittels Schildvortrieb ist grundsätzlich möglich.

Im Zuge der Konzeptplanung sind diverse Stärken dieses Rückholverfahrens auch im Hinblick auf die Genehmigungshöflichkeit herausgearbeitet worden, die im Folgenden aufgeführt sind:

- Die Sperr- und Kontrollbereiche sind begrenzt auf die vorderen Bereiche der Schildmaschinen und der oberen Ebene der Startkaverne (radiologische Filterung).
- Der sichere Zustand des Grubengebäudes kann im Störfall jederzeit hergestellt werden (inhärent sicher).
- Die untätige Handhabung von Innenbehältern entfällt aufgrund der technischen Ausgestaltung der Schildmaschinen.
- Die gesamte Rückholtechnik befindet sich im geschützten Bereich der Schildmaschinen und liegt überwiegend im Überwachungsbereich.
- Die eingesetzte bewährte Technik der Schildmaschinen ist redundant, ausfallsicher und zugänglich und kann parallel zum Betrieb gewartet werden. Durch den Schutz eines Sektionaltores können auch die Manipulatorbereiche für Wartungsarbeiten gesichert werden.
- Die Sicherung des Grubengebäudes wird durch die unmittelbare nachlaufende Verfüllung der Einlagerungskammern hinter den Schildmaschinen unterstützt. Während der Rückholung der radioaktiven Abfälle in den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle können die z. T. gebrächen Schweben neben der vorab durchgeführten Stabilisierungsmaßnahme bei Bedarf zusätzlich gestützt werden.
- Die Rückholtechnik wird ohne geplante Umbaumaßnahmen von kontaminierten Maschinenbauteilen während der gesamten Rückholung genutzt.
- Neben der vollständigen Fernsteuerung der Schildmaschinen kann die Steuerung bei entsprechend zulässiger Ortsdosisleistung auch direkt aus dem teleskopierbaren Steuerstand erfolgen.
- Die Gesamtdauer für die Durchführung aller Rückholphasen umfassend wird auf 21 Jahre ermittelt. (siehe auch [8]).
- Durch die parallel zur Rückholung betriebenen Begleitstrecken ist eine Intervention im Falle einer Festsetzung einer Schildmaschine sowohl von hier aus als auch durch die benachbarte Schildmaschine möglich.

Durch die in der Konzeptplanung durchgeführten Dosisleistungsberechnungen einschließlich der Ableitung eines Referenzinventars und der Modellierung der Schildmaschine in diesem Zusammenhang konnten die Kollektivdosen sowie die möglichen Arbeitszeiten in den verschiedenen Bereichen der Schildmaschine bestimmt werden. Es wurden auch bestimmungsgemäße Störfall- und Betriebszustände im Zuge der Bewertung hinsichtlich der Freisetzung radioaktiver Stoffe während der Rückholung betrachtet. Darüber hinaus sind im Zuge der Bewertung der Kritikalitätssicherheit, Auslegungsszenarien und Nachweiskonzepte über kritisch sichere Massen erstellt worden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 299


Die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ stellt die Einhaltung aller anzuwendenden Grenzwerte und Schutzziele durch konstruktive und operative Maßnahmen sicher.

9.2. Handlungsempfehlungen

Im Rahmen nachfolgender Planungsphasen (Entwurfs- und Genehmigungserlangungsplanung) sind die verschiedenen Rückholverfahren zu koordinieren und die Schnittstellen zu weiteren Planungsbereichen der Rückholung, insbesondere zur Planung des Rückholbergwerks, abzustimmen.

Für eine anschließende Planungsphase (Entwurfsplanung) der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle mittels Schildvortrieb sind u.a. folgende weiterführende Überlegungen zu beachten:


- Die Erstellung eines Erkundungsprogramms (Festlegung der Erkundungsziele und Erkundungsverfahren) für die Voraberkundung der Einlagerungskammern und der Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern.
- Die Planung der Erkundung des Bereichs im Umfeld der ELK 1/750 zur Festlegung der Lage der Montage/Startkaverne auch im Hinblick auf einen möglichen neuen Standort östlich dieser ELK.
- Die Planung der Verbindungsstrecken zum Bestands- und Rückholbergwerk.
- Die Entwicklung eines durchgehenden Logistikkonzepts für den Transport der aus den Einlagerungskammern zurückgeholten Gebinde von der Verladung in die Umverpackungen innerhalb der Schildmaschine über den Transport zum Schacht Asse 5 bis zur Abfallbehandlungsanlage über Tage.
- Die Abstimmung der erforderlichen logistischen Kapazitäten und Prozesse der verschiedenen, in Teilen parallel durchzuführenden Rückholverfahren im Zusammenhang mit den Verbindungsstrecken und dem Rückholbergwerk bis zur Abfallbehandlungsanlage.
- Die Durchführung von Betoniersuchen zur Herstellung des Ausbaus hinter den Schildmaschinen in den Pfeilern sowie in den Einlagerungskammern selbst.
- Die Beprobung und die Zulassung weiterer, für den Einsatz während der Rückholung, erforderlicher Materialien innerhalb der Schachanlage Asse II.
- Die Planung der Maßnahmen zur erforderlichen Stabilisierung der Firste in den Einlagerungskammern.
- Die Nachweise der Grubenstabilität während der Rückholung, insbesondere während der Durchörterung der Pfeiler.
- Zusammenführung aller rückholspezifischen Randbedingungen in einem „Lastenheft“, welches durchgängig vom AG und Planern fortgeschrieben wird und mit den sonstigen Planungsgewerken der Rückholung als dynamische Planungsgrundlage abzustimmen ist, zur Erzeugung transparenter Planungsergebnisse.
- Die weitere Entwicklung wesentlicher Komponenten der Rückholung mittels Schildvortrieb, insbesondere der Technik der Manipulatoren, der Schleusentechnik und der Werkzeuge zum

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 300

Lösen, Laden und Greifen der Gebinde. Hier sollten auch zukünftige Möglichkeiten von einer künstlichen Intelligenz im Zuge der Rückholung in Betracht gezogen werden.

- Die Erstellung eines Erprobungsprogramms der Schildmaschinen mit sämtlichen Prozessen im Zuge der Rückholung. Dieses muss unter realitätsnahen und vergleichbaren Bedingungen wie in der SchachanlageASSE II stattfinden.

Im Zuge der weiteren Planung und der gesamthaften Rückholung ist die frühestmögliche Beteiligung der Genehmigungsbehörden erforderlich, um in Abstimmung mit diesen die Anforderungen an den Planungsinhalten zu bestimmen und dadurch die Planungsqualität sowie die Genehmigungshöflichkeit weiter zu steigern.


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 301

Literaturverzeichnis


- [1] Karlsruher Insitut für Technologie (KIT), Herrenknecht AG, „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachtanlage Asse II - 4. Zwischenbericht: Machbarkeitsstudie für die Methode "Schildvortrieb mit Teilflächenabbau",“ BfS-KZL 9A/23431000/GHB/RA/0027/00, Karlsruhe, 13. Mai 2015.
- [2] DMT GmbH & Co.KG; TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG, „Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse,“ BfS-KZL: 9A/21321000/G/RB/0001/00, 25. September 2009.
- [3] ARGE KR, „Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725- und 750-m-Sohle, Arbeitspaket 06: Grobkonzepte,“ BfS-KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0073/00, Gelsenkirchen, 16. Dezember 2016.
- [4] ARGE KR, „Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725- und 750-m-Sohle, Arbeitspaket 07: Bewertung der Grobkonzepte,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0082/00, 18. September 2020.
- [5] Alber GeoMechanik (AGM) und Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG), „Gebirgsmechanische Untersuchung der Auswirkungen der Rückholvarianten "Schildvortrieb mit Teilflächenabbau" und "Teilflächenabbau von oben",“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GC/TA/0001/00, Dortmund und Leipzig, 20. Mai 2019.
- [6] Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), „Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Rückholplan,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0110/00, Peine, Remlingen und Salzgitter, 19. Februar 2020.
- [7] Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), „Planerische Mitteilung zum Antrag auf Genehmigung der Ableitungen der Grubenwetter aus Schacht 5,“ BGE-SZ-KZL 9A/23500000/GHB/RZ/0124/00, 25. September 2020.
- [8] INGE KRS, „Konzeptplanung für die Rückholvariante Schildvortrieb mit Teilflächenabbau - Zeitermittlung und Kostenschätzung,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0130/00, Bochum, 3. August 2022.
- [9] ARGE KR, „Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725- und 750-m-Sohle - Arbeitspaket 01: Teilbericht zu den Planungsgrundlagen,“ BfS-KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0057/00, Gelsenkirchen, 18. Dezember 2015.
- [10] DMT GmbH & Co. KG, „Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle - 1. Teilbericht: Planungsgrundlagen,“ BGE-SZ-KZL 9A/23520000/GHB/RA/0046/00, Essen, 29. November 2017.
- [11] *Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)*, Berlin, 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch die Bekanntmachung vom 03. Januar 2022 (BGBl. I S. 14) geändert worden ist.
- [12] BbergG, Bundesberggesetz, Erlassen am 13.08.1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Art. 1 G vom 14.06.2021 (BGBl. I S. 1760) geändert worden ist.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 302

- [13] *Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung, (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV), Strahlenschutzverordnung, 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036) die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4645) geändert worden ist.*
- [14] *Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung; Strahlenschutzgesetz, 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch die Bekanntmachung vom 03. Januar 2022 (BGBl. I S. 15) geändert worden ist.*
- [15] ABVO, Allgemeine Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen (Nds. MBl. Nr. 15/1966 S. 337), 2. Februar 1966.
- [16] ABergV, Bergverordnung für alle bergbaulichen Bereiche (Allgemeine Bundesbergverordnung - ABergV), vom 23.10.1995 (BGBl. I S. 1466 die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist.
- [17] K. Klarr, „Grundlagen zur Geologie der Asse,“ GSF, Braunschweig, 1981.
- [18] Bundesgesellschaft für Endlagerung GmbH (BGE), „Speicher- und Sohlenriss 750-m-Sohle, Betriebszustand 31. März 2020,“ Remlingen, 15. April 2020.
- [19] Asse-GmbH, „Beschreibung der Lagerbereiche der Abfälle,“ BfS-KZL 9A/13500000/BE/RA/0001/00, Remlingen, 27. März 2009.
- [20] Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Erkenntnisse des BfS zum Abfallinventar der Schachanlage Asse II,“ BfS-KZL 9A/25100000/M/RE/0002/00, 15. Juli 2011.
- [21] DMT GmbH & Co. KG, „Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Auswertung vorhandener Unterlagen zur Einlagerung der Abfallgebinde in den ELK,“ BfS-KZL 9A/23400000/GHB/RZ/0009/02, Essen, 10. Juli 2015.
- [22] TÜV Süd Industrie Service GmbH, „Schachanlage Asse II - Bericht zur Überprüfung des Abfallinventars, 3. Einzelbeauftragung: Überprüfung der sonstigen Abfalldaten,“ BfS-KZL 9A/25100000/MAL/RA/0006/00, 5. November 2013.
- [23] ARGE KR, „Konzeptplanung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 10/11a: Technisches Konzept und Sicherheits- und Nachweiskonzept,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0121/01, Gelsenkirchen, 31. März 2021.
- [24] Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 2014) - Endlager Konrad,“ BfS-KZL 9KE/2211/D/ED/0001/03, 18. Dezember 2014.
- [25] INGE KRS, „Protokoll zum Fachgespräch „Elektrobetrieb Schachanlage Asse II“ vom 24. März 2021,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/CA/0205/00, 6. Mai 2021.
- [26] ARGE KR, „Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 - Arbeitspaket 05 Technisches Konzept, Arbeitspaket 06 Sicherheits- und Nachweiskonzept,“ BGE-SZ-KZL 9A/23530000/GHB/RZ/0094/00, Gelsenkirchen, 20. August 2019.


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 303

- [27] INGE KRS, „Protokoll zum Fachgespräch „Bewetterung“ vom 27. April 2021,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/CA/0209/00, 1. Juni 2021.
- [28] DMT GmbH & Co. KG, „Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem Endlager Asse – Schritt 1: Untersuchungskonzept zum Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750,“ BfS-KZL 9A/23400000/GHB/RA/0001/01, 14. April 2010.
- [29] DMT GmbH & Co. KG, „Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 – Dokumentation der Ergebnisse aus der Erkundungsbohrung B 7/750-A1,“ BfS-KZL 9A/23400000/GHB/RZ/0015/02, Essen, 30. September 2016.
- [30] DMT GmbH & Co. KG, „Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 – Dokumentation der Ergebnisse aus der Erkundungsbohrung B 7/750-A3,“ BfS-KZL 9A/23400000/GHB/RZ/0020/01, 14. Oktober 2016.
- [31] ARGE KR, „Konzeptplanung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle - Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0122/00, 11. Dezember 2020.
- [32] Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), „ASSE - Meldungen und Pressemitteilungen,“ [Online]. Available: <https://www.bge.de/de/asse/meldungen-und-pressemitteilungen/archiv/meldung/news/2017/11/94-schachanlage-asse-ii/>. [Zugriff am 15. April 2021].
- [33] Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), „Vortrag zur 52. Sitzung der Asse2 Begleitgruppe am 3. November 2017 in Wolfenbüttel; Ergebnisse der Faktenerhebung, Bohrung B7/750-BA“.
- [34] Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG), *Darstellung des Kenntnisstandes zur gebirgsmechanischen Situation und zu den Randbedingungen im Bereich der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle*, Präsentation vom 16. August 2018.
- [35] Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG), „Aktualisierte gebirgsmechanische Tragfähigkeits- und Zustandsanalyse der Schachanlage Asse II in der Betriebsphase inklusive Vorlage einer neuen Prognose des Systemverhaltens,“ BfS-KZL 9A/64331000/GC/RB/0046/00, 17. Mai 2016.
- [36] Bundesgesellschaft für Endlagerung GmbH (BGE), „Geotechnisches, geophysikalisches, geochemisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen – Jahresbericht 2020 Geomonitoring Asse,“ BGE-SZ-KZL 9A/64330000/GC/PF/0012/00, 14. April 2021.
- [37] INGE KRS, „Protokoll zum Fachgespräch „Planung Rückholbergwerk“ vom 20. Januar 2021,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/CA/0199/00, 4. März 2021.
- [38] ARGE Schacht 5, „Konzeptplanung für einen weiteren Schacht – Sicherheits- und Nachweiskonzept,“ BfS-KZL 9A/23440000/GA/TG/0001/00, Essen, 18. Juni 2014.
- [39] ARGE Schacht 5, „Konzeptplanung für einen weiteren Schacht - Anschluss Schacht 5 vom Grubengebäude aus,“ BGE-SZ-KZL 9A/23440000/GA/TF/0001/00, 23. Oktober 2020.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 304


- [40] TU Clausthal, Institut für Endlagerforschung, „Erkundung und Bewertung der Herkunft und Genese der auf der 750- und der 775-m Sohle des Endlagers für Radioaktive Abfälle Asse auftretenden Salzlösungen und der in ihnen enthaltenen Radionuklide,“ 11. Juni 2009.
- [41] Asse-GmbH, „Sorelbeton A1 - Rezepturzusammensetzung und Materialeigenschaften,“ BfS-KZL 9A/44216000/GH/R/0006/00, 15. Dezember 2008.
- [42] INGE KRS, „Protokoll zum Fachgespräch „Baustoffe“ vom 8. Juli 2021,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/CA/0217/00, 20. Oktober 2021.
- [43] J. M. Aldred, „Engineering Properties of a Proprietary Premixed Geopolymer Concrete,“ WAGNERS EFC PTY LTD, [Online]. Available: <https://www.wagner.com.au/main/what-we-do/earth-friendly-concrete/downloads/>. [Zugriff am 13 Januar 2022].
- [44] MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG und Porr Bau GmbH, „Mehr-Komponenten-Baustoffsystem. Europäische Patentanmeldung. Patentblatt 2018/03.“. Patent EP 3 269 694 A1, 17. Januar 2018.
- [45] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen (DAUB) – Arbeitskreis Schildstatik, „Empfehlungen für statische Berechnungen von Schildvortriebsmaschinen,“ *Tunnel 7*, pp. 44-59, 2005.
- [46] Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG), „Dreidimensionale gebirgsmechanische Modellrechnungen zur Standsicherheitsanalyse des Bergwerkes Asse. Erstellt im Auftrag der Gesellschaft für Strahlenforschung mbH (GSF),“ Leipzig, 03. November 2006.
- [47] INGE KRS, „Protokoll zum Fachgespräch „Geoinformation III“ vom 04. Mai 2021,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/CA/0210/00, 15. Juni 2021.
- [48] Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG), „Gebirgsmechanische Zustandsanalyse und Prognose auf der Basis von Standortdaten und 3D-Modellrechnungen,“ BfS-KZL 9A/64331000/GC/RB/0005/00, 11. März 2009.
- [49] *DIN EN 1992-1-1:2011-01: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992 1 1:2004 + AC:2010. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im D*, Berlin: Beuth Verlag.
- [50] ANSYS, Inc., „PDF Documentation for Release 19.0,“ 2018.
- [51] P. Menetrey, „Numerical Analysis of Punching Failure in Reinforced Concrete Structures (Dissertation),“ Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Lausanne, 1994.
- [52] K. J. Willam und E. P. Warnke, „Constitutive Models for the Triaxial Behavior of Concrete. Seminar on Concrete Structures Subjected to Triaxial Stresses,“ in *International Association for Bridge and Structural Engineering*, 1975.
- [53] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), „DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton,“ *Beuth, Berlin*, November 2012.
- [54] H. Kupfer, „Das Verhalten des Betons unter mehrachsiger Kurzzeitbelastung unter besonderer Berücksichtigung der zweiachsigen Beanspruchung (Dissertation), Sonderdruck als DAfStb Heft 229,“ Fakultät für Bauwesen der Technischen Universität München, München, 1972.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	



**BUNDEGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 305
---	------------

- [55] ARGE KR, „Konzeptplanung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle Arbeitspaket 12/13 Zeit- und Kostenschätzung,“ BGE-SZ-KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0123/01, 9. Dezember 2020.
- [56] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), „Grundzüge des Sicherheits- und Nachweiskonzeptes, Bericht zum Arbeitspaket 4 -Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben (Berichte GRS 271 und 277),“ Braunschweig, 2011 und 2012.
- [57] P. Kamlot, R.-M. Günther, J. Kupper, G. Gärtner und L. Teichmann, „25 Jahre Gebirgsmechanische Bewertung der Schachanlage Asse II: Herausforderungen und Entwicklung der Bewertungsgrundlagen,“ in *50. Geomechanik Kolloquium - Tagungsband*, Sondershausen, 20. Mai 2022.
- [58] AtVfV, Atomrechtliche Verfahrensverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Februar 1995 (BGBl. I S. 180), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 11. November 2020 (BGBl. I S. 2428) geändert worden ist.
- [59] Helmholtz Zentrum München, PG Jülich, „AG Asse Inventar – Abschlussbericht,“ BfS-KZL 9A/25110000/LAB/RB/0002/00, 31. August 2010.
- [60] „SCALE: A Comprehensive Modelling and Simulation Suite for Nuclear Safety Analyses and Design, ORNL/TM-2005/39, Version 6.1,“ 2011 (upgrade to Version 6.1.1, 2011).
- [61] I. C. Gould, D. Wiarda, „COUPLE: A Nuclear Decay and Cross Section Data Processing Code for Creating ORIGEN-S Libraries.Sect. F6,“ 2011.
- [62] C. J. Werner et al., „MCNP® User’s Manual Code Version 6.2,“ 27 Oktober 2017.
- [63] Pergamon Press, „Recommendation of the International Commission on Radiological Protection,“ *ICRP Publication 103*, 2007.
- [64] Pergamon Press, „Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities against Radiation Exposures,“ *ICRP Publication 116*, 2010.
- [65] Pergamon Press, „Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection against External Radiation,“ *ICRP Publication 74*, 1997.
- [66] Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, „Störfall-Leitfaden für die Schachanlage Asse II,“ BGE-SZ-KZL 9A/24110000/EB/ZR/0001/00, 29. Mai 2020.
- [67] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), „Transportstudie Konrad 2009, Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad,“ Dezember 2009 mit Corrigendum vom April 2010.
- [68] N. Gabor, „Untersuchung zur Staubentwicklung bei der maschinellen Rückholung tiefengelagerter Abfallgebinde (Dissertation),“ Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2019.
- [69] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), „Überprüfung des unfallbedingten Freisetzungsverhaltens bei der Beförderung radioaktiver Stoffe,“ Oktober 2017.
- [70] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), „Vertiefung und Ergänzung ausgewählter Aspekte der Abfalltransportrisikoanalyse für die Standortregion der Schachanlage Konrad,“ 2013.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG Blatt: 306


- [71] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), „Systemanalyse Konrad, Teil 3, Bestimmung Störfallbedingter Aktivitätsfreisetzung,“ November 1987.
- [72] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, *Genehmigungsbescheid für die Schachtanlage Asse II, Bescheid 1/2011, Umgang mit Kernbrennstoffen gemäß § 9 Atomgesetz (AtG) Faktenerhebung Schritt 1*, 21. April 2011.
- [73] Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), „BASE Störfallmeldestelle,“ [Online]. Available: https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/stoerfallmeldestelle/ines/ines_node.html. [Zugriff am 06. Dezember 2021].
- [74] Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), „Brandschutz der Schachtanlage Asse II,“ BfS-KZL 9A/66400000/ND/RB/0001/01, 11. November 2010.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 307

Glossar

Abbau	Planmäßig bergmännisch hergestellter Hohlraum zur Mineralgewinnung.
Abfall, radioaktiver	Radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 und 2 des Atomgesetzes, die nach § 9a Abs. 1 Nr. 2 des Atomgesetzes geordnet beseitigt werden müssen.
Abfallbehandlungsanlage	Technische Einrichtung zur Charakterisierung, Konditionierung und Pufferung der rückgeholten radioaktiven Abfälle.
Abfallgebinde	Endzulagernde Einheit aus Abfallprodukt und Abfallbehälter.
Abwetter	Wetterstrom hinter einem untertägigen Betriebspunkt bis zur Abgabe in die Umgebung an der Tagesoberfläche.
Anhydrit	Mineral aus der Mineralklasse der Sulfate
Auffahren	Herstellung einer söhligem oder geneigten Strecke oder eines anderen Grubenbaus.
Auflockerung	Durch Bildung von Trennflächen (wie Rissen oder der Erweiterung von Klüften) verursachte Lockerung des Gebirgsgefüges.
Auslegungsüberschreitender Lösungszutritt (AÜL)	Ein auslegungsüberschreitender Lösungszutritt ist ein Ereignis, bei dem der Betrieb nicht dauerhaft fortgeführt werden kann. Damit ist ein auslegungsüberschreitender Lösungszutritt ein Zutritt, gegen den die Anlage nicht ausgelegt ist bzw. nicht ausgelegt werden kann.
Barrieren, geologische	Geologische Gegebenheit oder technische Maßnahme zur Be- oder Verhinderung der Freisetzung von Schadstoffen aus Abfällen in die Biosphäre.
Barrieren, radiologische	Teil des salinaren Gebirges der zwischen den neuaufgefahrenen Grubenhohlräumen und der Einlagerungskammer, welcher eine Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der ELK in den angrenzenden Strahlenschutzbereich über die bekannte Freisetzung radioaktiver Stoffe hinaus noch sicher verhindert.
Bergung	Das Herauslösen und/oder Greifen von Gebinden oder Abfallbestandteilen und Verladen in Verpackungen.
Bewetterung	Planmäßige Versorgung der Grubenbaue mit frischer Luft.
Carnallit	Salzgestein, das aus Carnallit, Steinsalz und anderen Salzmineralien besteht; Bestandteile sind Bischofit ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), Carnallit ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$), Kieserit ($MgSO_4 \cdot H_2O$), Steinsalz (NaCl), Anhydrit ($CaSO_4$).
Deckgebirge	Gebirgsschichten z. B. oberhalb einer Lagerstätte bis zur Tagesoberfläche.
Dosis	Strahlenenergie, die bei der Wechselwirkung einer ionisierenden Strahlung mit Materie an diese abgegeben wird.
Dosisleistung	Verhältnis von Dosis zu Leistung.
Einlagerungsbereich	Umfasst die Einlagerungskammern, die Zugänge zu den Einlagerungskammern sowie die Verbindungen zum restlichen Grubengebäude.


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 308
---	------------

Einlagerungskammer (ELK)	Planmäßig bergmännisch hergestellter Hohlraum, in dem radioaktive Abfälle eingelagert sind.
Firste	Obere Grenzfläche eines Grubenbaus.
Freigrenze	Werte der Aktivität und der spez. Aktivität radioaktiver Stoffe, die in einer Rechtsverordnung nach § 24 Satz 1 Nummer festgelegt sind und für Tätigkeiten im Zusammenhang mit diesen radioaktiven Stoffen als Maßstab für die Überwachungsbedürftigkeit nach den StrlSchG und den auf seiner Grundlage erlassenen Rechtsverordnungen dienen
Freisetzung radioaktiver Stoffe	Freisetzung radioaktiver Stoffe: Instantan am Ereignisort erfolgendes Entweichen flüssiger, aerosolgebundener oder gasförmiger radioaktiver Stoffe aus den vorgesehenen Umschließungen (z. B. Gebinde)
Frischwetter	Gasgemisch in der Grube, das der Zusammensetzung von atmosphärischer Luft entspricht.
Füllort	Unter Tage die funktionelle Schnittstelle zwischen der seigeren Schachtförderung und der söhligem Streckenförderung.
Gebinde	Einheit aus eingelagerten Stoffen mit Fixierungsmittel und Behälter.
Gebirgsmechanik	Lehre vom mechanischen Verhalten des Gebirges auf anthropogene Einwirkungen
Grubengebäude	Gesamtheit aller bergmännisch hergestellten Grubenbaue eines Bergwerks.
Haufwerk	Aus dem Gebirgsverband herausgelöstes Gestein; auch aus Bauwerken herausgelöstes Material sowie Versatzmaterial.
Integrität (gebirgsmechanisch)	Die gebirgsmechanische Integrität ist die fortbestehende Unversehrtheit des Gesteins und wird durch einen Gebirgszustand gekennzeichnet, der sicherstellt, dass infolge von abbaubedingten Gebirgsspannungen keine bergbaulich relevanten Schädigungen, insbesondere auch keine hydraulisch durchlässigen Gebirgsbereiche, entstanden sind.
Innenbehälter (IB)	Einheit zur Aufnahme und zum Transport von radioaktiven Abfällen aus den Einlagerungskammern bis zur Zuladung in eine Umverpackung.
Kalterprobung	Nachbildung einer funktionsfähigen Anlage/Einrichtung zu Demonstrationszwecken insbesondere gegenüber Genehmigungsbehörden sowie zum Training des Personals.
Konditionierung	Behandlung von radioaktiven Abfällen mit dem Ziel ein transportfähiges und endlagerfähiges Abfallprodukt zu erhalten.
Konrad-Container (KC)	Großvolumige quaderförmige Behälter aus Stahlblech, die zur Einlagerung radioaktiver Abfälle in das Endlager Konrad geeignet und qualifiziert sind und daher als Umverpackung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II betrachtet werden.


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 309
---	-------------------


Kontamination	Verunreinigung von Oberflächen mit radioaktiven Stoffen. Dies umfasst die festhaftende, nicht festhaftende und die über die Oberfläche eingedrungene Aktivität.
Konvergenz	Natürlicher Prozess der Volumenreduzierung von untertägigen Hohlräumen infolge Verformung bzw. Auflockerung aufgrund des Gebirgsdrucks.
Lösungszutritt	Zutritt wässriger Salzlösung in das Grubengebäude.
Notfallmaßnahmen	Notfallmaßnahmen sind die Maßnahmen, die ergriffen werden, wenn ein bestimmungsgemäßer Betrieb der Schachanlage Asse II nicht mehr fortgesetzt werden kann. Sie sind auf die Eindämmung der eingetretenen Notsituation mit dem Ziel der Minimierung ihrer radiologischen Konsequenzen ausgerichtet.
Offenhaltungsbetrieb, Offenhaltung	Einlagerungs- und rückholungsfreier Betrieb unter Aufrechterhaltung sämtlicher Vorkehrungen zum Strahlenschutz und der bergrechtlichen Sicherheit.
Ortsdosis	Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einem bestimmten Ort.
Pfeiler	Bergmännischer Begriff für vertikales Stützelement zwischen Grubenhöhlräumen.
Pufferlager	Pufferlager sind Aufbewahrungsorte zur temporären Lagerung bzw. Aufnahme von radioaktiven Abfällen mit dem Ziel, dass vor- oder nachlaufende Prozesse nicht unterbrochen oder behindert werden.
Pufferung	Die Pufferung ist eine temporäre Lagerung zur Optimierung und Entzerrung von logistischen Prozessen.
Rückholbergwerk	Das Rückholbergwerk beinhaltet alle neu aufzufahrenden Grubenräume, die für die Rückholung erforderlich sind.
Rückholung	Maßnahme in der Schachanlage Asse II, um die eingelagerten radioaktiven Abfälle zurückzuholen.
Salzgrus	Aus dem Gebirgsverband herausgelöstes feinkörniges Salzgestein.
Schacht	Hohlraum von der Oberfläche bis zu den Sohlen eines Bergwerkes; dient zur Beförderung von Personen, Materialien oder zur Belüftung.
Schwebe	Bergmännischer Begriff für horizontale Gebirgsschicht, welche zwei übereinander gelegene Grubenbaue trennt.
Sohle	Gesamtheit der annähernd in einem horizontalen Niveau aufgefahrenen Grubenbaue; auch untere Grenzfläche eines Grubenbaus.
Sonderbewetterung	Bewetterung einer Einhausung über einen gesonderten Lüfter.
Stilllegung	Begriff für die Gesamtheit der Maßnahmen zur Stilllegung der Schachanlage Asse II.
Sorelbeton	Baustoff, welcher als Säure-Base-Zement-Gemisch erhärtet. Das Gemisch setzt sich unter anderem aus Magnesiumoxid, Steinsalz und Lösung zusammen.
Standicherheit	Nachweis, dass der Grenzzustand der Tragfähigkeit nicht überschritten wird.
Störfall	Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept	Blatt: 310
---	-------------------

	nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage auszulegen ist oder für den bei der Tätigkeit vorsorglich Schutzvorkehrungen vorzusehen sind.
Störung	Geologische Veränderung der ursprünglichen Lagerungsform eines Minerals oder Gesteins.
Strahlenschutz	Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädigenden Wirkungen ionisierender und nicht ionisierender Strahlung (aus natürlichen und künstlichen Strahlenquellen).
Strahlenschutzbereich	Überwachungsbereich, Kontrollbereich oder Sperrbereich.
Strecke	Tunnelartiger Grubenbau, der nahezu sählig aufgefahren ist.
Umverpackung	Behältnis, in das geborgene Abfälle zum Zweck des innerbetrieblichen Transport und der Pufferlagerung eingestellt werden.
Unverritztes	Teile des Gebirges in dem noch keine bergmännische Höhlräume aufgefahren wurden
Verfüllen	Einbringen von Material in einen Hohlraum
Versatz, versetzen	Material, mit dem die Hohlräume eines Bergwerks zur Stabilisierung verfüllt werden
Verschlussbauwerk	Bauwerk, um den Zugang zu den Einlagerungskammern mit zum Teil unterschiedlichen Materialien zu verschließen.
Vorsorgemaßnahmen	Vorsorgemaßnahmen sind Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit und Anlagenauslegung sowie zur Vermeidung bzw. Beherrschung von Störfällen. Sie werden vorsorglich realisiert, um ein sicherheitsrelevantes Ereignis nicht eintreten zu lassen oder seine Auswirkungen auf ein zulässiges Maß zu begrenzen.
Wendelstrecke, Wendel	Im Grubengebäude angelegte Fahrstrecke, welche die verschiedenen Sohlen miteinander verbindet.
Wetter	Bergmännischer Begriff für sich durch untertägige Grubenbaue bewegende Luftströme.
Wetterführung	Planmäßige Lenkung der Wetter durch das Grubengebäude.
Zutrittslösung	Lösungen, die im Grubengebäude austreten und die aufgrund ihrer geodätischen Lage und ihrer Position im Grubengebäude als die dem Speichervolumen oder Zutrittssystem am nächsten gelegene Zutrittsstelle identifiziert werden konnten.
Zwischenlager	Ein Zwischenlager ist ein Aufbewahrungsort für konditionierte und verpackte radioaktive Abfälle bis zu deren Endlagerung.


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	
Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept									Blatt: 311

Anhänge

Anhang 1: Nuklidvektoren 1980 und 2030

ELK 1/750				ELK 2/750			
Gesamt [Bq]	8,67E+14		1,35E+14	Gesamt [Bq]	9,97E+14		1,54E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
H-3	7,33E+10	4,40E+09		H-3	7,95E+09	4,77E+08	
BE-10	3,43E+00	3,43E+00		BE-10			
C-14	3,77E+10	3,75E+10	0,03%	C-14	6,34E+10	6,30E+10	0,04%
CL-36	1,21E+08	1,21E+08		CL-36	1,61E+08	1,61E+08	
CA-41	5,47E+04	5,47E+04		CA-41	9,29E+04	9,29E+04	
MN-54	1,19E+08	2,87E-10		MN-54	5,55E+08	1,34E-09	
FE-55	3,04E+11	9,94E+05		FE-55	5,78E+11	1,89E+06	
CO-60	1,70E+12	2,37E+09		CO-60	4,68E+12	6,53E+09	
NI-59	3,47E+08	3,47E+08		NI-59	1,03E+08	1,03E+08	
NI-63	1,25E+12	8,88E+11	0,66%	NI-63	2,35E+12	1,67E+12	1,08%
SE-79	2,50E+07	2,50E+07		SE-79	2,03E+07	2,03E+07	
KR-85	9,12E+03	3,64E+02		KR-85	2,45E+03	9,77E+01	
RB-87	1,42E+03	1,42E+03		RB-87	1,00E+03	1,00E+03	
SR-90	5,08E+12	1,52E+12	1,13%	SR-90	1,57E+12	4,71E+11	0,31%
Y-90		1,53E+12	1,13%	Y-90		4,71E+11	0,31%
ZR-93	1,28E+08	1,28E+08		ZR-93	4,50E+07	4,50E+07	
NB-93M		1,11E+08		NB-93M		3,91E+07	
NB-94	1,27E+09	1,27E+09		NB-94	1,96E+09	1,96E+09	
MO-93	1,41E+06	1,40E+06		MO-93	4,18E+05	4,14E+05	
TC-99	1,53E+09	1,53E+09		TC-99	3,07E+08	3,07E+08	
PD-107	6,29E+06	6,29E+06		PD-107	1,90E+06	1,90E+06	
AG-103M				AG-103M			
AG-108		2,41E+07		AG-108		4,79E+07	
AG-108M	3,00E+08	2,77E+08		AG-108M	5,96E+08	5,51E+08	
CD-113		4,24E-09		CD-113		4,56E-09	
CD-113M	1,89E+09	1,62E+08		CD-113M	2,03E+09	1,74E+08	
SN-126	4,37E+07	4,37E+07		SN-126	2,87E+07	2,87E+07	
SB-125	5,02E+10	1,76E+05		SB-125	4,60E+10	1,61E+05	
SB-126		6,12E+06		SB-126		4,02E+06	
SB-126M		4,37E+07		SB-126M		2,87E+07	
TE-125M		4,30E+04		TE-125M		3,94E+04	
I-129	2,41E+06	2,41E+06		I-129	1,82E+06	1,82E+06	
CS-134	1,21E+11	6,23E+03		CS-134	1,26E+11	6,48E+03	
CS-135	2,32E+07	2,32E+07		CS-135	8,75E+06	8,75E+06	
CS-137	7,82E+12	2,47E+12	1,83%	CS-137	1,18E+13	3,73E+12	2,42%
BA-133				BA-133			
BA-137M		2,34E+12	1,74%	BA-137M		3,53E+12	2,29%
ND-144		1,92E-34		ND-144		7,34E-35	
PM-147	8,82E+11	1,61E+06		PM-147	5,69E+11	1,04E+06	
SM-147		2,18E+01		SM-147		1,41E+01	
SM-148		3,25E-20		SM-148		1,24E-20	
SM-151	3,60E+10	2,45E+10	0,02%	SM-151	1,58E+10	1,08E+10	0,01%
EU-152	2,93E+08	2,26E+07		EU-152	1,12E+08	8,66E+06	
EU-154	1,56E+11	2,77E+09		EU-154	5,38E+10	9,57E+08	
EU-155	5,95E+10	4,05E+07		EU-155	2,71E+10	1,85E+07	
GD-152		9,46E-06		GD-152		3,61E-06	
HO-166M	5,65E+03	5,49E+03		HO-166M	1,34E+03	1,30E+03	
HG-206		8,80E+02		HG-206		9,77E+01	
TL-204				TL-204			
TL-206		6,20E+04		TL-206		6,88E+03	
TL-207		9,88E+06		TL-207		8,88E+04	
TL-208		4,05E+09		TL-208		7,43E+09	
TL-209		2,02E+02		TL-209		2,05E+01	
TL-210		1,16E+07		TL-210		1,31E+06	
PB-204				PB-204			
PB-209		1,02E+04		PB-209		1,04E+03	
PB-210	1,14E+10	4,63E+10	0,03%	PB-210	1,21E+09	5,14E+09	
PB-211		9,91E+06		PB-211		8,90E+04	
PB-212		1,13E+10	0,01%	PB-212		2,07E+10	0,01%
PB-214		5,52E+10	0,04%	PB-214		6,22E+09	
BI-209		9,41E-15		BI-209		8,92E-16	
BI-210		4,63E+10	0,03%	BI-210		5,14E+09	
BI-211		9,91E+06		BI-211		8,90E+04	
BI-212		1,13E+10	0,01%	BI-212		2,07E+10	0,01%
BI-213		9,18E+03		BI-213		9,32E+02	
BI-214		5,52E+10	0,04%	BI-214		6,22E+09	
PO-210		4,63E+10	0,03%	PO-210		5,14E+09	
PO-211		2,74E+04		PO-211		2,46E+02	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 312

ELK 1/750				ELK 2/750			
Gesamt [Bq]	8,67E+14		1,35E+14	Gesamt [Bq]	9,97E+14		1,54E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
PO-212		7,23E+09	0,01%	PO-212		1,33E+10	0,01%
PO-213		8,98E+03		PO-213		9,11E+02	
PO-214		5,52E+10	0,04%	PO-214		6,22E+09	
PO-215		9,91E+06		PO-215		8,90E+04	
PO-216		1,13E+10	0,01%	PO-216		2,07E+10	0,01%
PO-218		5,52E+10	0,04%	PO-218		6,22E+09	
AT-217		9,18E+03		AT-217		9,32E+02	
AT-218		1,10E+07		AT-218		1,24E+06	
RN-217		6,42E-01		RN-217		6,52E-02	
RN-218		1,10E+04		RN-218		1,24E+03	
RN-219		9,91E+06		RN-219		8,90E+04	
RN-220		1,13E+10	0,01%	RN-220		2,07E+10	0,01%
RN-222		5,52E+10	0,04%	RN-222		6,22E+09	
FR-221		9,18E+03		FR-221		9,32E+02	
FR-223		1,37E+05		FR-223		1,23E+03	
RA-224		1,13E+10	0,01%	RA-224		2,07E+10	0,01%
RA-223		9,91E+06		RA-223		8,90E+04	
RA-225		9,18E+03		RA-225		9,32E+02	
RA-226	5,63E+10	5,52E+10	0,04%	RA-226	6,13E+09	6,22E+09	
RA-228	1,69E+10	1,12E+10	0,01%	RA-228	1,14E+10	2,07E+10	0,01%
AC-225		9,18E+03		AC-225		9,32E+02	
AC-227	4,09E+05	9,91E+06		AC-227	2,54E+03	8,90E+04	
AC-228		1,12E+10	0,01%	AC-228		2,07E+10	0,01%
TH-227		9,77E+06		TH-227		8,78E+04	
TH-228	1,74E+10	1,13E+10	0,01%	TH-228	7,66E+09	2,07E+10	0,01%
TH-229	1,19E+03	9,18E+03		TH-229	8,84E+01	9,32E+02	
TH-230	5,57E+09	5,72E+09		TH-230	1,03E+10	1,03E+10	0,01%
TH-231		1,42E+10	0,01%	TH-231		1,36E+08	
TH-232	1,12E+10	1,12E+10	0,01%	TH-232	2,07E+10	2,07E+10	0,01%
TH-234		2,96E+11	0,22%	TH-234		3,89E+09	
PA-231	2,92E+06	1,79E+07		PA-231	2,08E+04	1,65E+05	
PA-233		4,84E+08		PA-233		5,25E+08	
PA-234		4,74E+08		PA-234		6,22E+06	
PA-234M		2,96E+11	0,22%	PA-234M		3,89E+09	
U-232	1,08E+08	6,53E+07		U-232	9,02E+06	5,45E+06	
U-233	1,68E+06	1,73E+06		U-233	2,15E+05	2,15E+05	
U-234	3,26E+11	3,27E+11	0,24%	U-234	5,03E+09	5,92E+09	
U-235	1,42E+10	1,42E+10	0,01%	U-235	1,36E+08	1,36E+08	
U-236	4,85E+09	4,86E+09		U-236	5,88E+08	6,01E+08	
U-237		1,77E+09		U-237		2,03E+09	
U-238	2,96E+11	2,96E+11	0,22%	U-238	3,89E+09	3,89E+09	
U-240		6,06E+02		U-240		5,14E+02	
NP-237	3,36E+07	4,84E+08		NP-237	2,48E+07	5,25E+08	
NP-238		5,78E+05		NP-238		1,41E+05	
NP-239		2,03E+08		NP-239		4,96E+07	
NP-240		7,28E-01		NP-240		6,17E-01	
NP-240M		6,06E+02		NP-240M		5,14E+02	
PU-238	8,04E+12	5,42E+12	4,02%	PU-238	7,65E+12	5,15E+12	3,34%
PU-239	6,37E+12	6,36E+12	4,72%	PU-239	8,65E+12	8,64E+12	5,60%
PU-240	5,92E+12	5,89E+12	4,37%	PU-240	8,85E+12	8,80E+12	5,71%
PU-241	8,16E+14	7,22E+13	53,52%	PU-241	9,37E+14	8,29E+13	53,76%
PU-242	8,34E+09	8,34E+09	0,01%	PU-242	9,42E+09	9,42E+09	0,01%
PU-244	6,07E+02	6,07E+02		PU-244	5,15E+02	5,15E+02	
AM-241	1,20E+13	3,43E+13	25,47%	AM-241	1,27E+13	3,84E+13	24,94%
AM-242		1,25E+08		AM-242		3,06E+07	
AM-242M	1,61E+08	1,26E+08		AM-242M	3,93E+07	3,07E+07	
AM-243	2,04E+08	2,03E+08		AM-243	4,98E+07	4,96E+07	
CM-242	1,05E+05	1,04E+05		CM-242	9,77E+04	2,53E+07	
CM-243	1,11E+08	3,37E+07		CM-243	2,60E+07	7,90E+06	
CM-244	5,70E+09	8,41E+08		CM-244	1,60E+09	2,36E+08	
CM-245	3,80E+05	3,79E+05		CM-245	1,16E+05	1,16E+05	
CM-246	2,04E+05	2,03E+05		CM-246	6,33E+04	6,28E+04	
CM-247				CM-247			
CM-248				CM-248			
CM-250				CM-250			
CF-249				CF-249			
CF-251				CF-251			
CF-252				CF-252			

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 313

ELK 2/750 Na2				ELK 4/750			
Gesamt [Bq]	2,04E+14		2,99E+13	Gesamt [Bq]	5,64E+11		1,06E+12
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
H-3	1,08E+11	6,48E+09	0,02%	H-3	6,47E+09	3,88E+08	0,04%
BE-10				BE-10			
C-14	3,83E+11	3,81E+11	1,27%	C-14	1,49E+09	1,48E+09	0,14%
CL-36	6,10E+08	6,10E+08		CL-36	2,38E+06	2,38E+06	
CA-41	1,83E+05	1,83E+05		CA-41	1,17E+03	1,17E+03	
MN-54	5,22E+10	1,26E-07		MN-54	8,18E+05	1,97E-12	
FE-55	3,93E+12	1,29E+07		FE-55	5,07E+09	1,66E+04	
CO-60	7,90E+12	1,10E+10	0,04%	CO-60	1,58E+10	2,20E+07	
NI-59	5,47E+07	5,47E+07		NI-59			
NI-63	4,83E+12	3,43E+12	11,46%	NI-63	3,25E+10	2,31E+10	2,17%
SE-79	2,53E+07	2,53E+07		SE-79	1,02E+05	1,02E+05	
KR-85	4,91E+03	1,96E+02		KR-85			
RB-87	9,11E+02	9,11E+02		RB-87	2,84E+00	2,84E+00	
SR-90	9,74E+11	2,92E+11	0,98%	SR-90	7,12E+08	2,14E+08	0,02%
Y-90		2,92E+11	0,98%	Y-90		2,14E+08	0,02%
ZR-93	1,50E+07	1,50E+07		ZR-93			
NB-93M		1,31E+07		NB-93M			
NB-94	3,81E+09	3,80E+09	0,01%	NB-94	2,88E+07	2,88E+07	
MO-93	2,23E+05	2,21E+05		MO-93			
TC-99	4,00E+09	4,00E+09	0,01%	TC-99			
PD-107	7,78E+05	7,78E+05		PD-107			
AG-103M		9,73E+07		AG-103M		5,77E+05	
AG-108		1,12E+09		AG-108		6,63E+06	
AG-108M	1,21E+09	1,15E-08		AG-108M	7,18E+06	6,60E-11	
CD-113		4,38E+08		CD-113		2,52E+06	
CD-113M	5,12E+09	3,95E+07		CD-113M	2,94E+07	2,44E+05	
SN-126	3,95E+07	7,73E+05		SN-126	2,44E+05	8,29E+02	
SB-125	2,21E+11	5,53E+06		SB-125	2,37E+08	3,42E+04	
SB-126		3,95E+07		SB-126		2,44E+05	
SB-126M		1,89E+05		SB-126M		2,03E+02	
TE-125M		2,05E+06		TE-125M		9,37E+03	
I-129	2,05E+06	2,97E+04		I-129	9,37E+03	1,15E+01	
CS-134	5,78E+11	3,80E+06		CS-134	2,24E+08		
CS-135	3,80E+06	2,34E+12	7,82%	CS-135			
CS-137	7,40E+12	8,37E+05		CS-137	2,44E+10	7,71E+09	0,73%
BA-133	2,26E+07	2,21E+12	7,40%	BA-133			
BA-137M		5,21E-35		BA-137M		7,30E+09	0,69%
ND-144		7,30E+07		ND-144		8,52E-38	
PM-147	3,99E+13	9,88E+02		PM-147			
SM-147		8,80E-21		SM-147		1,44E-23	
SM-148		2,63E+09	0,01%	SM-148			
SM-151	3,86E+09	6,14E+06		SM-151			
EU-152	7,95E+07	7,79E+08		EU-152	1,30E+05	1,01E+04	
EU-154	4,38E+10	1,02E+07		EU-154	4,74E+07	8,43E+05	
EU-155	1,50E+10	2,57E-06		EU-155			
GD-152		1,13E+03		GD-152		4,20E-09	
HO-166M	1,16E+03	1,47E+03		HO-166M			
HG-206		5,41E+06		HG-206		2,66E+01	
TL-204	5,15E+10	1,04E+05		TL-204		1,88E+03	
TL-206		1,44E+09		TL-206		6,67E+06	
TL-207		6,59E+09	0,02%	TL-207		5,14E+09	
TL-208		4,01E+04		TL-208		2,89E-03	0,48%
TL-209		2,01E+07		TL-209		3,55E+05	
TL-210		1,36E-06		TL-210			
PB-204		1,83E+06		PB-204			
PB-209		7,76E+10	0,26%	PB-209		3,03E+01	
PB-210	6,64E+09	1,45E+09		PB-210	4,80E+08	1,40E+09	0,13%
PB-211		1,83E+10	0,06%	PB-211		6,68E+06	
PB-212		9,57E+10	0,32%	PB-212		1,43E+10	1,35%
PB-214		1,77E-12		PB-214		1,69E+09	0,16%
BI-209		7,76E+10	0,26%	BI-209		1,07E-19	
BI-210		1,45E+09		BI-210		1,40E+09	0,13%
BI-211		1,83E+10	0,06%	BI-211		6,68E+06	
BI-212		1,82E+06		BI-212		1,43E+10	1,35%
BI-213		9,58E+10	0,32%	BI-213		1,31E-01	
BI-214		7,76E+10	0,26%	BI-214		1,69E+09	0,16%
PO-210		3,99E+06		PO-210		1,40E+09	0,13%
PO-211				PO-211		1,85E+04	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 314

ELK 2/750 Na2				ELK 4/750			
Gesamt [Bq]	2,04E+14		2,99E+13	Gesamt [Bq]	5,64E+11		1,06E+12
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
PO-212		1,18E+10	0,04%	PO-212		9,15E+09	0,86%
PO-213		1,78E+06		PO-213		1,29E-01	
PO-214		9,57E+10	0,32%	PO-214		1,69E+09	0,16%
PO-215		1,45E+09		PO-215		6,68E+06	
PO-216		1,83E+10	0,06%	PO-216		1,43E+10	1,35%
PO-218		9,58E+10	0,32%	PO-218		1,69E+09	0,16%
AT-217		1,82E+06		AT-217		1,31E-01	
AT-218		1,92E+07		AT-218		3,38E+05	
RN-217		1,28E+02		RN-217		9,20E-06	
RN-218		1,92E+04		RN-218		3,38E+02	
RN-219		1,45E+09		RN-219		6,68E+06	
RN-220		1,83E+10	0,06%	RN-220		1,43E+10	1,35%
RN-222		9,58E+10	0,32%	RN-222		1,69E+09	0,16%
FR-221		1,82E+06		FR-221		1,31E-01	
FR-223		1,99E+07		FR-223		9,22E+04	
RA-224		1,83E+10	0,06%	RA-224		1,43E+10	1,35%
RA-223		1,45E+09		RA-223		6,68E+06	
RA-225		1,82E+06		RA-225		1,31E-01	
RA-226	9,77E+10	9,58E+10	0,32%	RA-226	1,57E+09	1,69E+09	0,16%
RA-228	1,50E+10	1,83E+10	0,06%	RA-228	9,93E+09	1,43E+10	1,35%
AC-225		1,82E+06		AC-225		1,31E-01	
AC-227	4,30E+09	1,44E+09		AC-227	3,38E+05	6,68E+06	
AC-228		1,83E+10	0,06%	AC-228		1,43E+10	1,35%
TH-227		1,43E+09		TH-227		6,59E+06	
TH-228	7,23E+09	1,83E+10	0,06%	TH-228	7,95E+09	1,43E+10	1,35%
TH-229	1,14E+05	1,82E+06		TH-229		1,31E-01	
TH-230	6,93E+09	7,05E+09	0,02%	TH-230	7,17E+09	7,27E+09	0,68%
TH-231		6,26E+09	0,02%	TH-231		9,28E+09	0,87%
TH-232	1,83E+10	1,83E+10	0,06%	TH-232	1,43E+10	1,43E+10	1,35%
TH-234		2,68E+11	0,90%	TH-234		2,06E+11	19,40%
PA-231	7,10E+08	7,16E+08		PA-231	2,15E+06	1,20E+07	
PA-233		6,56E+07		PA-233		8,38E+04	
PA-234		4,29E+08		PA-234		3,30E+08	0,03%
PA-234M		2,68E+11	0,90%	PA-234M		2,06E+11	19,40%
U-232	7,19E+07	4,35E+07		U-232	5,33E+03	3,22E+03	
U-233	3,63E+08	3,63E+08		U-233	1,88E+01	3,70E+01	
U-234	2,59E+11	2,59E+11	0,87%	U-234	2,20E+11	2,20E+11	20,72%
U-235	6,26E+09	6,26E+09	0,02%	U-235	9,28E+09	9,28E+09	0,87%
U-236	1,03E+09	1,03E+09		U-236		1,92E+00	
U-237		2,89E+08		U-237		3,58E+02	
U-238	2,68E+11	2,68E+11	0,90%	U-238	2,06E+11	2,06E+11	19,40%
U-240		1,04E+02		U-240			
NP-237	1,27E+07	6,56E+07		NP-237	8,37E+04	8,38E+04	
NP-238		1,53E+05		NP-238		1,75E+02	
NP-239		5,46E+07		NP-239			
NP-240		1,25E-01		NP-240			
NP-240M		1,04E+02		NP-240M			
PU-238	1,66E+12	1,12E+12	3,74%	PU-238	2,33E+06	1,58E+06	
PU-239	7,55E+11	7,54E+11	2,52%	PU-239	5,83E+05	5,82E+05	
PU-240	8,36E+11	8,32E+11	2,78%	PU-240	1,30E+06	1,30E+06	
PU-241	1,33E+14	1,18E+13	39,32%	PU-241	1,65E+08	1,46E+07	
PU-242	1,73E+09	1,73E+09	0,01%	PU-242	9,33E+03	9,33E+03	
PU-244	1,04E+02	1,04E+02		PU-244			
AM-241	6,37E+11	4,38E+12	14,64%	AM-241	5,00E+06	9,32E+06	
AM-242		3,32E+07		AM-242		3,79E+04	
AM-242M	4,26E+07	3,33E+07		AM-242M	4,87E+04	3,81E+04	
AM-243	5,49E+07	5,46E+07		AM-243			
CM-242	1,90E+07	2,74E+07		CM-242		3,14E+04	
CM-243	4,55E+07	1,38E+07		CM-243			
CM-244	2,87E+09	4,23E+08		CM-244	9,55E+05	1,41E+05	
CM-245	2,70E+05	2,69E+05		CM-245	3,07E+02	3,06E+02	
CM-246	2,48E+05	2,46E+05		CM-246	5,44E+01	5,40E+01	
CM-247				CM-247			
CM-248				CM-248			
CM-250				CM-250			
CF-249				CF-249			
CF-251				CF-251			
CF-252				CF-252			

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 315

ELK 5/750				ELK 6/750			
Gesamt [Bq]	6,00E+14		1,04E+14	Gesamt [Bq]	1,23E+15		2,75E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
H-3	4,12E+10	2,47E+09		H-3	6,86E+11	4,12E+10	0,01%
BE-10	2,28E+01	2,28E+01		BE-10	4,62E+02	4,62E+02	
C-14	2,42E+11	2,41E+11	0,23%	C-14	3,56E+11	3,54E+11	0,13%
CL-36	7,72E+08	7,72E+08		CL-36	1,02E+09	1,02E+09	
CA-41	3,90E+05	3,90E+05		CA-41	5,42E+05	5,42E+05	
MN-54	1,91E+10	4,60E-08		MN-54	3,68E+11	8,87E-07	
FE-55	6,38E+12	2,09E+07		FE-55	3,81E+13	1,25E+08	
CO-60	1,10E+13	1,53E+10	0,01%	CO-60	1,36E+14	1,90E+11	0,07%
NI-59	1,43E+09	1,43E+09		NI-59	2,32E+10	2,32E+10	0,01%
NI-63	1,18E+13	8,38E+12	8,06%	NI-63	1,89E+13	1,34E+13	4,88%
SE-79	1,08E+08	1,08E+08		SE-79	8,43E+08	8,43E+08	
KR-85	8,12E+04	3,24E+03		KR-85	2,54E+05	1,01E+04	
RB-87	4,83E+03	4,83E+03		RB-87	3,92E+04	3,92E+04	
SR-90	6,37E+12	1,91E+12	1,84%	SR-90	1,11E+14	3,33E+13	12,11%
Y-90		1,91E+12	1,84%	Y-90		3,33E+13	12,11%
ZR-93	4,51E+08	4,51E+08		ZR-93	7,54E+09	7,54E+09	
NB-93M		3,93E+08		NB-93M		6,57E+09	
NB-94	8,56E+09	8,55E+09	0,01%	NB-94	1,30E+10	1,30E+10	
MO-93	5,82E+06	5,77E+06		MO-93	9,41E+07	9,33E+07	
TC-99	1,29E+09	1,29E+09		TC-99	2,57E+10	2,57E+10	0,01%
PD-107	8,90E+06	8,90E+06		PD-107	2,09E+08	2,09E+08	
AG-103M				AG-103M			
AG-108		2,27E+08		AG-108		3,01E+08	
AG-108M	2,82E+09	2,61E+09		AG-108M	3,74E+09	3,46E+09	
CD-113		3,21E-08		CD-113		1,25E-07	
CD-113M	1,43E+10	1,22E+09		CD-113M	5,57E+10	4,77E+09	
SN-126	1,25E+08	1,25E+08		SN-126	1,15E+09	1,15E+09	
SB-125	6,18E+11	2,16E+06		SB-125	1,34E+13	4,68E+07	
SB-126		1,75E+07		SB-126		1,61E+08	
SB-126M		1,25E+08		SB-126M		1,15E+09	
TE-125M		5,29E+05		TE-125M		1,15E+07	
I-129	8,36E+06	8,36E+06		I-129	6,60E+07	6,60E+07	
CS-134	1,28E+12	6,59E+04		CS-134	1,51E+13	7,77E+05	
CS-135	3,82E+07	3,82E+07		CS-135	9,69E+08	9,69E+08	
CS-137	2,60E+13	8,21E+12	7,90%	CS-137	1,87E+14	5,91E+13	21,48%
BA-133	7,31E+08	2,71E+07		BA-133			
BA-137M		7,78E+12	7,48%	BA-137M		5,60E+13	20,34%
ND-144		3,32E-34		ND-144		1,15E-32	
PM-147	2,24E+12	4,10E+06		PM-147	1,28E+14	2,34E+08	
SM-147		5,54E+01		SM-147		3,17E+03	
SM-148		5,60E-20		SM-148		1,94E-18	
SM-151	4,29E+10	2,92E+10	0,03%	SM-151	1,54E+12	1,05E+12	0,38%
EU-152	5,06E+08	3,91E+07		EU-152	1,75E+10	1,35E+09	
EU-154	4,23E+11	7,52E+09	0,01%	EU-154	4,43E+12	7,88E+10	0,03%
EU-155	1,60E+11	1,09E+08		EU-155	4,23E+12	2,88E+09	
GD-152		1,63E-05		GD-152		5,65E-04	
HO-166M	1,76E+04	1,71E+04		HO-166M	1,17E+05	1,14E+05	
HG-206		4,84E+01		HG-206		1,84E+02	
TL-204	4,27E+08	4,48E+04		TL-204			
TL-206		3,41E+03		TL-206		1,30E+04	
TL-207		1,57E+05		TL-207		9,79E+04	
TL-208		5,72E+08		TL-208		1,75E+09	
TL-209		9,20E+02		TL-209		1,64E+01	
TL-210		6,33E+05		TL-210		2,53E+06	
PB-204		1,13E-08		PB-204			
PB-209		4,19E+04		PB-209		9,61E+02	
PB-210	7,19E+08	2,55E+09		PB-210	4,11E+08	9,67E+09	
PB-211		1,58E+05		PB-211		9,81E+04	
PB-212		1,59E+09		PB-212		4,88E+09	
PB-214		3,02E+09		PB-214		1,20E+10	
BI-209		4,27E-14		BI-209		6,26E-16	
BI-210		2,55E+09		BI-210		9,67E+09	
BI-211		1,58E+05		BI-211		9,81E+04	
BI-212		1,59E+09		BI-212		4,88E+09	
BI-213		4,18E+04		BI-213		7,46E+02	
BI-214		3,02E+09		BI-214		1,20E+10	
PO-210		2,55E+09		PO-210		9,67E+09	
PO-211		4,35E+02		PO-211		2,71E+02	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 316

ELK 5/750				ELK 6/750			
Gesamt [Bq]	6,00E+14		1,04E+14	Gesamt [Bq]	1,23E+15		2,75E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
PO-212		1,02E+09		PO-212		3,12E+09	
PO-213		4,09E+04		PO-213		7,30E+02	
PO-214		3,02E+09		PO-214		1,20E+10	
PO-215		1,58E+05		PO-215		9,81E+04	
PO-216		1,59E+09		PO-216		4,88E+09	
PO-218		3,02E+09		PO-218		1,20E+10	
AT-217		4,18E+04		AT-217		7,47E+02	
AT-218		6,03E+05		AT-218		2,41E+06	
RN-217		2,93E+00		RN-217		5,23E-02	
RN-218		6,03E+02		RN-218		2,41E+03	
RN-219		1,58E+05		RN-219		9,81E+04	
RN-220		1,59E+09		RN-220		4,88E+09	
RN-222		3,02E+09		RN-222		1,20E+10	
FR-221		4,18E+04		FR-221		7,47E+02	
FR-223		2,18E+03		FR-223		1,35E+03	
RA-224		1,59E+09		RA-224		4,88E+09	
RA-223		1,58E+05		RA-223		9,81E+04	
RA-225		4,18E+04		RA-225		7,47E+02	
RA-226	3,07E+09	3,02E+09		RA-226	1,23E+10	1,20E+10	
RA-228	6,61E+08	1,51E+09		RA-228	5,94E+08	4,87E+09	
AC-225		4,18E+04		AC-225		7,47E+02	
AC-227	4,51E+03	1,58E+05		AC-227	5,38E+03	9,81E+04	
AC-228		1,51E+09		AC-228		4,87E+09	
TH-227		1,56E+05		TH-227		9,68E+04	
TH-228	4,71E+08	1,59E+09		TH-228	1,13E+08	4,88E+09	
TH-229	5,04E+03	4,18E+04		TH-229	2,81E+00	7,47E+02	
TH-230	5,33E+08	5,38E+08		TH-230	1,23E+05	2,00E+06	
TH-231		2,52E+08		TH-231		1,50E+08	
TH-232	1,51E+09	1,51E+09		TH-232	4,88E+09	4,88E+09	
TH-234		4,18E+09		TH-234		4,80E+09	
PA-231	2,96E+04	2,96E+05		PA-231	2,23E+04	1,81E+05	
PA-233		2,80E+08		PA-233		4,98E+08	
PA-234		6,69E+06		PA-234		7,68E+06	
PA-234M		4,18E+09		PA-234M		4,80E+09	
U-232	1,36E+08	8,22E+07		U-232	1,24E+07	7,50E+06	
U-233	7,80E+06	7,83E+06		U-233	1,22E+05	2,02E+05	
U-234	1,08E+10	1,17E+10	0,01%	U-234	3,92E+09	4,23E+09	
U-235	2,52E+08	2,52E+08		U-235	1,50E+08	1,50E+08	
U-236	2,11E+09	2,12E+09		U-236	5,23E+08	5,30E+08	
U-237		1,12E+09		U-237		1,21E+09	
U-238	4,18E+09	4,18E+09		U-238	4,80E+09	4,80E+09	
U-240		1,07E+03		U-240		1,05E+02	
NP-237	4,85E+07	2,80E+08		NP-237	2,77E+08	4,98E+08	
NP-238		1,31E+06		NP-238		2,42E+07	
NP-239		7,69E+08		NP-239		5,39E+09	
NP-240		1,28E+00		NP-240		1,26E-01	
NP-240M		1,07E+03		NP-240M		1,05E+02	
PU-238	7,97E+12	5,37E+12	5,16%	PU-238	2,66E+12	1,79E+12	0,65%
PU-239	2,72E+12	2,72E+12	2,61%	PU-239	3,69E+12	3,69E+12	1,34%
PU-240	3,27E+12	3,25E+12	3,13%	PU-240	5,01E+12	4,98E+12	1,81%
PU-241	5,15E+14	4,56E+13	43,80%	PU-241	5,56E+14	4,92E+13	17,88%
PU-242	7,74E+09	7,74E+09	0,01%	PU-242	6,62E+09	6,62E+09	
PU-244	1,07E+03	1,07E+03		PU-244	1,05E+02	1,05E+02	
AM-241	4,16E+12	1,85E+13	17,81%	AM-241	2,67E+12	1,83E+13	6,66%
AM-242		2,83E+08		AM-242		5,25E+09	
AM-242M	3,64E+08	2,85E+08		AM-242M	6,74E+09	5,27E+09	
AM-243	7,73E+08	7,69E+08		AM-243	5,41E+09	5,39E+09	
CM-242	6,63E+06	2,34E+08		CM-242	5,80E+09	4,34E+09	
CM-243	5,71E+08	1,74E+08		CM-243	2,52E+09	7,66E+08	
CM-244	4,59E+10	6,77E+09	0,01%	CM-244	1,33E+11	1,96E+10	0,01%
CM-245	3,98E+06	3,96E+06		CM-245	5,03E+06	5,01E+06	
CM-246	4,33E+06	4,30E+06		CM-246	1,55E+06	1,54E+06	
CM-247				CM-247			
CM-248		8,03E-06		CM-248			
CM-250				CM-250			
CF-249	2,09E+01	1,89E+01		CF-249			
CF-251				CF-251			
CF-252	1,09E+00	2,22E-06		CF-252			

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 317

ELK 7/750				ELK 7/725			
Gesamt [Bq]	1,89E+15	3,76E+14		Gesamt [Bq]	7,71E+14	1,12E+14	
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
H-3	6,71E+11	4,03E+10	0,01%	H-3	4,41E+10	2,65E+09	
BE-10	7,98E+02	7,98E+02		BE-10	1,16E+01	1,16E+01	
C-14	1,55E+11	1,54E+11	0,04%	C-14	4,09E+10	4,07E+10	0,04%
CL-36	4,59E+08	4,59E+08		CL-36	6,36E+07	6,36E+07	
CA-41	2,42E+05	2,42E+05		CA-41	1,92E+04	1,92E+04	
MN-54	1,57E+11	3,78E-07		MN-54	1,74E+09	4,19E-09	
FE-55	1,61E+13	5,26E+07		FE-55	3,61E+11	1,18E+06	
CO-60	1,61E+13	2,25E+10	0,01%	CO-60	1,28E+12	1,79E+09	
NI-59	1,28E+10	1,28E+10		NI-59	2,09E+08	2,09E+08	
NI-63	5,23E+12	3,71E+12	0,99%	NI-63	5,34E+11	3,79E+11	0,34%
SE-79	6,90E+08	6,90E+08		SE-79	1,60E+07	1,60E+07	
KR-85	1,75E+06	6,98E+04		KR-85	3,92E+04	1,56E+03	
RB-87	3,99E+04	3,99E+04		RB-87	7,05E+02	7,05E+02	
SR-90	1,15E+14	3,45E+13	9,16%	SR-90	2,12E+12	6,36E+11	0,57%
Y-90		3,45E+13	9,17%	Y-90		6,36E+11	0,57%
ZR-93	4,07E+09	4,07E+09		ZR-93	6,52E+07	6,52E+07	
NB-93M		3,55E+09		NB-93M		5,68E+07	
NB-94	5,50E+09	5,49E+09		NB-94	4,47E+08	4,46E+08	
MO-93	5,22E+07	5,18E+07		MO-93	8,51E+05	8,44E+05	
TC-99	2,48E+10	2,48E+10	0,01%	TC-99	9,33E+08	9,33E+08	
PD-107	1,86E+08	1,86E+08		PD-107	3,12E+06	3,12E+06	
AG-103M				AG-103M			
AG-108		1,03E+08		AG-108		9,49E+06	
AG-108M	1,28E+09	1,18E+09		AG-108M	1,18E+08	1,09E+08	
CD-113		1,04E-07		CD-113		3,10E-09	
CD-113M	4,64E+10	3,97E+09		CD-113M	1,38E+09	1,18E+08	
SN-126	1,02E+09	1,02E+09		SN-126	2,08E+07	2,08E+07	
SB-125	6,21E+12	2,17E+07		SB-125	6,32E+10	2,21E+05	
SB-126		1,43E+08		SB-126		2,91E+06	
SB-126M		1,02E+09		SB-126M		2,08E+07	
TE-125M		5,32E+06		TE-125M		5,41E+04	
I-129	6,09E+07	6,09E+07		I-129	1,14E+06	1,14E+06	
CS-134	3,51E+13	1,81E+06		CS-134	2,65E+11	1,36E+04	
CS-135	7,82E+08	7,82E+08		CS-135	1,21E+07	1,21E+07	
CS-137	1,79E+14	5,66E+13	15,02%	CS-137	4,46E+12	1,41E+12	1,26%
BA-133				BA-133			
BA-137M		5,36E+13	14,22%	BA-137M		1,33E+12	1,19%
ND-144		7,28E-33		ND-144		8,59E-35	
PM-147	9,55E+13	1,75E+08		PM-147	7,67E+11	1,40E+06	
SM-147		2,36E+03		SM-147		1,90E+01	
SM-148		1,23E-18		SM-148		1,45E-20	
SM-151	9,41E+11	6,40E+11	0,17%	SM-151	1,17E+10	7,96E+09	0,01%
EU-152	1,11E+10	8,58E+08		EU-152	1,31E+08	1,01E+07	
EU-154	1,01E+13	1,80E+11	0,05%	EU-154	1,70E+11	3,02E+09	
EU-155	5,20E+12	3,54E+09		EU-155	6,07E+10	4,13E+07	
GD-152		3,58E-04		GD-152		4,23E-06	
HO-166M	4,05E+05	3,94E+05		HO-166M	7,87E+03	7,65E+03	
HG-206		1,22E+02		HG-206		5,12E+01	
TL-204				TL-204			
TL-206		8,61E+03		TL-206		3,61E+03	
TL-207		1,09E+05		TL-207		4,87E+06	
TL-208		2,28E+07		TL-208		4,78E+09	
TL-209		6,99E+01		TL-209		4,02E+04	
TL-210		1,67E+06		TL-210		6,52E+05	
PB-204				PB-204			
PB-209		3,32E+03		PB-209		1,83E+06	
PB-210	4,63E+08	6,43E+09		PB-210	1,25E+09	2,69E+09	
PB-211		1,09E+05		PB-211		4,89E+06	
PB-212		6,34E+07		PB-212		1,33E+10	0,01%
PB-214		7,95E+09		PB-214		3,10E+09	
BI-209		2,95E-15		BI-209		1,79E-12	
BI-210		6,43E+09		BI-210		2,69E+09	
BI-211		1,09E+05		BI-211		4,89E+06	
BI-212		6,34E+07		BI-212		1,33E+10	0,01%
BI-213		3,18E+03		BI-213		1,83E+06	
BI-214		7,96E+09		BI-214		3,11E+09	
PO-210		6,43E+09		PO-210		2,69E+09	
PO-211		3,01E+02		PO-211		1,35E+04	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 318

ELK 7/750				ELK 7/725			
Gesamt [Bq]	1,89E+15		3,76E+14	Gesamt [Bq]	7,71E+14		1,12E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
PO-212		4,06E+07		PO-212		8,52E+09	0,01%
PO-213		3,11E+03		PO-213		1,79E+06	
PO-214		7,95E+09		PO-214		3,10E+09	
PO-215		1,09E+05		PO-215		4,89E+06	
PO-216		6,34E+07		PO-216		1,33E+10	0,01%
PO-218		7,96E+09		PO-218		3,11E+09	
AT-217		3,18E+03		AT-217		1,83E+06	
AT-218		1,59E+06		AT-218		6,21E+05	
RN-217		2,22E-01		RN-217		1,28E+02	
RN-218		1,59E+03		RN-218		6,21E+02	
RN-219		1,09E+05		RN-219		4,89E+06	
RN-220		6,34E+07		RN-220		1,33E+10	0,01%
RN-222		7,96E+09		RN-222		3,11E+09	
FR-221		3,18E+03		FR-221		1,83E+06	
FR-223		1,51E+03		FR-223		6,74E+04	
RA-224		6,34E+07		RA-224		1,33E+10	0,01%
RA-223		1,09E+05		RA-223		4,89E+06	
RA-225		3,18E+03		RA-225		1,83E+06	
RA-226	8,13E+09	7,96E+09		RA-226	3,03E+09	3,11E+09	
RA-228	6,23E+01	6,54E+01		RA-228	5,43E+09	1,30E+10	0,01%
AC-225		3,18E+03		AC-225		1,83E+06	
AC-227	7,81E+03	1,09E+05		AC-227	3,20E+05	4,89E+06	
AC-228		6,54E+01		AC-228		1,30E+10	0,01%
TH-227		1,08E+05		TH-227		4,82E+06	
TH-228	6,09E+07	6,34E+07		TH-228	3,33E+09	1,33E+10	0,01%
TH-229	1,68E+02	3,18E+03		TH-229	1,38E+05	1,83E+06	
TH-230	9,28E+04	3,80E+06		TH-230	6,50E+09	6,55E+09	0,01%
TH-231		1,36E+08		TH-231		4,86E+09	
TH-232	6,23E+01	6,60E+01		TH-232	1,30E+10	1,30E+10	0,01%
TH-234		3,21E+09		TH-234		1,01E+11	0,09%
PA-231	4,48E+04	1,89E+05		PA-231	2,83E+06	7,97E+06	
PA-233		9,68E+08		PA-233		3,34E+08	
PA-234		5,14E+06		PA-234		1,62E+08	
PA-234M		3,21E+09		PA-234M		1,01E+11	0,09%
U-232	1,02E+08	6,17E+07		U-232	5,21E+08	3,15E+08	
U-233	5,77E+05	7,20E+05		U-233	3,59E+08	3,59E+08	
U-234	6,72E+09	9,24E+09		U-234	1,24E+11	1,26E+11	0,11%
U-235	1,36E+08	1,36E+08		U-235	4,86E+09	4,86E+09	
U-236	1,48E+09	1,49E+09		U-236	7,05E+09	7,06E+09	0,01%
U-237		2,95E+09		U-237		1,60E+09	
U-238	3,21E+09	3,21E+09		U-238	1,01E+11	1,01E+11	0,09%
U-240		2,99E+03		U-240		1,93E+03	
NP-237	4,44E+08	9,68E+08		NP-237	1,38E+07	3,34E+08	
NP-238		2,42E+07		NP-238		4,16E+05	
NP-239		1,67E+10		NP-239		3,49E+08	
NP-240		3,58E+00		NP-240		2,31E+00	
NP-240M		2,99E+03		NP-240M		1,93E+03	
PU-238	2,16E+13	1,46E+13	3,86%	PU-238	1,30E+13	8,76E+12	7,80%
PU-239	5,76E+12	5,75E+12	1,53%	PU-239	3,28E+12	3,28E+12	2,92%
PU-240	7,90E+12	7,86E+12	2,09%	PU-240	4,25E+12	4,23E+12	3,77%
PU-241	1,36E+15	1,20E+14	31,95%	PU-241	7,35E+14	6,50E+13	57,93%
PU-242	2,01E+10	2,01E+10	0,01%	PU-242	1,24E+10	1,24E+10	0,01%
PU-244	2,99E+03	2,99E+03		PU-244	1,93E+03	1,93E+03	
AM-241	5,45E+12	4,38E+13	11,63%	AM-241	5,33E+12	2,59E+13	23,05%
AM-242		5,25E+09		AM-242		9,03E+07	
AM-242M	6,74E+09	5,27E+09		AM-242M	1,16E+08	9,07E+07	
AM-243	1,68E+10	1,67E+10		AM-243	3,51E+08	3,49E+08	
CM-242	1,79E+10	4,34E+09		CM-242	2,56E+06	7,47E+07	
CM-243	1,34E+10	4,07E+09		CM-243	2,55E+08	7,75E+07	
CM-244	9,41E+11	1,39E+11	0,04%	CM-244	2,21E+10	3,26E+09	
CM-245	1,00E+08	9,96E+07		CM-245	1,93E+06	1,92E+06	
CM-246	1,33E+08	1,32E+08		CM-246	2,19E+06	2,17E+06	
CM-247				CM-247			
CM-248	1,47E+02	1,47E+02		CM-248		4,48E-05	
CM-250				CM-250			
CF-249	1,72E+03	1,56E+03		CF-249	1,57E+01	1,42E+01	
CF-251				CF-251			
CF-252	2,91E+03	5,93E-03		CF-252	6,08E+00	1,24E-05	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 319

ELK 8/750				ELK 8a/511			
Gesamt [Bq]	2,22E+14		3,68E+13	Gesamt [Bq]	3,13E+15		4,84E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
H-3	1,26E+11	7,56E+09	0,02%	H-3	7,65E+11	4,59E+10	0,01%
BE-10				BE-10	1,11E+03	1,11E+03	
C-14	2,05E+11	2,04E+11	0,55%	C-14	2,23E+11	2,22E+11	0,05%
CL-36	1,41E+08	1,41E+08		CL-36	3,73E+07	3,73E+07	
CA-41	6,05E+04	6,05E+04		CA-41	5,05E+05	5,05E+05	
MN-54	1,91E+09	4,60E-09		MN-54	9,16E+11	2,21E-06	
FE-55	6,24E+11	2,04E+06		FE-55	7,22E+14	2,36E+09	
CO-60	1,63E+12	2,27E+09	0,01%	CO-60	7,19E+14	1,00E+12	0,21%
NI-59	6,87E+07	6,87E+07		NI-59	1,71E+12	1,71E+12	0,35%
NI-63	1,18E+12	8,38E+11	2,28%	NI-63	2,40E+14	1,70E+14	35,20%
SE-79	9,85E+06	9,85E+06		SE-79	1,10E+09	1,10E+09	
KR-85	6,79E+03	2,71E+02		KR-85	2,59E+06	1,03E+05	
RB-87	3,37E+02	3,37E+02		RB-87	5,41E+04	5,41E+04	
SR-90	8,91E+11	2,67E+11	0,73%	SR-90	1,51E+14	4,53E+13	9,36%
Y-90		2,67E+11	0,73%	Y-90		4,53E+13	9,36%
ZR-93	2,48E+07	2,48E+07		ZR-93	5,28E+11	5,28E+11	0,11%
NB-93M		2,16E+07		NB-93M		4,60E+11	0,10%
NB-94	1,37E+09	1,37E+09		NB-94	1,10E+11	1,10E+11	0,02%
MO-93	2,79E+05	2,77E+05		MO-93	6,96E+09	6,90E+09	
TC-99	1,67E+08	1,67E+08		TC-99	3,36E+10	3,36E+10	0,01%
PD-107	1,08E+06	1,08E+06		PD-107	2,42E+08	2,42E+08	
AG-103M				AG-103M			
AG-108		2,54E+07		AG-108		2,78E+08	
AG-108M	3,16E+08	2,92E+08		AG-108M	3,46E+09	3,20E+09	
CD-113		2,94E-09		CD-113		1,13E-07	
CD-113M	1,31E+09	1,12E+08		CD-113M	5,05E+10	4,32E+09	
SN-126	1,84E+07	1,84E+07		SN-126	1,39E+09	1,39E+09	
SB-125	4,99E+10	1,74E+05		SB-125	4,04E+14	1,41E+09	
SB-126		2,58E+06		SB-126		1,95E+08	
SB-126M		1,84E+07		SB-126M		1,39E+09	
TE-125M		4,27E+04		TE-125M		3,46E+08	
I-129	7,93E+05	7,93E+05		I-129	7,81E+07	7,81E+07	
CS-134	1,06E+11	5,46E+03		CS-134	1,68E+13	8,65E+05	
CS-135	6,03E+06	6,03E+06		CS-135	9,70E+08	9,70E+08	
CS-137	2,83E+12	8,94E+11	2,43%	CS-137	2,17E+14	6,86E+13	14,16%
BA-133	1,20E+11	4,44E+09	0,01%	BA-133			
BA-137M		8,47E+11	2,30%	BA-137M		6,49E+13	13,41%
ND-144		4,19E-35		ND-144		6,88E-33	
PM-147	4,14E+11	7,57E+05		PM-147	5,56E+13	1,02E+08	
SM-147		1,03E+01		SM-147		1,38E+03	
SM-148		7,08E-21		SM-148		1,16E-18	
SM-151	9,72E+09	6,61E+09	0,02%	SM-151	1,12E+12	7,62E+11	0,16%
EU-152	6,39E+07	4,94E+06		EU-152	1,05E+10	8,11E+08	
EU-154	4,07E+10	7,24E+08		EU-154	1,17E+13	2,08E+11	0,04%
EU-155	1,91E+10	1,30E+07		EU-155	4,48E+12	3,05E+09	
GD-152		2,06E-06		GD-152		3,39E-04	
HO-166M	1,55E+03	1,51E+03		HO-166M	5,36E+05	5,21E+05	
HG-206		2,95E+01		HG-206		1,32E-03	
TL-204	5,93E+10	6,23E+06		TL-204			
TL-206		2,08E+03		TL-206		9,32E-02	
TL-207		3,55E+07		TL-207		2,01E+05	
TL-208		5,42E+10	0,15%	TL-208		2,36E+07	
TL-209		1,28E+02		TL-209		2,60E+05	
TL-210		5,08E+05		TL-210		3,09E+01	
PB-204		1,56E-06		PB-204			
PB-209		5,87E+03		PB-209		1,18E+07	
PB-210	3,47E+08	1,55E+09		PB-210	2,89E+02	6,96E+04	
PB-211		3,56E+07		PB-211		2,02E+05	
PB-212		1,51E+11	0,41%	PB-212		6,58E+07	
PB-214		2,42E+09	0,01%	PB-214		1,47E+05	
BI-209		5,75E-15		BI-209		1,14E-11	
BI-210		1,55E+09		BI-210		6,96E+04	
BI-211		3,56E+07		BI-211		2,02E+05	
BI-212		1,51E+11	0,41%	BI-212		6,58E+07	
BI-213		5,83E+03		BI-213		1,18E+07	
BI-214		2,42E+09	0,01%	BI-214		1,47E+05	
PO-210		1,55E+09		PO-210		6,96E+04	
PO-211		9,84E+04		PO-211		5,57E+02	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 320

ELK 8/750				ELK 8a/511			
Gesamt [Bq]	2,22E+14		3,68E+13	Gesamt [Bq]	3,13E+15		4,84E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
PO-212		9,66E+10	0,26%	PO-212		4,21E+07	
PO-213		5,70E+03		PO-213		1,15E+07	
PO-214		2,42E+09	0,01%	PO-214		1,47E+05	
PO-215		3,56E+07		PO-215		2,02E+05	
PO-216		1,51E+11	0,41%	PO-216		6,58E+07	
PO-218		2,42E+09	0,01%	PO-218		1,47E+05	
AT-217		5,83E+03		AT-217		1,18E+07	
AT-218		4,83E+05		AT-218		2,94E+01	
RN-217		4,08E-01		RN-217		8,26E+02	
RN-218		4,83E+02		RN-218		2,94E-02	
RN-219		3,56E+07		RN-219		2,02E+05	
RN-220		1,51E+11	0,41%	RN-220		6,58E+07	
RN-222		2,42E+09	0,01%	RN-222		1,47E+05	
FR-221		5,83E+03		FR-221		1,18E+07	
FR-223		4,91E+05		FR-223		2,79E+03	
RA-224		1,51E+11	0,41%	RA-224		6,58E+07	
RA-223		3,56E+07		RA-223		2,02E+05	
RA-225		5,83E+03		RA-225		1,18E+07	
RA-226	9,66E+08	2,42E+09	0,01%	RA-226	6,61E+03	1,47E+05	
RA-228	6,94E+10	1,51E+11	0,41%	RA-228	3,71E+06	1,18E+07	
AC-225		5,83E+03		AC-225		1,18E+07	
AC-227	1,28E+08	3,56E+07		AC-227	1,52E+04	2,02E+05	
AC-228		1,51E+11	0,41%	AC-228		1,18E+07	
TH-227		3,52E+07		TH-227		1,99E+05	
TH-228	4,06E+10	1,51E+11	0,41%	TH-228	7,14E+07	6,58E+07	
TH-229	4,92E+02	5,83E+03		TH-229	6,84E+05	1,18E+07	
TH-230	6,86E+10	6,87E+10	0,19%	TH-230	4,68E+06	8,50E+06	
TH-231		1,55E+10	0,04%	TH-231		2,54E+08	
TH-232	1,51E+11	1,51E+11	0,41%	TH-232	1,18E+07	1,18E+07	
TH-234		3,48E+11	0,95%	TH-234		3,45E+09	
PA-231	1,68E+06	1,81E+07		PA-231	8,11E+04	3,50E+05	
PA-233		9,98E+07		PA-233		9,18E+08	
PA-234		5,57E+08		PA-234		5,52E+06	
PA-234M		3,48E+11	0,95%	PA-234M		3,45E+09	
U-232	1,12E+07	6,77E+06		U-232	8,68E+07	5,25E+07	
U-233	1,13E+06	1,14E+06		U-233	2,36E+09	2,36E+09	
U-234	3,56E+11	3,56E+11	0,97%	U-234	7,80E+09	8,78E+09	
U-235	1,55E+10	1,55E+10	0,04%	U-235	2,54E+08	2,54E+08	
U-236	2,00E+08	2,02E+08		U-236	1,32E+09	1,33E+09	
U-237		4,45E+08		U-237		1,22E+09	
U-238	3,48E+11	3,48E+11	0,95%	U-238	3,45E+09	3,45E+09	
U-240		4,74E+02		U-240		1,11E+03	
NP-237	8,24E+06	9,98E+07		NP-237	6,43E+08	9,18E+08	
NP-238		1,31E+05		NP-238		3,04E+07	
NP-239		6,65E+07		NP-239		2,35E+10	
NP-240		5,69E-01		NP-240		1,33E+00	
NP-240M		4,74E+02		NP-240M		1,11E+03	
PU-238	3,34E+12	2,25E+12	6,12%	PU-238	8,42E+12	5,67E+12	1,17%
PU-239	1,38E+12	1,38E+12	3,75%	PU-239	3,24E+12	3,24E+12	0,67%
PU-240	1,32E+12	1,31E+12	3,57%	PU-240	3,71E+12	3,69E+12	0,76%
PU-241	2,05E+14	1,81E+13	49,27%	PU-241	5,64E+14	4,99E+13	10,31%
PU-242	3,27E+09	3,27E+09	0,01%	PU-242	8,46E+09	8,46E+09	
PU-244	4,75E+02	4,75E+02		PU-244	1,11E+03	1,11E+03	
AM-241	1,63E+12	7,35E+12	19,97%	AM-241	5,98E+12	2,16E+13	4,46%
AM-242		2,84E+07		AM-242		6,59E+09	
AM-242M	3,65E+07	2,86E+07		AM-242M	8,46E+09	6,62E+09	
AM-243	6,68E+07	6,65E+07		AM-243	2,36E+10	2,35E+10	
CM-242	4,87E+05	2,35E+07		CM-242	1,52E+08	5,45E+09	
CM-243	4,68E+07	1,42E+07		CM-243	1,71E+10	5,20E+09	
CM-244	3,90E+09	5,75E+08		CM-244	1,46E+12	2,15E+11	0,04%
CM-245	3,42E+05	3,41E+05		CM-245	1,26E+08	1,26E+08	
CM-246	3,70E+05	3,67E+05		CM-246	1,43E+08	1,42E+08	
CM-247				CM-247			
CM-248				CM-248	4,19E+00	4,19E+00	
CM-250				CM-250			
CF-249				CF-249	1,22E+03	1,11E+03	
CF-251				CF-251			
CF-252				CF-252	4,39E+02	8,94E-04	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 321

ELK 10/750				ELK 11/750			
Gesamt [Bq]	1,42E+13		4,76E+12	Gesamt [Bq]	9,68E+14		2,12E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
H-3	2,84E+10	1,70E+09	0,04%	H-3	2,60E+11	1,56E+10	0,01%
BE-10	4,71E+00	4,71E+00		BE-10	2,09E+02	2,09E+02	
C-14	3,87E+10	3,85E+10	0,81%	C-14	7,53E+11	7,48E+11	0,35%
CL-36	5,45E+07	5,45E+07		CL-36	3,37E+09	3,37E+09	
CA-41	2,80E+04	2,80E+04		CA-41	1,12E+06	1,12E+06	
MN-54	1,07E+09	2,58E-09		MN-54	1,06E+11	2,55E-07	
FE-55	3,39E+11	1,11E+06		FE-55	2,33E+13	7,62E+07	
CO-60	1,07E+12	1,49E+09	0,03%	CO-60	6,11E+13	8,52E+10	0,04%
NI-59	1,31E+08	1,31E+08		NI-59	1,24E+10	1,24E+10	0,01%
NI-63	6,95E+11	4,94E+11	10,38%	NI-63	3,50E+13	2,49E+13	11,70%
SE-79	9,96E+06	9,96E+06		SE-79	4,43E+08	4,43E+08	
KR-85	2,30E+03	9,17E+01		KR-85	6,05E+05	2,41E+04	
RB-87	5,96E+02	5,96E+02		RB-87	2,30E+04	2,30E+04	
SR-90	1,77E+12	5,31E+11	11,17%	SR-90	4,12E+13	1,24E+13	5,82%
Y-90		5,31E+11	11,17%	Y-90		1,24E+13	5,82%
ZR-93	5,48E+07	5,48E+07		ZR-93	4,20E+09	4,20E+09	
NB-93M		4,76E+07		NB-93M		3,66E+09	
NB-94	6,21E+08	6,20E+08	0,01%	NB-94	2,61E+10	2,61E+10	0,01%
MO-93	5,32E+05	5,27E+05		MO-93	5,05E+07	5,01E+07	
TC-99	2,10E+09	2,10E+09	0,04%	TC-99	8,52E+09	8,52E+09	
PD-107	2,71E+06	2,71E+06		PD-107	5,88E+07	5,88E+07	
AG-103M				AG-103M			
AG-108		1,35E+07		AG-108		6,15E+08	
AG-108M	1,68E+08	1,55E+08		AG-108M	7,65E+09	7,07E+09	
CD-113		2,18E-09		CD-113		1,08E-07	
CD-113M	9,70E+08	8,30E+07		CD-113M	4,81E+10	4,12E+09	
SN-126	1,99E+07	1,99E+07		SN-126	5,46E+08	5,46E+08	
SB-125	3,89E+10	1,36E+05		SB-125	4,23E+12	1,48E+07	
SB-126		2,79E+06		SB-126		7,64E+07	
SB-126M		1,99E+07		SB-126M		5,46E+08	
TE-125M		3,33E+04		TE-125M		3,62E+06	
I-129	1,01E+06	1,01E+06		I-129	3,66E+07	3,66E+07	
CS-134	6,56E+10	3,38E+03		CS-134	1,17E+13	6,02E+05	
CS-135	1,17E+07	1,17E+07		CS-135	2,71E+08	2,71E+08	
CS-137	3,37E+12	1,07E+12	22,39%	CS-137	1,11E+14	3,51E+13	16,51%
BA-133	2,99E+09	1,11E+08		BA-133	3,74E+06	1,39E+05	
BA-137M		1,01E+12	21,19%	BA-137M		3,32E+13	15,64%
ND-144		8,65E-35		ND-144		1,95E-33	
PM-147	8,86E+11	1,62E+06		PM-147	2,32E+13	4,24E+07	
SM-147		2,19E+01		SM-147		5,74E+02	
SM-148		1,46E-20		SM-148		3,29E-19	
SM-151	2,72E+10	1,85E+10	0,39%	SM-151	3,57E+11	2,43E+11	0,11%
EU-152	1,32E+08	1,02E+07		EU-152	2,97E+09	2,30E+08	
EU-154	3,95E+10	7,02E+08	0,01%	EU-154	3,29E+12	5,85E+10	0,03%
EU-155	3,65E+10	2,49E+07		EU-155	1,49E+12	1,02E+09	
GD-152		4,26E-06		GD-152		9,58E-05	
HO-166M	1,35E+03	1,31E+03		HO-166M	1,36E+05	1,32E+05	
HG-206		6,92E+01		HG-206		5,22E+01	
TL-204				TL-204	3,80E+08	3,99E+04	
TL-206		4,88E+03		TL-206		3,68E+03	
TL-207		3,30E+08	0,01%	TL-207		4,94E+05	
TL-208		4,57E+09	0,10%	TL-208		1,42E+10	0,01%
TL-209		3,06E+01		TL-209		1,17E+02	
TL-210		9,45E+05		TL-210		7,36E+05	
PB-204				PB-204		1,00E-08	
PB-209		1,47E+03		PB-209		5,37E+03	
PB-210	4,73E+08	3,64E+09	0,08%	PB-210	3,93E+08	2,75E+09	
PB-211		3,31E+08	0,01%	PB-211		4,95E+05	
PB-212		1,27E+10	0,27%	PB-212		3,94E+10	0,02%
PB-214		4,50E+09	0,09%	PB-214		3,50E+09	
BI-209		1,34E-15		BI-209		5,10E-15	
BI-210		3,64E+09	0,08%	BI-210		2,75E+09	
BI-211		3,31E+08	0,01%	BI-211		4,95E+05	
BI-212		1,27E+10	0,27%	BI-212		3,94E+10	0,02%
BI-213		1,39E+03		BI-213		5,31E+03	
BI-214		4,50E+09	0,09%	BI-214		3,50E+09	
PO-210		3,64E+09	0,08%	PO-210		2,75E+09	
PO-211		9,13E+05		PO-211		1,37E+03	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 322

ELK 10/750				ELK 11/750			
Gesamt [Bq]	1,42E+13		4,76E+12	Gesamt [Bq]	9,68E+14		2,12E+14
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)		Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030		01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
PO-212		8,15E+09	0,17%	PO-212		2,52E+10	0,01%
PO-213		1,36E+03		PO-213		5,19E+03	
PO-214		4,50E+09	0,09%	PO-214		3,50E+09	
PO-215		3,31E+08	0,01%	PO-215		4,95E+05	
PO-216		1,27E+10	0,27%	PO-216		3,94E+10	0,02%
PO-218		4,50E+09	0,09%	PO-218		3,50E+09	
AT-217		1,39E+03		AT-217		5,31E+03	
AT-218		9,00E+05		AT-218		7,01E+05	
RN-217		9,74E-02		RN-217		3,72E-01	
RN-218		9,00E+02		RN-218		7,01E+02	
RN-219		3,31E+08	0,01%	RN-219		4,95E+05	
RN-220		1,27E+10	0,27%	RN-220		3,94E+10	0,02%
RN-222		4,50E+09	0,09%	RN-222		3,50E+09	
FR-221		1,39E+03		FR-221		5,31E+03	
FR-223		4,56E+06		FR-223		6,83E+03	
RA-224		1,27E+10	0,27%	RA-224		3,94E+10	0,02%
RA-223		3,31E+08	0,01%	RA-223		4,95E+05	
RA-225		1,39E+03		RA-225		5,31E+03	
RA-226	4,46E+09	4,50E+09	0,09%	RA-226	3,15E+09	3,50E+09	
RA-228	5,57E+09	1,27E+10	0,27%	RA-228	1,91E+10	3,93E+10	0,02%
AC-225		1,39E+03		AC-225		5,31E+03	
AC-227	1,14E+09	3,30E+08	0,01%	AC-227	1,78E+04	4,95E+05	
AC-228		1,27E+10	0,27%	AC-228		3,93E+10	0,02%
TH-227		3,26E+08	0,01%	TH-227		4,88E+05	
TH-228	3,19E+09	1,27E+10	0,27%	TH-228	1,18E+10	3,94E+10	0,02%
TH-229	8,34E+01	1,39E+03		TH-229	3,50E+02	5,31E+03	
TH-230	6,33E+09	6,33E+09	0,13%	TH-230	1,96E+10	1,96E+10	0,01%
TH-231		7,48E+08	0,02%	TH-231		7,64E+08	
TH-232	1,27E+10	1,27E+10	0,27%	TH-232	3,93E+10	3,93E+10	0,02%
TH-234		1,30E+10	0,27%	TH-234		1,42E+10	0,01%
PA-231	1,23E+08	1,24E+08		PA-231	1,10E+05	9,18E+05	
PA-233		8,17E+06		PA-233		5,11E+08	
PA-234		2,08E+07		PA-234		2,27E+07	
PA-234M		1,30E+10	0,27%	PA-234M		1,42E+10	0,01%
U-232	6,72E+07	4,06E+07		U-232	2,02E+08	1,22E+08	
U-233	2,77E+05	2,78E+05		U-233	1,02E+06	1,10E+06	
U-234	1,59E+10	1,59E+10	0,33%	U-234	2,53E+10	2,63E+10	0,01%
U-235	7,48E+08	7,48E+08	0,02%	U-235	7,64E+08	7,64E+08	
U-236	9,00E+08	9,00E+08	0,02%	U-236	3,20E+09	3,21E+09	
U-237		1,20E+07		U-237		1,36E+09	
U-238	1,30E+10	1,30E+10	0,27%	U-238	1,42E+10	1,42E+10	0,01%
U-240		1,09E+01		U-240		1,05E+03	
NP-237	5,54E+06	8,17E+06		NP-237	2,32E+08	5,11E+08	
NP-238		1,42E+05		NP-238		7,50E+06	
NP-239		4,29E+07		NP-239		5,57E+09	
NP-240		1,31E-02		NP-240		1,26E+00	
NP-240M		1,09E+01		NP-240M		1,05E+03	
PU-238	7,97E+10	5,37E+10	1,13%	PU-238	8,47E+12	5,71E+12	2,69%
PU-239	4,30E+10	4,29E+10	0,90%	PU-239	4,50E+12	4,49E+12	2,12%
PU-240	3,79E+10	3,77E+10	0,79%	PU-240	4,60E+12	4,58E+12	2,16%
PU-241	5,53E+12	4,89E+11	10,28%	PU-241	6,28E+14	5,55E+13	26,15%
PU-242	8,12E+07	8,12E+07		PU-242	8,51E+09	8,51E+09	
PU-244	1,09E+01	1,09E+01		PU-244	1,05E+03	1,05E+03	
AM-241	5,42E+10	2,08E+11	4,37%	AM-241	4,86E+12	2,24E+13	10,54%
AM-242		3,08E+07		AM-242		1,63E+09	
AM-242M	3,96E+07	3,10E+07		AM-242M	2,09E+09	1,64E+09	
AM-243	4,31E+07	4,29E+07		AM-243	5,60E+09	5,57E+09	
CM-242	1,54E+05	2,55E+07		CM-242	4,42E+09	1,35E+09	
CM-243	1,79E+07	5,44E+06		CM-243	4,51E+09	1,37E+09	
CM-244	1,35E+09	1,99E+08		CM-244	3,30E+11	4,87E+10	0,02%
CM-245	9,94E+04	9,90E+04		CM-245	3,40E+07	3,39E+07	
CM-246	9,53E+04	9,46E+04		CM-246	4,34E+07	4,31E+07	
CM-247				CM-247			
CM-248				CM-248	3,04E+01	3,04E+01	
CM-250				CM-250			
CF-249				CF-249	4,95E+02	4,49E+02	
CF-251				CF-251			
CF-252				CF-252	7,62E+02	1,55E-03	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 323

ELK 12/750			
Gesamt [Bq]	3,96E+14	7,43E+13	
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
H-3	7,38E+10	4,43E+09	0,01%
BE-10	2,74E+01	2,74E+01	
C-14	1,47E+11	1,46E+11	0,20%
CL-36	4,20E+08	4,20E+08	
CA-41	2,03E+05	2,03E+05	
MN-54	2,67E+09	6,43E-09	
FE-55	1,60E+12	5,23E+06	
CO-60	4,51E+12	6,29E+09	0,01%
NI-59	9,87E+08	9,87E+08	
NI-63	4,12E+12	2,93E+12	3,94%
SE-79	7,52E+07	7,52E+07	
KR-85	8,00E+12	3,19E+11	0,43%
RB-87	4,94E+03	4,94E+03	
SR-90	1,25E+13	3,75E+12	5,05%
Y-90		3,75E+12	5,05%
ZR-93	4,19E+08	4,19E+08	
NB-93M		3,64E+08	
NB-94	4,46E+09	4,45E+09	0,01%
MO-93	4,00E+06	3,97E+06	
TC-99	3,00E+09	3,00E+09	
PD-107	2,08E+07	2,08E+07	
AG-103M			
AG-108		8,60E+07	
AG-108M	1,07E+09	9,89E+08	
CD-113		1,40E-08	
CD-113M	6,22E+09	5,32E+08	
SN-126	1,51E+08	1,51E+08	
SB-125	2,48E+11	8,67E+05	
SB-126		2,11E+07	
SB-126M		1,51E+08	
TE-125M		2,12E+05	
I-129	7,71E+06	7,71E+06	
CS-134	3,81E+11	1,96E+04	
CS-135	8,96E+07	8,96E+07	
CS-137	2,11E+13	6,67E+12	8,98%
BA-133	2,80E+10	1,04E+09	
BA-137M		6,31E+12	8,50%
ND-144		6,69E-34	
PM-147	5,94E+12	1,09E+07	
SM-147		1,47E+02	
SM-148		1,13E-19	
SM-151	2,15E+11	1,46E+11	0,20%
EU-152	1,02E+09	7,88E+07	
EU-154	2,60E+11	4,62E+09	0,01%
EU-155	2,73E+11	1,86E+08	
GD-152		3,29E-05	
HO-166M	8,29E+03	8,05E+03	
HG-206		8,44E+01	
TL-204			
TL-206		5,95E+03	
TL-207		3,14E+07	
TL-208		1,51E+10	0,02%
TL-209		1,63E+05	
TL-210		1,16E+06	
PB-204			
PB-209		7,41E+06	
PB-210	8,63E+08	4,44E+09	0,01%
PB-211		3,14E+07	
PB-212		4,20E+10	0,06%
PB-214		5,52E+09	0,01%
BI-209		7,49E-12	
BI-210		4,44E+09	0,01%
BI-211		3,14E+07	
BI-212		4,20E+10	0,06%
BI-213		7,41E+06	
BI-214		5,52E+09	0,01%
PO-210		4,44E+09	0,01%
PO-211		8,68E+04	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 324

ELK 12/750			
Gesamt [Bq]	3,96E+14	7,43E+13	
	Aktivität [Bq]	Aktivität [Bq]	Anteil (ab 0,01%)
	01.01.1980	01.01.2030	01.01.2030
PO-212		2,69E+10	0,04%
PO-213		7,25E+06	
PO-214		5,52E+09	0,01%
PO-215		3,14E+07	
PO-216		4,20E+10	0,06%
PO-218		5,52E+09	0,01%
AT-217		7,41E+06	
AT-218		1,10E+06	
RN-217		5,19E+02	
RN-218		1,10E+03	
RN-219		3,14E+07	
RN-220		4,20E+10	0,06%
RN-222		5,52E+09	0,01%
FR-221		7,41E+06	
FR-223		4,33E+05	
RA-224		4,20E+10	0,06%
RA-223		3,14E+07	
RA-225		7,41E+06	
RA-226	5,18E+09	5,52E+09	0,01%
RA-228	2,15E+10	4,20E+10	0,06%
AC-225		7,41E+06	
AC-227	1,52E+08	3,14E+07	
AC-228		4,20E+10	0,06%
TH-227		3,10E+07	
TH-228	1,37E+10	4,20E+10	0,06%
TH-229	8,18E+05	7,41E+06	
TH-230	2,10E+10	2,10E+10	0,03%
TH-231		6,79E+08	
TH-232	4,20E+10	4,20E+10	0,06%
TH-234		1,59E+10	0,02%
PA-231	8,85E+04	8,06E+05	
PA-233		2,44E+08	
PA-234		2,54E+07	
PA-234M		1,59E+10	0,02%
U-232	3,31E+06	2,00E+06	
U-233	1,40E+09	1,40E+09	
U-234	1,63E+10	1,65E+10	0,02%
U-235	6,79E+08	6,79E+08	
U-236	2,70E+08	2,76E+08	
U-237		7,03E+08	
U-238	1,59E+10	1,59E+10	0,02%
U-240		4,88E+01	
NP-237	8,31E+07	2,44E+08	
NP-238		1,01E+06	
NP-239		2,30E+08	
NP-240		5,86E-02	
NP-240M		4,88E+01	
PU-238	1,27E+12	8,56E+11	1,15%
PU-239	3,72E+12	3,72E+12	5,00%
PU-240	3,88E+12	3,86E+12	5,20%
PU-241	3,24E+14	2,87E+13	38,59%
PU-242	2,89E+09	2,89E+09	
PU-244	4,89E+01	4,89E+01	
AM-241	3,61E+12	1,26E+13	16,93%
AM-242		2,18E+08	
AM-242M	2,80E+08	2,19E+08	
AM-243	2,31E+08	2,30E+08	
CM-242	3,92E+05	1,80E+08	
CM-243	6,03E+07	1,83E+07	
CM-244	3,49E+09	5,15E+08	
CM-245	1,54E+05	1,53E+05	
CM-246	3,08E+04	3,06E+04	
CM-247			
CM-248			
CM-250			
CF-249			
CF-251			
CF-252			

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	


Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 325

Anhang 2: Spezifische Aktivität des Abfalls in den Einlagerungskammern zum 01.01.2030

ELK	1/750	2/750	2/750 Na2	4/750	5/750	6/750	7/750	8/750	10/750	11/750	12/750
	Spezifische Aktivität des Abfalls [Bq/m³]										
H-3	3,2E+06	4,4E+05	1,3E+06	5,2E+05	1,8E+06	2,9E+07	5,1E+07	5,4E+06	3,0E+06	1,0E+07	4,6E+06
C-14	2,7E+07	5,8E+07	7,5E+07	2,0E+06	1,7E+08	2,5E+08	2,0E+08	1,5E+08	6,7E+07	4,8E+08	1,5E+08
Cl-36	8,8E+04	1,5E+05	1,2E+05	3,2E+03	5,6E+05	7,1E+05	5,9E+05	1,0E+05	9,5E+04	2,2E+06	4,3E+05
Ca-41	4,0E+01	8,5E+01	3,6E+01	1,6E+00	2,8E+02	3,8E+02	3,1E+02	4,3E+01	4,9E+01	7,2E+02	2,1E+02
Fe-55	7,3E+02	1,7E+03	2,5E+03	2,2E+01	1,5E+04	8,7E+04	6,7E+04	1,5E+03	1,9E+03	4,9E+04	5,4E+03
Co-60	1,7E+06	6,0E+06	2,2E+06	2,9E+04	1,1E+07	1,3E+08	2,9E+07	1,6E+06	2,6E+06	5,5E+07	6,5E+06
Ni-59	2,5E+05	9,4E+04	1,1E+04		1,0E+06	1,6E+07	1,6E+07	4,9E+04	2,3E+05	7,9E+06	1,0E+06
Ni-63	6,5E+08	1,5E+09	6,8E+08	3,1E+07	6,1E+09	9,4E+09	4,7E+09	6,0E+08	8,6E+08	1,6E+10	3,0E+09
Se-79	1,8E+04	1,9E+04	5,0E+03	1,4E+02	7,9E+04	5,9E+05	8,8E+05	7,0E+03	1,7E+04	2,8E+05	7,7E+04
Kr-85	2,7E-01	9,0E-02	3,9E-02		2,4E+00	7,1E+00	8,9E+01	1,9E-01	1,6E-01	1,5E+01	3,3E+08
Rb-87	1,0E+00	9,2E-01	1,8E-01	3,8E-03	3,5E+00	2,7E+01	5,1E+01	2,4E-01	1,0E+00	1,5E+01	5,1E+00
Sr-90	1,1E+09	4,3E+08	5,8E+07	2,9E+05	1,4E+09	2,3E+10	4,4E+10	1,9E+08	9,2E+08	7,9E+09	3,9E+09
Y-90	1,1E+09	4,3E+08	5,8E+07	2,9E+05	1,4E+09	2,3E+10	4,4E+10	1,9E+08	9,2E+08	7,9E+09	3,9E+09
Zr-93	9,4E+04	4,1E+04	3,0E+03		3,3E+05	5,3E+06	5,2E+06	1,8E+04	9,5E+04	2,7E+06	4,3E+05
Nb-93m	8,1E+04	3,6E+04	2,6E+03		2,9E+05	4,6E+06	4,5E+06	1,5E+04	8,3E+04	2,3E+06	3,7E+05
Nb-94	9,3E+05	1,8E+06	7,5E+05	3,8E+04	6,2E+06	9,1E+06	7,0E+06	9,8E+05	1,1E+06	1,7E+07	4,6E+06
Mo-93	1,0E+03	3,8E+02	4,4E+01		4,2E+03	6,5E+04	6,6E+04	2,0E+02	9,2E+02	3,2E+04	4,1E+03
Tc-99	1,1E+06	2,8E+05	7,9E+05		9,4E+05	1,8E+07	3,2E+07	1,2E+05	3,6E+06	5,5E+06	3,1E+06
Pd-107	4,6E+03	1,7E+03	1,5E+02		6,5E+03	1,5E+05	2,4E+05	7,7E+02	4,7E+03	3,8E+04	2,1E+04
Ag-108	1,8E+04	4,4E+04	1,9E+04	7,7E+02	1,6E+05	2,1E+05	1,3E+05	1,8E+04	2,3E+04	3,9E+05	8,9E+04
Ag-108m	2,0E+05	5,0E+05	2,2E+05	8,9E+03	1,9E+06	2,4E+06	1,5E+06	2,1E+05	2,7E+05	4,5E+06	1,0E+06
Cd-113m	1,2E+05	1,6E+05	8,7E+04	3,4E+03	8,9E+05	3,3E+06	5,1E+06	8,0E+04	1,4E+05	2,6E+06	5,5E+05
Sn-126	3,2E+04	2,6E+04	7,8E+03	3,3E+02	9,1E+04	8,1E+05	1,3E+06	1,3E+04	3,5E+04	3,5E+05	1,6E+05
Sb-125	1,3E+02	1,5E+02	1,5E+02	1,1E+00	1,6E+03	3,3E+04	2,8E+04	1,2E+02	2,4E+02	9,5E+03	8,9E+02
Sb-126	4,5E+03	3,7E+03	1,1E+03	4,6E+01	1,3E+04	1,1E+05	1,8E+05	1,8E+03	4,8E+03	4,9E+04	2,2E+04
Sb-126m	3,2E+04	2,6E+04	7,8E+03	3,3E+02	9,1E+04	8,1E+05	1,3E+06	1,3E+04	3,5E+04	3,5E+05	1,6E+05
Te-125m	3,1E+01	3,6E+01	3,7E+01	2,7E-01	3,8E+02	8,0E+03	6,8E+03	3,1E+01	5,8E+01	2,3E+03	2,2E+02
I-129	1,8E+03	1,7E+03	4,0E+02	1,3E+01	6,1E+03	4,6E+04	7,8E+04	5,7E+02	1,8E+03	2,3E+04	7,9E+03
Cs-134	4,6E+00	5,9E+00	5,9E+00	1,5E-02	4,8E+01	5,4E+02	2,3E+03	3,9E+00	5,9E+00	3,9E+02	2,0E+01
Cs-135	1,7E+04	8,0E+03	7,5E+02		2,8E+04	6,8E+05	1,0E+06	4,3E+03	2,0E+04	1,7E+05	9,2E+04
Cs-137	1,8E+09	3,4E+09	4,6E+08	1,0E+07	6,0E+09	4,1E+10	7,2E+10	6,4E+08	1,8E+09	2,2E+10	6,9E+09
Ba-133			1,7E+02		2,0E+04			3,2E+06	1,9E+05	8,9E+01	1,1E+06
Ba-137m	1,7E+09	3,2E+09	4,4E+08	9,8E+06	5,7E+09	3,9E+10	6,8E+10	6,1E+08	1,8E+09	2,1E+10	6,5E+09
Pm-147	1,2E+03	9,5E+02	1,4E+04		3,0E+03	1,6E+05	2,2E+05	5,4E+02	2,8E+03	2,7E+04	1,1E+04
Sm-151	1,8E+07	9,9E+06	5,2E+05		2,1E+07	7,3E+08	8,2E+08	4,7E+06	3,2E+07	1,6E+08	1,5E+08
Eu-152	1,7E+04	7,9E+03	1,2E+03	1,3E+01	2,8E+04	9,5E+05	1,1E+06	3,5E+03	1,8E+04	1,5E+05	8,1E+04
Eu-154	2,0E+06	8,8E+05	1,5E+05	1,1E+03	5,5E+06	5,5E+07	2,3E+08	5,2E+05	1,2E+06	3,7E+07	4,8E+06
Eu-155	3,0E+04	1,7E+04	2,0E+03		7,9E+04	2,0E+06	4,5E+06	9,3E+03	4,3E+04	6,5E+05	1,9E+05
Ho-166m	4,0E+00	1,2E+00	2,2E-01		1,2E+01	8,0E+01	5,0E+02	1,1E+00	2,3E+00	8,5E+01	8,3E+00
Ti-204			1,1E+03		3,3E+01			4,4E+03		2,6E+01	
Ti-206	4,5E+01	6,3E+00	2,1E+01	2,5E+00	2,5E+00	9,1E+00	1,1E+01	1,5E+00	8,5E+00	2,4E+00	6,1E+00
Ti-207	7,2E+03	8,1E+01	2,8E+05	8,9E+03	1,1E+02	6,9E+01	1,4E+02	2,5E+04	5,7E+05	3,2E+02	3,2E+04
Ti-208	3,0E+06	6,8E+06	1,3E+06	6,9E+06	4,2E+05	1,2E+06	2,9E+04	3,9E+07	7,9E+06	9,1E+06	1,6E+07
Ti-209	1,5E-01	1,9E-02	7,9E+00	3,9E-06	6,7E-01	1,2E-02	8,9E-02	9,2E-02	5,3E-02	7,5E-02	1,7E-02
Ti-210	8,5E+03	1,2E+03	4,0E+03	4,8E+02	4,6E+02	1,8E+03	2,1E+03	3,6E+02	1,6E+03	4,7E+02	1,2E+03
Pb-209	7,4E+00	9,6E-01	3,6E+02	4,1E-02	3,0E+01	6,7E-01	4,2E+00	4,2E+00	2,6E+00	3,4E+00	7,6E+03
Pb-210	3,4E+07	4,7E+06	1,5E+07	1,9E+06	1,9E+06	6,8E+06	8,2E+06	1,1E+06	6,3E+06	1,8E+06	4,6E+06
Pb-211	7,2E+03	8,2E+01	2,9E+05	8,9E+03	1,1E+02	6,9E+01	1,4E+02	2,5E+04	5,7E+05	3,2E+02	3,2E+04
Pb-212	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,2E+06	3,4E+06	8,1E+04	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Pb-214	4,0E+07	5,7E+06	1,9E+07	2,3E+06	2,2E+06	8,4E+06	1,0E+07	1,7E+06	7,8E+06	2,2E+06	5,7E+06
Bi-210	3,4E+07	4,7E+06	1,5E+07	1,9E+06	1,9E+06	6,8E+06	8,2E+06	1,1E+06	6,3E+06	1,8E+06	4,6E+06
Bi-211	7,2E+03	8,2E+01	2,9E+05	8,9E+03	1,1E+02	6,9E+01	1,4E+02	2,5E+04	5,7E+05	3,2E+02	3,2E+04
Bi-212	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,2E+06	3,4E+06	8,1E+04	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Bi-213	6,7E+00	8,5E-01	3,6E+02	1,8E-04	3,0E+01	5,2E-01	4,1E+00	4,2E+00	2,4E+00	3,4E+00	7,6E+03
Bi-214	4,0E+07	5,7E+06	1,9E+07	2,3E+06	2,2E+06	8,4E+06	1,0E+07	1,7E+06	7,8E+06	2,2E+06	5,7E+06
Po-210	3,4E+07	4,7E+06	1,5E+07	1,9E+06	1,9E+06	6,8E+06	8,2E+06	1,1E+06	6,3E+06	1,8E+06	4,6E+06
Po-211	2,0E+01	2,3E-01	7,9E+02	2,5E+01	3,2E-01	1,9E-01	3,8E-01	7,0E+01	1,6E+03	8,7E-01	8,9E+01

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	23510000				GHB	RZ	0129	00	

Konzeptplanung für die Rückholvariante „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“
Hier: Technisches Konzept sowie Überlegungen zum Sicherheits- und Nachweiskonzept

Blatt: 326

ELK	1/750	2/750	2/750 Na2	4/750	5/750	6/750	7/750	8/750	10/750	11/750	12/750
	Spezifische Aktivität des Abfalls [Bq/m ³]										
Po-212	5,3E+06	1,2E+07	2,3E+06	1,2E+07	7,4E+05	2,2E+06	5,2E+04	6,9E+07	1,4E+07	1,6E+07	2,8E+07
Po-213	6,6E+00	8,4E-01	3,5E+02	1,7E-04	3,0E+01	5,1E-01	4,0E+00	4,1E+00	2,4E+00	3,3E+00	7,5E+03
Po-214	4,0E+07	5,7E+06	1,9E+07	2,3E+06	2,2E+06	8,4E+06	1,0E+07	1,7E+06	7,8E+06	2,2E+06	5,7E+06
Po-215	7,2E+03	8,2E+01	2,9E+05	8,9E+03	1,1E+02	6,9E+01	1,4E+02	2,5E+04	5,7E+05	3,2E+02	3,2E+04
Po-216	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,2E+06	3,4E+06	8,1E+04	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Po-218	4,0E+07	5,7E+06	1,9E+07	2,3E+06	2,2E+06	8,4E+06	1,0E+07	1,7E+06	7,8E+06	2,2E+06	5,7E+06
At-217	6,7E+00	8,5E-01	3,6E+02	1,8E-04	3,0E+01	5,2E-01	4,1E+00	4,2E+00	2,4E+00	3,4E+00	7,6E+03
At-218	8,1E+03	1,1E+03	3,8E+03	4,5E+02	4,4E+02	1,7E+03	2,0E+03	3,5E+02	1,6E+03	4,5E+02	1,1E+03
Rn-218	8,1E+00	1,1E+00	3,8E+00	4,5E-01	4,4E-01	1,7E+00	2,0E+00	3,5E-01	1,6E+00	4,5E-01	1,1E+00
Rn-219	7,2E+03	8,2E+01	2,9E+05	8,9E+03	1,1E+02	6,9E+01	1,4E+02	2,5E+04	5,7E+05	3,2E+02	3,2E+04
Rn-220	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,2E+06	3,4E+06	8,1E+04	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Rn-222	4,0E+07	5,7E+06	1,9E+07	2,3E+06	2,2E+06	8,4E+06	1,0E+07	1,7E+06	7,8E+06	2,2E+06	5,7E+06
Fr-221	6,7E+00	8,5E-01	3,6E+02	1,8E-04	3,0E+01	5,2E-01	4,1E+00	4,2E+00	2,4E+00	3,4E+00	7,6E+03
Fr-223	1,0E+02	1,1E+00	3,9E+03	1,2E+02	1,6E+00	9,5E-01	1,9E+00	3,5E+02	7,9E+03	4,4E+00	4,5E+02
Ra-223	7,2E+03	8,2E+01	2,9E+05	8,9E+03	1,1E+02	6,9E+01	1,4E+02	2,5E+04	5,7E+05	3,2E+02	3,2E+04
Ra-224	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,2E+06	3,4E+06	8,1E+04	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Ra-225	6,7E+00	8,5E-01	3,6E+02	1,8E-04	3,0E+01	5,2E-01	4,1E+00	4,2E+00	2,4E+00	3,4E+00	7,6E+03
Ra-226	4,0E+07	5,7E+06	1,9E+07	2,3E+06	2,2E+06	8,4E+06	1,0E+07	1,7E+06	7,8E+06	2,2E+06	5,7E+06
Ra-228	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,1E+06	3,4E+06	8,4E-02	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Ac-225	6,7E+00	8,5E-01	3,6E+02	1,8E-04	3,0E+01	5,2E-01	4,1E+00	4,2E+00	2,4E+00	3,4E+00	7,6E+03
Ac-227	7,2E+03	8,2E+01	2,9E+05	8,9E+03	1,1E+02	6,9E+01	1,4E+02	2,5E+04	5,7E+05	3,2E+02	3,2E+04
Ac-228	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,1E+06	3,4E+06	8,4E-02	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Th-227	7,1E+03	8,0E+01	2,8E+05	8,8E+03	1,1E+02	6,8E+01	1,4E+02	2,5E+04	5,7E+05	3,1E+02	3,2E+04
Th-228	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,2E+06	3,4E+06	8,1E+04	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Th-229	6,7E+00	8,5E-01	3,6E+02	1,8E-04	3,0E+01	5,2E-01	4,1E+00	4,2E+00	2,4E+00	3,4E+00	7,6E+03
Th-230	4,2E+06	9,4E+06	1,4E+06	9,7E+06	3,9E+05	1,4E+03	4,9E+03	4,9E+07	1,1E+07	1,3E+07	2,2E+07
Th-231	1,0E+07	1,3E+05	1,2E+06	1,2E+07	1,8E+05	1,1E+05	1,7E+05	1,1E+07	1,3E+06	4,9E+05	7,0E+05
Th-232	8,2E+06	1,9E+07	3,6E+06	1,9E+07	1,1E+06	3,4E+06	8,4E-02	1,1E+08	2,2E+07	2,5E+07	4,3E+07
Th-234	2,2E+08	3,6E+06	5,3E+07	2,8E+08	3,0E+06	3,4E+06	4,1E+06	2,5E+08	2,3E+07	9,1E+06	1,6E+07
Pa-231	1,3E+04	1,5E+02	1,4E+05	1,6E+04	2,2E+02	1,3E+02	2,4E+02	1,3E+04	2,1E+05	5,9E+02	8,3E+02
Pa-233	3,5E+05	4,8E+05	1,3E+04	1,1E+02	2,0E+05	3,5E+05	1,2E+06	7,1E+04	1,4E+04	3,3E+05	2,5E+05
Pa-234	3,5E+05	5,7E+03	8,5E+04	4,4E+05	4,9E+03	5,4E+03	6,6E+03	4,0E+05	3,6E+04	1,5E+04	2,6E+04
Pa-234m	2,2E+08	3,6E+06	5,3E+07	2,8E+08	3,0E+06	3,4E+06	4,1E+06	2,5E+08	2,3E+07	9,1E+06	1,6E+07
U-232	4,8E+04	5,0E+03	8,6E+03	4,3E+00	6,0E+04	5,3E+03	7,9E+04	4,8E+03	7,1E+04	7,8E+04	2,1E+03
U-233	1,3E+03	2,0E+02	7,2E+04	5,0E-02	5,7E+03	1,4E+02	9,2E+02	8,1E+02	4,8E+02	7,0E+02	1,4E+06
U-234	2,4E+08	5,4E+06	5,1E+07	2,9E+08	8,5E+06	3,0E+06	1,2E+07	2,5E+08	2,8E+07	1,7E+07	1,7E+07
U-235	1,0E+07	1,3E+05	1,2E+06	1,2E+07	1,8E+05	1,1E+05	1,7E+05	1,1E+07	1,3E+06	4,9E+05	7,0E+05
U-236	3,6E+06	5,5E+05	2,0E+05	2,6E-03	1,5E+06	3,7E+05	1,9E+06	1,4E+05	1,6E+06	2,1E+06	2,8E+05
U-237	1,3E+06	1,9E+06	5,7E+04	4,8E-01	8,1E+05	8,5E+05	3,8E+06	3,2E+05	2,1E+04	8,7E+05	7,2E+05
U-238	2,2E+08	3,6E+06	5,3E+07	2,8E+08	3,0E+06	3,4E+06	4,1E+06	2,5E+08	2,3E+07	9,1E+06	1,6E+07
Np-237	3,5E+05	4,8E+05	1,3E+04	1,1E+02	2,0E+05	3,5E+05	1,2E+06	7,1E+04	1,4E+04	3,3E+05	2,5E+05
Np-238	4,2E+02	1,3E+02	3,0E+01	2,3E-01	9,5E+02	1,7E+04	3,1E+04	9,4E+01	2,5E+02	4,8E+03	1,0E+03
Np-239	1,5E+05	4,5E+04	1,1E+04		5,6E+05	3,8E+06	2,1E+07	4,8E+04	7,4E+04	3,6E+06	2,4E+05
Pu-238	4,0E+09	4,7E+09	2,2E+08	2,1E+03	3,9E+09	1,3E+09	1,9E+10	1,6E+09	9,3E+07	3,7E+09	8,8E+08
Pu-239	4,6E+09	7,9E+09	1,5E+08	7,8E+02	2,0E+09	2,6E+09	7,3E+09	9,8E+08	7,5E+07	2,9E+09	3,8E+09
Pu-240	4,3E+09	8,1E+09	1,6E+08	1,7E+03	2,4E+09	3,5E+09	1,0E+10	9,4E+08	6,5E+07	2,9E+09	4,0E+09
Pu-241	5,3E+10	7,6E+10	2,3E+09	2,0E+04	3,3E+10	3,4E+10	1,5E+11	1,3E+10	8,5E+08	3,6E+10	3,0E+10
Pu-242	6,1E+06	8,6E+06	3,4E+05	1,2E+01	5,6E+06	4,6E+06	2,6E+07	2,3E+06	1,4E+05	5,4E+06	3,0E+06
Am-241	2,5E+10	3,5E+10	8,6E+08	1,2E+04	1,3E+10	1,3E+10	5,6E+10	5,3E+09	3,6E+08	1,4E+10	1,3E+10
Am-242	9,2E+04	2,8E+04	6,5E+03	5,1E+01	2,1E+05	3,7E+06	6,7E+06	2,0E+04	5,4E+04	1,0E+06	2,2E+05
Am-242m	9,2E+04	2,8E+04	6,6E+03	5,1E+01	2,1E+05	3,7E+06	6,7E+06	2,0E+04	5,4E+04	1,0E+06	2,3E+05
Am-243	1,5E+05	4,5E+04	1,1E+04		5,6E+05	3,8E+06	2,1E+07	4,8E+04	7,4E+04	3,6E+06	2,4E+05
Cm-242	7,6E+04	2,3E+04	5,4E+03	4,2E+01	1,7E+05	3,0E+06	5,5E+06	1,7E+04	4,4E+04	8,6E+05	1,9E+05
Cm-243	2,5E+04	7,2E+03	2,7E+03		1,3E+05	5,4E+05	5,2E+06	1,0E+04	9,4E+03	8,8E+05	1,9E+04
Cm-244	6,1E+05	2,2E+05	8,4E+04	1,9E+02	4,9E+06	1,4E+07	1,8E+08	4,1E+05	3,5E+05	3,1E+07	5,3E+05
Cm-245	2,8E+02	1,1E+02	5,3E+01	4,1E-01	2,9E+03	3,5E+03	1,3E+05	2,4E+02	1,7E+02	2,2E+04	1,6E+02
Cm-246	1,5E+02	5,8E+01	4,9E+01	7,2E-02	3,1E+03	1,1E+03	1,7E+05	2,6E+02	1,6E+02	2,8E+04	3,2E+01

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16