

-Deckblatt



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Blatt: 1
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23520000				GHB	RA	0051	00	Stand: 30.09.2019

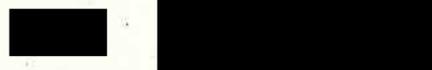
Titel der Unterlage:

RÜCKHOLUNG DER RADIOAKTIVEN ABFÄLLE AUS DER SCHACHTANLAGE ASSE 11-
KONZEPTPLANUNG FÜR DIE RÜCKHOLUNG DER RADIOAKTIVEN ABFÄLLE VON DER 511-M-
SOHLE
HIER: 6. TEILBERICHT - RÜCKHOLUNG MIT GEBIRGSSTÜTZENDEM VERSATZ

Ersteller/Unterschrift:

DMT

Prüfer/Unterschrift:



Stempelfeld:

UVST Datum und Unterschrift	Person: Datum und Unterschrift	atomrechtlich wirkliche Person: Datum und Unterschrift	Titel: Titel	Anwendung: Datum und Unterschrift
------------------------------------	---------------------------------------	--	---------------------	--

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.

REVISIONSBLATT	Projekt	PSP-Element	FunktionThema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	NAAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
	9A	23520000	RRA			BB	BY	0004	00

Kurztitel der Unterlage:

Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse I - Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle, Hier: 6. Teilbericht - Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Rev	Revisionsstand Datum	Verantwortl. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	30.09.2019	ASE-RH.2		-	Ersterstellung

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur, Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung, Kategorie S = substantielle Änderung. Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN
9A	23520000	RRA			88	8Y	0004	00

Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II - Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m- Sohle, Hier: 6. Teilbericht - Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Blatt: 3

Inhaltsverzeichnis

Blatt

Deckblatt 1
 Revisionsblatt 2a
 Inhaltsverzeichnis 3

Fremddokumentation

Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II - Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle, Hier: 6. Teilbericht - Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz, Stand: 30.09.2019
 BGE-SZ-KZL: 9A/23520000/GHB/RA/-/0051/00 138

Anzahl der Blätter dieses Dokumentes 141

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 1 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

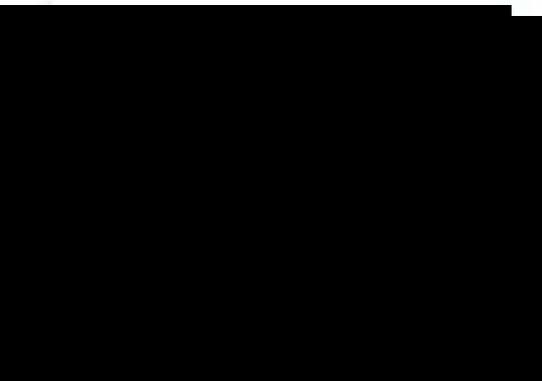
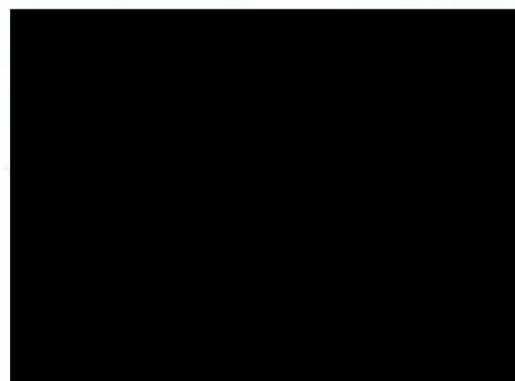
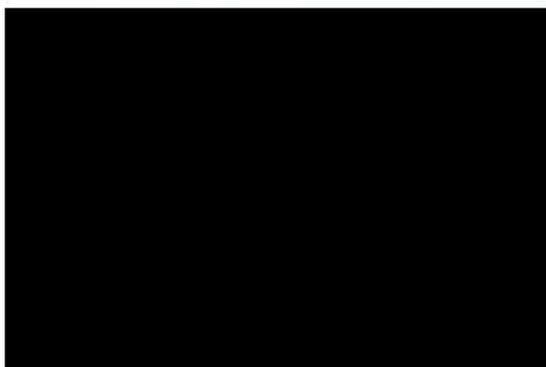
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle

6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

DMT GmbH & Co. KG

DMT-Untersuchungsbericht-Nr.: U2816-BGE-MCE-G

Essen, 30.09.2019





Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 2 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Impressum:

Auftraggeber: BGE Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
Planung Rückholung
Salzgitter
Willy-Brandt-Straße 5
38226 Salzgitter Lebenstedt
Telefon: 030 18 333-0
Telefax: 030 18 333-1885
E-Mail: ePost@bge.de
Internet: www.bge.de

Ersteller:

DMT GmbH & Co. KG
Internet: www.dmt-group.com

Dieser 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.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 3 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Revisionsblatt

Rev.	Rev.-Stand Datum	Revidierte Seite	Kat.)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Revision
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 4 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

KURZFASSUNG

Autoren:

Titel: Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht: Rückholungskonzept mit gebirgsstützendem Versatz

Stand: 30.09.2019

Der hier vorliegende Bericht ist der sechste Teilbericht zur Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle. Im 3. Teilbericht „Rückholkonzept“ wurden geeignete technische Verfahren für die Durchführung der Rückholung der MAW-Abfälle aus der ELK 8a/511 in Form einer situationsangepassten Planung dargestellt. Darauf aufbauend wurden zwei Konzepte für wahrscheinliche Schadenssituationen des die Einlagerungskammer umgebenden Gebirges dargestellt. Beim Grundkonzept erfolgt die Rückholung über einen sohlennahen Zugang, beim Alternativkonzept über einen firstnahen Zugang.

Für eine abdeckende Planung werden im hier vorliegenden 6. Teilbericht zwei weitere Konzepte beschrieben, falls im Zuge der situationsangepassten Planung ein gebirgsstützender Versatz notwendig ist oder vorsorglich eingebracht wird.



**Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schacht-
anlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung
der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz**

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 5 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	4
INHALTSVERZEICHNIS	5
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	8
TABELLENVERZEICHNIS	11
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	12
1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	13
2 AUSGANGSSITUATION	15
3 BERGUNG MIT GEBIRGSSTÜTZENDEM VERSATZ IM RAHMEN DER SITUATIONSANGEPASTEN PLANUNG	19
3.1 ZUGANG FÜR DIE BERGUNG HORIZONTAL OBERHALB DER GEBINDE	22
3.2 ZUGANG FÜR DIE BERGUNG VON DER 490-M-SOHLER.....	27
3.3 ZUGANG FÜR DIE BERGUNG HORIZONTAL IM NIVEAU DER ELK-SOHLER	32
3.4 ZUGANG FÜR DIE BERGUNG HORIZONTAL OBERHALB DER ELK-SOHLER	33
3.5 UMGANG MIT VERSTREUT LIEGENDEN GEBINDEN	34
4 AUFGABEN VON VERSATZ	36
5 MAßE DER ELK 8A/511 SOWIE RELEVANTE MAßE FÜR DAS VERSETZEN DER EINLAGERUNGSKAMMER	40
6 HERSTELLEN EINES BERGEHOHLRAUMS.....	42
6.1 ABDECKUNG DER GEBINDE.....	42
6.1.1 Abdeckung der Gebinde mit einer Haufwerkschüttung	43
6.1.2 Abdeckung der Gebinde mit Schaum.....	46
6.1.3 Abdeckung der Gebinde mit Beton/Baustoff	47
6.1.4 Abdeckung der Gebinde mit mineralischen Dichtungsmatten.....	48
6.1.5 Abdeckung der Gebinde mit einer Plane.....	49
6.2 AUFBAU EINER STABILISIERUNGSSCHICHT	78
6.3 AUFBAU DES VERSATZKÖRPERS	80
6.4 STANDSICHERHEIT DES VERSATZKÖRPERS	87
7 FÖRDERWEG	92
8 TABELLENVERGLEICH ZUR AUSWAHL EINES RÜCKHOLKONZEPTES	93
8.1 BEWERTUNG DER KRITERIEN ZUR HERSTELLUNG DES BERGEHOHLRAUMS	93



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 6 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

8.2 BEWERTUNG DER KRITERIEN ZUR ANBINDUNG DES BERGE-HOHLRAUMS AN DAS GRUBENGEBÄUDE UND BERGUNG98

9 EIGNUNG BEI EINER NOTFALLMAßNAHME101

10 RÜCKHOLUNG MIT GEBIRGSSTÜTZENDEM VERSATZ102

10.1 DAS VERSATZKONZEPT102

10.2 DAS PRÄVENTIVKONZEPT108

11 SCHLEUSEN.....110

11.1 GRUNDSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN AN DIE SCHLEUSE FÜR DIE RÜCKHOLUNG110

11.2 AUFBAU DER SCHLEUSEN112

11.3 AUSFÜHRUNG DER SCHLEUSEN114

11.3.1 Schleusen für die Tätigkeiten zur Einbringung des Versatzes114

11.3.2 Schleusen für die Bergung der radioaktiven Abfälle.....117

11.4 GESTALTUNGSMÖGLICHKEITEN BEI DER KONZEPTION DER SCHLEUSEN118

11.4.1 Bergung mit horizontalem Zugang118

11.4.2 Bergung mit vertikalem Zugang118

11.4.3 Gemeinsame Nutzung der Äußeren Schleuse118

12 WETTERTECHNIK.....120

12.1 AUS- UND VORRICHTUNG120

12.2 BEWETTERUNG DER ELK 8A/511 UND DER SCHLEUSEN120

12.2.1 Bewetterung der Einrichtungen auf der 490-m-Sohle120

12.2.2 Bewetterung der ELK 8a/511120

12.2.3 Bewetterung des Bergehohlraums121

12.2.4 Bewetterung der Schleusen für die Bergung der radioaktiven Abfälle121

13 SICHERHEITS- UND NACHWEISKONZEPT123

13.1 AUS- UND VORRICHTUNG125

13.2 SCHLEUSEN126

13.3 ÖFFNEN DER ELK 8A/511.....126

13.4 SICHERN DER ELK 8A/511127

13.5 BERGEN DER GEBINDE127

13.6 UMVERPACKUNG, TRANSPORT UND ABSCHLIEßENDE ARBEITEN127

13.7 VERGLEICH DER PROZESSABLÄUFE128

13.8 SCHWEBENBRUCH.....130

13.9 RADIOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN EINES SCHWEBENBRUCHES130

14 KOSTEN- UND ZEITPLAN.....132

15 LITERATURVERZEICHNIS.....134



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 7 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

16 GLOSSAR.....135

17 ANHANG.....137

Gesamtseitenzahl: 138

Stichworte: Alternativkonzept, Grundkonzept, Kostenplan, MAW, Rückholung, Zeitplan



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 8 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Zugänge bei Grundkonzept (links) und Alternativkonzept (rechts).....	16
Abbildung 2: Kriterien des Gebirgszustands der ELK 8a/511 für einen gebirgsstützenden Versatz im Rahmen der situationsangepassten Planung.....	17
Abbildung 3: Von einem Schwebenbruch betroffene Bereiche	19
Abbildung 4: Versetzte ELK 8a/511	21
Abbildung 5: Horizontaler Zugang für die Bergung an der Gebindekegelspitze.....	23
Abbildung 6: Bagger (beispielhaft) auf Schienen für Bergung unterhalb der Zugangssohle	24
Abbildung 7: Hängender Drehkran; angeschlagen an der Zugangsfirste	25
Abbildung 8: Hängender Drehkran; abgehängt von der Beschickungskammer als Teleskoptraverse.....	26
Abbildung 9: Herstellen eines vertikalen Zugangs und Abförderung zur 490-m-Sohle	28
Abbildung 10: Greifen eines Gebindes und ablassen in einen Innenbehälter	29
Abbildung 11: Herstellen eines vertikalen Zugangs mit vertikaler Abförderung des Haufwerks; Durchstoß in den Bergehohlraum und in den vertikalen Zugang aus einer Strecke	30
Abbildung 12: Herstellen eines vertikalen Zugangs mit horizontaler Abförderung des Haufwerks durch ein: Vorbohrloch (rot); Durchstoß in den Bergehohlraum und in den vertikalen Zugang aus einer Strecke	31
Abbildung 13: Horizontaler Zugang.....	32
Abbildung 14: Zugang auf halber Höhe des Gebindekegels	33
Abbildung 15: Widerlager des Versatzkörpers auf der Sohle der ELK 8a/511	37
Abbildung 16: Verfüllte ELK 8a/511	38
Abbildung 17: Übersicht ELK 8a/511	40
Abbildung 18: Höhen in der Beschickungskammer (Skizze)	41
Abbildung 19: Einbringen einer Haufwerkschüttung.....	44
Abbildung 20: Profilgenaue Haufwerkschüttung mit verstellbarem Austrag.....	45
Abbildung 21: Anwendung von Bullflex durch die Firma Beton- und Monierbau GmbH	51
Abbildung 22: Ungefähre Maße des Gebindekegels	52
Abbildung 23: Abschätzung der Durchmesser von gerollten Planen auf Basis theoretischer Überlegungen an Hand einer Überschlagsformel.....	55
Abbildung 24: Entfalten der Plane und Parachute-Ventil in der Planenmitte	57
Abbildung 25: Einlassen der Gewichte.....	58
Abbildung 26: Links: Ausbreiten einer Plane, Rechts: Ausbreiten mehrerer Planen.....	59
Abbildung 27: Ausbreiten einer Plane mit Rohren und Rollen.....	60



**Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schacht-
anlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung
der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz**

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 9 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Abbildung 28: Zielvorrichtung; links ausgeklappt, rechts eingeklappt zum Einlassen in die Einlagerungskammer	62
Abbildung 29: Seilübergabe mit telekopierbarem Rohr (hier der Beschickungsbohrung)	63
Abbildung 30: Federschlaufe	65
Abbildung 31: Drohne für Arbeiten in der ELK 8a/511	66
Abbildung 32: Seilverbindung mit Permanentmagneten.....	67
Abbildung 33: BionicWheelBot.....	68
Abbildung 34: Autonom navigierender Roboter.....	69
Abbildung 35: Aufgerollte Plane (grün) mit eingeklappten Ausbreitschienen (grau)	69
Abbildung 36: Aufgerollte Plane mit ausgeklappten Ausbreitschienen in der ELK 8a/511	70
Abbildung 37: Schematische Darstellung der Rollos	71
Abbildung 38: Ausrollen der Plane	71
Abbildung 39: Luftsack aus Bullflex.....	73
Abbildung 40: Ausbreitung der Plane mit einem Schirm (2 unterschiedliche Ausführungen).....	74
Abbildung 41: Montage des Gestells in der Beschickungsbohrung	75
Abbildung 42: Plane teilweise über die Speichen gezogen	76
Abbildung 43: Speiche mit Rolle und Seilen.....	77
Abbildung 44: Einfluss der Planenoberfläche auf den wirksamen hydrostatischen Druck beim Versetzen.....	79
Abbildung 45: Geringfesterer Versatz im Niveau des Zugangs	82
Abbildung 46: Zugang auf halber Höhe des Gebindekegels (links) und im Niveau der ELK-Sohle (rechts).....	83
Abbildung 47: Vertikaler Zugang von oben	84
Abbildung 48: Bergen mit einem schachtähnlichen Zugang, direkt in den Bergehohlraum.....	85
Abbildung 49: Zugang über einen Schacht und Abförderung horizontal	86
Abbildung 50: Mit Stahlträgern oder Seilankern gesicherter Versatzkörper.....	88
Abbildung 51: Füllen der Hohlräume mit fließfähigem Sand zum Tragen des Versatzkörpers.....	89
Abbildung 52: Füllen der Hohlräume mit fließfähigem Sand und Tragen des Versatzkörpers durch Träger in den Stößen	90
Abbildung 53: Abdecken der Gebinde mit einer Plane und Tragen des Versatzkörpers durch Träger in den Stößen	91
Abbildung 54: Förderweg von der ELK 8a/511 zu Schacht Asse 5	92
Abbildung 55: Schleuse auf der 490-m-Sohle für die Herstellung eines gebirgsstützenden Versatzes	103
Abbildung 56: Bühnenschleuse mit Einführhilfe	104



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 10 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Abbildung 57: Beispielhafter Aufbau einer Doppelschleuse bei einem sohlennahen Zugang in die ELK 8a/511 für die Bergung 107

Abbildung 58: Schleuse auf der 490-m-Sohle beim Präventivkonzept..... 109

Abbildung 59: Schematische Darstellung der Inneren Schleuse (roter Rahmen) 113

Abbildung 60: Schematische Darstellung des Äußeren Arbeitsbereiches (rote Markierung) 113

Abbildung 61: Schematische Darstellung der Lage der Äußeren Schleuse (rote Markierung)..... 114

Abbildung 62: Beschickungskammer, möglicher Einwirkungsbereich eines Schwebenbruches.. 115

Abbildung 63: Bühnenschleuse in einer Schnittdarstellung 116

Abbildung 64: Prinzipdarstellung der Doppelschleuse mit zwei Inneren Schleusen, 119

Abbildung 65: Skizzierte Situation nach einem Schwebenbruch 131

Abbildung 66: Kostenvergleich..... 132



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 11 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Eigenschaften unterschiedlicher Planenmaterialien	54
Tabelle 2:	Herstellung des Bergehohlraums; Bewertung	97
Tabelle 3:	Anbindung des Bergehohlraums und Bergung; Bewertung	100
Tabelle 4:	Gegenüberstellung der grundlegenden Unterschiede der Prozessabläufe während der Rückholung	129



**Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schacht-
anlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung
der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz**

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 12 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ABBergV	Allgemeine Bundesbergverordnung
ABVO	Allgemeine Bergverordnung des Landes Niedersachsen
AP	Arbeitspaket
AÜL	Auslegungsüberschreitender Lösungszutritt
AtG	Atomgesetz
BBerG	Bundesberggesetz
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung
EHB	Einschienehängbahn
ELK	Einlagerungskammer
LAW	Low active waste
MAW	Medium active waste
PSP	Projektstrukturplan
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TP	Teilprojekt
u. T.	unter Tage
ü. T.	über Tage

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		Stand: 30.09.2019			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Schachtanlage Asse II ist ein ehemaliges Kali- und Steinsalzbergwerk südöstlich von Braunschweig, in dem in den Jahren von 1909 bis 1964 zunächst Carnallit sowie später auch Jüngerer und Älterer Steinsalz abgebaut wurde. Nach Einstellung der Abbautätigkeit wurde im Auftrag des Bundes Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Salzformationen betrieben. In diesem Zuge wurden von 1967 bis 1978 rund 124.500 Gebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen (LAW) in 11 Kammern auf der 750-m-Sohle und einer Kammer auf der 725-m-Sohle sowie 1.301 Gebinde mit mittelradioaktiven Abfällen (MAW) in einer Kammer auf der 511-m-Sohle eingelagert. Die letztgenannte ELK 8a/511 hat eine Grundfläche von ca. 500 m² und eine Höhe von ca. 14 m. Die Einlagerung der Gebinde erfolgte ausgehend von der darüber liegenden Beschickungskammer 8a/490 durch die ca. 6 m mächtige Schwebel. Die Gebinde wurden mittels einer Krananlage aus der Beschickungskammer durch eine Beschickungsöffnung herabgelassen. Weitere Bohrungen in der Schwebel dienten u. a. der Bewetterung der Einlagerungskammer und der Überwachung des Einlagerungsprozesses. Durch ein Bleiglasfenster auf der 511-m-Sohle wurde eine direkte Beobachtung der Einlagerung ermöglicht.

Nach der Änderung des Atomgesetzes im Jahre 2013 ist gemäß § 57b (2) AtG die Rückholung der radioaktiven Abfälle vor der unverzüglichen Stilllegung gesetzlich verankert. Somit sind auch die in der ELK 8a/511 eingelagerten Abfälle zurückzuholen. Um diese Gebinde bergen, handhaben und transportieren zu können, müssen dafür geeignete Techniken und Verfahren bereitstehen.

Hierfür wird zunächst eine Konzeptplanung erstellt, die als Grundlage für weitere Planungsschritte dient. Ziel dieser Planung ist die Entwicklung eines technischen Konzeptes zur sicheren und schnellen Rückholung aller Abfälle aus der ELK 8a/511. Wesentliche Bestandteile dieser Planung auf konzeptioneller Ebene sind:

- Erarbeitung eines Erkundungskonzeptes für die ELK 8a auf der 511-m-Sohle (für die der Konzeptplanung nachfolgenden Planungsphasen),
- Planung aller für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dieser Einlagerungskammer erforderlichen Anlagen und Techniken (z. B. für die Bergung, Handhabung, Freimessung, Verpackung und den Transport),
- Beschreibung aller technischen Abläufe,
- Planung des Bewetterungssystems sowie die Abtrennung der Strahlenschutzbereiche,
- Planung eines Entsorgungs- und Freigabekonzeptes,
- Ermittlung und Planung der benötigten Infrastrukturen und Infrastrukturräume unter Tage,
- Erstellung eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes als Grundlage der Sicherheitsanalysen für die bergrechtlichen und atomrechtlichen Genehmigungsverfahren,
- Betrachtung der radiologischen Konsequenzen für das Betriebspersonal und die Bevölkerung,
- Erarbeitung von Grundlagen für Störfallanalysen,
- Betrachtungen zur Arbeitssicherheit (nicht strahlenschutzbezogene Risiken),
- Betrachtung möglicher Wechselwirkungen mit den Notfall- und Vorsorgemaßnahmen.

Die komplexe Aufgabe der Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511 wurde in Form eines Projektstrukturplanes (PSP) in plan- und kontrollierbare Einzelelemente strukturiert. In diesem PSP ist das Projekt in Teilprojekte (TP) und zugehörige Arbeitspakete

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		Stand: 30.09.2019			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

(AP) gegliedert (DMT, 2017). Die insgesamt neun Teilprojekte setzen sich aus jeweils 3 bis 19 Arbeitspaketen zusammen. Insgesamt werden im Rahmen der Konzeptplanung 81 Arbeitspakete bearbeitet. Die Planungsergebnisse der einzelnen Arbeitspakete werden innerhalb des jeweiligen Teilprojektes zusammengefasst und anschließend in fünf Teilberichten schrittweise für weitere Planungen zur Verfügung gestellt.

Die Teilprojekte der Konzeptplanung werden in folgenden Berichten dargestellt (TP 1 beinhaltet die Projektleitung und bedarf keines gesonderten Berichtes):

- 1. Teilbericht „Planungsgrundlagen“ (DMT, 2017): Festlegung der Planungsrandbedingungen (TP 3) auf Basis der Grundlagenermittlung (TP 2),
- 2. Teilbericht „Grobkonzept und Variantenvergleich“ (DMT, 2018): Aus einem Grobkonzept (TP 4) werden auf Basis von Planungselementen (TP 5) Rückholungsvarianten sowie Beurteilungskriterien zu deren Vergleich entwickelt; anhand von möglichen Ausgangssituationen erfolgt die Ermittlung eines Grundkonzeptes, das den Austausch von Varianten bei abweichenden Bedingungen erlaubt (TP 6),
- 3. Teilbericht „Rückholungskonzept“ (DMT, 2018a): Konstruktive Ausgestaltung des technischen Konzeptes sowie eines Alternativkonzeptes (TP 7),
- 4. Teilbericht „Sicherheits- und Nachweiskonzept (DMT, 2019)“: Darstellung eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes (TP 8) und
- 5. Teilbericht „Zeit- und Kostenplanung“: Darstellung der Ergebnisse der Zeit- und Kostenplanung für die Umsetzung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511 (TP 9).

Im 3. Teilbericht wurde ein Konzept für den Fall technisch ausgestaltet, dass die gebirgsmechanische Situation eine Sicherung der Firste und Stöße ermöglicht, ohne dass die dazu erforderlichen Maschinen beschädigt werden und die Arbeiten von der Sohle der Einlagerungskammer mit einem horizontalen, sohlennahen Zugang durchgeführt werden können. Dieses Konzept wurde als Grundkonzept bezeichnet. Das Alternativkonzept wurde für den Fall einer nicht befahrbaren Sohle entwickelt und sieht Sicherungs- oder Ausbaurbeiten sowie die Bergung mit einem horizontalen, firstnahen Zugang vor.

Zusätzlich zu den aufgeführten Teilberichten wurde in dem hier vorliegenden 6. Teilbericht ein weiteres Konzept zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle für den Fall erarbeitet, dass die Einlagerungskammer umgebende Gebirge durch Ausbaumaßnahmen nicht gesichert werden kann. Die nötige Gebirgsstützung wird mit Versatz ermöglicht. Dass Versatz zur Gebirgsstützung eingebracht werden muss, ist nach derzeitiger Einschätzung nicht auszuschließen. Aus diesem Grund ist für eine abdeckende Betrachtung die Planung des so genannten Versatzkonzeptes erforderlich.

Darüber hinaus wird in diesem Teilbereich eine weitere Konzeptvariante – das Präventivkonzept – vorgestellt, dass vorsorglich umgesetzt werden kann, um z. B. erwarteten Schädigungen des Gebirges vorzubeugen.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 15 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

2 AUSGANGSSITUATION

Im Zuge einer situationsangepassten Planung zur Sicherung der Einlagerungskammer 8a/511 und Bergung der Gebinde wurde im 3. Teilbericht die Vorgehensweise zur Entscheidung über geeignete oder erforderliche Konzepte anhand einer Einflussanalyse beschrieben (DMT, 2018a). Dabei hat sich herausgestellt, dass der gebirgsmechanische Zustand der Einlagerungskammer großen Einfluss auf die Eignung der Konzepte und die damit verbundenen Maßnahmen zur Sicherung der Firste und Stöße der Einlagerungskammer als Voraussetzung für die Bergung hat. Der gebirgsmechanische Zustand ist somit ein relevanter Einflussfaktor und wichtiges Entscheidungskriterium für die Eignung angemessener Konzepte.

Zur Systematisierung wurden jeweils 4 Schadensituationen – geordnet nach zunehmender Schädigung – bezogen auf das Gebirge der Firste und der Stöße definiert. (DMT, 2018a).

- *Gebirge der Firste:*
 - a. Firste vollständig beherrscht
 - b. Abschaltungen und lokale Schäden
 - c. Gebirge oberhalb der Firste nicht intakt
 - d. Schweben nicht tragfähig
- *Gebirge der Stöße und Festen:*
 - a. Stöße vollständig beherrscht
 - b. Abschaltungen und lokale Schäden
 - c. Gebirge jenseits der Stöße nicht intakt
 - d. Feste (Stöße) nicht tragfähig

Für die Schadensituationen a – c wurden konzeptprägende Maßnahmen dargelegt, auf welche Weise in Abhängigkeit der Schadensituation die Firste und die Stöße vor der Bergung gesichert werden können. Um die tatsächliche Schadensituation festzustellen, sind Erkundungsmaßnahmen unumgänglich. Nachdem die tatsächliche Schadensituation festgestellt ist, können aus den bereits im Zuge der situationsangepassten Planung erarbeiteten Konzepten für die Sicherung der Einlagerungskammer jene ausgewählt werden, die für die vorgefundene Schadensituation geeignet und angemessen sind.

Nach heutiger Einschätzung ist es wahrscheinlich, dass die Firste und die Stöße vollständig beherrscht sind oder lediglich Abschaltungen und lokale Schäden vorliegen (Schadensituationen a oder b). Für diese Schadensituationen wurden das Grundkonzept mit einem sohlennahen Kammerzugang und das Alternativkonzept mit einem firstnahen Kammerzugang bereits beschrieben (DMT, 2018a) und sind in Abbildung 1 skizziert.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 16 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 1: Zugänge bei Grundkonzept (links) und Alternativkonzept (rechts)

Auch für die Schadensituation c wurden innerhalb der situationsangepassten Planung Lösungen vorgestellt, auf welche Weise das Gebirge für eine sichere Bergung ausgebaut werden kann. (DMT, 2018a)

Nach heutiger Einschätzung ist es sehr unwahrscheinlich, dass bei der Firste und den Stößen eine Schadensituation d vorliegt und das Gebirge somit nicht intakt oder für eine Rückholung nicht stabilisierbar ist. In der Abbildung 2 ist dieser Zustand durch die roten Signaturen angedeutet.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 17 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

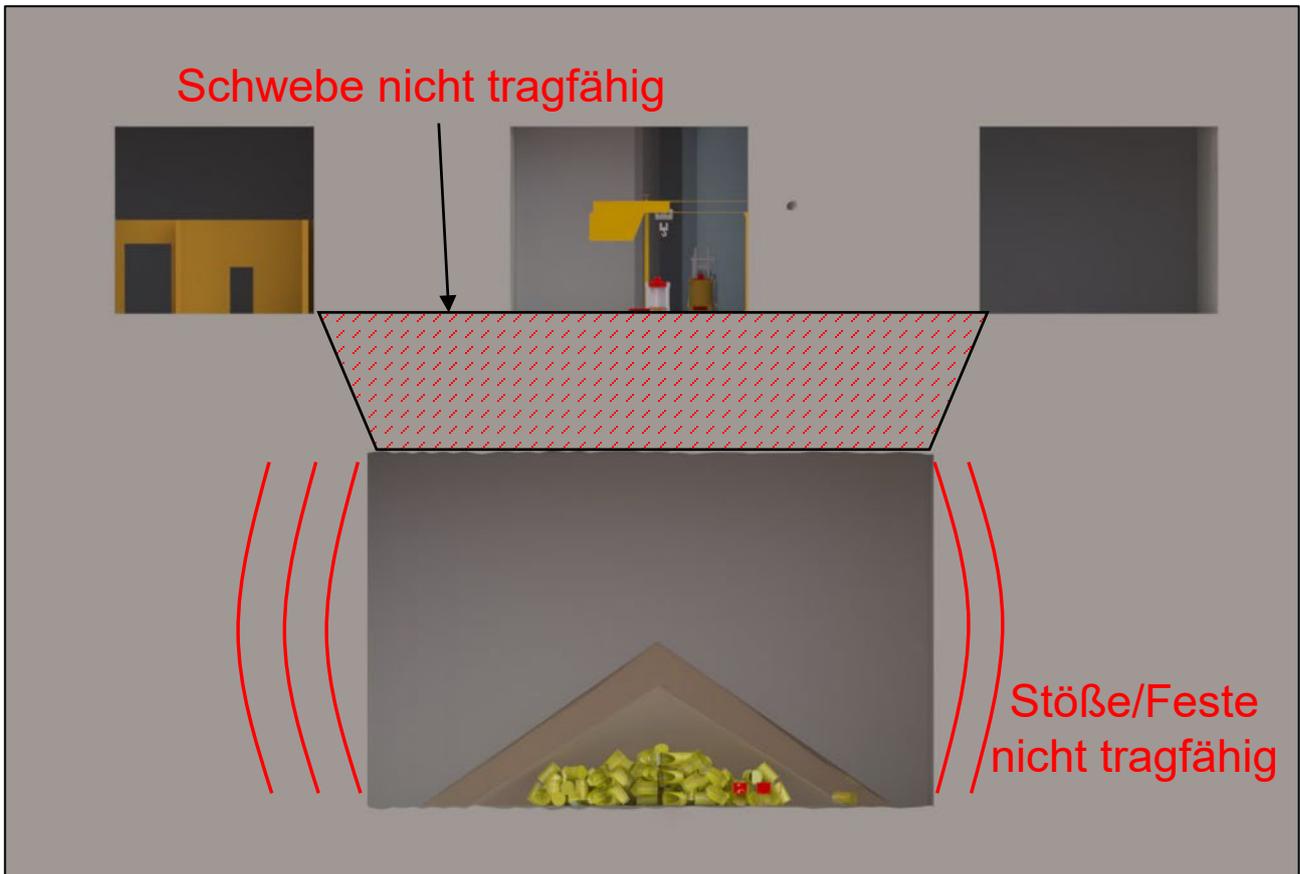


Abbildung 2: Kriterien des Gebirgszustands der ELK 8a/511 für einen gebirgsstützenden Versatz im Rahmen der situationsangepassten Planung

Im Rahmen der Erläuterungen zur situationsangepassten Planung wurde an Hand eines Flussdiagramms gezeigt, in welchen Fällen der Hohlraum innerhalb der Einlagerungskammer nach derzeitigem Stand ausgefüllt werden muss, um auf diese Weise das die ELK 8a/511 umgebende Gebirge zu stabilisieren. Sollte sich bei den Erkundungen wider derzeitiger Erwartung herausstellen, dass die Schwebe oder die Stöße oder Festen nicht intakt oder nicht tragfähig sind und weder von innerhalb noch von außerhalb der Einlagerungskammer gesichert werden können, ist es erforderlich, den Hohlraum innerhalb der Einlagerungskammer auszufüllen.

In Abhängigkeit der zeitlichen Dringlichkeit zur Sicherung der ELK 8a/511 und somit zum Füllen des Hohlrums in der Einlagerungskammer werden drei Möglichkeiten unterschieden:

- Lässt die gebirgsmechanische Situation erwarten, dass z. B. ein Schwebenbruch unmittelbar bevorsteht, bleibt nur wenig Zeit für vorbereitende Arbeiten, die z. B. die spätere Rückholung der Gebinde vereinfachen. Die Einlagerungskammer wird schnellstmöglich mit Baustoff verfüllt. Der Baustoff wird fließfähig hergestellt und in die Hohlräume zwischen den Gebinden bis zur Sohle der Einlagerungskammer fließen, so dass davon auszugehen ist, dass letztendlich alle Gebinde von Baustoff umschlossen und im Baustoff eingelagert sind. Die Gebinde müssen in dem Fall mit dem Baustoff geborgen werden, was aufwändiger ist, als die Gebinde stückweise zu bergen.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 18 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Diese Sofortmaßnahmen zur Sicherung der Einlagerungskammer sind nicht Bestandteil der situationsangepassten Planung, sondern sind mit den Maßnahmen vergleichbar, die bei einem AÜL zur Anwendung kommen würden. Diese Maßnahmen werden unter hohem Zeitdruck durchgeführt, ohne dass auf Grund einer drohenden Gefahr die Möglichkeit und wegen der kurzen Zeit die Gelegenheit besteht, vorbereitende Arbeiten in der ELK 8a/511 durchzuführen, die z. B. eine spätere Bergung vereinfachen. Die Vorteile einer weniger aufwändigen Rückholbarkeit müssen gegenüber Maßnahmen gegen eine drohende Gefahr zurückstehen. Eine Rücksicht auf eine effiziente Bergung ist auf Grund der Dringlichkeit der Maßnahmen somit gar nicht möglich.

Für die Rückholung von Gebinden, die mit Baustoff umschlossen sind, sind dann andere Konzepte erforderlich als die, die für eine Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz geplant sind und sind ebenfalls nicht Bestandteil dieser Planung.

- Droht ein Bruch der Schweben erst in absehbarer Zeit und besteht somit noch Gelegenheit, vorbereitende Arbeiten in der ELK 8a/511 durchzuführen, braucht die Einlagerungskammer nicht wie zuvor beschrieben unter hohem Zeitdruck verfüllt werden, sondern wird gebirgsstützend versetzt.

Der Versatz soll zum einen das Gebirge stützen und hat zum anderen die Aufgabe, einen Hohlraum zu schaffen, mit dem Ziel, dass die Gebinde trotz des Versatzes in der Einlagerungskammer anschließend stückweise geborgen werden können. Bei der Planung dieser Maßnahme wird berücksichtigt, dass jederzeit eine Notfallmaßnahme möglich ist.

- Sollte sich während der Erkundung herausstellen, dass das Gebirge weitgehend intakt ist, können die Hohlräume in der Einlagerungskammer präventiv versetzt werden, ohne dass dies aus gebirgsmechanischen Gründen notwendig ist. Die Maßnahme ist eine Vorsorge gegen eine Verschlechterung der gebirgsmechanischen Situation. Das für diesen Fall erarbeitete Konzept wird Präventivkonzept genannt, das auch in dem Fall angewendet werden kann, dass andere als gebirgsmechanische Gründe dafür sprechen, die Einlagerungskammer vor der Bergung der Gebinde zu verfüllen.

Um den Versatz in die ELK 8a/511 einzubringen, sind verschiedene vorbereitenden Maßnahmen erforderlich. Diese erfordern auch die Herstellung von Bohrungen in die ELK 8a/511 bzw. das Öffnen bereits bestehender Bohrungen durch die Schweben der so genannten Beschickungskammer oberhalb der ELK 8a/511 auf der 490-m-Sohle.

Aus bereits vorhandenen Daten – wie den Ergebnissen der Untersuchungen an den Filtern der Abwetteranlage der ELK 8a/511 in der ehemaligen Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle – ist bekannt, dass in der ELK 8a/511 bereits heute Kontaminationen (vor allem durch Cs-137) vorhanden sind (Asse-GmbH, 2017c). Somit ist bereits während der vorbereitenden Tätigkeiten für das Versetzen der ELK 8a/511 Vorsorge dagegen zu treffen, dass Kontaminationen aus der ELK 8a/511 austreten und in das Grubengebäude gelangen können. Daher werden vorsorglich auf der 490-m-Sohle Schleusen eingerichtet, mit denen die Verschleppung von radioaktiven Stoffen vermieden wird (siehe Kapitel 11).

Weiterhin besteht das Risiko, dass im Fall eines Schwebenbruchs die eingelagerten Gebinde beschädigt werden und radioaktive Stoffe in der Einlagerungskammer austreten können. Auch diese Situation wird im Rahmen dieses Berichtes betrachtet. Die radiologischen Auswirkungen eines Schwebenbruchs sowie weiterer Ereignisse, die zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe führen können, werden im Kapitel 13 „Sicherheits- und Nachweiskonzept“ dargestellt und bewertet. Dabei wird jedoch nicht der gesamte Prozess der Rückholung betrachtet, sondern ausschließlich die Phasen „Herstellen eines Bergehohlraums“ und „Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz“, da die anderen mit denen des Grund- und Alternativkonzeptes identisch sind und bereits im 4. Teilbericht (DMT, 2019) erläutert wurden.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 19 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

3 BERGUNG MIT GEBIRGSSTÜTZENDEM VERSATZ IM RAHMEN DER SITUATIONSANGEPASTEN PLANUNG

Im 3. Teilbericht wurde die situationsangepasste Planung erläutert und im Zuge dessen dargelegt, dass die ELK 8a/511 in dem Fall versetzt werden muss, wenn u.a. deren Schwebe zur 490-m-Sohle nicht tragfähig ist (DMT, 2018a). In diesem Kapitel werden die dazu erforderlichen Maßnahmen einführend und für einen Überblick skizziert. Erst danach werden die verschiedenen Möglichkeiten der Maßnahmen detailliert dargestellt, erörtert und bewertet.

Bei einer nicht intakten Schwebe kann ein unvermittelter Schwebenbruch nicht ausgeschlossen werden. Der von einem Schwebenbruch betroffene Bereich ist in Abbildung 3 an Hand eines vertikalen Schnittes durch die ELK 8a/511 und eines Grundrisses der 490-m-Sohle dargestellt.

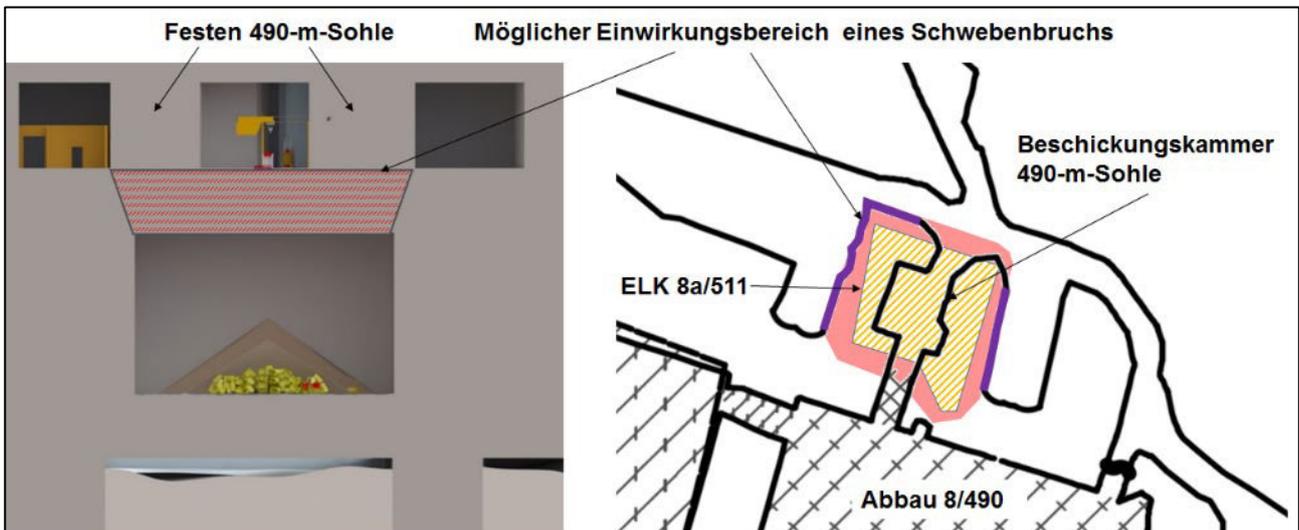


Abbildung 3: Von einem Schwebenbruch betroffene Bereiche

In Abhängigkeit des Ausmaßes der Schädigung ist es auf Grund aktueller Messungen unwahrscheinlich, aber nicht auszuschließen, dass von einem Schwebenbruch nicht nur die Sohle der Beschickungskammer, sondern auch die Festen auf der 490-m-Sohle betroffen sind.

Bei gebrochener Schwebe ist die ELK 8a/511 unmittelbar danach geöffnet. Damit ein Schwebenbruch nicht zu einer Verbreitung radioaktiver Stoffe im Grubengebäude führt, wird eine Schleuse vorgesehen, die einen auf die 490-m-Sohle ausgedehnten Inneren Arbeitsbereich vom Sonstigen Grubenraum trennt. Um den Inneren Arbeitsbereich so klein wie möglich zu halten, werden nicht genutzte Teile der 490-m-Sohle verfüllt oder abgedämmt.

Auf der Sohle einer nicht tragfähigen Schwebe zwischen der 490-m-Sohle und der Firste der ELK 8a/511 kann ein gefahrloses Arbeiten nicht zugesichert werden. Damit die Belegschaft durch eine brechende Schwebe nicht gefährdet wird, muss eine Bühne auf der 490-m-Sohle bis in die Beschickungskammer eingezogen werden, die z. B. tief im Gebirge oberhalb der 490-m-Sohle verankert oder auf Stahlprofilen installiert wird, die auf standfestem Gebirge gelagert sind und die ELK 8a/511 weit genug überspannen.

Zusätzlich muss diese Bühne in der Lage sein, die Belegschaft bei Arbeiten oberhalb der Schwebe im Inneren Arbeitsbereich vor an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden als auch vor möglicher Direktstrahlung der Gebinde zu schützen. Darum muss die Bühne eingehaust und an die Schleuse



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 20 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

der 490-m-Sohle angeschlossen werden. Die Kombination aus Bühne und Einhausung mit der Funktion einer ausgeweiteten Schleuse wird im Weiteren Bühnenschleuse genannt und ist in der Formgebung mit einer Fluggastbrücke zum Einstieg der Passagiere in ein Flugzeug vergleichbar.

Die Bühnenschleuse ist ein komplexes Gebilde. Um die im Folgenden verwendeten Abbildungen übersichtlich zu gestalten, wurde auf die Bühnenschleuse in den Abbildungen verzichtet und die Abläufe ohne Bühnenschleuse dargestellt. Die Schleuse auf der 490-m-Sohle und die Bühnenschleuse werden detailliert im Kapitel 11 erläutert und dargestellt. Sollte die Schwebenachse nachweislich standsicher sein und ein Schwebenbruch ausgeschlossen werden können, ist eine Bühnenschleuse verzichtbar.

Ist ein Schwebenbruch möglich, sind auch Arbeiten auf der Schwebenachse ausgeschlossen, die dazu dienen, die Streckenkontur der Grubenbaue der 490-m-Sohle zu erhalten, zu verbessern oder für die Rückholung vorzubereiten. Dies gilt z. B. für Arbeiten, um die Beschickungskammer zu erhöhen, damit Material einfacher in die Einlagerungskammer eingefahren werden kann. Die erforderliche Höhe kann zum einen beispielsweise mit einem auf Vorbohrloch gebohrten Bohrloch von einer darüber liegenden, bisher nicht vorhandenen Strecke hergestellt werden, wofür eine weitere Schleuse erforderlich ist. Zum anderen kann die Bohrung von der Bühnenschleuse erfolgen. Das in beiden Fällen beim Bohren entstehende Haufwerk wird mit einem von der Bühnenschleuse getragenen Förderer auf die 490-m-Sohle abgefördert. Beide Möglichkeiten sind mit erheblichem Aufwand verbunden. Wegen des hohen Aufwandes wird davon ausgegangen, dass die Beschickungskammer nicht verändert wird und von den bestehenden Maßen ausgegangen.

Durch die Schwebenachse existieren derzeit 6 Bohrlöcher zur ELK 8a/511. Durch eines dieser Löcher mit einem Durchmesser von 1 m wurden die Gebinde von der Beschickungskammer in die ELK 8a/511 abgelassen. Diese Bohrung soll für die Arbeiten zum Versetzen der ELK 8a/511 genutzt werden. Muss Versatz auf Grund einer nicht tragfähigen Schwebenachse einbracht werden, ist diese folglich sehr instabil. Eine Instandsetzung oder Aufweitung der ehemaligen Beschickungsbohrung ist nicht möglich ohne die Gefahr, damit einen Schwebenbruch zu verursachen. Gegebenenfalls muss ein neues Bohrloch seitlich in standfestem Gebirge und außerhalb der Einwirkung eines Schwebenbruchs hergestellt werden, das jedoch nicht für alle erforderlichen Arbeitsvorgänge gleich gut geeignet ist.

Im Zuge der situationsangepassten Planung zur Sicherung der Einlagerungskammer und Bergung der Gebinde wurden Möglichkeiten erläutert, wie die ELK 8a/511 auch bei nicht standsicherer Sohle versetzt und geleert werden kann. Dieser Entscheidungsprozess wird im Folgenden einleitend zunächst erneut beschrieben und gibt einen Überblick in die prinzipielle Vorgehensweise zum Einbringen von Versatz und Bergen der Gebinde. In Anführungszeichen gesetzte Texte sind mit den Texten der Diagrammsymbole des Flussdiagramms im 3. Teilbericht identisch. Daran schließen sich Möglichkeiten einer Bergung an, die bei standsicherer Sohle der ELK 8a/511 angewendet werden können.

Die Einlagerungskammer wird über die alte Beschickungsbohrung oder über eine neu zu erstellende Bohrung von der 490-m-Sohle versetzt (Abbildung 4). Die neue Bohrung ist in ihrer Lage exemplarisch dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 21 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

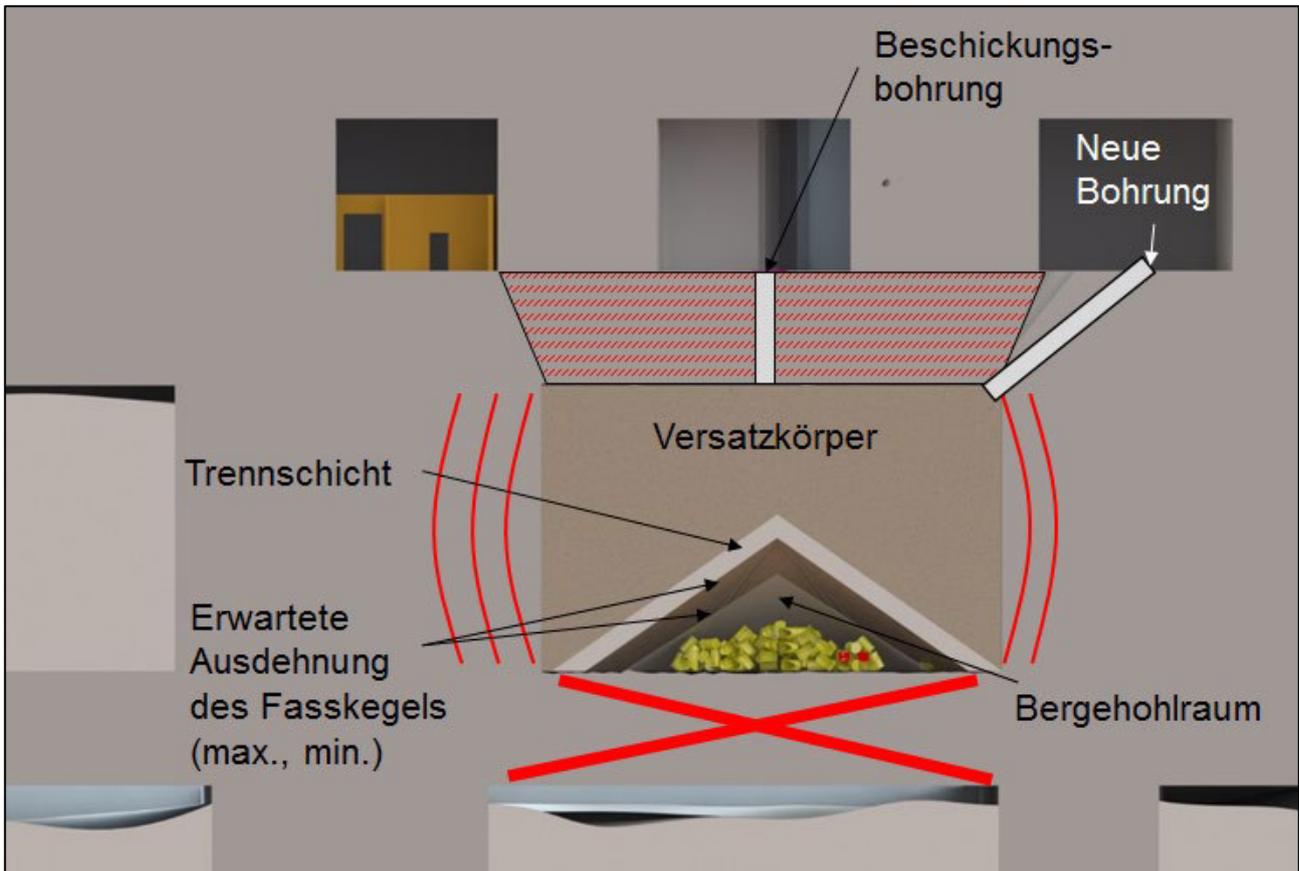


Abbildung 4: Versetzte ELK 8a/511

Die Abbildung zeigt zudem den möglichen Einwirkungsbereich eines Schwebenbruchs (schraffiert) sowie die minimal und maximal zu erwartende Ausdehnung des Gebindekegels. Die Rezeptur des Versatzmaterials muss so gewählt werden, dass ein tragfähiger Versatzkörper entsteht, unter dem eine Rückholung möglich ist. Die Aufgaben des Versatzes werden in Kapitel 4, der Aufbau des Versatzkörpers in Kapitel 6.3 beschrieben. Bei Bedarf wird der Versatzkörper (Abbildung 4) durch geeignete Ausbaumittel stabilisiert, damit er sich vertikal nicht bewegen kann (siehe Kapitel 6.4).

Damit die Gebinde zurückgeholt werden können, ist vorgesehen, einen Hohlraum zu schaffen, der eine Bergung gefahrlos ermöglicht. Dieser wird als Bergeshohlraum (Abbildung 4) bezeichnet. Die Größe des Bergeshohlraums hängt u.a. von der Ausdehnung des Gebindekegels ab, die derzeit noch nicht exakt bekannt ist und erkundet werden muss. Um die Rückholung zu erleichtern, wird vor dem Versetzen eine Trennschicht (Abbildung 4) eingebracht, die die Gebinde vom Versatz trennt. Die Ausdehnung dieser Trennschicht bestimmt ebenfalls die Größe des Bergeshohlraums. Liegen Gebinde außerhalb des Gebindekegels, kann die Trennschicht so ausgedehnt werden, dass diese Gebinde im Bergeshohlraum liegen. Alternativ werden sie in einem separaten Vorgang geborgen.

Nachdem die ELK 8a/511 versetzt ist, sind Firste und Stöße gesichert. Für die Bergung wird ein Zugang zum Bergeshohlraum geschaffen, der mit einer weiteren Schleuse vom übrigen Grubengebäude getrennt sein muss. Dieser Zugang kann je nach Zugangsrichtung und Zugangsniveau unterschiedlich platziert sein. Wird die Bergung von der 490-m-Sohle durchgeführt, kann die für das Versetzen verwendete Schleuse weiter genutzt werden, muss jedoch zusätzlich mit einer Umverpackungsanlage ausgerüstet werden. Eine weitere Schleuse zur Bergung – neben der auf der 490-m-



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 22 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Sohle zum Versetzen – ist immer dann erforderlich, wenn der Zugang zur Bergung nicht von der 490-m-Sohle erfolgt.

Im 3. Teilbericht wurde beschrieben, dass die Dosisleistung der Gebinde beim Bergevorgang gemessen wird und die Gebinde in Abhängigkeit ihrer Dosisleistung in bereitstehende Innenbehälter sortiert werden. Die Sortierung ermöglicht es, eine auf die Dosisleistung der Gebinde angepasste Abschirmung der Umverpackungen zu wählen und damit die Kosten für diese zu verringern. Für die Sortierung wird jedoch eine genügend große Fläche vorausgesetzt, um eine ausreichende Anzahl von Innenbehältern in der Nähe der zu bergenden Gebinde abzustellen. Die Abbildung 4 verdeutlicht, dass dieser Platz zumindest zu Beginn der Bergung nicht in ausreichendem Maße vorhanden ist. Darum muss zu Beginn der Bergung auf eine Sortierung verzichtet und die Abschirmung der Umverpackungen für den größten Teil der Gebinde überdimensioniert ausgelegt werden. Steht nach Bergung eines Teils der Gebinde genügend Raum zur Verfügung, können die Gebinde vorsortiert in die Innenbehälter gestellt werden.

Trotz einer Verfüllung des Firstspaltes unterhalb der Sohle der ELK 8a/511 kann ohne weitere Erkundung nicht ausgeschlossen werden, dass trotz gesicherter Firste die Sohle der ELK 8a/511 nicht standsicher ist (Abbildung 4, rote Markierung in der Sohle). Das Zugangsniveau zur Bergung ist abhängig davon, ob die Sohle standsicher und befahrbar ist. Ist die Sohle entweder nicht standsicher oder nicht befahrbar, muss ein Zugang oberhalb der Sohle der ELK 8a/511 gewählt werden. Die Bergung bei dieser Lage des Zugangs wurde bereits im 3. Teilbericht beschrieben und wird im Folgenden neben weiteren Möglichkeiten dargelegt.

3.1 ZUGANG FÜR DIE BERGUNG HORIZONTAL OBERHALB DER GEBINDE

Bei nicht nutzbarer Sohle der ELK 8a/511 besteht die Möglichkeit, den Zugang für die Rückholung „horizontal oberhalb der Gebinde“ herzustellen (Abbildung 5).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 23 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

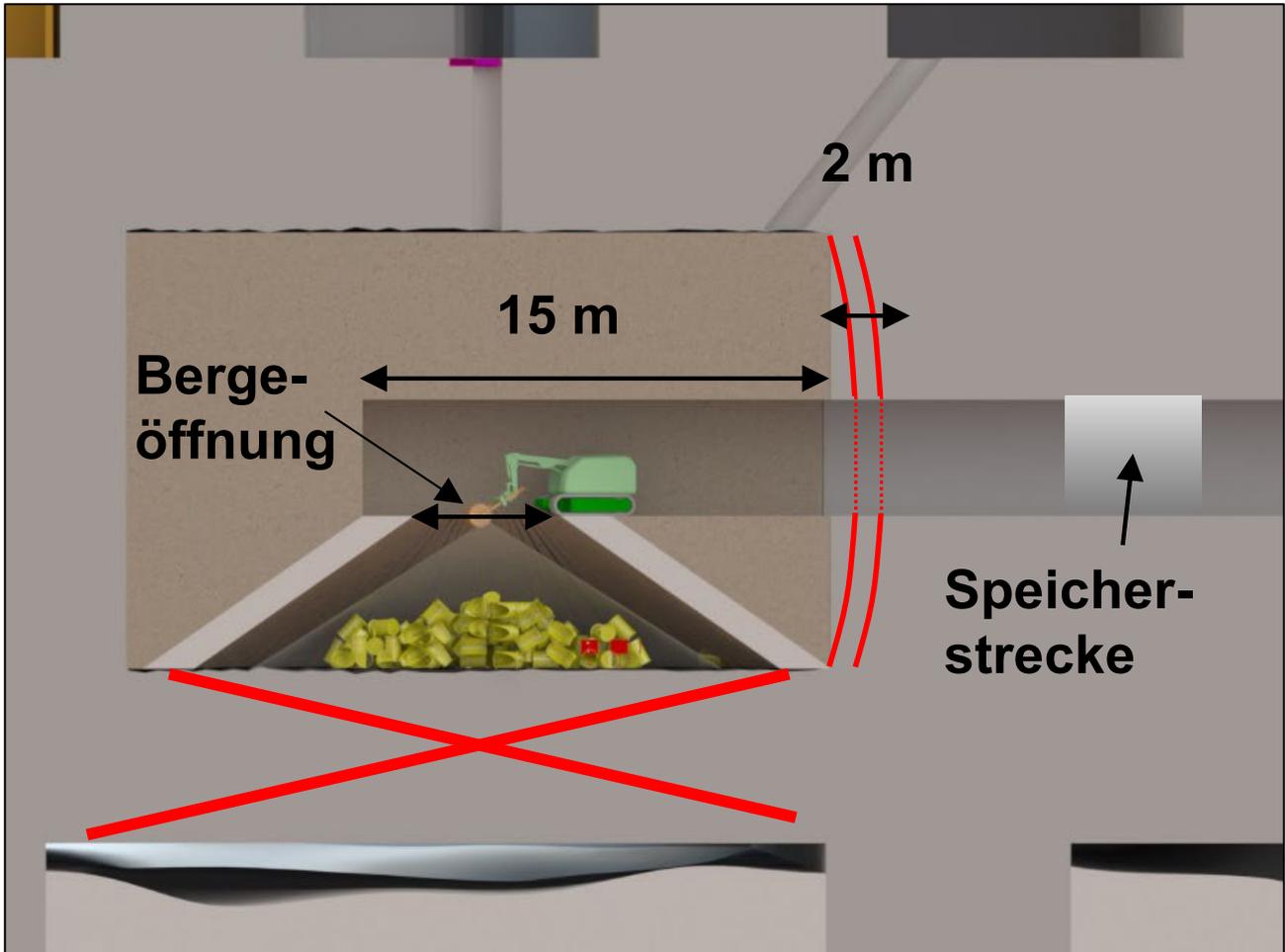


Abbildung 5: Horizontaler Zugang für die Bergung an der Gebindekegelspitze

Für das bei der Herstellung des Zugangs entstehende Haufwerk wird eine Speicherstrecke (Abbildung 5) mit einer Länge von ca. 40 m rechtwinklig zur Zugangsstrecke aufgefahren, um dort das Haufwerk aus der Auffahrung der Zugangsstrecke abzuladen. Die dazu genutzte Speicherstrecke wird zwischen der Schleuse und der Kammer aufgefahren, bevor die Schleuse in Betrieb genommen wird und bevor die Einlagerungskammer erreicht wird. Das bei der Auffahrung der Speicherstrecke und zwischen der Speicherstrecke bis ca. 2 m vor der Einlagerungskammer entstehende Haufwerk ist kontaminationsfrei und wird abgefördert.

Die Stöße der Einlagerungskammer sind voraussichtlich kontaminiert (siehe Kapitel 2). Da eine Bruchverformung der Stöße nicht ausgeschlossen ist, kann eine Kontamination auch auf den Bruchflächen vorhanden sein. Darum wird das Haufwerk aus der Auffahrung der Zugangsstrecke ab 2 m vor und bis kurz jenseits des Kammerstoßes radiologisch charakterisiert und die Ergebnisse dokumentiert. Von einer Kontamination des Versatzmaterials (ca. 15 m innerhalb der Einlagerungskammer) wird nicht ausgegangen.

Das Haufwerk ist als Zuschlagstoff zur Verfüllung des Bergehohlraums nach Abschluss der Bergung nutzbar und wird nicht ausgeschleust, sondern in der vorgesehenen Speicherstrecke bis zur Verwendung gelagert. Kontaminiertes Haufwerk kann, sofern dessen Kontamination dies nicht aus-

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 24 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

schließt, ebenfalls für die Verfüllung des Bergehohlraumes genutzt und in der Speicherstrecke gelagert werden. Sollte dieses Haufwerk zur Verfüllung nicht verwendbar sein, wird es sicher verpackt ausgeschleust.

Die Öffnung in der Sohle der Zugangsstrecke zum Bergen der Gebinde wird im weiteren „Bergeöffnung“ genannt. Der Durchmesser der Bergeöffnung ist von der vertikalen Lage der Sohle der Zugangsstrecke zum Bergehohlraum abhängig. Je tiefer die Sohle der Zugangsstrecke zum Bergehohlraum liegt, umso größer wird die Bergeöffnung. Eine geeignete Größe der Bergeöffnung ist derzeit und womöglich auch in der Praxis nicht präzise vorhersagbar. Darum müssen Möglichkeiten existieren, die Bergeöffnung noch während der Bergung bedarfsgerecht anpassen zu können. Dazu kann die Strecke im oberen Niveau des Gebindekegels und anschließend die Sohle nachgeschnitten werden, bis sie so tief liegt, dass die Bergeöffnung groß genug ist.

Die aus dem Versatzmaterial bestehende Sohle des Zugangs muss für die Vortriebs- und Bergemaschinen ausreichend standfest sein. Die dafür notwendige Festigkeit des Versatzkörpers muss bereits bei dessen Herstellung berücksichtigt werden (siehe Kapitel 6.3).

An der Ortsbrust des Zugangs müssen „Gebinde bis zur Sohle des Zugangs entfernt“ werden. Die Bergeöffnung wird z. B. mit Stahlplatten abgedeckt und die Auffahrung so weit wie nötig fortgesetzt. Ist ein „Bergen unterhalb der Zugangssohle möglich“, kann dazu ein „stehender Drehkran auf Schienen“ oder Bagger (Abbildung 6) eingesetzt werden. Die Schienen überspannen die zur Rückholung erforderliche Öffnung in der Sohle der Zugangsstrecke. Der Drehkran ist verfahrbar und muss mit seinem Ausleger jede Stelle und jedes Gebinde unterhalb des Zugangs erreichen können.

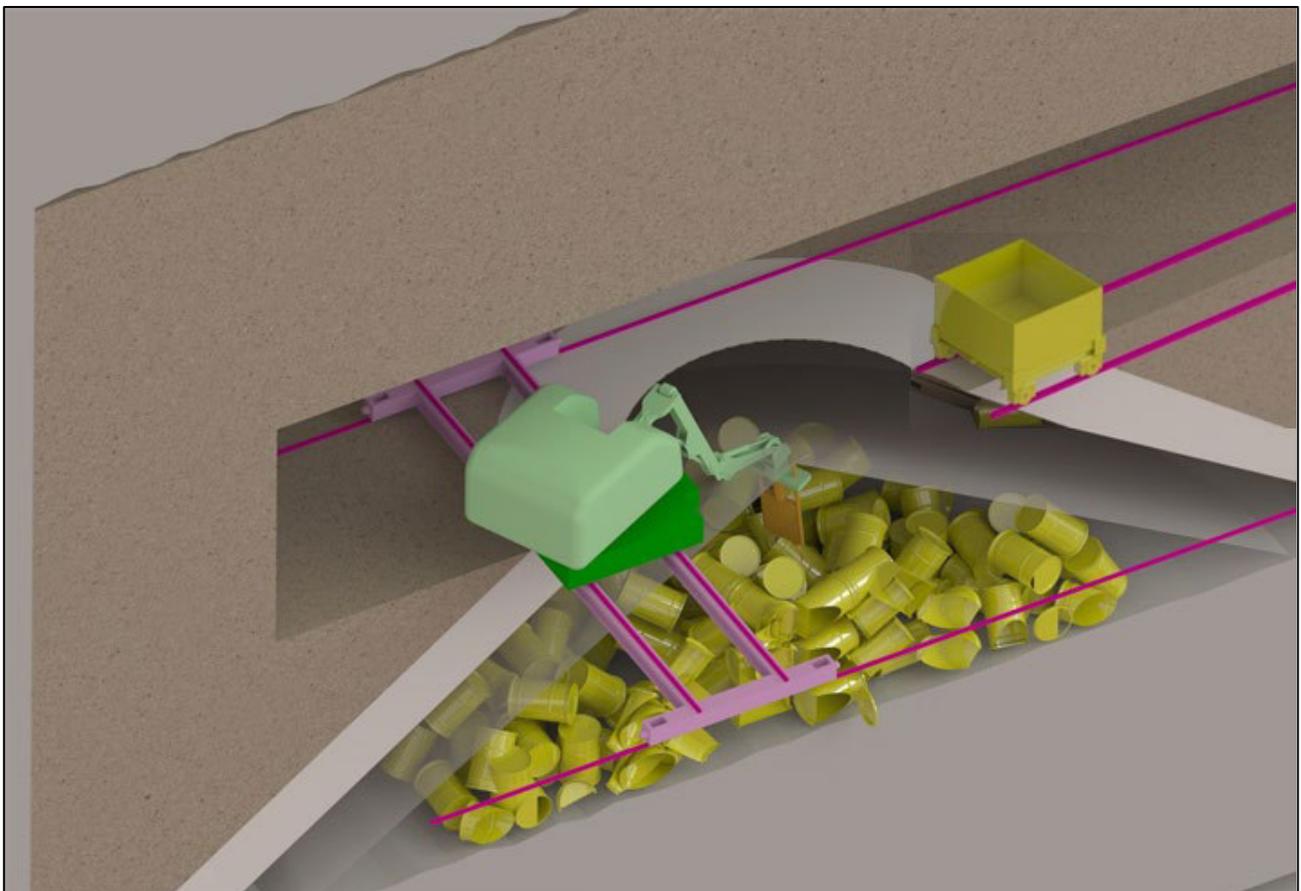


Abbildung 6: Bagger (beispielhaft) auf Schienen für Bergung unterhalb der Zugangssohle

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 25 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Der Drehkran oder Bagger hebt die Gebinde durch die Bergöffnung in die Zugangsstrecke und lädt sie z. B. in eine schienengeführte Transporteinrichtung (wie im Bild dargestellt) oder in die Schaufel eines Radladers. Die Gebinde werden zur Umverpackungsanlage der Schleuse gebracht. Sollte sich ein stehender Drehkran oder Bagger im Zuge der weiteren Planungen als nicht praktikabel herausstellen, wird ein „hängender Drehkran“ verwendet. „Kann ein Drehkran im Zugang aufgehängt werden“, wird er „an der Zugangsfirste“ (dem Versatzkörper) angeschlagen (Abbildung 7). Die Rezeptur des Versatzgutes muss so ausgelegt sein, dass die dabei auftretenden Kräfte aufgenommen werden können.

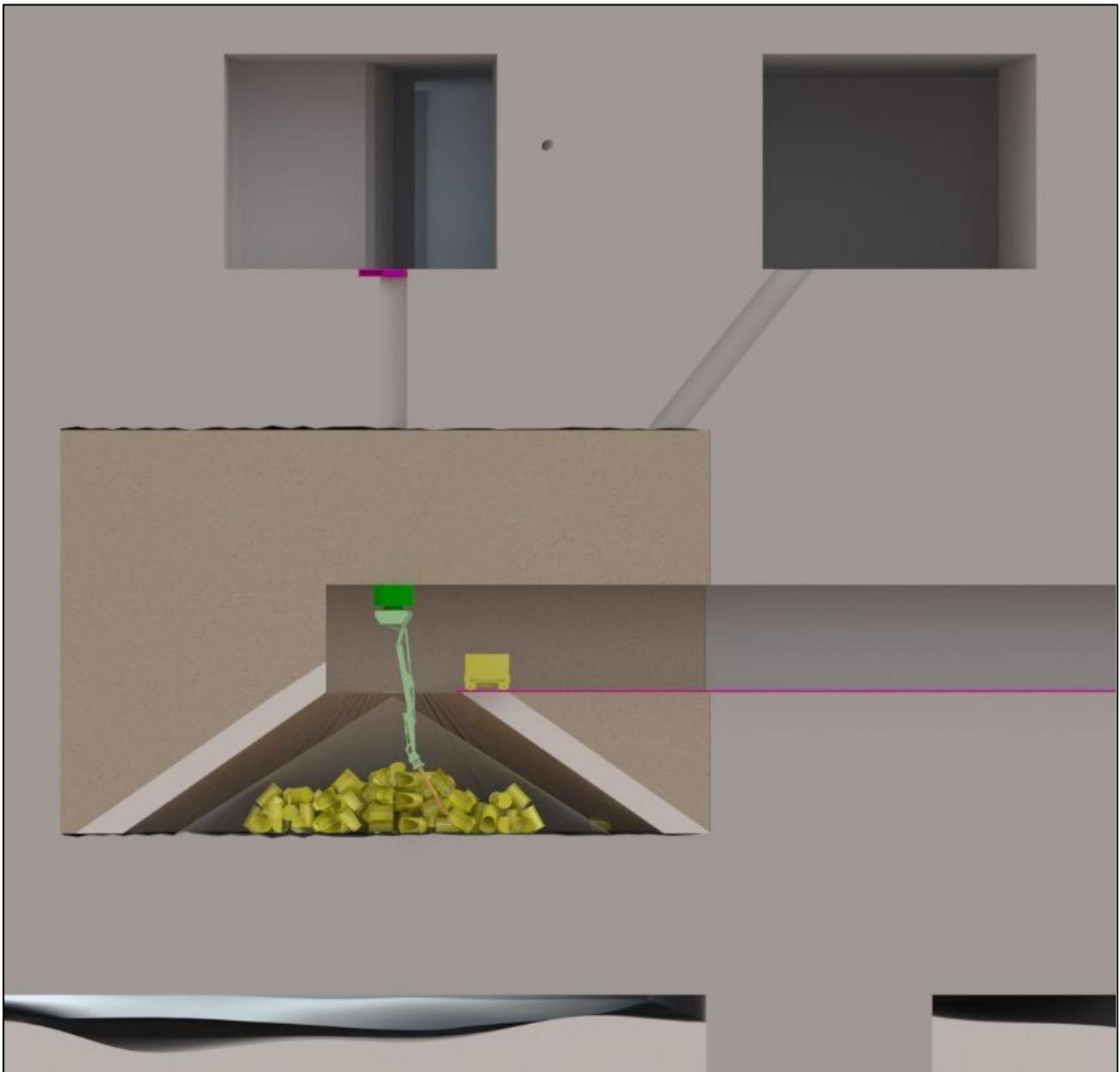


Abbildung 7: Hängender Drehkran; angeschlagen an der Zugangsfirste

Kann ein Drehkran nicht an dem Versatzkörper angebracht werden (z. B. weil der Versatz zwar ausreichend tragfähig zur Gebirgsstützung, jedoch zu wenig fest für eine Befestigung ist), kann der

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 26 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Versatzkörper durchbohrt und eine Teleskoptraverse von der durch den Versatz stabilisierten Schweben auf der 490-m-Sohle abgehängt werden (Abbildung 8).

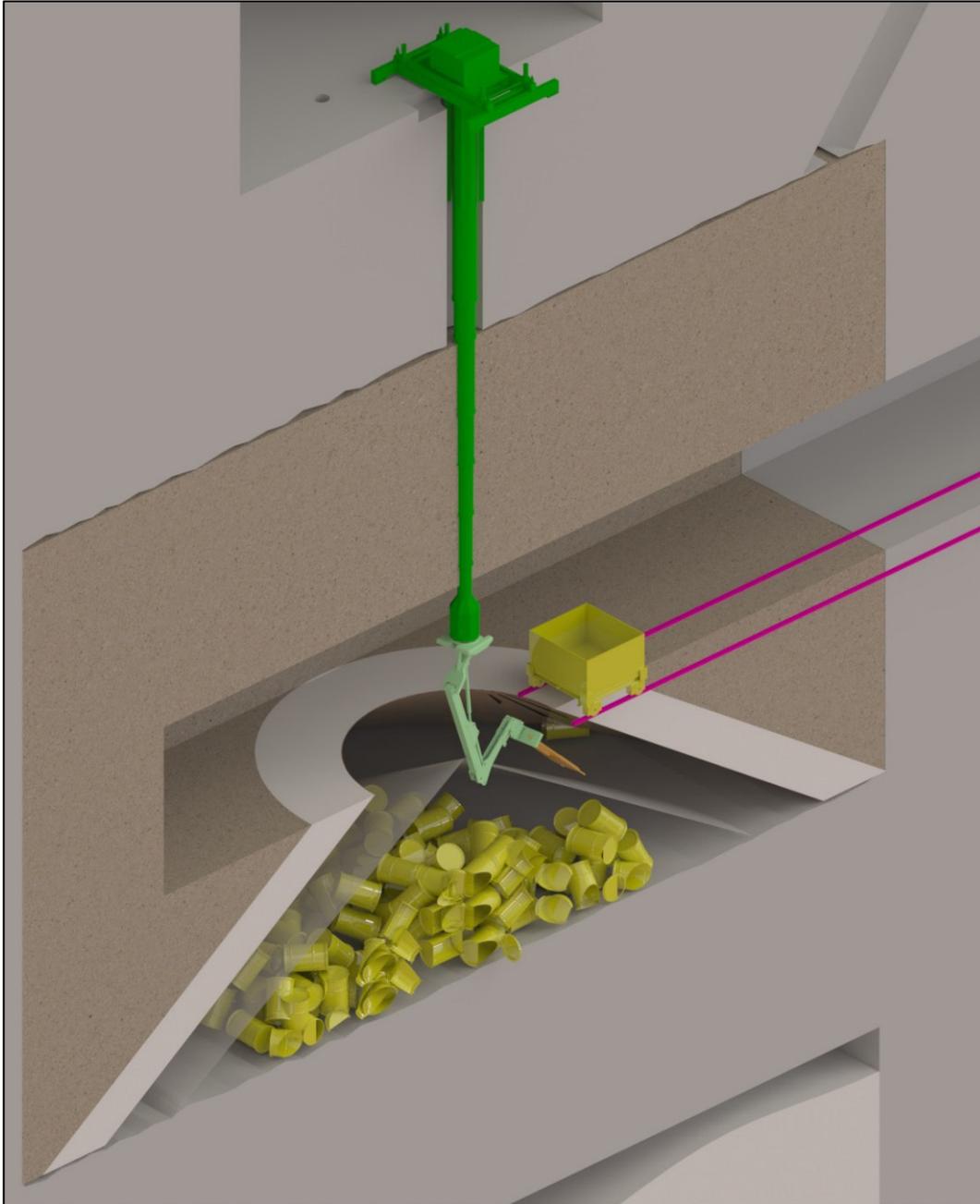


Abbildung 8: Hängender Drehkran; abgehängt von der Beschickungskammer als Teleskoptraverse

Die Abförderung der Gebinde zur Schleuse übernimmt nach wie vor ein Flurfahrzeug. Je weiter die Gebinde am Rand des Gebindekegels liegen, umso größer wird die Beanspruchung für das Bergegerät, weil der Ausleger des Bergegerätes immer länger werden muss, um weiter an den Rand des Gebindekegels zu gelangen. Zunächst werden die Gebinde von oben nach unten aus



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 27 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

der Mitte unterhalb der Bergeöffnung geborgen, bis die Sohle freiliegt. Dadurch wird die Gewichtsbelastung der Sohle durch die Gebinde beträchtlich verringert. Diese Gewichtsverringering ermöglicht die Nutzung von Robotern auf der Sohle für die Bergearbeiten entfernt liegender Gebinde, trotz verringerter Standfestigkeit der Sohle der Einlagerungskammer. Alternativ kann in der Mitte unterhalb der Bergeöffnung der Kran auf der Sohle verankert werden, um dem Kran größere Stabilität bei der Bergung von Gebinden am Rand des Gebindekegels zu geben.

3.2 ZUGANG FÜR DIE BERGUNG VON DER 490-M-SOHL

Sollte ein horizontaler Zugang nicht möglich sein oder die Gebinde über die 490-m-Sohle abgefördert werden müssen, ist ein vertikaler Zugang mit ca. 3 m bis 4 m Durchmesser und vergleichbar einem Schacht (Abbildung 9) erforderlich.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 28 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

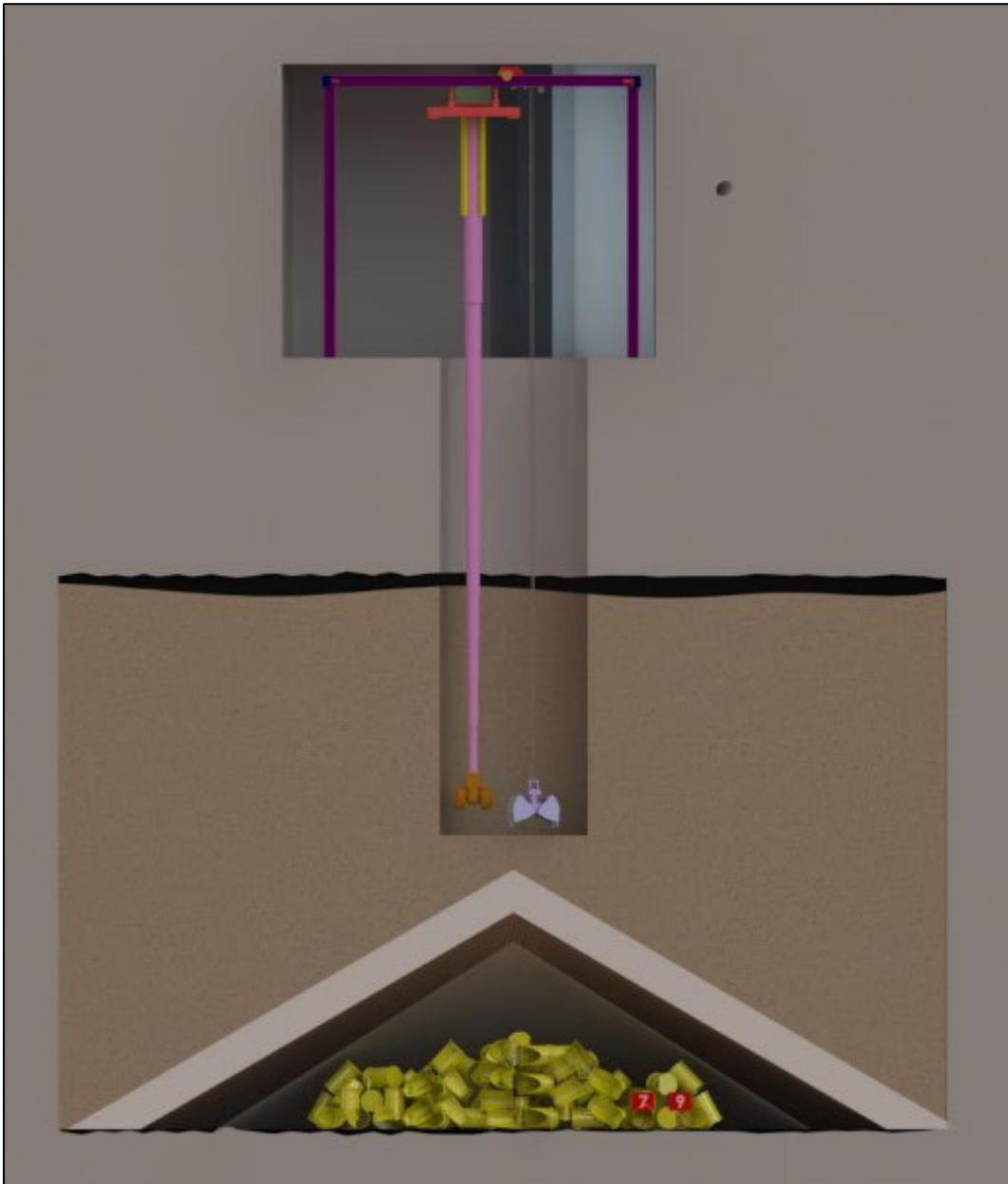


Abbildung 9: Herstellen eines vertikalen Zugangs und Abförderung zur 490-m-Sohle

Der vertikale Zugang wird schneidend mit einer Fräse an einer Teleskoptraverse hergestellt und das entstandene Haufwerk mit einem Greifer auf die 490-m-Sohle gehoben. Im Bereich der Spitze des Gebindekegels wird bei Bedarf auf einen Hydraulikhammer umgestellt, um die Gebinde nicht zu beschädigen. Es ist möglich, dass beim Durchschlag Haufwerk der Sohle des vertikalen Zugangs in den Bergehohlraum fällt. Die Größe der Bergeöffnung ist so groß wie der Durchmesser des vertikalen Zugangs von der 490-m-Sohle und kann vergrößert werden, indem der vertikale Zugang aufgeweitet wird. Das ist aufwändiger herzustellen, als die Vergrößerung durch eine tiefer liegende Sohle eines horizontalen Zugangs.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 29 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Ist die Spitze des Bergehohlraums erreicht, muss das oberste Gebinde entnommen werden, damit es bei der weiteren Herstellung der Bergeöffnung nicht beschädigt wird. Erst der dadurch frei werdende Raum ermöglicht es, die Bergeöffnung erneut zu vergrößern ohne die Gebinde zu beschädigen. Danach werden die nächsten Gebinde entnommen und der Vorgang sukzessive, wie beschrieben, bedarfsorientiert fortgeführt. Die Phase Durchstoß und Bergung findet somit gleichzeitig statt und die dazu erforderlichen Betriebsmittel müssen für beide Vorgänge installiert sein. Erfahrungsgemäß ist es komplexer und damit aufwändiger, wenn 2 Phasen gleichzeitig durchgeführt werden, zumal Betriebsvorgänge in vertikaler Richtung anspruchsvoller als in horizontaler Richtung sind. Die Gebinde werden mit einer Teleskoptraverse geborgen und im Niveau des Greifers der Teleskoptraverse in einen Innenbehälter abgelassen (Abbildung 10).

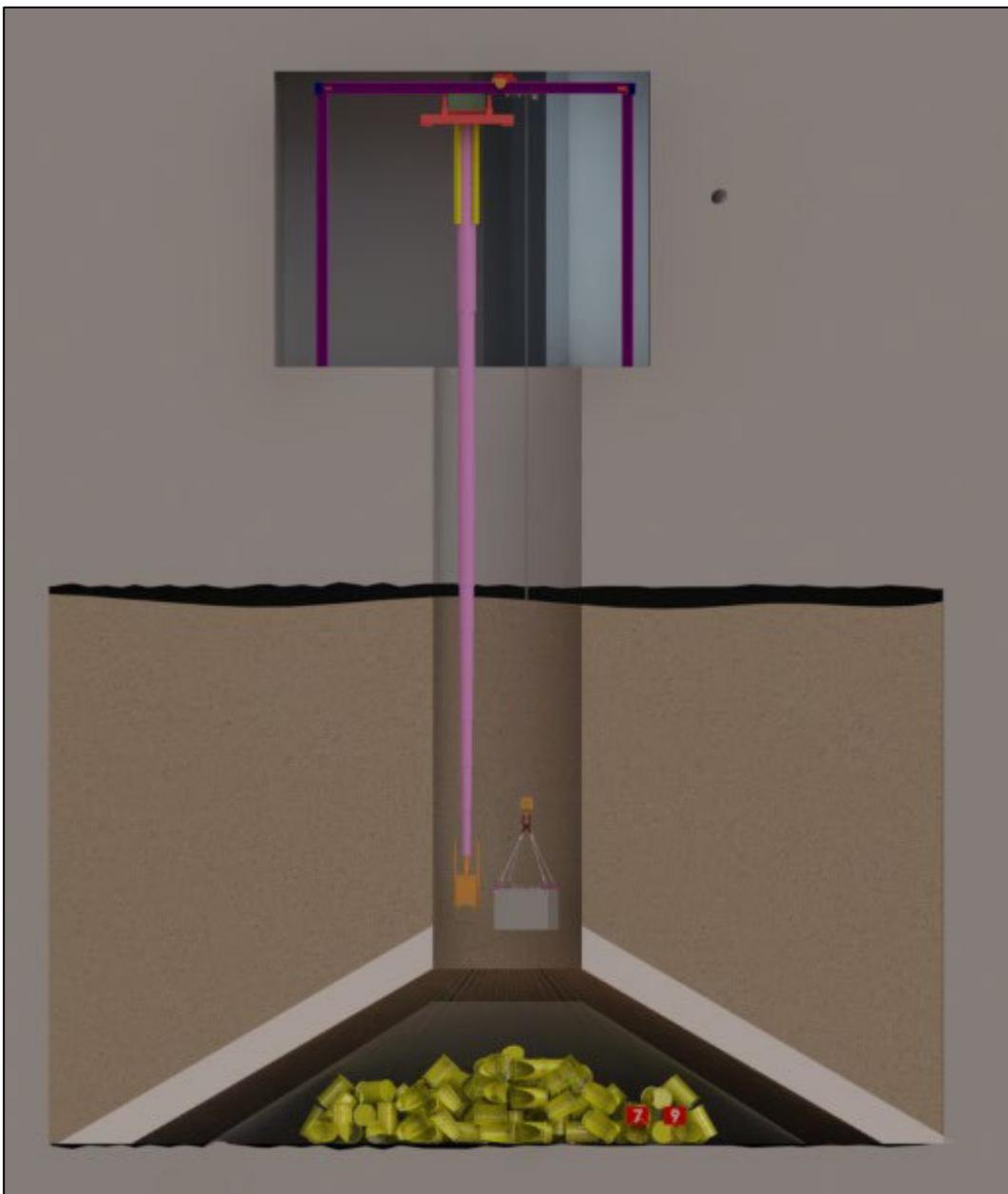


Abbildung 10: Greifen eines Gebindes und ablassen in einen Innenbehälter

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 30 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Damit der Innenbehälter bei der Beladung weniger schwingt, kann er an Seilen geführt sein oder durch eine im Zugang befindlichen Konsole stabilisiert werden. Der Innenbehälter kann zum Beladen erstmals dann abgestellt werden, wenn die ELK-Sohle freigelegt ist. Der Innenbehälter wird mit einer Fördereinrichtung vergleichbar einem Kran auf die 490-m-Sohle gehoben.

Damit die Gebinde beim Herstellen des vertikalen Zugangs nicht beschädigt werden und um zusätzlich die Betriebsvorgänge zu entzerren und die Übergabe der Gebinde in die Hubeinrichtung zu erleichtern, ist es möglich, zunächst eine horizontale Zugangsstrecke aufzufahren (Abbildung 11).

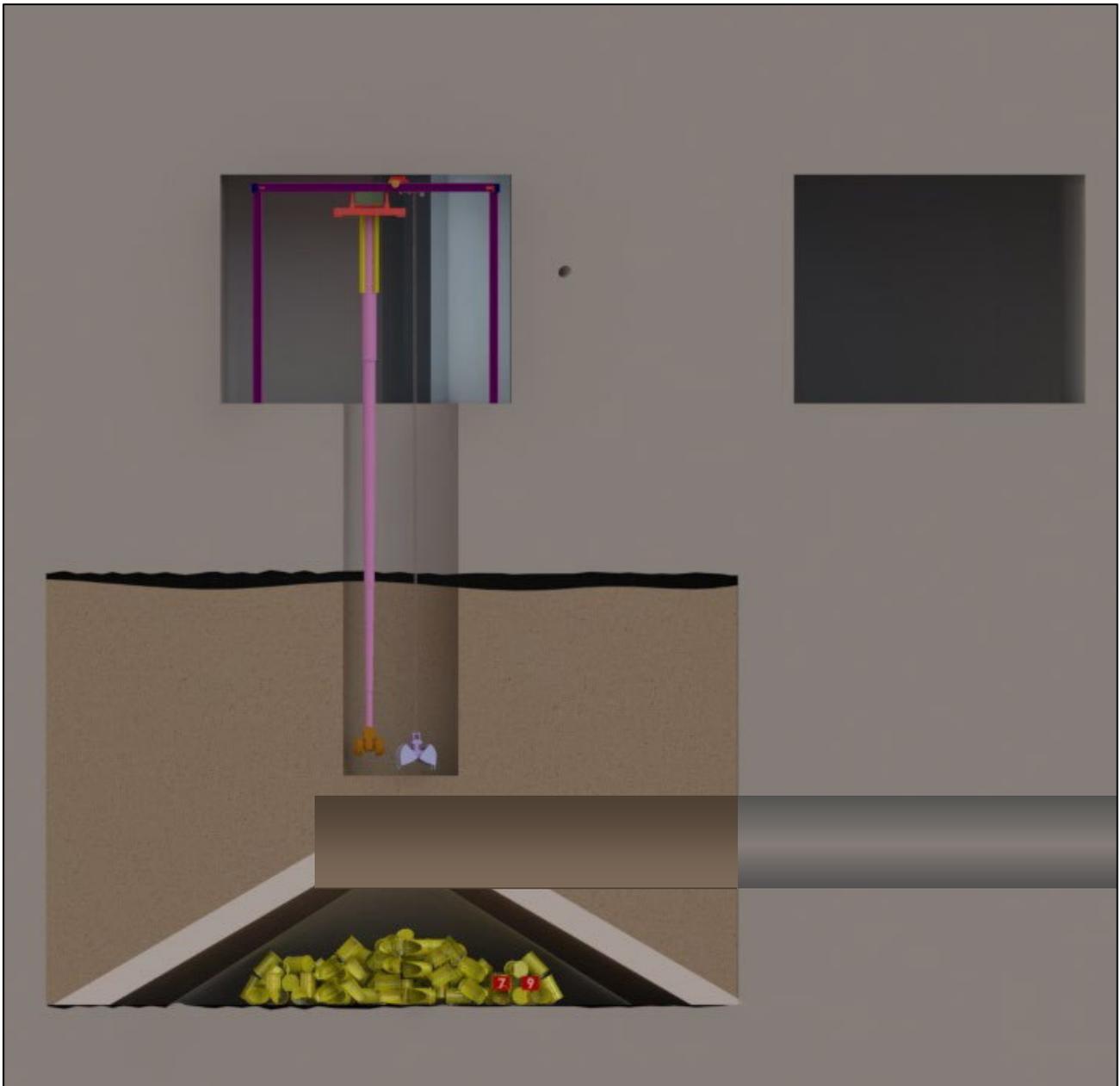


Abbildung 11: Herstellen eines vertikalen Zugangs mit vertikaler Abförderung des Haufwerks; Durchstoß in den Bergehohlraum und in den vertikalen Zugang aus einer Strecke

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 31 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Der Bergehohlraum bleibt während der Herstellung des senkrechten Grubenbaus zunächst ungeöffnet. Bei Bedarf kann auf den Greifer verzichtet werden und das beim Teufen des vertikalen Grubenbaus entstehende Haufwerk wird durch ein Vorbohrloch (Abbildung 12, rot) auf die horizontale Strecke gefördert und von dort abtransportiert (Abbildung 12, blauer Pfeil).

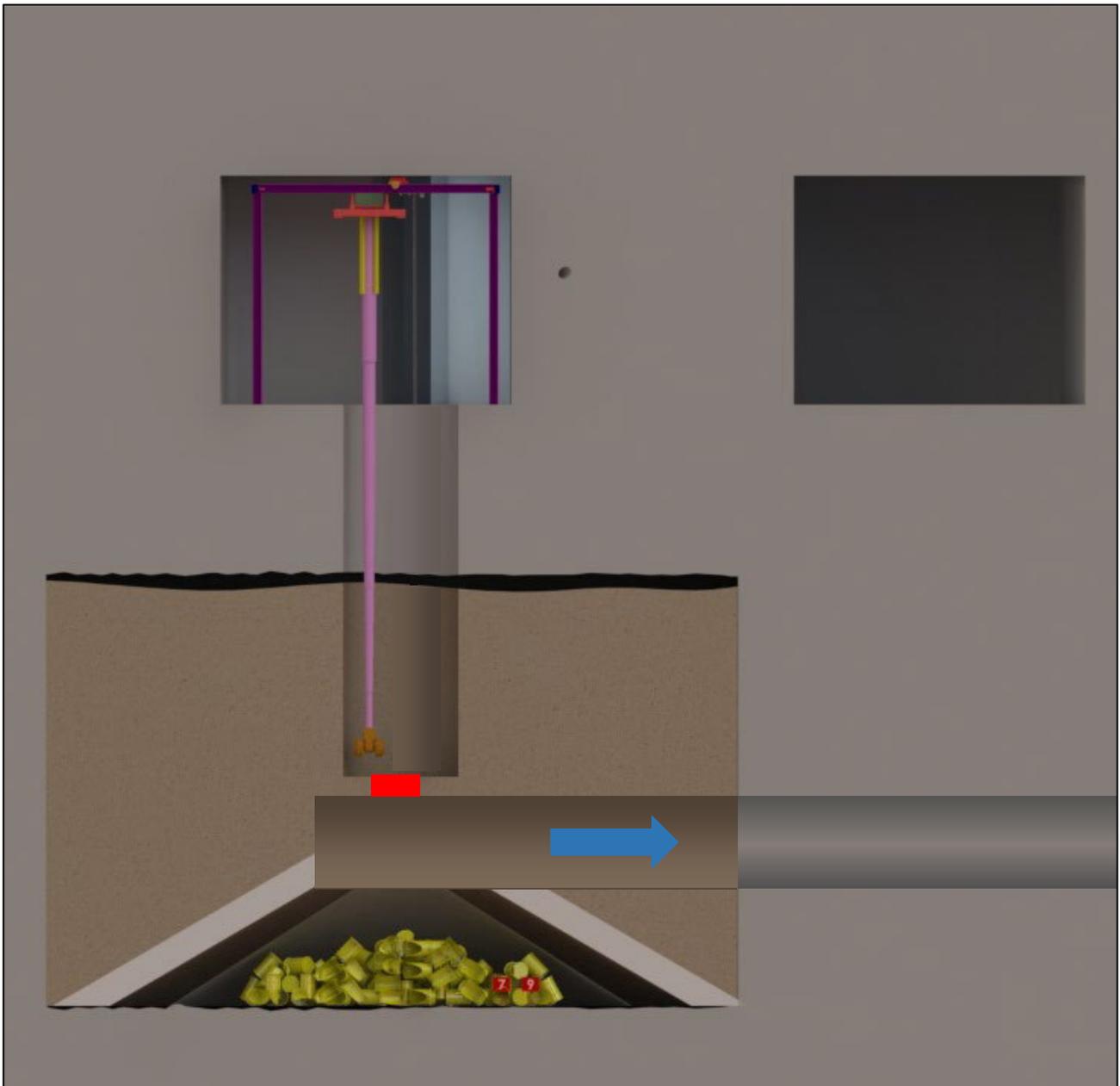


Abbildung 12: Herstellen eines vertikalen Zugangs mit horizontaler Abförderung des Haufwerks durch ein: Vorbohrloch (rot); Durchstoß in den Bergehohlraum und in den vertikalen Zugang aus einer Strecke

Der Durchstoß in den Bergehohlraum wird von der horizontalen Strecke hergestellt. Da die Gebinde ebenfalls über die horizontale Strecke abgefördert werden, ist eine Schleuse auf der 511-m-Sohle erforderlich.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		B2951867			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

Bei einem Zugang von der 490-m-Sohle ist keine weitere Schleuse nötig, da die Gebinde über die 490-m-Sohle abgefördert werden. Die vorhandene Schleuse muss gegenüber der Phase, bei der die Schleuse zum Versetzen der ELK 8a/511 genutzt wird, für die Phase der Auffahrung und Bergung vorbereitet sein und angepasst werden (z. B. Umverpackungsanlage). Erfahrungsgemäß ist die Herstellung eines Schachtes oder eines schachtähnlichen Grubenbaus aufwändiger als die horizontale Grubenbaue gleichen Querschnitts.

3.3 ZUGANG FÜR DIE BERGUNG HORIZONTAL IM NIVEAU DER ELK-SOHL

Sollte die Sohle standsicher und befahrbar sein, ist ein horizontaler Zugang im Niveau der Sohle möglich (Abbildung 13). Als Betriebsmittel für die Auffahrung und Bergung sind flurgebundene Fahrzeuge vorgesehen.



Abbildung 13: Horizontaler Zugang

Die Auffahrung der Zugangsstrecke und Bergung der Gebinde ist mit dem Grundkonzept vergleichbar. Im Vergleich zum Grundkonzept sind die Platzverhältnisse zum Bergen jedoch beengter. Zudem werden die Gebinde bis zur Gebindekegelmitte während des Bergevorgangs ständig vom Gebindekegel herunterrollen, da die Bergung nicht von der Spitze des Gebindekegels erfolgen kann.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 33 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Bei Bedarf kann der Zugang nach oben Richtung Gebindekegelspitze erweitert werden, um die Gebinde von der Spitze aus zu bergen. Damit das dabei entstehende Haufwerk nicht auf und zwischen die Gebinde fällt und diese bedeckt, werden die Gebinde zuvor mit Blechen abgedeckt. Der beengte Arbeitsraum und die Zusatzarbeiten führen absehbar zu einer Behinderung der Bergearbeiten. Die Anzahl der geborgenen Gebinde pro Tag wird auf Grund dessen kleiner eingeschätzt als beim Grundkonzept.

3.4 ZUGANG FÜR DIE BERGUNG HORIZONTAL OBERHALB DER ELK-SOHL

Wird der Zugang auf halber Höhe des Gebindekegels aufgefahren, besteht die Gefahr herabrollender Gebinde ebenfalls bis zur Gebindekegelspitze, doch ist die Anzahl der Gebinde wesentlich geringer (Abbildung 14). Die Lage der Firste kann auch nachträglich noch so angepasst werden, dass das oberste Gebinde als erstes entnommen werden kann und die Anzahl absehbar entgegenrollender Gebinde minimiert ist.



Abbildung 14: Zugang auf halber Höhe des Gebindekegels

Damit die Gebinde besser geborgen werden können, können mehrere Zugangsstrecken (z. B. von zwei Seiten im Winkel von 90° oder übereinander) aufgefahren werden. Gleichmaßen kann die Strecke vor Erreichen des Gebindekegels nach oben abgesetzt werden (Abbildung 14, dünne blaue Linie). Nachdem oberhalb der Zugangssohle die Gebinde geborgen sind, kann etwa im Bereich des

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		Stand: 30.09.2019			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

Stoßes eine Rampe aufgefahren werden, die zur ELK-Sohle führt (Abbildung 14, dicke blaue Linie). Anschließend können die auf der ELK-Sohle liegenden Gebinde geborgen werden. Dazu muss die ELK-Sohle nicht befahren werden. Im Zuge des Grundkonzeptes wurden Maschinen vorgesehen, die über Ausleger verfügen, die in der Lage sind, in 15 m Höhe Gebirgsanker einzubringen. Diese Maschinen können überwiegend ebenso Gebinde aus maximal 23 m Entfernung horizontal bergen. Sollten Gebinde an ungünstigen Positionen liegen, können Roboter die Bergung unterstützen.

3.5 UMGANG MIT VERSTREUT LIEGENDEN GEBINDEN

Bisher wird davon ausgegangen, dass der überwiegende Teil der Gebinde nah beieinander liegt und einen zusammenhängenden Gebindekegel bildet. Es ist jedoch nicht auszuschließen sondern wahrscheinlich, dass einzelne Gebinde um den Gebindekegel verstreut liegen. Je nachdem wie weit der Bergehohlraum bei dessen Herstellung ausgedehnt wird, liegen verstreute Gebinde darum nicht im Bergehohlraum und sind von dort aus somit nicht bergbar. Die Ausdehnung des Bergehohlraums ist jedoch beeinflussbar.

Handelt es sich um wenige Gebinde, die nicht innerhalb des Bergehohlraums liegen, können diese nach der Bergung im Bergehohlraum einzeln und gezielt geborgen werden. So ist es z. B. bei einem horizontalen Zugang in Sohlennähe möglich, die Zugangsrichtung so zu wählen, dass verstreute Gebinde auf dem Weg zum Bergehohlraum (dem Gebindekegel) geborgen werden können. Ist die Anzahl dafür zu groß, bestehen je nach Zustand der Firste, Schweben und Stößen zwei Möglichkeiten:

- Sind die Schweben und Firste intakt, steht genügend Zeit zur Verfügung, die Gebinde vor dem Versetzen mit einem geeigneten Kran von der 490-m-Sohle aus umzulagern und auf dem Gebindekegel abzulegen. Alle Gebinde sind an einer Stelle (dem Gebindekegel) versammelt und können von dort aus geborgen werden. Diese Gebinde können statt lediglich umgelagert auch geborgen werden, doch muss dazu eine Umverpackungsanlage auf der 490-m-Sohle installiert werden. Diese muss für die Bergung umgesetzt werden, wenn der überwiegende Teil der Gebinde nicht über einen vertikalen Zugang geborgen und die 490-m-Sohle abgefördert werden sollen.
- Ist die Schweben nicht intakt, besteht die Gefahr, dass ein für die Umlagerung eingesetzter Kran in Folge eines Schwebenbruchs beschädigt wird. Die Gebinde können bei nicht intakter Schweben nicht umgelagert werden. Ist auch eine Ausdehnung des Bergehohlraums nicht möglich, müssen die Gebinde in einem separaten Vorgang vor oder nach der Bergung des Gebindekegels geborgen werden.

Für die Bergung verstreut und außerhalb des Bergehohlraums liegender Gebinde muss die Sohle der ELK 8a/511 standsicher sein. Innerhalb der Grundfläche der Einlagerungskammer werden Strecken entlang der Stöße aufgefahren und die Gebinde geborgen. Da dem Versatzkörper ein seitliches Auflager entzogen wird, muss der zu dem Zeitpunkt bereits geleerte Bergehohlraum zuvor verfüllt oder unterstützt werden oder der Versatzkörper ist trotz Entzug des Auflagers durch die Streckenauffahrung nachweislich standsicher (siehe Kapitel 6.4). Die Auffahrung erfolgt mit einer Fräse, die ein uneinheitliches Materialgemenge aus ELK-Inhalt und Versatz erzeugt. Man kann davon ausgehen, dass auch die Gebinde und deren Inhalt gut schneidbar sind, da die Gebinde größtenteils mit Beton verfüllt sind. Das entstandene Materialgemenge wird mit Flurfahrzeugen geladen, verpackt, radiologisch charakterisiert und abgefördert. Je nach gebirgsmechanischer Situation werden die Strecken unmittelbar nach der Bergung wieder verfüllt.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 35 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Beim Schneidvorgang entstehen Stäube, die mit einer Entstaubungsanlage abgesaugt werden. Die Stäube werden abgeschieden, radiologisch charakterisiert und als Haufwerk entsorgt, die Umluftanlage für diese Verwendung umgerüstet.

Dieser Aufwand zur Bergung verstreuter Gebinde muss gegen den abgewogen werden, der für die Herstellung eines vergrößerten Bergehohlraums nötig ist und der die eigentliche Bergung vereinfacht.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 36 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

4 AUFGABEN VON VERSATZ

Im allgemeinen bergmännischen Verständnis hat ein Versatz die Aufgabe, das Gebirge zu stützen, Absenkungen zu verringern und zur Sicherung des Abbau- oder Produktionshohlraums beizutragen. Dies gilt angepasst ebenfalls bei einer Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz. Als Abbau- oder Produktionshohlraum ist im Fall der Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz der Hohlraum zu verstehen, der eine Bergung der Gebinde ermöglicht und der als Bergehohlraum (Abbildung 4) bezeichnet wurde.

Neben diesen Aufgaben muss der Versatzkörper die Kräfte von Maschinen für die Bergung aufnehmen können, die sich z. B. in Strecken im Versatzkörper bewegen (Abbildung 6) oder an ihm befestigt werden (Abbildung 7). Dazu muss der aus dem Versatzgut hergestellte Versatzkörper fest genug sein, damit z. B. die dazu erforderlichen Bohrlöcher standfest und die Zugänge effizient auffahrbar und standsicher sind. Auf Grund dieser Anforderungen scheiden Schüttgüter als Versatzmaterial aus. Es sind Versatzmaterialien erforderlich, die über eine ausreichende Stabilität verfügen, wie sie z. B. mit Baustoffen erzielt werden. Zweckmäßigerweise kommt dafür Sorelbeton in Frage, da bereits umfangreiche Erfahrungen zu dessen Verarbeitung und im Umgang mit einer vorhandenen Mischanlage vorliegen. Sorelbeton hat ein spezifisches Gewicht von etwa 1.900 kg/m^3 und es lassen sich Endfestigkeiten von ca. 50 MPa und mehr erzielen.

Da der größte Teil der Sohle der Einlagerungskammer mit Gebinden bedeckt ist, die zudem geborgen werden sollen, können die auf den Versatzkörper wirkenden Kräfte nicht vollflächig in die Sohle abgetragen werden. Als Widerlager auf der Sohle steht nur der freie Raum zwischen dem Gebindekegel und den Stößen der ELK 8a/511 zur Verfügung (Abbildung 15).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 37 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

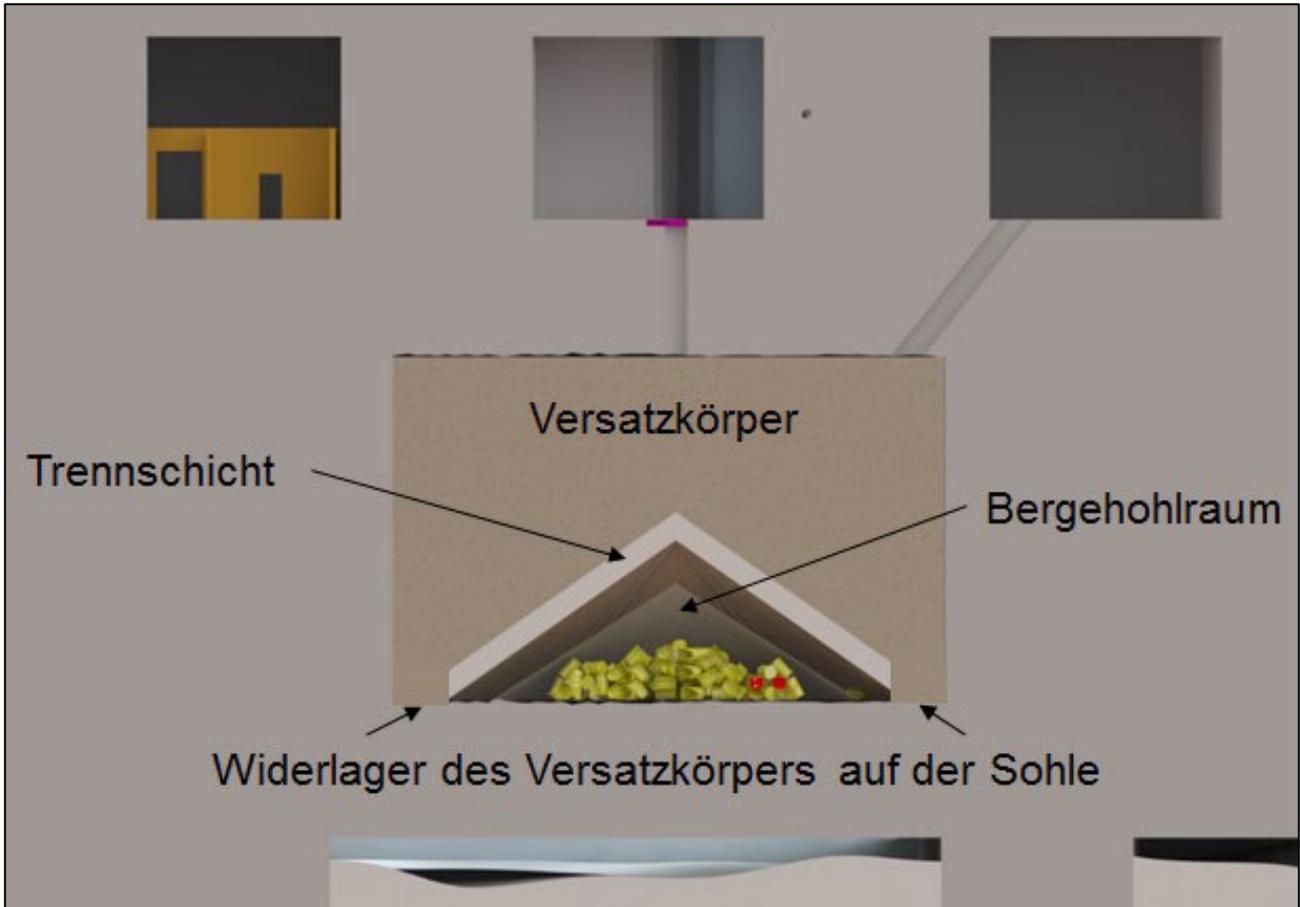


Abbildung 15: Widerlager des Versatzkörpers auf der Sohle der ELK 8a/511

Das Versatzgut muss folglich in der Lage sein, die auf den Versatzkörper einwirkenden Kräfte aufzunehmen und diese kraft- und formschlüssig in die Stöße und in das Widerlager auf der Sohle der Einlagerungskammer einzuleiten. Übernimmt der Versatzkörper im Bereich der ELK-Sohle eine tragende Funktion, muss die Festigkeit des Versatzkörpers dort hoch genug sein, damit der Versatzkörper nicht zu Bruch geht. Die Lastaufnahme des Versatzkörpers und seine Materialeigenschaften müssen im Zuge der weiteren Planung geeignet untersucht werden.

Da die Kräfte im Bereich des Bergehohlraums nicht vollflächig in die ELK-Sohle übertragen werden, soll und kann der Versatz bei der Leerung der ELK 8a/511 mit gebirgsstützendem Versatz konzeptbedingt keine allseitige Wirkung auf das Gebirge der Einlagerungskammer ausüben, da die Sohle weitgehend unausgebaut bleibt (Abbildung 15). Die gebirgsmechanische Wirkung des Versatzes ist nicht so groß und dauerhaft, wie bei allseitiger Wirkung mit ausgebauter Sohle.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz			
Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 38 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

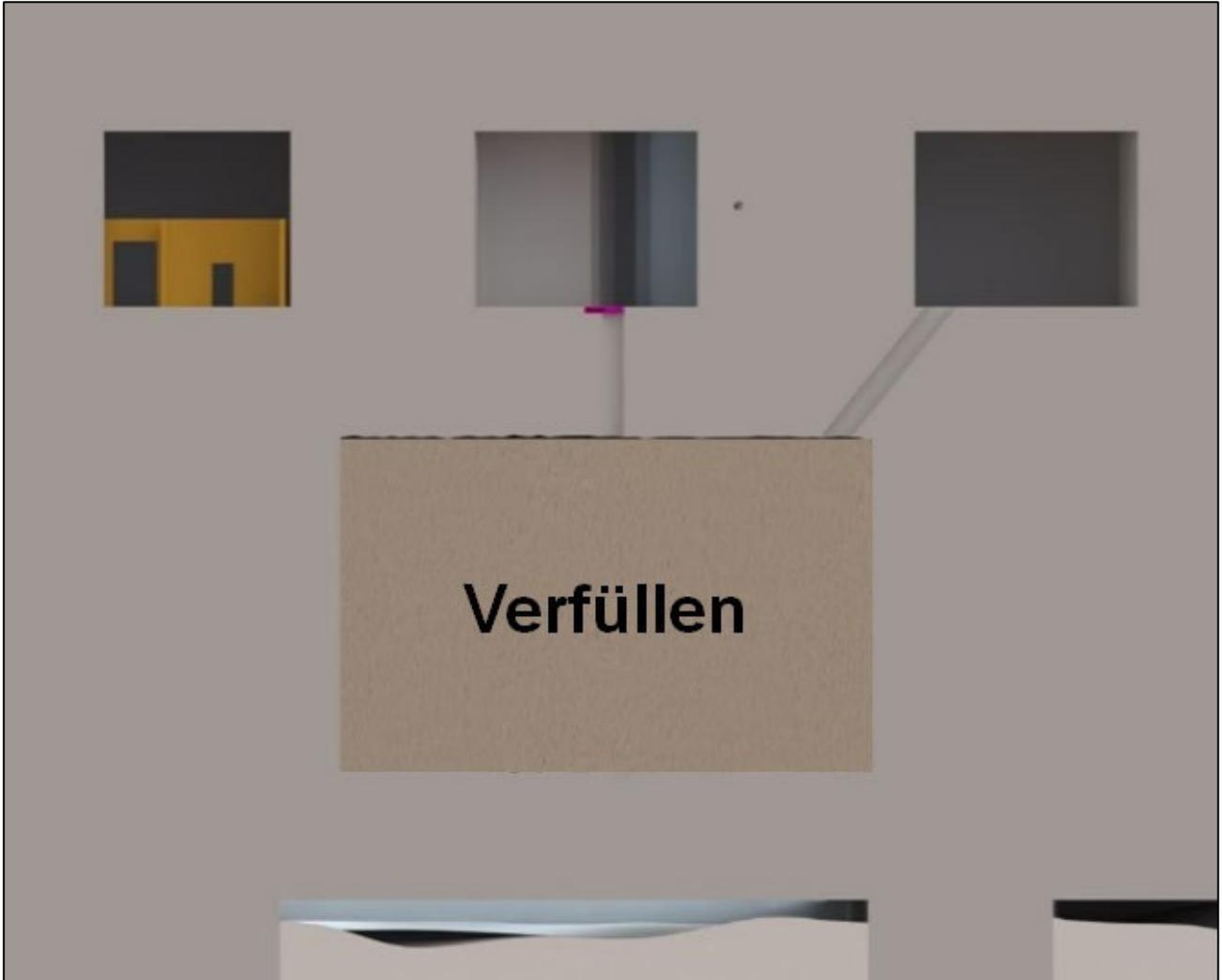


Abbildung 16: Verfüllte ELK 8a/511

Wird eine höhere Stützkraft notwendig, wie z. B. bei einer Notfallmaßnahme, muss das eingebrachte Material bis auf die Sohle gelangen, um auch dort Kräfte übertragen zu können (Abbildung 16). Da nicht – wie beim Versatz – ein sicherer Bergehohlraum geschaffen werden soll, sondern eine maximal mögliche Gebirgsstützung zur Stabilisierung des Grubengebäudes durch Füllung aller in der Einlagerungskammer vorhandenen Hohlräume – auch zwischen den Gebinden und bis zur Sohle der Einlagerungskammer – wird dieser Vorgang der Verfüllung fachlich und auch sprachlich vom Versatz unterschieden.

Bei einer verfüllten Einlagerungskammer reicht die gebirgsmechanische Wirkung somit bis auf die Sohle der Einlagerungskammer. Die Gebinde sind dann vom Verfüllgut umschlossen und eine Bergung unter einem Bergehohlraum nicht möglich. Die für einen Versatz geschilderten Bergeverfahren sind bei einer Verfüllung nicht anwendbar. Die in diesem Bericht geschilderten Bergeverfahren beziehen sich ausschließlich auf eine versetzte Einlagerungskammer, mit dem Ziel, die Gebinde als Stückgut zu bergen.

Um die Firste und Stöße zu stabilisieren, braucht das Versatzmaterial aus gebirgsmechanischen Gründen nicht sonderlich fest sein. Als Versatz, der lediglich den Bergeraum schützen soll, reicht



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 39 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

z. B. ein Bergbau-Schaum mit vergleichsweise geringer Festigkeit aus. Der Versatzkörper muss jedoch im Bereich des Bergehohlraums so fest sein, dass er nicht zerbricht. Ein geringfestes Versatzmaterial ist zudem nicht befahrbar. Darum muss bei Verwendung von Kunstharzschaumen der Zugang im Niveau der Sohle der Einlagerungskammer erfolgen, was wiederum eine standsichere Sohle voraussetzt.

Auf Grund der geringen Festigkeit ist mit einem Schaum keine Standsicherheit über lange Zeiträume erzielbar, die nach Beendigung der Rückholung vorhanden sein muss, damit die Kammer standsicher verfüllt werden kann. Darum ist ein Versatzmaterial mit geringer Festigkeit ungeeignet, da es für eine Standsicherheit über lange Zeiträume entfernt und durch tragfähigere Verfüllmaterialien ersetzt werden muss.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 40 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

5 MAßE DER ELK 8A/511 SOWIE RELEVANTE MAßE FÜR DAS VERSETZEN DER EINLAGERUNGSKAMMER

Die ELK 8a/511 hat eine Grundfläche von im Mittel ca. 23 m x 23 m (Asse-GmbH, 2009) bei einer Höhe von ca. 14 m und einer Schwebendicke von 6 m (Abbildung 17). Mittels Radarmessungen wurde im Jahr 2016 die Schwebende der ELK 8a/511 aus der Beschickungskammer 8a/490 untersucht. Aus den Ergebnissen lässt sich interpretieren, dass eine Höhe des Gebindekegels von ca. 7 m angenommen werden kann. Der Durchmesser des Gebindekegels wurde mit 17 m ermittelt. (Asse-GmbH, 2017b). Berechnungen aus den im Betriebsplan 14/78 (Bergamt Goslar, 1978) dokumentierten Messwerten über die eingelagerte Anzahl der Gebinde pro m³ und dem Schüttwinkel lassen den Schluss zu, dass der Gebindekegel einen Durchmesser von ca. 20 m aufweist.

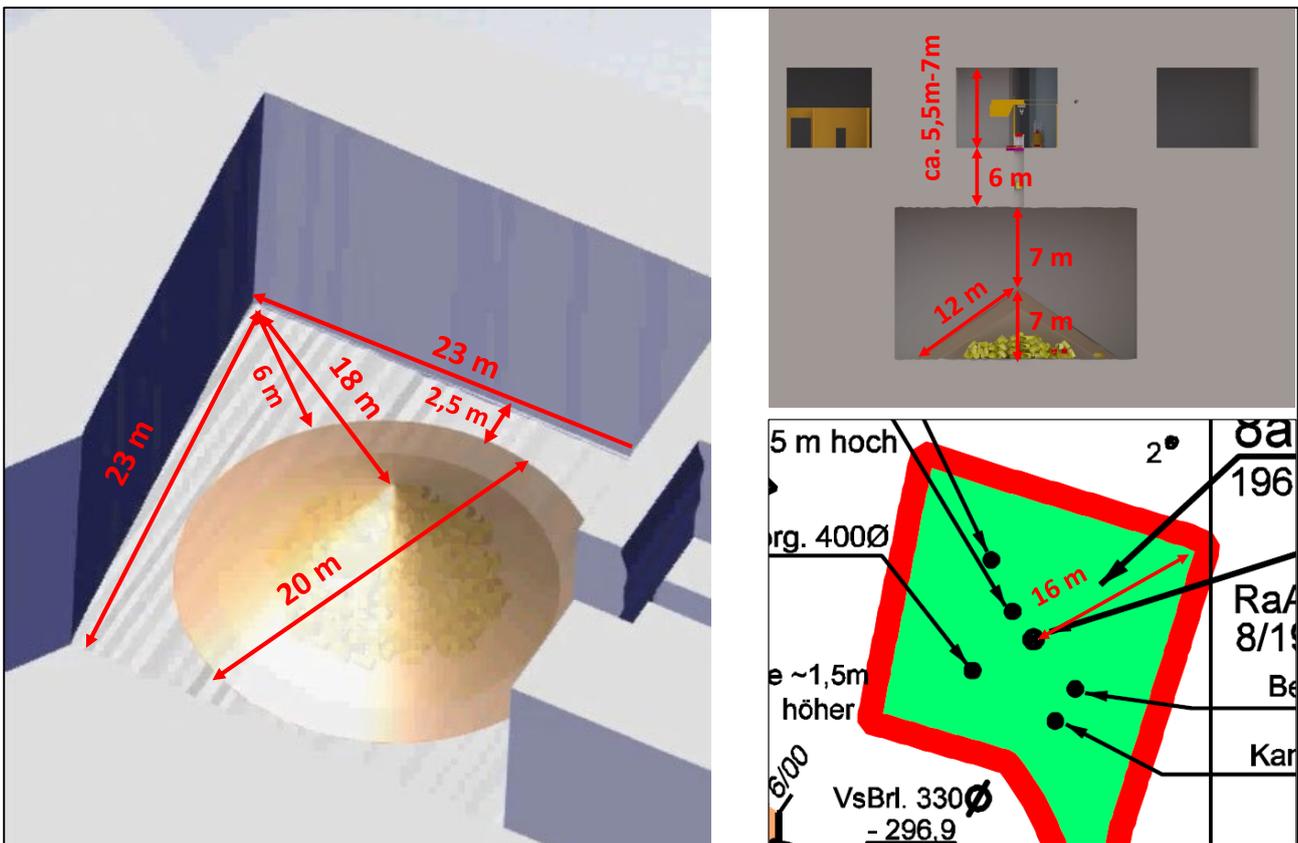


Abbildung 17: Übersicht ELK 8a/511

Die lichte Höhe in der ELK 8a/511 über der Spitze des Gebindekegels bis zur Firste beträgt ebenfalls ca. 7 m, die Länge von der Beschickungsbohrung zu den Ecken ca. 16 m. Die Mantellänge des Gebindekegels beträgt ca. 12 m und die Länge von der Kegelspitze zu den Ecken etwa 18 m. Die Beschickungskammer ist mindestens ca. 5,5 m hoch (Abbildung 18).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 41 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		Stand: 30.09.2019



Abbildung 18: Höhen in der Beschickungskammer (Skizze)

Im Bereich der Beschickungsbohrung nimmt die Höhe zu und beträgt ca. 7 m. Obwohl wegen der Bühnenschleuse die nutzbare Höhe verringert wird, kann von einer lichten Höhe in der Bühnenschleuse von 6,4 m ausgegangen werden.

Da der Aufwand erheblich ist, die Beschickungskammer zu erhöhen, werden die für die Verfüllung erforderlichen Bauteile und Materialien auf eine Höhe von 6,4 m ausgelegt und die Höhe der Beschickungskammer nicht verändert.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz						
								Projekt		PSP-Element
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA	NNNN	NN	Stand: 30.09.2019	
9A		23520000		GHB		RA	0051	00		

6 HERSTELLEN EINES BERGEHOHLRAUMS

Bei einer Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz ist berücksichtigt, dass die Gebinde ohne Beeinträchtigung durch den Versatz geborgen werden können. Sollte Versatzgut zwischen die Hohlräume der Gebinde fließen und aushärten, können vom Versatzgut umschlossene Gebinde im Ganzen nicht mehr geborgen werden und die Bergung ist beeinträchtigt. Darum ist vor dem Versetzen eine Trennung zwischen den Gebinden und dem Versatzgut vorgesehen, unter der ein abgegrenzter Bergehohlraum hergestellt werden kann. Die Bergung kann anschließend im Schutz des Versatzkörpers sicher durchgeführt werden. Die für die Herstellung des Bergehohlraums verwendeten Materialien müssen Eigenschaften aufweisen, die die Öffnung des Bergehohlraums nicht behindern. Um Gebinde und Versatzgut zu trennen und einen Bergehohlraum herzustellen, sind 3 aufeinander folgende jedoch weitgehend voneinander unabhängige Arbeitsvorgänge nötig:

- Abdecken der Gebinde,
- Herstellen einer Stabilisierungsschicht über der Abdeckung,
- Aufbau des Versatzkörpers.

Die Abdeckung der Gebinde und die Stabilisierungsschicht (bei Bedarf) bilden die bereits erläuterte Trennschicht. Abdeckungen und Stabilisierungen sind einzeln ü. T. schon häufig durchgeführt worden und sind den Vorgängen beim Abdecken von Deponien ähnlich. Sie müssen jedoch innerhalb der Einlagerungskammer mannlos erfolgen und unter Berücksichtigung der speziellen, vorhandenen u. T. Bedingungen sowie unter den Aspekten des Strahlenschutzes durchgeführt werden. Damit ändert sich der Schwerpunkt der Arbeiten gegenüber den Erfahrungen ü. T., so dass kein Referenzprojekt bekannt ist, das als Vorlage herangezogen werden kann.

Zur Herstellung eines Bergehohlraums wurden verschiedene Lösungen erarbeitet, die in diesem Kapitel dargelegt werden. In Kapitel 8 sind die absehbaren Vorteile und Defizite der untersuchten Arbeitsvorgänge zusammengestellt und bewertet ohne dass bei zahlreichen Arbeitsvorgängen auf Erfahrungen zurückgegriffen werden kann. Die Praktikabilität und Durchführbarkeit muss darum an Hand von Vorversuchen ermittelt werden, so dass eine endgültige Bewertung und Entscheidung über eine Eignung erst nach den Vorversuchen aussagekräftig und endgültig möglich ist.

Der überwiegende Teil der Arbeitsvorgänge bedarf einer Qualitätssicherung oder Arbeitsüberwachung. Dazu werden zu Beginn der Rückholung Videokameras an geeigneten Stellen in der Einlagerungskammer installiert.

6.1 ABDECKUNG DER GEBINDE

Welche Verfahren für die Abdeckung der Gebinde geeignet sind, ist neben der noch unbekanntenen Praktikabilität entscheidend davon abhängig, ob die ehemalige Beschickungsbohrung von der 490-m-Sohle durch die Schwebe der ELK 8a/511 dafür zur Verfügung steht. Der Durchmesser der Beschickungsbohrung beträgt ca. 1 m. Ist die Schwebe nicht standsicher, besteht latent die Gefahr, dass die Schwebe bricht. Die Gefahr wird verstärkt, wenn die Beschickungsbohrung aufgeweitet wird, z. B. wenn der Durchmesser zum Einbringen einer Trennschicht vergrößert werden soll. Um die Standsicherheit der Schwebe nicht weiter zu beeinträchtigen, kann bei nicht standsicherer Schwebe die Beschickungsbohrung somit nicht aufgeweitet werden.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 43 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Wird als Versatz z. B. Baustoff verwendet, entwickelt dieser beim Abbindeprozess Wärme. Bei Sorelbeton können Temperaturen von ca. 90 – 100°C entstehen, die die für die Abdeckung verwendeten Materialien in ihren Eigenschaften verändern können. Darum müssen die Materialien diesbezüglich geeignet sein. Gegebenenfalls muss konzeptionell darauf geachtet werden, dass die Eigenschaften nur temporär erforderlich sind oder durch andere Materialien in ihrer Funktion abgelöst werden. Alternativ müssen die Arbeitsvorgänge oder die Sorelbetonrezeptur so verändert werden, dass diese Temperaturen nicht erreicht werden.

Gleichermaßen muss darauf geachtet werden, dass die in die ELK 8a/511 eingebrachten Materialien z. B. zur Abdeckung der Gebinde so beschaffen sind, dass die Brandschutzmaßnahmen auf diese Materialien abgestimmt sind. Im Bergbau zugelassene Materialien erfüllen die im Bergbau geforderten Anforderungen an die Brennbarkeit und vereinfachen die Planungen und Zulassungen. Zudem müssen alle Materialien, die bei der Bergung im Bergehohlraum anfallen, radiologisch charakterisiert werden.

Es werden folgende Möglichkeit zur Abdeckung der Gebinde in den folgenden Kapiteln beschrieben:

- Abdeckung mit einer Haufwerkschüttung
- Abdeckung mit Schaum
- Abdeckung mit Beton
- Abdeckung mit mineralischen Dichtungsmatten
- Abdeckung mit einer Plane
- Abdeckung mit einer Plane als Rollo
- Abdeckung durch einen Luftsack und Druckgasausbreitung
- Abdeckung mit einer Plane und Schirm

6.1.1 Abdeckung der Gebinde mit einer Haufwerkschüttung

Die Trennung zwischen Versatzgut und den Gebinden kann mit einer Haufwerkschüttung ermöglicht werden, die den Gebindekegel vollständig umgibt und einhüllt. Das für die Trennung verwendete Haufwerk wird als Trenngut bezeichnet, um es sprachlich vom Versatzgut zu unterscheiden.

Günstigerweise wird das Trenngut durch die ehemalige Beschickungsbohrung in die Einlagerungskammer eingebracht. Dadurch entsteht ein Schüttkegel des Trenngutes, dessen Kegelspitze unterhalb der Beschickungsbohrung liegt. Damit die obere Lage der Gebinde durch die kinetische Energie und die Abrasivität des auftreffenden Trenngutes weniger beschädigt wird, kann ein durch die Beschickungsbohrung abgehängtes Rohr die Fallgeschwindigkeit des Trenngutes geeignet verringern. Eine Verformung des Stahls der Gebinde oder Probleme für deren Oberfläche sind damit verhindert. Das Trenngut trifft auf die Oberfläche der Gebinde, rutscht auf diesen ab und rieselt zwischen die Gebinde. Je nach Verschleißfestigkeit des Rohres und Abrasivität des Trenngutes muss das Rohr bei Bedarf gewechselt werden.

Der Schüttkegel kann so weit ausgebreitet werden, bis alle Gebinde – auch verstreute außerhalb des Gebindekegels – bedeckt sind, der Bergehohlraum auf diese Weise erweitert und so die Gebinde vom Bergehohlraum geborgen werden können (Abbildung 19, links).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 44 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 19: Einbringen einer Haufwerkschüttung

Sollte die Beschickungsbohrung nicht nutzbar sein, kann ein Rohr seitlich der ELK 8a/511 von der 490-m-Sohle hergestellt und das Trenngut eingebracht werden (Abbildung 19, rechts).

Es ist mit Sicherheit davon auszugehen, dass geschüttetes Trenngut in die Hohlräume zwischen den Gebinden eindringt. Trenngut mit geringer Korngröße wird tiefer zwischen die Gebinde eindringen und die Gebinde umschließen als Haufwerk mit großem Korn. Die Gebinde sind zumindest an der Oberfläche des Gebindekegels vom Trenngut umgeben. Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Gewicht des Versatzgutes das Trenngut mit den Gebinden leicht kompaktiert und die Gebinde einklemmt. Handelt es sich um porenloses und wenig verformbares Trenngut (z. B. Sande), sind die Gebinde von einem leicht kompaktierten Trenngut mehr oder weniger fest umschlossen. Zu Beginn der Bergung lassen sich die ersten Gebinde nur erschwert aus dem kompaktierten Verbund aus Trenngut und Gebinden herauslösen.

In (BfS, 2013) wird verdeutlicht, dass ca. 28 kN Zugkraft bei stehenden und 12 kN bei liegenden Gebinden notwendig waren, um sie aus verdichtetem Salzgrus zu heben, der als Versuchsmaterial verwendet wurde. Diese Kräfte wurden für unverformte Gebinde ermittelt, die sich bei verformten erhöhen können. Zudem konnten die Kräfte zum Herauslösen der Gebinde an zuvor angebrachten Ösen eingeleitet werden. In der Praxis bei der Bergung müssen vergleichbare Kräfte an eingeschlossenen Gebinden eingeleitet werden können, jedoch ohne dazu eine Öse nutzen zu können, was höhere Anforderungen an einen Greifmechanismus stellt, der die Gebinde herauslöst.

Bei jedem geborgenen Gebinde wird das eingebrachte Trenngut nach unten rieseln. Das führt dazu, dass die unteren Gebinde vollständig im Trenngut liegen und nicht ohne weiteres sichtbar und zugänglich sind. Um dem zu begegnen, besteht die Möglichkeit, das Trenngut im Zuge der Bergung durch ein Sauggerät zu entfernen, um ein Gebinde vor der Bergung freizulegen. Durch das Absaugen ist auch sichergestellt, dass das gesamte radioaktive Material aus der ELK 8a/511 entfernt wird und sich Gebinde nicht unter dem Trennguthaufwerk verbergen. Das Trenngut muss anschließend aus dem Bergeraum entfernt werden, um die Bergung nicht zu behindern. In dem Zuge muss das abgesaugte Material radiologisch untersucht und geeignet entsorgt werden.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 45 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Sollte das Trenngut geeignet sein, um es als Zuschlagstoff für eine Verfüllung nach der Bergung zu nutzen, wird es in einem separaten Grubenbau im Inneren Arbeitsbereich übergangsweise abgelegt (z.B. Abbildung 5, Speicherstrecke). Um das Trenngut saugen zu können, darf sich das eingebrachte Versatzmaterial nicht mit dem Trenngut gemischt haben. Das wird mit einer Stabilisierungsschicht zwischen Trenngut und Versatzmaterial verhindert.

Der Versatzkörper stützt sich vor der Bergung auf der Trennschicht aus Haufwerk ab. Außerhalb des Gebindekegels befindet sich die Trennschicht zwischen dem Versatzkörper und der Sohle der Einlagerungskammer. Im Zuge der Bergung wird das Haufwerk abgesaugt. Dabei besteht die Gefahr, dass der Versatzkörper instabil wird, da Haufwerk abgesaugt und ihm dadurch das Auflager auf der Sohle entzogen wird. Maßnahmen gegen eine Lageveränderung und zur Standsicherheit des Versatzkörpers werden in Kapitel 6.4 erörtert.

Der gerade Austrag (über die Beschickungsbohrung) führt zwar zu einer zentrischen Abdeckung des Gebindekegels, womöglich aber zu unterschiedlichen Schüttwinkeln von Gebindekegel und Trenngut. Zudem ist davon auszugehen, dass der Schüttkegel der Gebinde nicht mehr gleichmäßig vorhanden ist. Das hat eine ungleichmäßige Verteilung des Trenngutes zur Folge. Um die Menge des Trennguts zu verringern, damit bei der Bergung weniger Trenngut radiologisch charakterisiert und entsorgt werden muss und um das Auflager des Versatzkörpers zu verbessern, wird das Trenngut nur so dünn geschüttet, dass die Gebinde bedeckt sind. Um die Trennschicht dem vorhandenen Gebindekegel angepasst so dünn wie möglich herzustellen, muss der Austrag für das Trenngut schwenk- und teleskopierbar sein. Auf diese Weise kann die Trennschicht profilgenauer und bedarfsgerecht in Abhängigkeit der Erkundung und der visuellen Kontrolle dem Gebindekegel und verstreuten Gebinden angepasst werden (Abbildung 20).



Abbildung 20: Profilgenaue Haufwerkschüttung mit verstellbarem Austrag

Eine Verringerung der Trennschichtdicke und des zu entsorgenden Volumens lässt sich in Abhängigkeit der Kornstruktur erreichen. Da sich ein grobkörniges Granulat mit kantigen Körnern (vergleichbar dem Schotter für den Gleisbau mit ca. 20 mm bis ca. 60 mm Korngröße) stärker gegeneinander verzahnt als rundes, dringt weniger Trenngut zwischen die Gebinde bis zu einer Selbsthem-



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 46 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

mung. Im Umkehrschluss verhaken sich die Gebinde auch in den Körnern und erschweren die Bergung. Zudem können kantige Körner mit großem Korndurchmesser (und damit Gewicht und Aufprallenergie) die Gebinde beim Aufprall leichter beschädigen, als ein rundes Korn mit geringem Durchmesser. Um die Gewichtsbelastung auf die Gebinde zu reduzieren, können als Haufwerk neben Sanden und Schotter z. B. auch Blähbeton oder Perlite verwendet werden oder ein expandierendes Material wie Polystyrol (z. B. Handelsname Styropor) bzw. vergleichbare und geeignete Materialien. Die Gebinde lassen sich mit diesen Materialien besser aus einem möglichen Verbund herauslösen. Bei dem anschließenden Versetzen der ELK 8a/511 darf die Trennschicht aus Haufwerk durch das Versatzgut nicht weggeschwemmt werden, es darf sich nur wenig miteinander vermischen oder in Folge eines geringeren spezifischen Gewichtes nicht durch Auftrieb aufschwimmen. Um das zu verhindern, wird eine Schicht aufgetragen, die die Trennschicht aus Haufwerk stabilisiert, konsolidiert und gleichzeitig abdichtet. Dazu kann eine spritzbare Kunststoffmembrane oder Spritzbeton zur Konsolidierung verwendet werden. Die Anprallkraft des gespritzten Materials muss so gering sein, dass das Trenngut nicht weggespritzt wird, was insbesondere bei leichten Materialien wie z. B. Polystyrol sehr geringe Anprallkräfte erfordert. Das zur Konsolidierung verwendete Material muss temperaturbeständig sein gegenüber der Reaktionstemperatur des Versatzgutes. In Kapitel 6.2 ist beschrieben, wie eine stabilisierende Schicht aufgetragen werden kann.

Je nach verwendetem Trenngut und der verwendeten Bergetechnik kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich Trenngut mit der Stabilisierungsschicht zu größeren Klumpen vermischen, die bei der Bergung herunterfallen. Darum müssen die Bergegeräte geeignet geschützt sein, damit sie von herunterstürzendem Material nicht beschädigt werden.

6.1.2 Abdeckung der Gebinde mit Schaum

Für den Gewinnungsbergbau wurden Schäume entwickelt, um Hohlräume zu füllen, ohne dass die Schäume über hohe Festigkeiten verfügen. Sie sind nicht brennbar, kleben wenig am Untergrund und sind für diese Anwendung geeignet. Ggf. müssen die Gebinde mit einem geeigneten Trennmittel angespritzt werden, um ein Verkleben mit dem Schaum zu minimieren. Der Austrag der Schäume geschieht mit einem Verteilermast von der 490-m-Sohle. Als Verteilermast wird ein Ausleger bezeichnet, der ü. T. beim Austrag von Beton an wenig zugänglichen Stellen z. B. über Hindernisse hinweg verwendet wird.

Da eine große Anzahl von Schäumen existiert, müssen zuvor geeignete ausgewählt werden. Der Erfolg ist stark von den Reaktionseigenschaften der Schäume abhängig und deren Umgang und Handhabung. Die Schäume sollen ihr Volumen schnell vergrößern, die Hohlräume an der Oberfläche verstopfen, um den Versatz daran zu hindern, zwischen die Gebinde zu gelangen. Sollten die Schäume zwischen die Hohlräume gelangen, ist die Bergung dieser Gebinde trotz geringerer Festigkeit der Schäume ebenfalls erschwert. Darum sollte die Eignung von Schäumen und ihre Handhabung an Vorführmodellen ermittelt und auf Grund dessen anschließend geeignete Schäume endgültig ausgewählt werden. Die Eignung hängt auch von der Reaktionstemperatur der Schäume und deren Einfluss auf die Gebinde und deren Inhalt ab. Zudem entstehen beim Schäumen Gase, die abgeführt werden müssen. Dazu muss eine geeignete Bewetterung zur Verfügung stehen.

Bei der Bergung wird der Schaum als Festkörper hereingewonnen und zerbricht unweigerlich in unregelmäßige Stücke. Beim Zerschlagen findet eine Volumenvergrößerung statt, die die Bergung behindert. Da das Haufwerksvolumen des Schaums mit jedem an der Oberfläche des Gebindekegels geborgenen Gebinde immer größer wird, kann das Haufwerk aus Schaum nicht ständig umgelagert werden, um die Bergung fortzusetzen, sondern muss aus dem Bergehohlraum entfernt werden. Da die Schäume potenziell kontaminiert sind, müssen die Schäume vor einer Entsorgung radiologisch charakterisiert werden, sind auf Grund ihrer geringen Festigkeit aber nicht für eine weitere



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 47 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Verwendung bei der abschließenden Verfüllung geeignet. Die Stücke aus Schaum müssen aufgenommen, kompaktiert in Umverpackungen geladen und mit der gleichen Infrastruktur wie die Gebinde aus der ELK 8a/511 abgefördert werden. Bei der Zerkleinerung und Kompaktierung entstehen Stäube, die in die Wetter gelangen. Die Wetter müssen gefiltert werden und die Filter auf diese Beanspruchung ausgelegt sein.

Die Schäume üben keine nennenswerte Gewichtskraft auf die Gebinde aus, da Schäume ein geringes spezifisches Gewicht aufweisen. Sollte der Schaum am Versatzkörper anhaften und herunterfallen, kann auf Grund des geringen Gewichts der Schäume auf einen massiven Schutz der Bergegeräte gegen herunterfallendes Material verzichtet werden. Auf die Trennschicht aus Schaum kann bei Bedarf eine Stabilisierungsschicht aufgetragen werden. Eine solche Stabilisierungsschicht ist in jedem Falle dann notwendig, wenn die Reaktionstemperatur des Versatzgutes die Eigenschaften des verwendeten Schaumes negativ beeinflusst.

Zudem wurden die erst seit kurzem auf dem Markt verfügbare Aerogele hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Aerogele sind Festkörper mit einem sehr hohen Porenanteil und einer vergleichsweise hohen Druckfestigkeit. Die Herstellung erfordert nach Angabe des Produzenten bislang jedoch große Produktionsanlagen. Es ist derzeit nicht absehbar, dass eine Herstellung von Aerogelen vor Ort möglich sein wird. Darum wurde ein Einsatz von Aerogelen für diesen Anwendungsfall bislang nicht weiter untersucht. Ob die Verarbeitung von Aerogelen in der Zukunft so verbessert werden kann, dass sie für diese Anwendung geeignet sind, hängt von der bis dahin fortgeschrittenen Entwicklung ab.

6.1.3 Abdeckung der Gebinde mit Beton/Baustoff

Die Gebinde können grundsätzlich mit Beton abgedeckt werden. Damit möglichst wenig Beton zwischen die Hohlräume der Gebinde dringt und die spätere Bergung erschwert, wird der Beton nicht aus großer Höhe verstrützt sondern aus geringer Höhe auf den Gebinden verteilt. Um die Menge des Betons zwischen den Gebinden zu verringern, wird die Fließfähigkeit des Betons so stark wie möglich verringert. Das ist z. B. mit einer auf die Bedürfnisse angepassten Rezeptur des Betons möglich, mit der Anpassung der Gesteinskörnung/Kornverteilung oder mit Zusatz- bzw. Füllstoffen. Wird der Beton zudem mit sehr wenig Flüssigkeit angemacht, ist er wenig fließfähig.

Die Rezeptur eines zementgebundenen Baustoffs kann so zusammengesetzt werden, dass am Ausstrag zugegebene Erstarrungsbeschleuniger die Fließfähigkeit herabsetzen und der Beton zügig ansteift. Die mit der Zugabe von Erstarrungsbeschleunigern einhergehende Verringerung der Festigkeit ist für diese Anwendung ohne Bedeutung. Es kann zudem ein Beton mit geringer Verarbeitungszeit verwendet werden. Diese im Handel auch als Schnellbeton bezeichneten Baustoffe, sind bereits nach wenigen Minuten nicht mehr fließfähig und können dann nicht mehr in die Hohlräume zwischen die Gebinde fließen. Auf Grund der geringen Verarbeitungszeit des Betons wird eine intensive Instandhaltung der dafür verwendeten Geräte notwendig sein.

Wird z. B. Styropor® als Füllstoff im Beton verwendet, so bezeichnet man diesen als Styroporbeton. Das Styropor® verringert das Eindringen des Betons zwischen die Gebinde, ohne es gänzlich verhindern zu können. Auf Grund der geringeren Festigkeit des Betons lassen sich die Gebinde jedoch besser aus dem Verbund lösen, als bei ausschließlich mineralischem Baustoff. Auf Grund der geringeren Festigkeit und der Porigkeit des Betons ist eine spätere Bergung einfacher als bei einem Beton ohne Styroporzugabe. Damit sich das Styropor® auf Grund seines geringen spezifischen Gewichts gegenüber dem Zementleim nicht durch Auftriebseffekte entmischt, wird ein schnelles Ansteifen des Betons vorgesehen. Die Eignung von Styroporbeton muss in Vorversuchen ermittelt werden.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 48 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Wird der Beton in mehreren Zyklen schichtweise aufgebaut, können die Hohlräume zwischen den Gebinden nach und nach verkleinert werden, so dass kein Beton mehr nachfließen kann. Der Beton wird je nach verwendeter Rezeptur oder Zusammensetzung mit einem Verteilermast oder einem Rohraustrag von der 490-m-Sohle eingebracht. Anhaftungen an den Gebinden können z. B. durch Trennmittel verringert werden. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass der Beton einen Formschluss mit den Gebinden (z. B. an den Gebinderingen) eingeht, der die Bergung erschwert.

Der Beton muss nach seinen Eignungskriterien ausgewählt werden. Dazu gehört z. B. dessen Reaktionstemperatur, die den Gebindeinhalt nicht unkontrollierbar verändern darf. Das Volumen einer Trennschicht aus Beton ist gering und damit auch die Menge an benötigter Anmachflüssigkeit. Da der Beton für die Trennschicht ohnehin ohne Überschussflüssigkeit und mit so wenig Flüssigkeit wie möglich angemacht werden sollte, ist zum anderen die grundsätzliche Verwendung von Wasser zum Herstellen einer Trennschicht nur ein untergeordnetes Kriterium, so dass die Auswahl der Betonarten dadurch nicht eingeschränkt ist.

Zudem können calciumsulfatgebundene Baustoffe (z.B. Gips) oder Leichtbeton als Abdeckung der Gebinde erwogen werden, deren Verarbeitung und Anwendung dem Beton ähnelt.

6.1.4 Abdeckung der Gebinde mit mineralischen Dichtungsmatten

Mineralische Dichtungsmatten werden mit der Teleskoptraverse nebeneinander auf dem Gebindekegel auf Stoß ausgelegt und haben eine Dicke von mehreren Zentimetern. Die Matten müssen so starr sein, dass sie Unebenheiten auf der Kegelflanke ausgleichen können und so klein sein, dass sie gerollt durch die Beschickungsbohrung passen. Als Matten können z. B. Sand- oder Baustoffmatten verwendet werden. Als Baustoffmatte wird ein Bauteil bezeichnet, das als Gewebematte ausgeführt ist und Zement enthält.

Zum Auslegen der Matten wird eine Teleskoptraverse in der Bühnenschleuse installiert. Die Befestigung muss oberhalb der Sohle erfolgen, damit die Teleskoptraverse so weit eingefahren werden kann, um Material aufnehmen zu können, das anschließend durch eine Öffnung in die Einlagerungskammer gefördert werden kann.

Nach dem Auslegen müssen die Matten mit einer Stabilisierungsschicht konsolidiert werden, um die zahlreichen Fugen abzudichten, damit kein Versatz zwischen die Gebinde gelangen kann. Abschließend werden die Baustoffmatten sparsam und ohne Überschusswasser benetzt und härten aus. Nach der Aushärtung ist die Schicht aus Baustoffmatten tragfähig für einen Versatz aus Beton. Baustoffmatten gibt es fertig z. B. als „Beton von der Rolle“. Wie gezielt das Anmachwasser dosiert werden kann, müssen Vorversuche zeigen. Alternativ ist es möglich, eine Charge speziell für diesen Anwendungsfall und unter Berücksichtigung der relevanten Anforderungen anzufertigen. So kann Sorelbeton verwendet werden, der mit $MgCl_2$ -Lösung aktiviert wird.

Alternativ können Sandsäcke verwendet werden, die auf die gleiche Weise ausgelegt werden. Sie enthalten keinen Baustoff und der Versatz wird auf den Sandsäcken eingebracht. Zuvor müssen auch diese Fugen (z. B. mit einer weiteren Lage) abgedichtet werden.

Matten und Sandsäcke haben den Nachteil, dass sie als Stückgut einzeln durch die Öffnung in die ELK 8a/511 gebracht, einzeln positioniert und abgelegt werden müssen. Dieser Vorgang wird als aufwändig angesehen. Eine lückenlose und vergleichsweise dichte Abdeckung der Gebinde ist nicht ohne Weiteres sicherzustellen und wird erschwert, wenn die Beschickungsbohrung nicht genutzt werden kann. Die untere Lage der Sandsäcke geht nur eine geringe Verbindung mit dem Versatz ein. Diese Sandsäcke werden die Bergung erschweren, da sie bei der Bergung der Gebinde im Bergehohlraum herunterfallen können und anschließend radiologisch charakterisiert und entsorgt werden müssen.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		Stand: 30.09.2019			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

6.1.5 Abdeckung der Gebinde mit einer Plane

Eine übergangslose Trennung zwischen den Gebinden und dem Versatzgut entsteht, wenn die Gebinde mit einer Plane abgedeckt werden, die das Versatzgut daran hindert, in die Hohlräume zwischen den Gebinden zu gelangen. Als Plane wird ein Erzeugnis verstanden, das ungeachtet seiner Eigenschaften wie z. B. Wasserdurchlässigkeit und Herstellung die Funktion und Erscheinung einer großen Textilfläche aufweist. Die Plane muss durch eine Öffnung in die Einlagerungskammer eingeführt, abgelassen und ausgebreitet werden.

Insbesondere beim Ablassen und Ausbreiten der Plane ist eine zentrale Öffnung von Vorteil. Darum ist diese Variante dann empfehlenswert, wenn die Beschickungsbohrung für das Ablassen und Ausbreiten der Plane geeignet ist. Das betrifft weniger den Vorgang, die Plane in die Einlagerungskammer abzulassen, als vielmehr die erforderlichen Vorbereitungen, die Plane exzentrisch auszubreiten. Deckt eine Plane einen Gebindekegel ab, liegt diese ungleichmäßig auf. Sie wird von Gebinderändern getragen, während sie unmittelbar daneben hohl liegt. Daraus können hohe Zugbeanspruchungen auf die Plane entstehen, wenn der hydrostatische Druck durch den Versatz zu hoch wird oder auch durch unerwünschte Einsackungen der Plane und des Versatzgutes zwischen die Gebinde. Darum ist eine Stabilisierungsschicht auf der Plane erforderlich, damit der hydrostatische Druck des Versatzes von der Stabilisierungsschicht und nicht von der Plane getragen wird.

Sollte auf der Plane eine Stabilisierungsschicht nicht aufgebracht werden können (z. B. weil die Stabilisierungsschicht darauf abrutscht), wird der Versatz so langsam eingebracht, dass das Versatzgut zwischenzeitlich genügend Zeit zum Aushärten hat.

Nach dem Abdecken sind verstreut liegende Gebinde zwar auch von der Plane bedeckt, nach dem Versetzen der Einlagerungskammer aber vom zukünftigen Bergehohlraum getrennt. Zum einen können diese Gebinde in einem gesonderten Bergevorgang und mit anderen Bergegeräten geborgen werden, was aber nur dann möglich ist, wenn die Sohle zum Zeitpunkt der Bergung standsicher ist. Zum anderen kann der Bergehohlraum erweitert werden, damit sich ein vereinzelt Gebinde auch innerhalb des Bergehohlraums befindet. Dazu kann vor dem Ausbreiten der Plane Schaum mit den bereits geschilderten Folgen oder aufblasbare Luftkissen so platziert werden, dass vereinzelt Gebinde mit dem Bergehohlraum über Korridore aus Schaum oder Luftkissen verbunden sind. Auf diese Weise wird der Bergehohlraum gezielt um die vereinzelt Gebinde ausgedehnt.

Materialauswahl

Die Plane dient als Trennschicht und ggf. als Trägermaterial für die Stabilisierungsschicht. Sie braucht nur so fest sein, dass sie beim Auftragen der Stabilisierungsschicht – an Stellen wo sie hohl liegt – nicht zerstört wird. Dafür müssen Planen reißfest genug sein, damit die Plane insbesondere an womöglich scharfkantigen Oberflächen (z. B. an den Gebinden) nicht beschädigt wird. Für die anwendungsgerechte Auswahl einer Plane sind darum die Erkundung des Einlagerungszustandes und insbesondere der Zustand der Gebinde an der Gebindekegeloberfläche unerlässlich. Gegebenenfalls müssen einzelne Stellen z. B. mit Schaum ausgeglichen oder mit mineralischen Dichtungsmatten zuvor geeignet abgedeckt werden.

Auf die Plane wird bei Bedarf und in Abhängigkeit von deren Festigkeit eine Stabilisierungsschicht aufgebracht. Plane und Stabilisierungsschicht müssen undurchlässig für das Versatzmaterial sein und es wirkungsvoll von den Gebinden fernhalten können. Da auch die Stabilisierungsschicht – wie bei einer Abdeckung mit Baustoff – ohne überschüssige Lösung verarbeitet werden soll, ist eine Dichtheit der Plane nicht erforderlich. Sollte sich an der Plane trotzdem Überschussflüssigkeit an-



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 50 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

sammeln, kann diese geringe Menge durch die Plane sickern. Ist die Stabilisierungsschicht eingebracht, hat die Plane ihre Aufgabe erfüllt und die Materialeigenschaften der Plane sind nicht mehr von Bedeutung.

Für eine Plane können Geokunststoffe verwendet werden. Aus den 5 Kategorien von Geokunststoffen kommen zwei Kategorien als Plane in Frage:

- Geotextilien, z. B. als Gewebe, Vliesstoffe oder Verbundstoffe
- Geomembranen z. B. als Kunststoffdichtungsbahn

Geotextilien

Geotextilien lassen sich hinsichtlich ihrer Struktur in drei Arten unterscheiden und dienen als Hilfsmittel für geotechnische Arbeiten z. B. im Bereich des Tief-, Wasser- und Verkehrswegebau. Gewebe bestehen aus Garnen oder Fäden und kommen zum Einsatz, wenn hohe Zugfestigkeiten gefordert sind. Auf Grund der gewebten Struktur sind sie robust, besitzen eine hohe Reißfestigkeit, hohe Hafteigenschaften und eine hohe Oberflächenreibung. Sie sind geeignet, Beton zurückzuhalten. Ein im Bauwesen verwendetes Gewebe hat ein Gewicht von ca. 1 kg/m² und eine Dicke von ca. 2 mm. Im Bergbau ist Bullflex ein Produktname für ein bekanntes Geogewebe, das seit Jahren erfolgreich in verschiedenen Anwendungen z. B. auch zur Schalung von Beton verwendet wird. Bullflex besteht aus Polyamid 6.6, ist wasserdurchlässig und lässt z. B. im Beton gebundene Flüssigkeit austreten. Das Gewicht der Standardware beträgt 660 g/m² bei einer Materialstärke rd. 1 mm. Es kann bei Bedarf und in Abhängigkeit der Festigkeitsanforderungen auch aus anderen Materialien gewoben werden, die das Gewicht auf 420 g/m² verringern. Die Abbildung 21 zeigt eine Anwendung mit Bullflex ü. T..

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 51 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 21: Anwendung von Bullflex durch die Firma Beton- und Monierbau GmbH

Darüber hinaus existieren als Geotextilein bezeichnete Vliese und Verbundstoffe. Sie sind deutlich dicker als Gewebe, weisen eine hohe Haftreibung auf und sind damit deutlich schwerer handhabbar. Sie werden darum nicht weiter betrachtet.

Geomembranen

Ein weiterer Geokunststoff ist eine Geomembran (z. B. eine Kunststoffdichtungsbahn), die vorwiegend als wasserdichte Abdichtungsfolie verwendet wird. Eine Kunststoffdichtungsbahn ist eine homogene Kunststofflage, bei der der Kunststoff (z. B. PE oder PVC) extrudiert und ausgewalzt oder geblasen wird. Abdichtungsfolien werden zum Abdichten gegen Wasserzuflüsse z. B. im Tunnelbau verwendet, sind wasserundurchlässig und weitgehend chemisch resistent. Sie ist mit einer so genannten Teichfolie vergleichbar. Es existieren je nach Bedarf Oberflächen mit unterschiedlichen Strukturen (glatt bis rau). Die Dichtungsbahnen werden mit Dicken zwischen ca. 0,75 mm und 5 mm gefertigt und wiegen zwischen ca. 1 kg/m² und 5 kg/m².

Weitere Materialien

Außerhalb bergmännischer oder geotechnischer Anwendungen existieren vielfältige in Frage kommende Materialien.

- Fallschirm- oder Ballongewebe sind nach Produktinformationen Stoffe in Leinwandbindung, die aus Seide oder synthetischen Fasern gewoben und als qualitativ hochwertiger Funkti-

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		Stand: 30.09.2019			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

onsstoff in vielen verschiedenen Produkten verarbeitet werden. Durch die große Strapazierfähigkeit und das geringe Gewicht sind solche Gewebe auch ein beliebter Rohstoff z. B. für viele Outdoor-Produkte wie Hängematten, Zelte oder Outdoor-Bekleidung. Die Stoffe sind wenig wasserdurchlässig und können beschichtet oder imprägniert werden. Sie haben ein geringes Gewicht und sind vergleichsweise reißfest, jedoch empfindlich gegenüber scharfkantigen Stellen. Das Gewicht beträgt je nach Qualität ab ca. 50 g/m², in Materialstärken von lediglich ca. 0,1 mm und mehr.

- Ripstop-Gewebe sind ebenfalls gewebt, besonders reißfest und weisen eine hohe Weiterreißfestigkeit auf, wenn das Gewebe stellenweise beschädigt ist. Als Material kommen Seide, Polyamid (Handelsname Nylon oder Cordura), Polyester oder Aramide (z. B. Kevlar) in Frage. Auch für Ballonhüllen und Fallschirme werden Ripstop-Gewebe eingesetzt, weil sie leicht, dünn und dabei reißfest sind. Das Gewicht und die Materialstärke betragen je nach Qualität ab ca. 90 g/m² und ca. 0,15 mm bis ca. 300 g/m² und 1 mm.

Auf Grund des geringen Gewichts und der geringen Materialstärke sind Ballonstoffe und RipStop-Gewebe gut handhabbar. Materialien mit der Zulassung für den Bergbau wurden bislang nicht gefunden.

Konfektionierung der Plane und Ablassen in die Einlagerungskammer

Die Plane kann durch eine Öffnung von der 490-m-Sohle in die Einlagerungskammer eingelassen werden. Der Durchmesser muss groß genug sein, damit sich die Plane in der Öffnung nicht verklemmt. Bei Bedarf kann die Plane eng in eine geeignete Hülle gepackt und darin abgelassen werden. Es wurden 3 unterschiedliche Planenformen untersucht:

- *Quadratische Plane, die bis zu den Ecken der Einlagerungskammer reicht*
 Um alle Gebinde abzudecken, muss sich die Plane über die gesamte Sohle der Einlagerungskammer mit einer Fläche von im Mittel ca. 23 m mal 23 m erstrecken. Da die abzudeckende Fläche jedoch nicht plan ist, sondern eine Anhäufung von Gebinden abgedeckt werden muss, ist eine Plane mit größerer Fläche notwendig, damit die Plane in Folge der Aufwölbung durch den Gebindekegel an den Rändern nicht zu kurz ist (Abbildung 22).

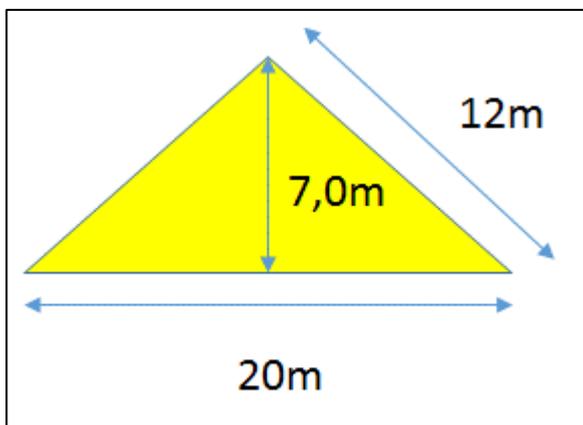


Abbildung 22: Ungefähre Maße des Gebindekegels



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 53 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Bis weitere Erkundungsergebnisse vorliegen, wird davon ausgegangen, dass die Plane bis in die Ecken der Einlagerungskammer reichen muss. Die Höhe des Gebindekegels beträgt ca. 7 m, der Durchmesser des Gebindekegels ca. 20 m (siehe Kapitel 5). Diese Werte müssen auf Basis von weiteren Erkundungsmaßnahmen geprüft werden.

Um die Gebinde mit einer unkonfektionierten Plane bis in die Ecken der Einlagerungskammer abzudecken, ist eine quadratische Fläche mit einer Länge von ca. 34 m erforderlich (ca. 1.150 m²). Überschüssiges Material wird sich insbesondere im Bereich der Seiten stauen und Falten werfen, was für die Trennung von Gebinden und Versatz unerheblich ist. Das überschüssige Material für die Falten muss jedoch ebenfalls durch die Öffnung abgelassen werden. Um Material zu sparen, kann die Plane darum kegelförmig zugeschnitten werden.

- ***Kegelförmig konfektionierte Plane, die bis zu den Ecken der Einlagerungskammer reicht***
Ein formgerechter Zuschnitt hat den Vorteil, dass weniger überschüssiges Material zuvor in die Einlagerungskammer gebracht werden muss. Konfektioniert man die Plane als Kegelpyramide (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 22) mit der Grundfläche der Kammerfläche, beträgt die Planenfläche ca. 600 m² und ist gegenüber einer unkonfektionierten, quadratischen Plane nahezu halbiert.
- ***Kegelförmig konfektionierte Plane, die bis zu den Stößen reicht***
Der Abstand des Gebindekegels zu den Stößen beträgt nach jetziger Einschätzung ca. 1,5 m. Sind Gebinde nicht bis in die Ecken verstreut, kann die konfektionierte Plane verkleinert werden. Sollte sich bei der Erkundung herausstellen, dass die Gebinde wenig verstreut liegen, ist es möglich, den kegelförmig konfektionierten Teil der Plane auf der Sohle mit einem Kragen von 1,5 m um den Gebindekegel zu versehen. Damit verringert sich die Fläche der Plane auf 490 m².

Je nach Konfektion der Plane beträgt deren Fläche somit zwischen ca. 490 m², 600 m² oder 1.160 m² (Tabelle 1), Abkürzungen: F_G/A = Flächengewicht, D = Materialstärke, F_G = Gewichtskraft, \varnothing = Wickeldurchmesser der ungefalteten Plane). Mit diesen Flächen sind die ebenfalls in Tabelle 1 dargestellten Gewichte in Abhängigkeit der unterschiedlichen Materialien zu erwarten.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 54 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Tabelle 1: Eigenschaften unterschiedlicher Planenmaterialien

Produkt	Eigenschaften				unkonfektioniert		konfektioniert	
	F _G /A kg/m ²	D mm	Material	Anwend-bar bis ca. °C	F _G kg	Ø m	F _G kg	F _G kg
Geotextilie (Gewebe)	1,00	2,00	div.	materialab- hängig	1.160	0,41	600	490
Bullflex (Bergbau)	0,66	1,00	Polyamid 6.6	260°	770	0,32	400	320
Kunststoff- dichtungsbahn	1,50	1,50	PVC/ EPDM/ PELD/ PEHD	130 – 180°	1.750	0,37	900	730
Ballongewebe (normal)	0,05	0,10	div.	200°	60	0,22	30	24
Ballongewebe (Thermogrid)	0,09	0,15	Silikonbe- schichtet	260°	110	0,23	55	45
RipStop	0,30	0,50	Polyamid/ Polyester/ Aramide	240° – >300	350	0,27	180	150

Eine Hubeinrichtung ist unerlässlich, damit die Plane zuverlässig abgelassen werden kann. Die Hubeinrichtung, mit der die Plane z. B. durch die Beschickungsbohrung eingeführt wird sowie die Anschlagpunkte an der Plane müssen auf die angegebenen Gewichte ausgelegt sein. Um einen stabilen Anschlag herzustellen, der nicht ausreißt, wird die Plane in der Mitte gerafft, die Raffung eingeschnürt und an der Einschnürung angeschlagen. Auf diese Weise bleibt die Kraft nicht auf eine Öse beschränkt, sondern verteilt sich gleichmäßiger auf die Plane.

Um die Standsicherheit der Schwebenicht weiter zu beeinträchtigen, kann die Beschickungsbohrung wie bereits im Kapitel 6.1 erläutert nicht aufgeweitet werden, um die Plane besser einzulassen. Die Plane muss zu einem Wickel gerollt und gepackt in die Beschickungsbohrung mit einem Durchmesser von 1,0 m eingeführt werden. Die Durchmesser der gerollten und ungefalteten Planenwickel betragen zwischen 0,22 m bis 0,41 m.

Die Hubeinrichtung wird in der Bühnenschleuse angebracht. Da die Höhe der Bühnenschleuse ca. 6 m beträgt, können die Planenwickel bei einer Länge von 34 m nicht ohne weiteres senkrecht in die ELK 8a/511 eingelassen werden. Planen sind jedoch flexibel und können gebogen in die Beschickungsbohrung eingeführt werden. Dazu ist auf der Bühnenschleuse eine geeignete Vorrichtung, wie z. B. ein um 90° gebogenes Rohr als Einlasshilfe vorgesehen.

Um die Länge der Wickel von 34 m zu verringern, kann die Plane vor dem Zusammenrollen gefaltet werden. Je häufiger die Plane gefaltet ist, umso kürzer wird der Wickel und umso größer dessen Durchmesser. Ob eine Plane als Trennschicht geeignet ist, hängt u.a. davon ab, wie groß die Wickel sind und ob der Durchmesser der Beschickungsbohrung und die Höhe der Bühnenschleuse dazu ausreichen. Darum kommt der Materialstärke unter Berücksichtigung der Reißfestigkeit große Bedeutung bei der Materialauswahl zu. Die Ergebnisse der Berechnung mit einer Überschlagsformel sind im Diagramm der Abbildung 23 zu erkennen. Es ist der Zusammenhang zwischen der Materialstärke und der Dicke des Wickels bei unterschiedlicher Anzahl der Faltungen dargestellt. Dabei ist

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 55 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

eine Vergrößerung gegenüber dem reinen Materialvolumen mit dem Faktor 1,5 eingeschlossen, um die bei der Faltung und Rollung entstehenden Lufteinschlüsse zu berücksichtigen.

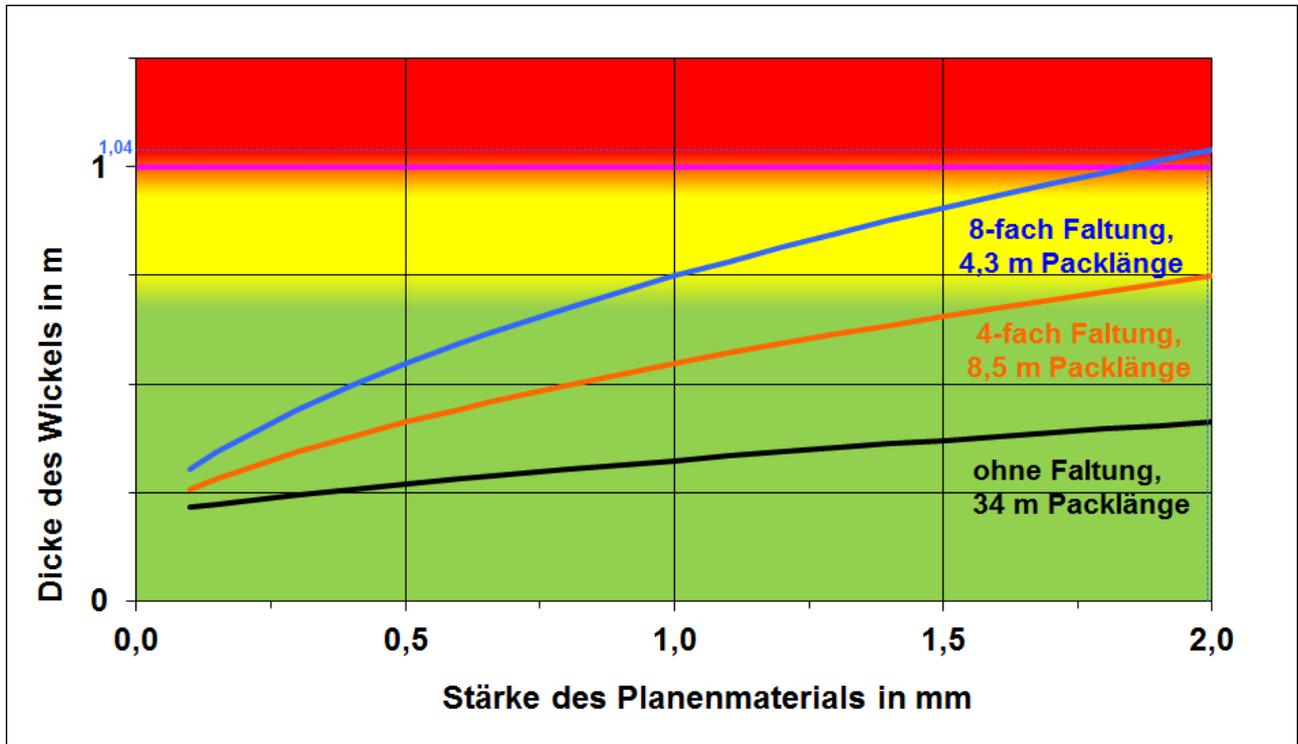


Abbildung 23: Abschätzung der Durchmesser von gerollten Planen auf Basis theoretischer Überlegungen an Hand einer Überschlagsformel

Eine Kunststoffdichtungsbahn kann nicht gefaltet werden, da eine Faltung die Dichtbahn beschädigen würde. Sie muss ohne Faltung mit einer Länge des Wickels von 34 m eingebracht werden (schwarze Kurve) und weist bei einer Materialstärke von 1,5 mm einen Durchmesser des Wickels von ca. 40 cm) auf.

Wird eine Plane 4-fach gefaltet, beträgt die Höhe der gefalteten Plane 8,5 m (Abbildung 23, orange Linie). Bei einer Materialstärke von 2 mm beträgt der Durchmesser des Wickels 0,75 m und ist damit kleiner als der Durchmesser der Beschickungsbohrung. Der Wickel muss bei dieser Länge von 8,5 m aber trotzdem gebogen eingelassen werden. Ob die unterschiedlichen Materialien der Plane diese Flexibilität beim Einlassen in die Einlagerungskammer ermöglichen, ist schwer vorhersagbar; zwar existieren über Tage Erfahrungen, die jedoch in Vorversuchen speziell für diese Anwendung praktisch überprüft werden sollten.

Bei einer 4-fach Faltung verringert sich die Höhe des Wickels auf 4,3 m (blaue Linie). Auf der einen Seite kann ein Wickel mit dieser Länge senkrecht und ohne Biegung in die Beschickungsbohrung eingelassen werden. Auf der anderen Seite schränkt dies die Auswahl bei der Materialstärke ein. Eine Plane mit einer Materialstärke von 2 mm (Ablesebeispiel) hat dann einen Durchmesser des Wickels von 1,04 m und passt nicht mehr durch die Beschickungsöffnung (Durchmesser 1,0 m). Bullflex, Ballon- und RipStopgewebe (Materialstärke 0,1 mm bis 1 mm) passen nach überschlägigen Berechnungen ungeachtet der Anzahl der Faltungen durch die Beschickungsbohrung.

Diesen Werten liegen unkonfektionierte und somit gleichmäßig gefaltete Planen zu Grunde. Für konfektionierte Planen kann nicht die gleiche Homogenität der Wicklung unterstellt werden wie bei unkonfektionierten Planen; konfektionierte Planen sind unregelmäßig und schwieriger zu falten und

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz					
				Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	Stand: 30.09.2019			
9A	23520000	GHB	RA	0051	00				

zu rollen. Darum müssen nicht nur die Werte theoretischer Berechnungen in der Praxis verifiziert werden; für die konfektionierten Planen müssen ggf. geeignete Falntechniken in Vorversuchen ermittelt werden. Dabei kann auf Erfahrungen z. B. beim Packen von Fallschirmen oder Ballonen zurückgegriffen werden.

Ausbreitung der Plane in der Einlagerungskammer durch Seile

Beim Ablassen der Plane durch ein Loch in der Schwebeliste ist die Plane gepackt oder steckt in einer Umhüllung. Sie muss aus der Hülle entfernt und über dem Gebindekegel ausgebreitet werden. An den Ecken der Plane sind Seile angeschlagen. Die Seile müssen vor dem Einlassen in die Einlagerungskammer angebracht sein, da das einfacher ist als eine mannlose Befestigung in der Einlagerungskammer.

Die Seile führen von der Plane in der ELK 8a/511 zurück auf die 490-m-Sohle. Dazu werden Löcher mit möglichst kleinem Durchmesser (ca. 0,3 m) von der 490-m-Sohle durch die Schwebeliste gebohrt. Befinden sich die Löcher in den Ecken oder an den Stößen der Einlagerungskammer, ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass dadurch die Standsicherheit der Schwebeliste beeinträchtigt ist, zumal die Bohrlöcher einen geringen Durchmesser haben.

Da die Plane von der 490-m-Sohle über die Beschickungsbohrung eingezogen werden soll, muss ein Seil von jeder Ecke der Plane aus der Beschickungskammer, durch die Beschickungsbohrung, durch die Einlagerungskammer und jeweils durch eines der dünnen Löcher z. B. in den Ecken der ELK 8a/511 zurück auf die 490-m-Sohle führen. An den Ecken der Plane sind die Seile mit Ösen (ggf. mit Umschlagen und Doppelung der Plane gegen Ausreißen) befestigt oder die Plane wird wie in der Mitte gerafft und eingebunden. Die Befestigung wird in Abhängigkeit der Belastung und der Beanspruchbarkeit des Materials ausgewählt.

Die Plane wird mit den an deren Ecken angeschlagenen und zu den Ecken der ELK 8a/511 führenden Seilen ausgebreitet und langsam und gleichmäßig auf den Gebinden abgelassen. Bei der Ausbreitung erzeugt die Plane beim Ablassen wie ein Segel einen Luftwiderstand. Die Luft wird zwischen den Stößen und den Rändern der Plane vorbeiströmen. Der Luftstrom ist mit der Absenkgeschwindigkeit regulierbar. Bislang wird davon ausgegangen, dass bei geringer Absenkgeschwindigkeit die Aufwirbelung von Staub durch die installierten Filter beherrschbar ist. Einerseits trägt der Luftwiderstand zur Entfaltung der Plane bei, erleichtert deren Ausbreitung und die dazu nötigen Kräfte. Andererseits wird die Plane wegen des Luftwiderstandes und in Folge dessen wegen der zwischen den Stößen und der Plane vorbeiströmenden Luft Richtung ELK-Mitte streben. Damit die Plane durch die an den Stößen vorbeiströmende Luft beim Ablassen nicht zum Zentrum gelenkt wird, ist eine Öffnung für den Luftstrom in der Mitte vorgesehen, die einem Parachute-Ventil eines Heißluftballons ähnelt (Abbildung 24).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 57 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

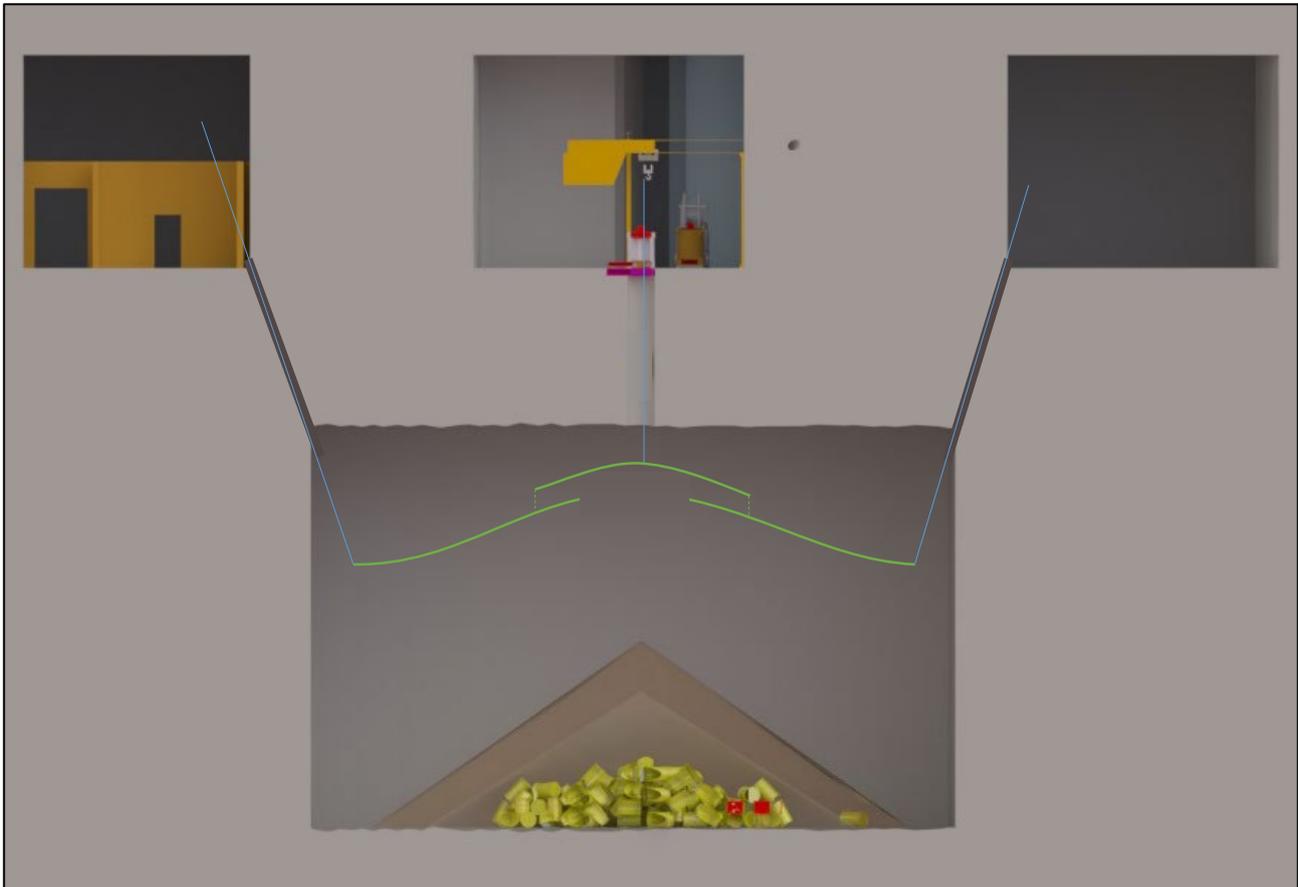


Abbildung 24: Entfalten der Plane und Parachute-Ventil in der Planenmitte

Die Plane soll über den Gebinden ausgebreitet werden, indem sie in die Ecken gezogen wird und sie gleichzeitig in der Mitte hochgehalten wird. In dieser Situation ist der Anschlagpunkt an der Plane in der Mitte mit nahezu dem gesamten Gewicht der Plane belastet. Auf die Eckanschläge wirkt eine horizontale Kraft zur Ausbreitung der Plane, die kleiner ist als die Kraft in Planenmitte.

Ist die Plane konfektioniert und mit einem Kragen versehen, reicht sie bis an die Stöße und nicht bis in die Ecken. Der Vorgang des Einziehens ist der gleiche, lediglich die Löcher zur 490-m-Sohle liegen nicht in den Ecken der ELK 8a/511 sondern in der Mitte der Stöße.

Sollte sich bei den Vorversuchen herausstellen, dass es unpraktikabel ist, lediglich eine Plane einzuziehen, die zwar Anforderungen wie Leichtigkeit, Reißfestigkeit und Dichtheit erfüllt, sich aber z. B. nicht ausbreiten oder durch das Loch ablassen lässt, können mehrere dünnere Planen verwendet werden, die bedarfsgerecht gestaffelt (Reißfestigkeit, Dichtigkeit, Rauigkeit) übereinander gelegt werden. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass raue Planen nicht aufeinander liegend in die vorgesehene Position verschoben werden können, wenn die Reibung zwischen den Planen zu hoch ist. Ein Verschieben der oberen Plane würde die untere ebenfalls aus der vorgesehenen Lage verschieben.

Zur Ausbreitung der Plane wurden 2 Möglichkeiten untersucht, die im Folgenden dargelegt werden:

- Plane mit Seilen durch Schwerkraft ausbreiten
- Plane mit Seilen, Rohren und Rollen ausbreiten

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 58 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Handhabung der Seile mit Schwerkraft

Damit die Plane mit Schwerkraft ausgebreitet werden kann, werden zunächst 4 Gewichte an Seilen nach und nach durch die Beschickungsbohrung in die ELK 8a/511 abgelassen (Abbildung 25 links, schwarze Kugeln; zur besseren Übersicht lediglich 2 dargestellt).

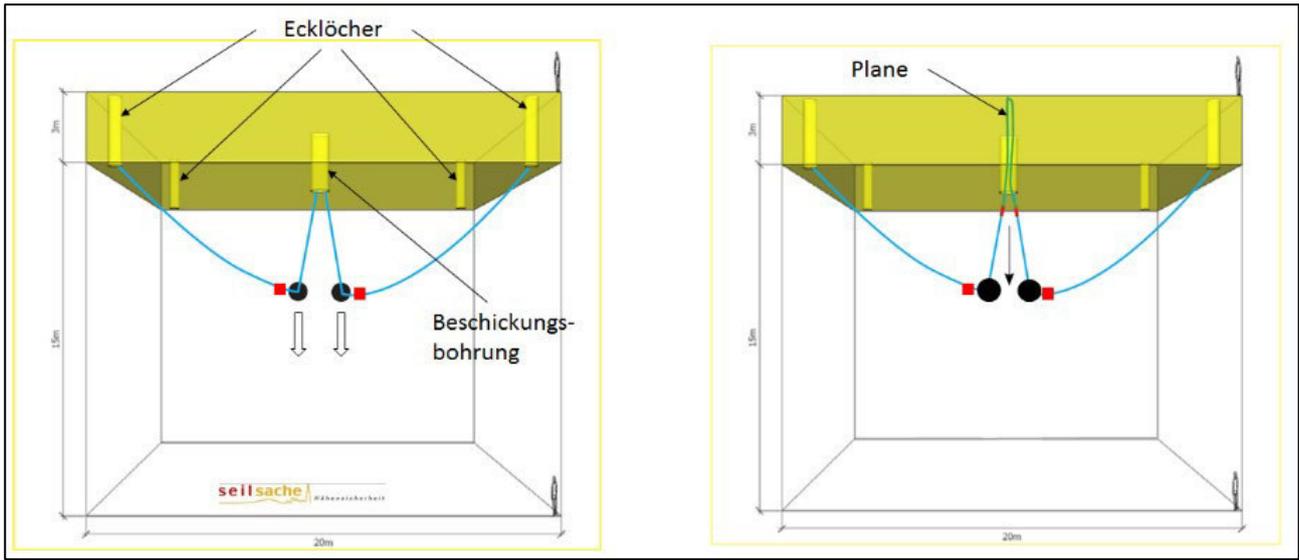


Abbildung 25: Einlassen der Gewichte

Die Gewichte sind bis zu den roten Quadraten am Seil frei auf dem Seil beweglich (Abbildung 25, rechts). Die Gewichtskraft zieht die Plane mit den durch die Beschickungsbohrung führenden Seilen in die Einlagerungskammer. In der Mitte der Plane ist ein Seil angeschlagen und ein daran angeschlagener Kran auf der 490-m-Sohle reguliert den Vorgang.

Nachdem die Plane in der Einlagerungskammer abgelassen und die Umhüllung entfernt ist, werden die durch die Ecklöcher zur 490-m-Sohle führenden Seile gespannt (Abbildung 26, links). Die Gewichte rutschen bei diesem Vorgang bis auf die Befestigung am Rand der Plane. Sie bewegen sich am Seil in Richtung der Ecken der Einlagerungskammer und entfalten dabei die Plane durch Schwerkraft.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 59 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

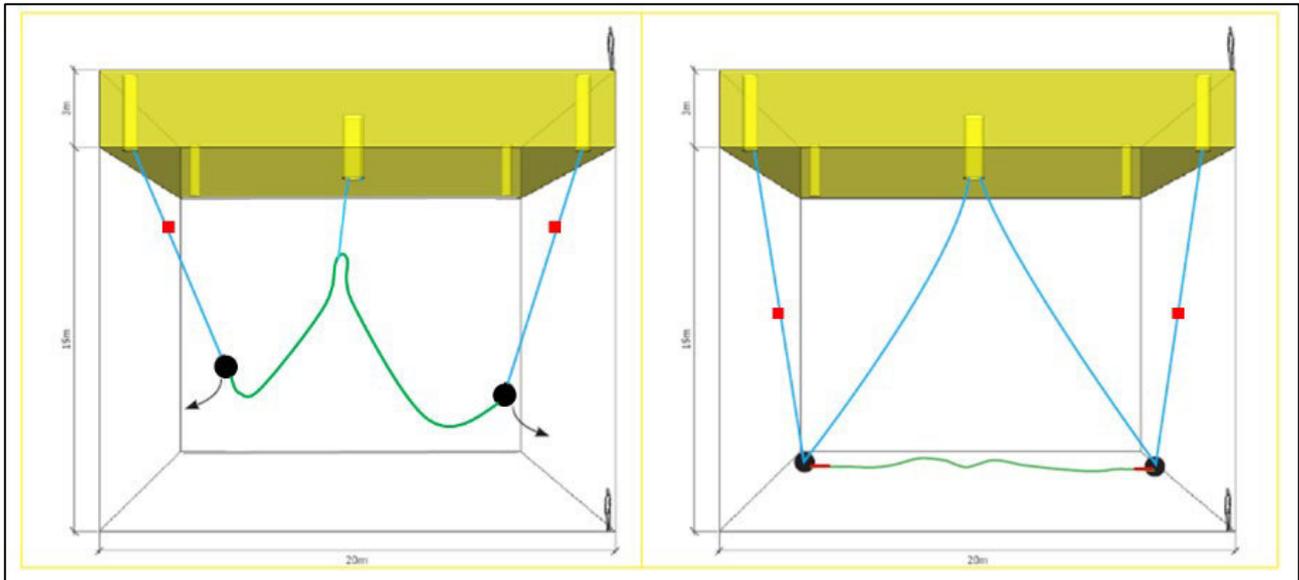


Abbildung 26: Links: Ausbreiten einer Plane, Rechts: Ausbreiten mehrerer Planen

Die Seile, Gewichte und Plane können bis unter die Firste gezogen werden. Sollte die Plane nur teilweise entfaltet sein und noch nicht in der vorgesehenen Position liegen, kann die Plane erneut und so oft bis zur Firste gezogen werden, bis die Plane vollständig ausgebreitet in der korrekten Position liegt (Abbildung 26, rechts). Dieser Vorgang wird durch das mittlere Seil unterstützt.

Um eine Plane mit Schwerkraft auszubreiten, sind zuvor keine Installationen innerhalb der Einlagerungskammer erforderlich. Sollte es nötig sein, mehrere Planen abzulassen, kann die Anordnung der Seile verändert werden. Da die Seile durch die Gewichte hindurchgeführt und beweglich sind, können weitere Planen durch die nun auf der Sohle liegenden Gewichte eingezogen werden.

Handhabung der Seile mit Rohren und Rollen

Sollte die Schwerkraft von Gewichten zum Ausbreiten einer Plane nicht ausreichen, sind Fixpunkte innerhalb der Einlagerungskammer erforderlich, die derzeit nicht vorhanden sind. Solche Fixpunkte können geschaffen werden, indem durch die Ecklöcher teleskopierbare Rohre eingefahren und diese nach und nach auf ihre endgültige Länge verlängert werden (Abbildung 27).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 60 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

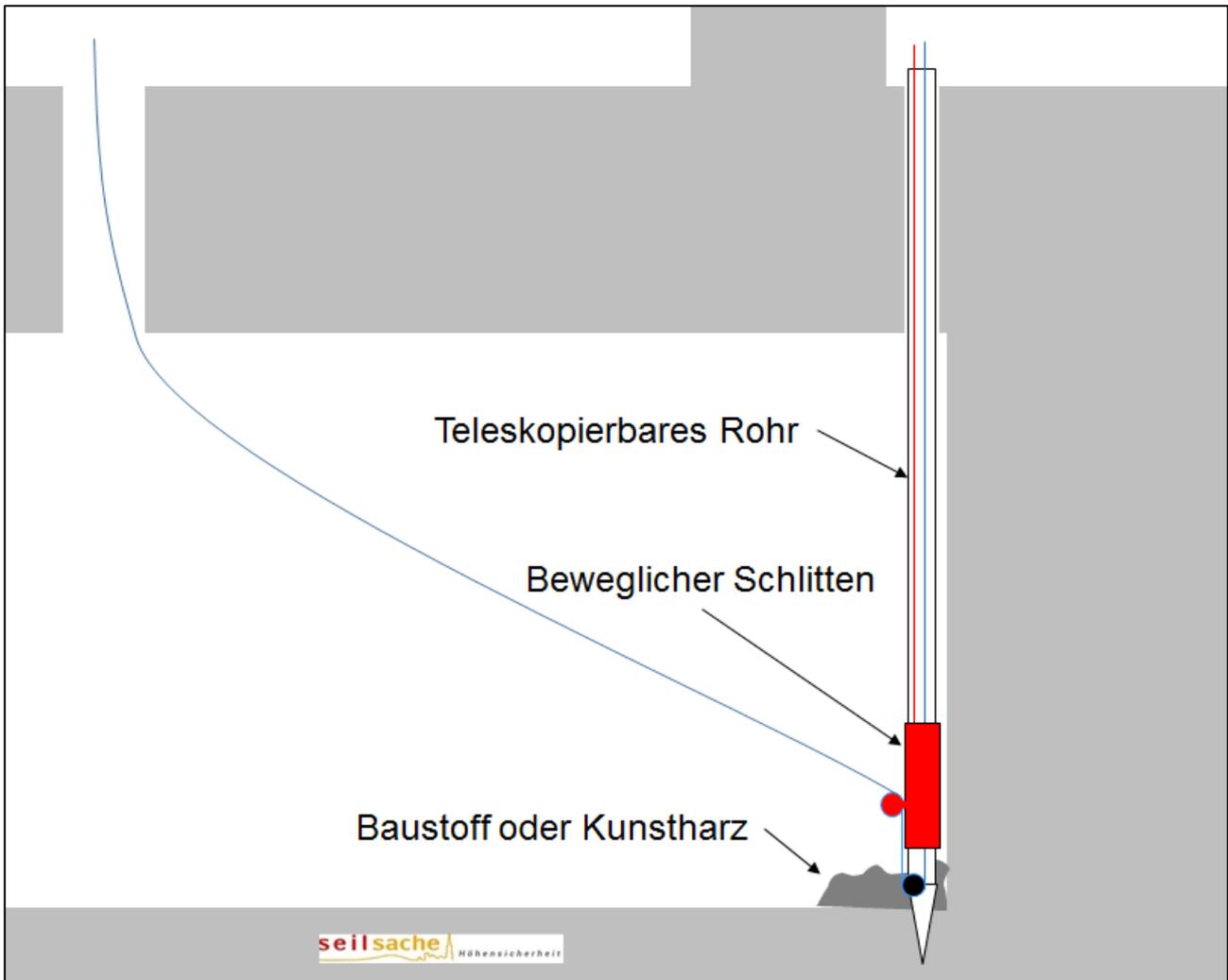


Abbildung 27: Ausbreiten einer Ebene mit Rohren und Rollen

Das Rohr wird an dessen oberem Ende durch das Bohrloch eingespannt. Das sohlenseitige Ende des Rohres wird in der Sohle fixiert, damit sich das Rohr auf der Sohle nicht verschieben kann. Das Rohr kann auf verschiedene Arten fixiert werden:

- Im Ende des Rohres ist eine Bohrschneide angebracht. Von der 490-m-Sohle wird das Rohr gedreht und bohrt sich in die Sohle ein.
- Alternativ kann das Rohrende auf der Sohle in ein Bohrloch eingebüht (versenkt) werden. Zunächst wird das Bohrloch durch die Schweben von der 490-m-Sohle gebohrt, das Bohrgestänge um ELK-Höhe verlängert und der Bohrvorgang um ca. 0,5 m in der Sohle der Einlagerungskammer fortgesetzt.
- Durch das Rohr ist ein Injektionsschlauch verlegt, durch den Baustoff oder Kunstharz bis auf die Sohle gebracht wird, um so das Rohr an der Sohle zu fixieren.

Entlang des Rohres ist ein in vertikaler Richtung beweglicher Schlitten (Abbildung 27, rot) angebracht. Der Schlitten ist mit einem außerhalb des Rohres angebrachten Seil verfahrbar. Am Schlitten ist eine Seilrolle befestigt. Über das blaue Seil und die rote Rolle wird die Ebene eingezogen und das



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 61 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

blaue Seil über die schwarze Rolle umgelenkt. Mit dem Schlitten kann die Plane in jeder Höhe ausgebreitet und gespannt werden. Wenn mehrere Planen verwendet werden sollen, ist für jede Plane ein weiteres Seil mit Rollen erforderlich.

Herstellen einer Seilverbindung

Um eine Plane mit Seilen einziehen und ausbreiten zu können, muss zwischen den Löchern in der Schwebe zunächst eine Seilverbindung hergestellt werden. Für das Herstellen solcher Verbindungen bestehen Techniken, die überwiegend von entsprechend ausgebildeten Spezialisten wie z. B. Seilzugangstechnikern von Hand hergestellt werden. Dazu stellen sie nach und nach Sicherungspunkte z. B. an Decken her und überbrücken nach und nach Distanzen von mehr als 10 m. Der Abstand zwischen den Löchern in der ELK 8a/511 beträgt ca. 16 m (vgl. Abbildung 17) und ist auch für die Branchenführer im Bereich Seilzugangstechnik keinesfalls dann eine gängige Entfernung, wenn die Verbindung durch Personen hergestellt wird. Da der planmäßige Aufenthalt von Personen in der ELK 8a/511 nicht vorgesehen ist, muss die Verbindung mannlos hergestellt werden, was die Aufgabe deutlich erschwert. Eine solche Aufgabe u. T. ist branchenweit unüblich und womöglich noch nie durchgeführt worden. Darum kann auf eine bewährte Standardlösung nicht zurückgegriffen werden.

Die Seile zum Ausbreiten und Spannen der Plane müssen über Mindestreißfestigkeiten verfügen. Sollten diese Mindestreißfestigkeiten Seilgewichte nach sich ziehen, die von den Techniken zur Seilverbindung nicht zu bewältigen sind, muss das endgültige Seil nach und nach eingezogen werden. Die 1. Verbindung (im weiteren Pilotleine genannt) muss leicht sein und über eine ausreichende Reißfestigkeit verfügen, um ein reißfesteres Vorseil oder das endgültige Seil einziehen zu können. Als Pilotleine kommen z. B. Flechtschnüre in Frage, die bereits bei einem Schnurdurchmesser von ca. 1 mm und einem Gewicht von ca. 1 g/m über eine Reißfestigkeit von 35 daN verfügen. An der Pilotleine wird ggf. ein Vorseil eingezogen. Das Einziehen weiterer Vorseile kann so lange wiederholt werden, bis das endgültige Seil zum Einziehen der Plane bereit steht. Bereits vergleichsweise dünne Seile verfügen über hohe Reißfestigkeiten, wobei statische Kernmantelseile (aus Kunststoffen) gegenüber Stahlseilen eine leichtere Handhabung ermöglichen, da sie weniger sperrig und leichter sind.

Für das Herstellen einer Seilverbindung werden 7 Möglichkeiten im Folgenden beschrieben:

- Schussvorrichtung
- Teleskopierbares Rohr
- Federschlaufe
- Drohne
- Miniaturluftschiff oder Ballon
- Verwendung von Permanentmagneten
- Roboter

Schussvorrichtung

Die 1. Verbindung (Pilotleine) zwischen der Beschickungsbohrung und den Ecklöchern kann mit einer Schussvorrichtung hergestellt werden. Als Schussvorrichtung kann z. B. eine kleine mechanische Armbrust oder eine Schussvorrichtung mit Druckluft genutzt werden. Die kleinste frei verfügbare Armbrust erzielt Schussweiten von mehr als 50 m, was für diesen Fall ausreicht.

Die Abzugkräfte der Armbrust sind gering. Sie wird durch die Beschickungsbohrung drehbar herabgelassen, das „Projektil“ mit der Pilotleine verbunden und fernbedient ausgelöst. Beim Abschuss entstehen durch die Beschleunigung erhebliche Zugkräfte auf die Pilotleine. Darum kommt bei der

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 62 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Auswahl der Pilotleine diesem Aspekt eine besondere Bedeutung hinsichtlich der Reißfestigkeit und den Elastizitätseigenschaften zu. Diese Methode wurde jedoch ü. T. bereits mit wesentlich stärker beschleunigenden Abschussvorrichtungen erfolgreich angewendet und die ausreichende Zugfestigkeit von Pilotleinen oder -seilen praktisch nachgewiesen.

Um mit der Abschussvorrichtung zu zielen, ist eine Kamera installiert. Die Kamera und die Schussvorrichtung mit Projektil und Zugleine werden zuvor unter ähnlichen Bedingungen wie u. T. in Vorversuchen getestet und eingeschossen. Trotzdem wird die Abschussvorrichtung nur eine begrenzte Zielgenauigkeit erreichen. Darum muss das Ziel ausreichend groß dimensioniert sein.

Das Ziel (Abbildung 28, links) besteht aus 2 Aluminiumrohren (grau) von ca. 2,8 m Länge und einem vertikalen Abstand von z. B. 3 m an einem Seil. Das Ziel wird vorgefertigt in die ELK 8a/511 eingelassen.

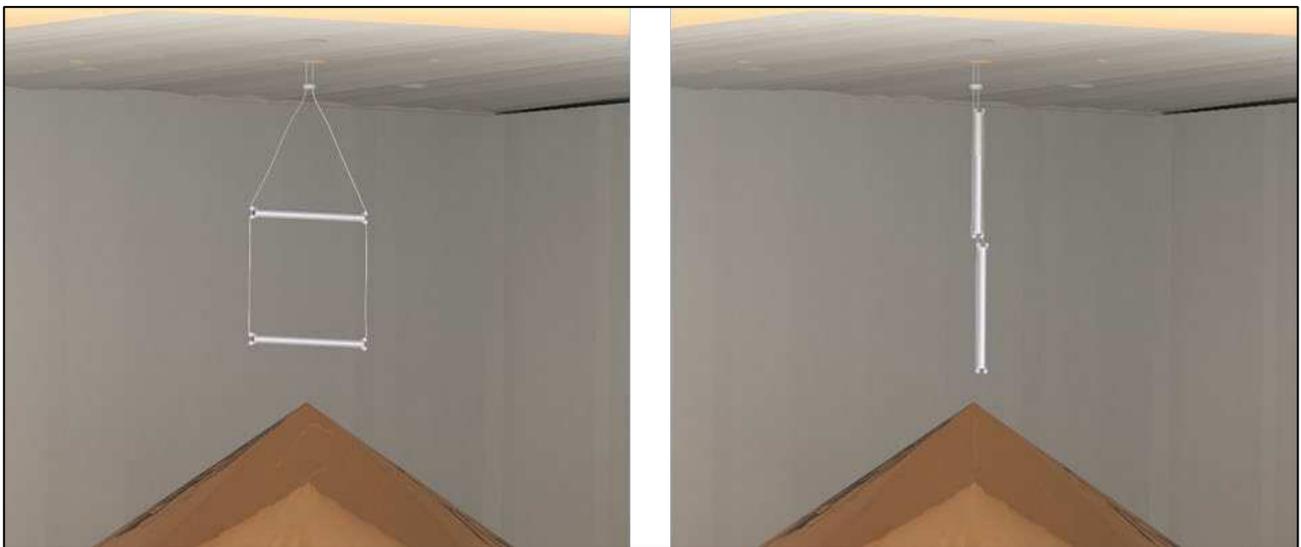


Abbildung 28: Zielvorrichtung; links ausgeklappt, rechts eingeklappt zum Einlassen in die Einlagekammer

Um das Ziel vorzufertigen, wird das Seil durch das untere Rohr gezogen. An den Rohrenden verhindern Knoten im Seil, dass sich das Rohr verschieben kann. In einem Abstand von ca. 3 m wird das Seil ebenfalls verknotet. Danach werden beide Seilenden durch das Rohr geschoben, bis sie auf der gegenüberliegenden Seite wieder austreten. Damit ist ein Ziel von ca. 2,8 m mal 3 m entstanden, das aus zwei waagerechten Alurohren und zwei ca. 3 m an der Seite des Rechtecks befindlichen Seilen gebildet wird. Durch Ziehen an einem Seilende klappt das Ziel sehr klein zusammen, so dass es auch durch kleine Hohlräume passt (Abbildung 28, rechts).

Die Breite des Ziels ergibt sich aus einem angenommenen Abstand der Ecklöcher zum Stoß von 1,0 m. In einem solchen Abstand ist ein Ziel nicht beliebig breit ausklappbar und darum aus trigonometrischen Gründen auf eine Breite von 2,8 m beschränkt. Sollte mehr Platz zur Verfügung stehen, kann das Ziel vergrößert werden. Die maximale Breite des Ziels ist dann abhängig von der lichten Höhe innerhalb der ELK 8a/511.

Das Ziel wird zusammengeklappt jeweils von der 490-m-Sohle durch die Ecklöcher in die Einlagekammer abgelassen, ausgeklappt und zur Schussvorrichtung ausgerichtet. Hat das Projektil das ausgeklappte Ziel durchflogen und prallt es an den Stößen ab, fällt es mit der Pilotleine nach unten. Dabei darf das Projektil nicht so elastisch sein, dass es vom Stoß durch das Ziel zurückprallt. Befindet sich das Projektil samt Pilotleine jenseits des Ziels, wird das Ziel zusammengeklappt und mit Projektil und Pilotleine durch das Eckloch auf die 490-m-Sohle nach oben gezogen. Das Projektil

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 63 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

verhindert ein Durchrutschen durch das zusammengeklappte Ziel. Anschließend werden bei Bedarf zugfestere Seile von Eckloch zur Beschickungsbohrung oder in umgekehrter Richtung eingezogen.

Teleskopierbares Rohr

Zur Übergabe der Pilotleine (Abbildung 29, grün) dient ein abwinkelbares und teleskopierbares Rohr. Es wird entweder von der Beschickungsbohrung zu den Ecklöchern oder in umgekehrter Richtung genutzt. Das Rohr ist aus Carbon, um das Gewicht des Rohres zu verringern und so die Streckenlast bei einem bis zu ca. 16 m langen Ausleger zu minimieren. Das Rohr wird mit Druckluft ausgefahren und mit einem Seil eingezogen (Abbildung 29, blau).

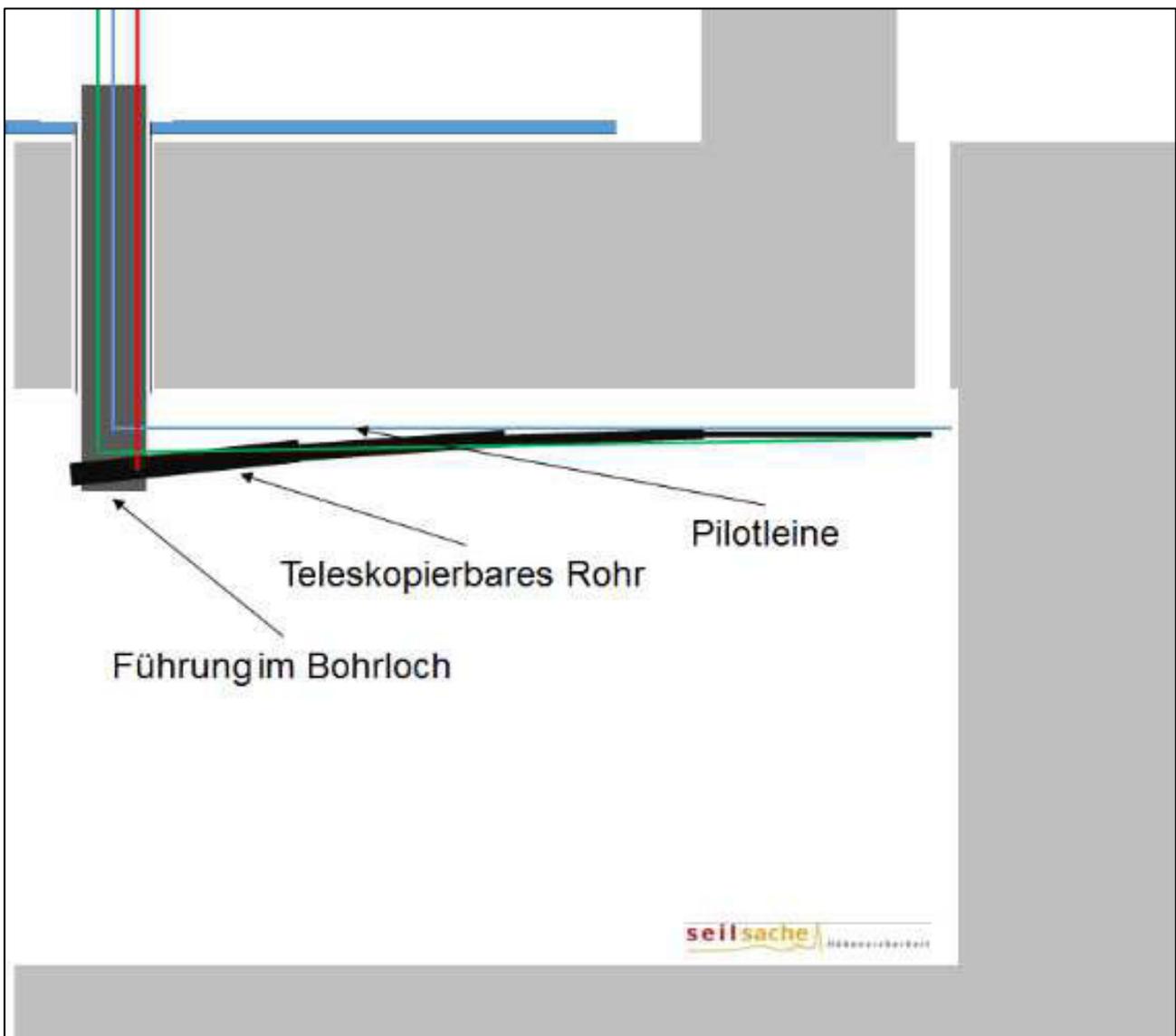


Abbildung 29: Seilübergabe mit telekopierbarem Rohr (hier der Beschickungsbohrung)

Die Abwinkelung des Rohres wird ebenfalls mit einem Seil gesteuert (Abbildung 29, rot). Damit der Ausleger schwingungsarm und so präzise wie möglich gesteuert werden kann, muss im Loch durch die Schwebe eine Führung installiert sein. Die Führung ist an der Bühnenschleuse befestigt. Der



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 64 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Ausleger wird mit einer stark untersetzenden Drehvorrichtung versehen, damit das Rohr ausgerichtet werden kann.

Als Ziel kommt ein verkleinertes, zusammenklappbares Rechteck (wie zuvor) in Betracht. Beim Zusammenklappen entnimmt das Ziel eine Verdickung am Ende der Pilotleine aus einer Halterung des teleskopierten Rohres und zieht es nach oben.

Erfahrungen mit abgewinkelten Stangen bestehen bis zu einer Länge von ca. 10 m. Größere Entfernungen werden je nach Unternehmen für möglich erachtet, wenn Personen mit der Teleskopstange hantieren. Bei dieser Anwendung ist ein solcher Einsatz von Personen ausgeschlossen. Die Einschätzung von befragten Unternehmen, ob eine größere Entfernung ohne Personen überbrückt werden kann, ist unterschiedlich und sollte zuvor mit Versuchen in der Praxis verifiziert werden.

Der Ausleger muss maximal ca. 16 m lang sein. Mit dieser Länge kann er nicht in die ELK 8a/511 eingeführt werden, da die Bühnenschleuse über eine Höhe von lediglich ca. 6 m verfügen wird. Der Ausleger muss somit mindestens 2-stufig teleskopierbar sein. Die durch die Beschickungsbohrung verlaufende Führung des Auslegers ist 6 m lang und etwa gleich der lichten Höhe der Bühnenschleuse. Gegebenenfalls muss die Führung ebenfalls teilbar eingebaut werden.

Der Einbau des teleskopierbaren Auslegers ist mit Aufwand verbunden. Damit der Aufwand nicht für jede Pilotleine wiederholt werden muss, kann der Ausleger mit allen benötigten Pilotleinen eingebaut werden.

Sollte es sich als praktikabler erweisen, die Pilotleinen durch die Beschickungsbohrung zu fangen und zur 490-m-Sohle zu ziehen, kann der teleskopierbare Ausleger von den Ecken (bzw. von außen) eingeführt werden. Nachteilig ist, dass das teleskopierbare Rohr für jede Pilotleine umgesetzt werden muss. Daraus resultiert ein erhöhter Reinigungsaufwand oder das teleskopierbare Rohr wird nur einmal verwendet.

Federschlaufe

Diese Variante ähnelt der vorherigen mit dem Unterschied einer veränderten Fangvorrichtung. Am Ende eines Seiles ist eine Schlaufe an einem teleskopierbaren Rohr (vgl. oben) befestigt. Die Schlaufe aus dünnem Federstahl weitet sich auf, damit sie durch die Beschickungsbohrung gut gefangen werden kann (Abbildung 30).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 65 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

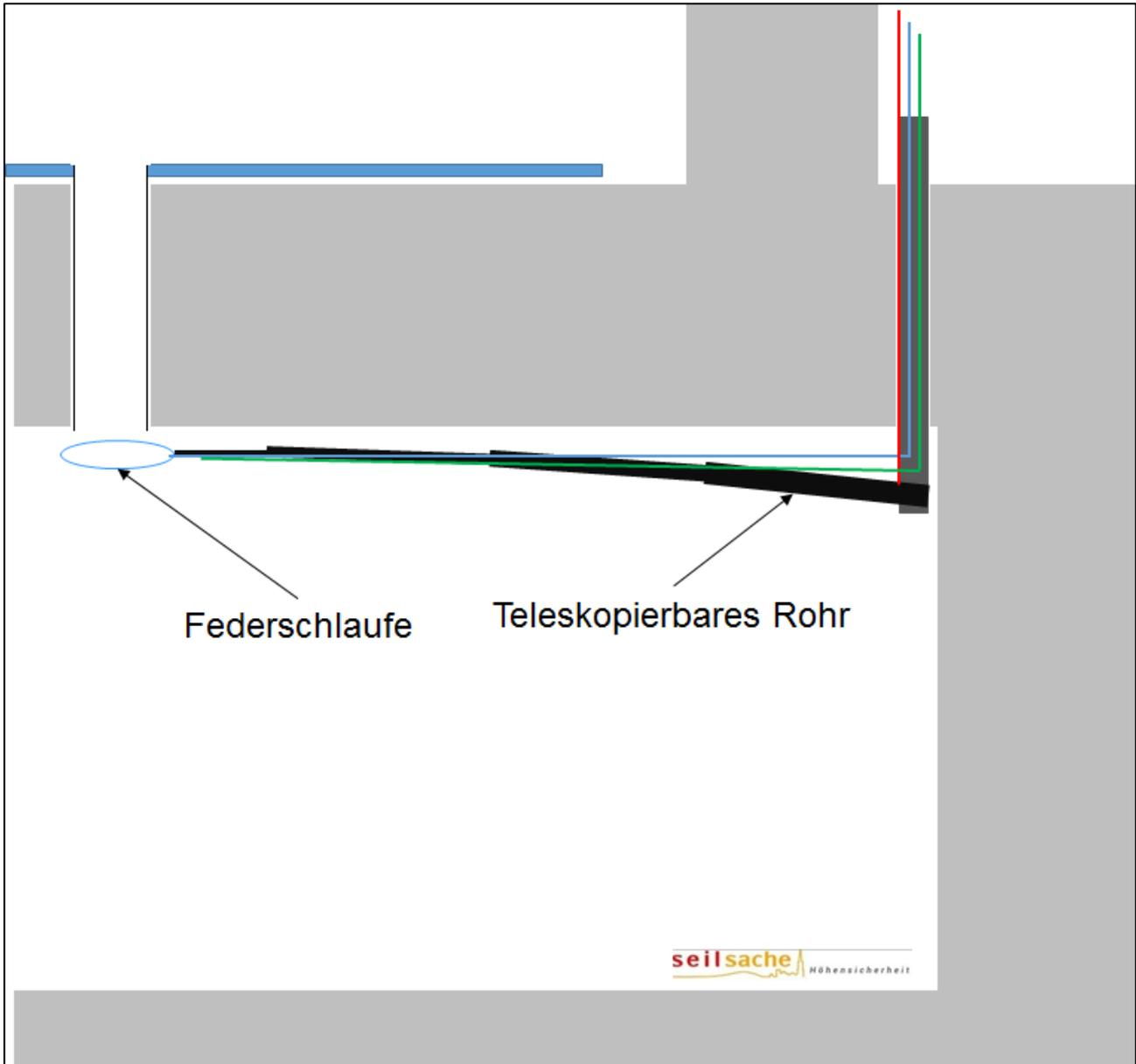


Abbildung 30: Federschleufe

Mit einer Fangeinrichtung (z. B. Karabiner mit geringer Federkraft oder einem Haken an einer Stange) wird die Schleufe gefangen und mit der Pilotleine aus der Halterung am Rohr durch die Beschickungsbohrung gezogen.

Drohne

Um eine Seilverbindung herzustellen, kann eine Drohne eingesetzt werden. Vorrichtungen zum Lösen und Greifen von Lasten durch Drohnen sind verfügbar. Die Drohne ist mit einer Kamera bestückt, um sie zielgenau lenken zu können (Abbildung 31).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 66 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 31: Drohne für Arbeiten in der ELK 8a/511

An die Drohne wird auf der 490-m-Sohle eine Pilotleine angebracht und z. B. durch die Beschickungsbohrung auf einer Plattform in die Einlagerungskammer abgelassen. Anschließend durchfliegt die Drohne ein Ziel (z. B. wie Abbildung 28 oder Abbildung 30) und klinkt die von ihr transportierte Pilotleine aus. Am Leinenende ist eine Verdickung angebracht. Alternativ kann an der Drohne ein Ausleger montiert sein, an dem die Pilotleine befestigt wird und die ausgeklinkt wird, ohne dass die Drohne ein Ziel durchfliegt. Nachdem die Pilotleine ins Ziel übergeben wurde, fliegt die Drohne zurück zur Plattform an der Beschickungsbohrung und wird zur 490-m-Sohle gehoben. Das Ziel mit Pilotleine wird durch das Eckloch manuell auf die 490-m-Sohle hochgezogen.

Bislang existieren unterschiedliche Erfahrungen beim Einsatz von Drohnen im Bereich der Seilzugangstechnik über Tage. Es wechseln positive Erfahrungen und Abstürze ab. Um die Drohne vor Abstürzen zu schützen, wird sie rundum – insbesondere an den Rotoren – mit einem Käfig versehen. Kollisionen mit der Firse oder den Stößen führen dann zwar zu einer kurzzeitig instabilen Fluglage, nicht jedoch zu Beschädigungen. Zudem sollten Drohnen für einen stabilen Flug das GPS und einen Magnetkompass nutzen. Beides ist unter Tage jedoch nicht verfügbar, so dass ggf. auf andere Orientierungssysteme zurückgegriffen werden muss, die für diese Anwendung eingerichtet werden können. Sollte die Drohne während des Einsatzes Schaden nehmen und abstürzen, kann sie an einem vorgesehenen Notseil geborgen werden.

Beim Flug wird die Kammeratmosphäre durch die Rotoren in Bewegung gesetzt. Die zu transportierenden Lasten sind gering und die zu deren Transport vorgesehenen Drohnen und deren erforderli-

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 67 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

chen Antriebe vergleichsweise klein. Von einer unzulässigen Luftbewegung innerhalb der Einlagekammer wird derzeit nicht ausgegangen. Gegebenenfalls wird mit einem gezielten Wetterstrom die Verwirbelung kompensiert oder die Drohne optimiert.

Gelangt die Drohne wieder zurück zur 490-m-Sohle ist eine geringe Kontamination jedoch nicht auszuschließen. Darum müssen Sicherheitsmaßnahmen diesbezüglich vorgesehen werden, die jedoch über Schutzbekleidung (z.B. Handschuhe, Atemschutz) des Personals wenig hinausgehen werden. Die Eignung dieser Lösung kann mit vergleichsweise geringem Aufwand in einem Versuch zuvor geprüft werden.

Ein Luftschiff ist bezüglich seiner Traglast in der Lage, eine Pilotleine zu transportieren und eine Seilverbindung herzustellen. Weniger geeignet ist ein Luftschiff hinsichtlich seiner Steuerbarkeit in vertikaler Richtung. Dazu müsste eine Trimmung durch Gasregulierung in den Auftriebskörper oder durch Steuermotoren erfolgen. Die gleichen Nachteile weist auch ein Ballon auf. Diese Möglichkeiten wurden nicht weiter untersucht, da sie gegenüber einer Drohne keine erkennbaren Vorteile bieten.

Verwendung von Permanentmagneten

Die Verbindung kann mit 2 Stangen und Permanentmagneten hergestellt werden, an deren Ende 2 Pilotleinen angebracht sind (Abbildung 32). Die Stangen werden wie zuvor durch die Firste geführt.

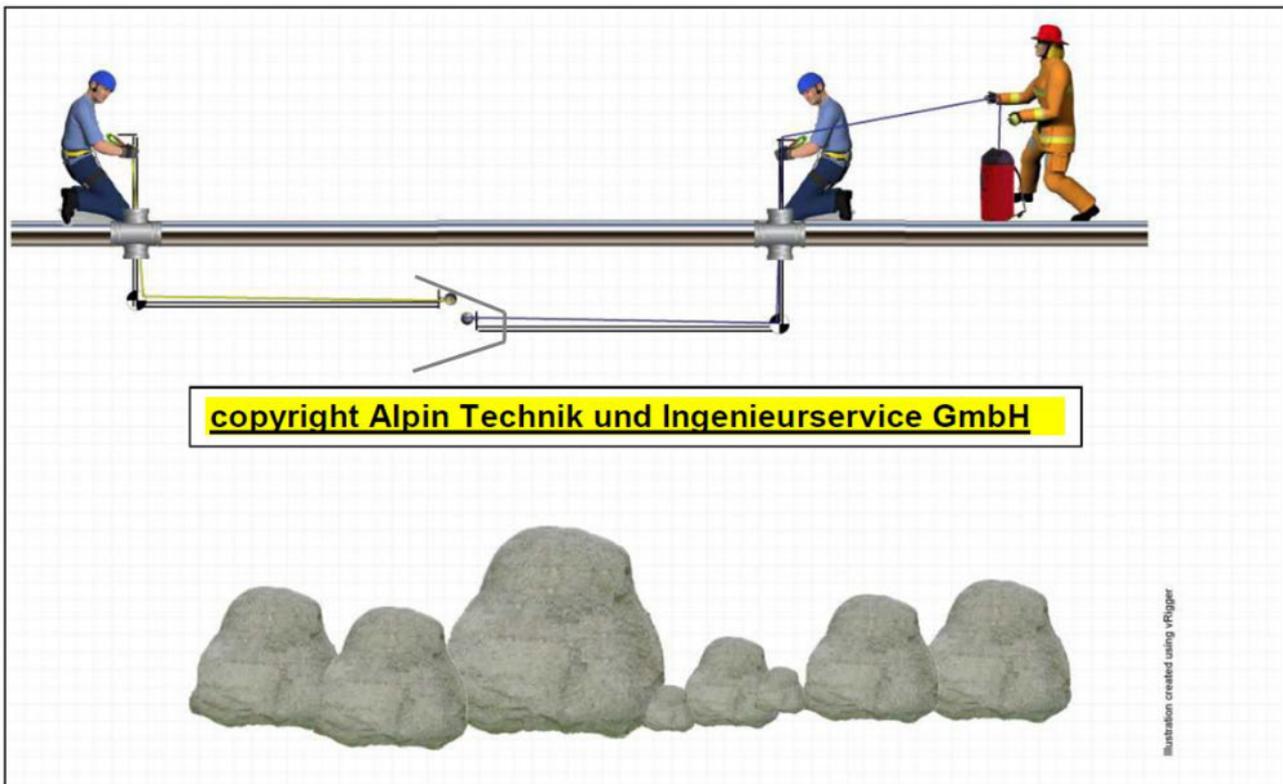


Abbildung 32: Seilverbindung mit Permanentmagneten

Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass die Stangen nur halb so lang, entsprechend stabiler und einzeln leichter zu handhaben sind. Es müssen jedoch 2 Stangen koordiniert zusammengebracht werden. Eine Stange sollte darum mit einer Kopplungshilfe (wie z. B. mit einem Trichter) und einer Kamera ausgestattet werden. Trotz leichterer Handhabung ist eine senkrechte Führung für die Ausleger in den Löchern erforderlich.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 68 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Obwohl deren Länge jeweils lediglich ca. 8 m beträgt, müssen die Stangen teleskopierbar sein und eine eingefahrene Länge ausweisen, mit der sie in die ELK 8a/511 eingeführt werden können. Nach genauer Vermessung der auf der 490-m-Sohle zur Verfügung stehenden Grubenräume und der Einlagerungsbedingungen können die Längen der Rohre auch ungleich bemessen werden. Für jede Pilotleine muss jeweils die an den Ecklöchern genutzte Stange in ein neues Eckloch umgesetzt werden.

Roboter

Im Bereich der Kerntechnik existieren Roboter, die an senkrechten Wänden aufsteigen und Arbeiten durchführen können. Die Stöße der ELK 8a/511 weisen dafür jedoch eine zu unregelmäßige Oberfläche auf und sind für die vorhandenen Roboter nicht zu bewältigen.

Roboter, die sich an Decken einbohren und so vorarbeiten, sind vorstellbar, jedoch nicht bekannt. Eine Entwicklung solcher Roboter ist nach Herstellerangaben möglich, jedoch vom Entwicklungsaufwand nicht ansatzweise seriös quantifizierbar. Ist die Schwebelösung nicht standsicher, ist ein solcher Roboter zudem nicht nutzbar.

Verfügbar ist z. B. ein „BionicWheelBot“ genannter Roboter, der viele Hindernisse überwindet und in der Lage ist, eine Pilotleine auf der Sohle zu transportieren (Abbildung 33).



Abbildung 33: BionicWheelBot

Er kann rollen und schreiten. Die Pilotleine wird an ihm befestigt, er durchfährt auf der Sohle der ELK 8a/511 z. B. eine an einer Stange angebrachte Federschleife ein- oder mehrmals, so dass die Leine befestigt ist und an der Stange zur 490-m-Sohle gehoben werden kann. Der Roboter wird anschließend an einem „Notseil“ durch die Beschickungsbohrung zur 490-m-Sohle gezogen und mit einer weiteren Pilotleine bestückt. Damit er die Sohle erreicht und nicht auf dem Gebindekegel abgesetzt wird, wurde zuvor eine Rutsche oder ein Rohr eingebaut, auf der oder durch das der Roboter die Sohle erreicht.

Für die Pilotleinenübergabe kommen auch andere Roboter oder Kleinfahrzeuge auf der Sohle in Betracht (Abbildung 34). Es muss jedoch auf Basis der Erkundung ermittelt werden, dass weggerollte Gebinde, Bruchhaufwerk oder sonstige Hindernisse eine Übergabe der Pilotleine ermöglichen.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 69 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 34: Autonom navigierender Roboter

Beispielhaft ist ein – für die Anwendung in der ELK 8a/511 zu großes – Radfahrzeug dargestellt, das autonom Hindernisse erkennt und sich so selbstständig in der Grube (hier in einer engen, unregelmäßigen Strecke) bewegen kann.

Ausbreitung der Plane in der Einlagerungskammer mit einem Rollo

Die Plane kann vergleichbar einem Rollo aufgerollt in die ELK 8a/511 eingeführt werden. Die Abbildung 35 zeigt die Bauteile in eingeklapptem Zustand.

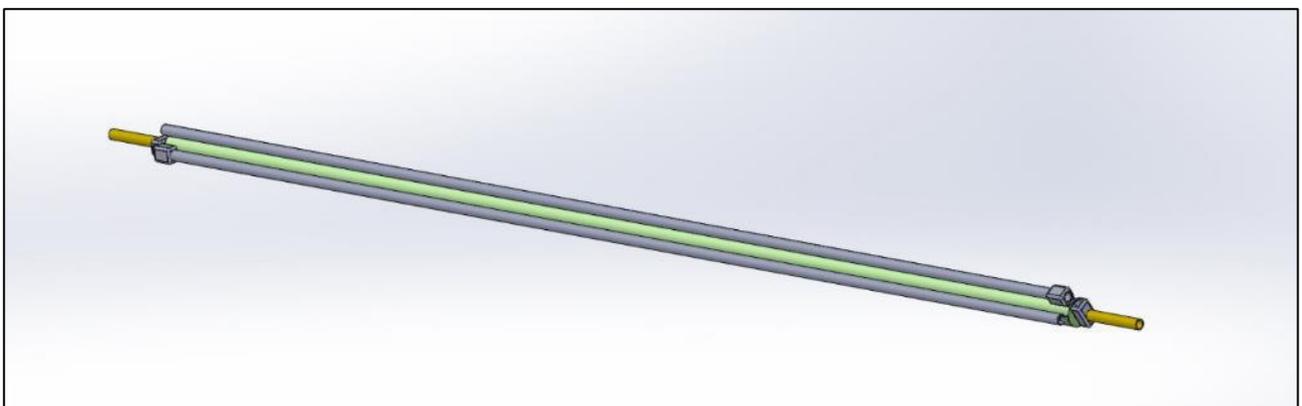


Abbildung 35: Aufgerollte Plane (grün) mit eingeklappten Ausbreitschienen (grau)

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 70 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Die Einlagerungskammer wird dicht am Stoß und dicht über der Sohle der Einlagerungskammer angebohrt und das Bohrgestänge bis zum gegenüber liegenden Stoß geführt, damit der Stoß dort ca. 1 m tief abgebohrt wird. Anschließend wird das die Einlagerungskammer anbohrende Bohrloch aufgeweitet, damit die Rolle durch das Bohrloch geführt werden kann. In den Bohrlöchern wird die Rolle an den orange gefärbten Stellen verlagert. Dazu wird der Durchmesser des aufgeweiteten Bohrlochs auf das Maß der Achse des Rollos verkleinert.

Nach der Verlagerung werden in der Einlagerungskammer Ausbreitschienen ausgeklappt (Abbildung 36), die sich am gegenüberliegenden Stoß abstützen.

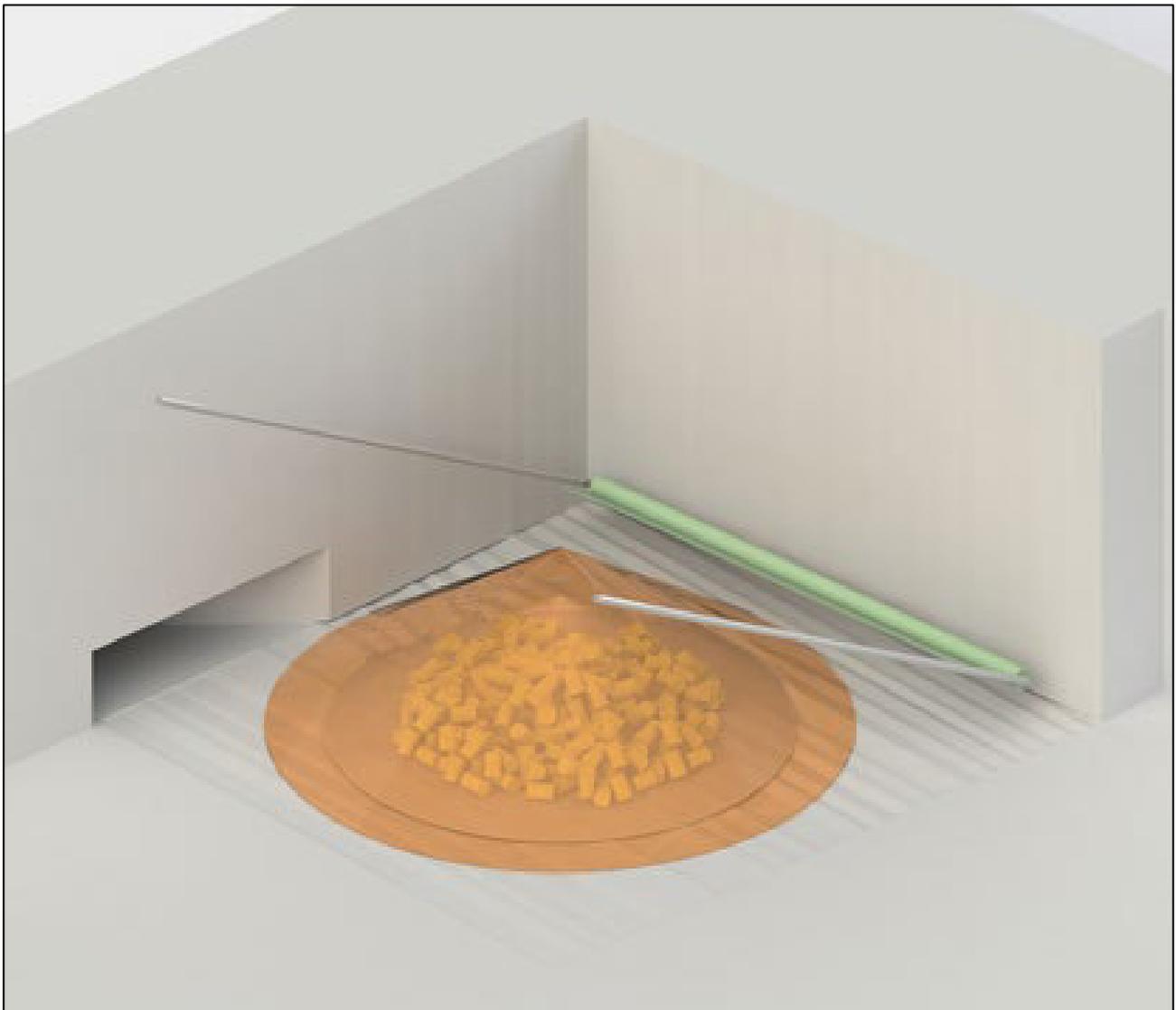


Abbildung 36: Aufgerollte Plane mit ausgeklappten Ausbreitschienen in der ELK 8a/511

Das Rollo kann in seiner Verlagerung axial gedreht werden, um die Ausbreitschienen auszurichten. An der Plane sind Seile angeschlagen (Abbildung 37), die am Ende der Ausbreitschienen an Rollen in die Ausbreitschienen umgelenkt werden. Im Bereich der Verlagerungen im Innern der Achse des Rollos werden die Seile erneut umgelenkt, damit sie durch die Achse nach außerhalb der Einlagerungskammer führen und von dort aus bedient werden können.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 71 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

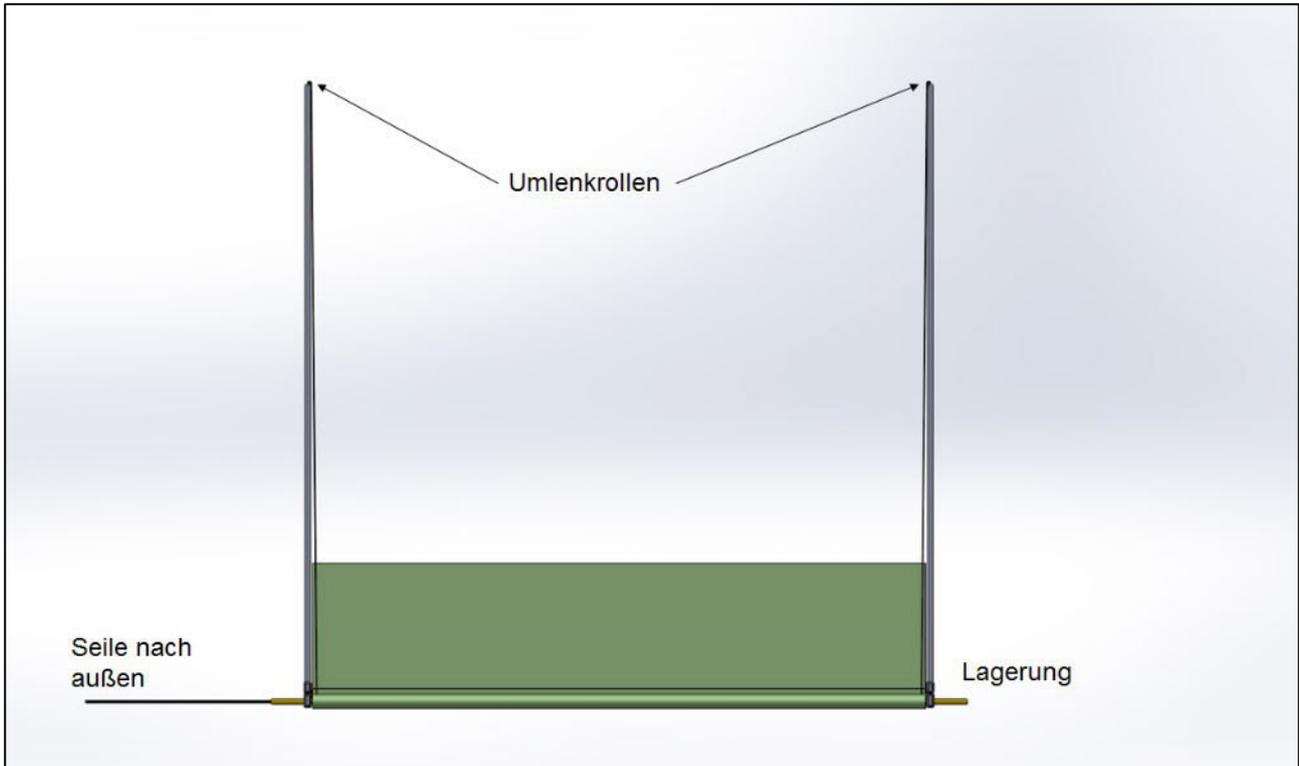


Abbildung 37: Schematische Darstellung der Rollos

Nach dem Ausklappen der Führungsschienen wird die Plane durch Zug an den Seilen abgerollt (Abbildung 38). Der erforderliche Winkel der Ausbreitschienen richtet sich nach der Höhe der Gebindekegelspitze, dem Gewicht und Reibungskoeffizient der Plane.

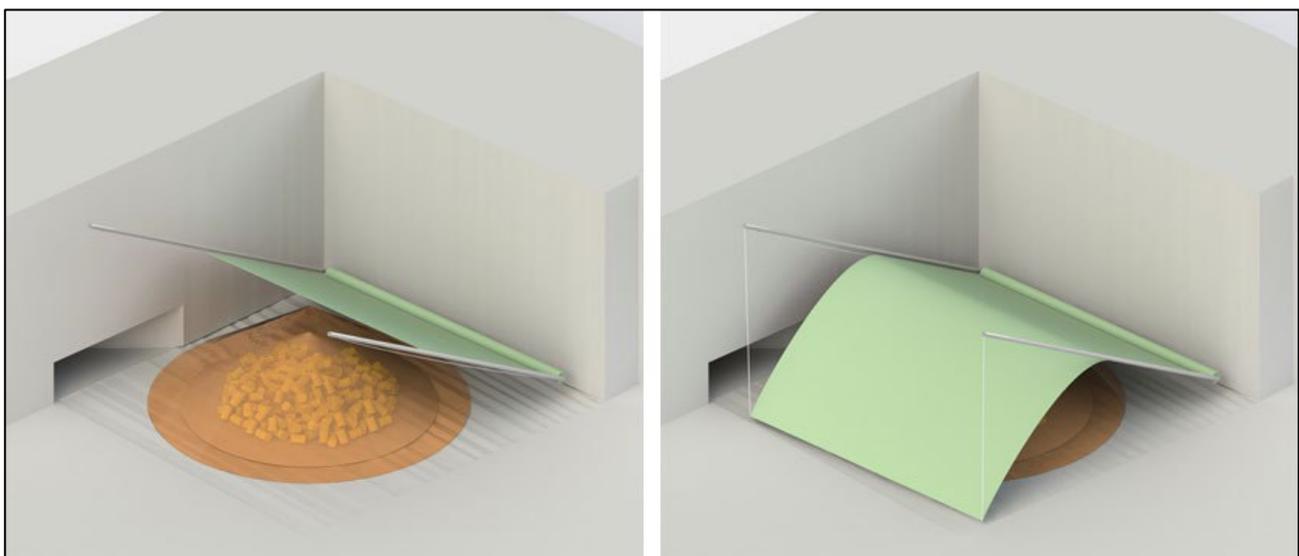


Abbildung 38: Ausrollen der Plane

Anschließend werden die Seile nachgelassen und die Plane senkt sich durch Eigengewicht auf dem Gebindekegel ab (Abbildung 38, rechts). Das Gewicht der Plane muss so groß sein, dass die durch die Umlenkung entstehende Reibung (z. B. in den Umlenkrollen) überwunden werden kann, damit



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 72 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

das Gewicht der Plane die Seile zurückzieht, wenn sie absinkt. Der Ablauf muss in Vorversuchen geprüft werden.

Auf die Plane wird vor dem Versetzen eine Stabilisierungsschicht aufgebracht, damit der hydrostatische Druck des Versatzes die Plane nicht zerreißt oder der Versatz die Gebinde nicht zu stark durch Einsackungen in der Plane umlagert.

Eine konfektionierte Plane kann auf dem Rollo nur schlecht aufgerollt werden. Um den Gebindekegel abzudecken, ist somit eine Plane notwendig, die nicht konfektioniert breiter ist als die Einlagerungskammer und das Rollo. Die Plane muss somit gerafft aufgewickelt werden, damit auf 23 m Breite des Rollos eine 37 m breite Plane vorgesehen werden kann. Die Ausbreitschienen dürfen nicht verbiegen, wenn die Plane abgerollt wird. Sie müssen darum auf das Gewicht der Plane abgestimmt sein.

Um die Einlagerungskammer anzubohren und das mehr als 25 m lange Rollo einzuführen, muss eine Strecke direkt auf die Einlagerungskammer zu gefahren werden und die Schleuse in einer Entfernung von mehr als 25 m Abstand errichtet werden. Zur Bergung kann diese Strecke als Zugang in die ELK 8a/511 für einen sohlennahen Zugang genutzt werden oder aus dieser ein Zugang in einem anderen Niveau hergestellt werden.

Ausbreitung der Plane in der Einlagerungskammer durch einen Luftsack und Druckgas

Um die Gebinde mit Planen abzudecken, diese auszubreiten und für die Ausbreitung Seile in der Einlagerungskammer zu installieren, ist ein großer Aufwand notwendig. Um diese Vorgänge zu vereinfachen, kann eine Plane als flacher Luftsack gefertigt und fernbedient durch Druckluft ausgebreitet werden (Abbildung 39).

ber Tage existieren derartige Techniken bereits als Sprungretter bei den Feuerwehren oder als Schnelleinsatzzelte. Vergleichbare Konzepte wurden in der Praxis u. T. auch bereits versucht. Aufbauend auf diesen Erfahrungen können Verbesserungen erkannt und das Konzept daran weiterentwickelt werden. Vereinfachend wirken sich das senkrechte Einlassen durch die Beschickungsbohrung aus und das Einziehen in die ELK 8a/511 durch zuvor eingebrachte Gewichte.

Ein lediglich mit Druckluft entfalteter Luftsack, kann sich willkürlich ablegen. Wird der Luftsack durch das Beschickungsloch abgelassen, ist schon damit die Ausrichtung durch die zentrale Lage erleichtert. Leichtes Material trägt ebenfalls zu Verbesserung der Ausrichtung bei. Mit Seilen an den Ecken des Luftsacks kann die Position so oft korrigiert werden, bis die Position optimal ist. Die Seile als Ausrichtungshilfe setzen jedoch den Aufwand für das Einziehen von Seilen voraus. Alternativ zur Befüllung mit Luft kann der Sack mit Helium gefüllt werden, damit er besser positioniert werden kann. Bei Bedarf kann das Helium auch mehrfach eingelassen werden, um die Position anzupassen.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 73 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 39: Luftsack aus Bullflex

Damit der Luftsack alle Gebinde ausreichend weit bedeckt, müsste seine Grundfläche größer sein, als die Grundfläche der Sohle. Ein flacher Luftsack, der größer ist als die Grundfläche der Einlagekammer ist nicht mehr ausbreitbar. Darum muss der Luftsack in Form des Gebindekegels konfektioniert werden.

Da das Material doppelt vorhanden ist, kommt der Materialauswahl hinsichtlich der Materialfestigkeit und -dicke einerseits noch größere Bedeutung bei als bei einer Plane. Andererseits können die Materialien des Luftsackes unterschiedliche Aufgaben erfüllen und darum unterschiedlich beschaffen sein (z. B. festes Material unten, Material gegen Feuchtigkeit oben). Sollte der Durchmesser der Beschickungsbohrung für eine Abdeckung mit einem Luftsack zu gering sein, können mehrere – genügend überlappende – Luftsäcke eingelassen werden.

Nach der Positionierung kann der Luftsack über Schläuche mit Baustoff gefüllt werden, sofern eine Stabilisierungsschicht erforderlich ist. Auf diese Weise wird die Zeit für das Einbringen einer Stabilisierungsschicht verkürzt. Zudem ist dieses Vorgehen ein betriebssicheres Verfahren zum Einbringen einer Stabilisierungsschicht. Die Schläuche werden vor dem Einlassen mit dem Luftsack verbunden.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 74 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Ausbreitung der Plane in der Einlagerungskammer mit einem Schirm

Der Gebindekegel kann mit einem Schirm abgedeckt werden, um einen Bergehohlraum herzustellen. Die Speichen des Schirms breiten sich über dem Gebindekegel auch über den verstreuten Gebinden aus (Abbildung 40). Wird der Schirm durch die Beschickungsbohrung eingeführt, ist dessen Positionierung einfacher, als bei einer seitlichen Bohrung.

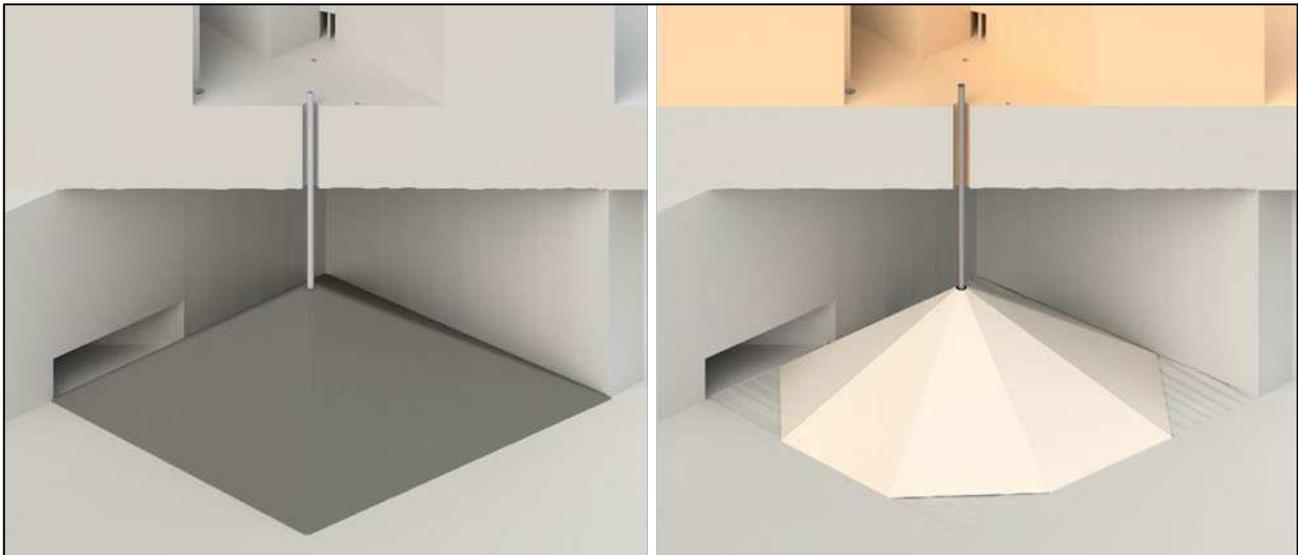


Abbildung 40: Ausbreitung der Plane mit einem Schirm (2 unterschiedliche Ausführungen)

Der Schirm ist ca. 8 m hoch und hat einen Durchmesser von ca. 32 m (Diagonale der ELK 8a/511, links). Die Länge der Speichen des Schirms beträgt bei den längsten Speichen, die in die Ecken der Einlagerungskammer reichen, ca. 18 m. Um die Plane bei Belastung durch Versatz zu stützen, werden zwischen den Speichen horizontale Stabilisierungsbänder vorgesehen. Reicht der Schirm bis an die Stöße heran (Abbildung 40), besteht die Gefahr, dass sich das Gewicht des Versatzes auf der Plane und den Speichen auflegt, was den Schirm und somit die Abdeckung beschädigen würde. Das Gewicht des Versatzes muss über die Sohle abgetragen werden können, wie es in der Abbildung rechts dargestellt ist. Zudem darf der Versatzkörper nicht kippen, sondern muss sich gegenseitig stützen können.

Die Speichen mit einem Durchmesser von ca. 20 cm müssen teleskopierbar ausgeführt werden. Infolgedessen werden ineinander liegende Rohre verwendet, deren Längen auf die Höhe der Bühnenschleuse abgestimmt werden müssen, damit sie von dort in die ELK 8a/511 eingefahren werden können. Sofern die Höhe der Bühnenschleuse zu gering ist, das fertige Gestell in die Beschickungsbohrung einzuführen, wird das Gestell des Schirms in der Beschickungsbohrung montiert. (Abbildung 41).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 75 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 41: Montage des Gestells in der Beschickungsbohrung

Nachdem das Gestell des Schirms in die Einlagerungskammer eingelassen wurde, werden die Speichen mechanisch ausgebreitet, teleskopiert und auf der Sohle abgesetzt. Gegebenenfalls werden die Füße der Speichen an der Sohle fixiert. Die Speichen sind z. B. aus GFK oder einem gut schneidbaren Material gefertigt, damit diese den Zugang für die Bergung nicht erschweren. Ist der Schirm in der gewünschten Position, wird die Stabilität der Speichen erhöht, indem die teleskopierten Rohre nach dem Aufstellen mit Baustoff oder Reaktionsharz gefüllt werden.

Der Durchmesser der Beschickungsbohrung ist zu gering, um Gestell und Plane ohne Aufweitung der Beschickungsbohrung gemeinsam einzulassen. Darum wird zunächst das Gestell in der Beschickungsbohrung montiert, eingefahren, aufgestellt und erst danach die Plane über die Speichen gezogen (Abbildung 42).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 76 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

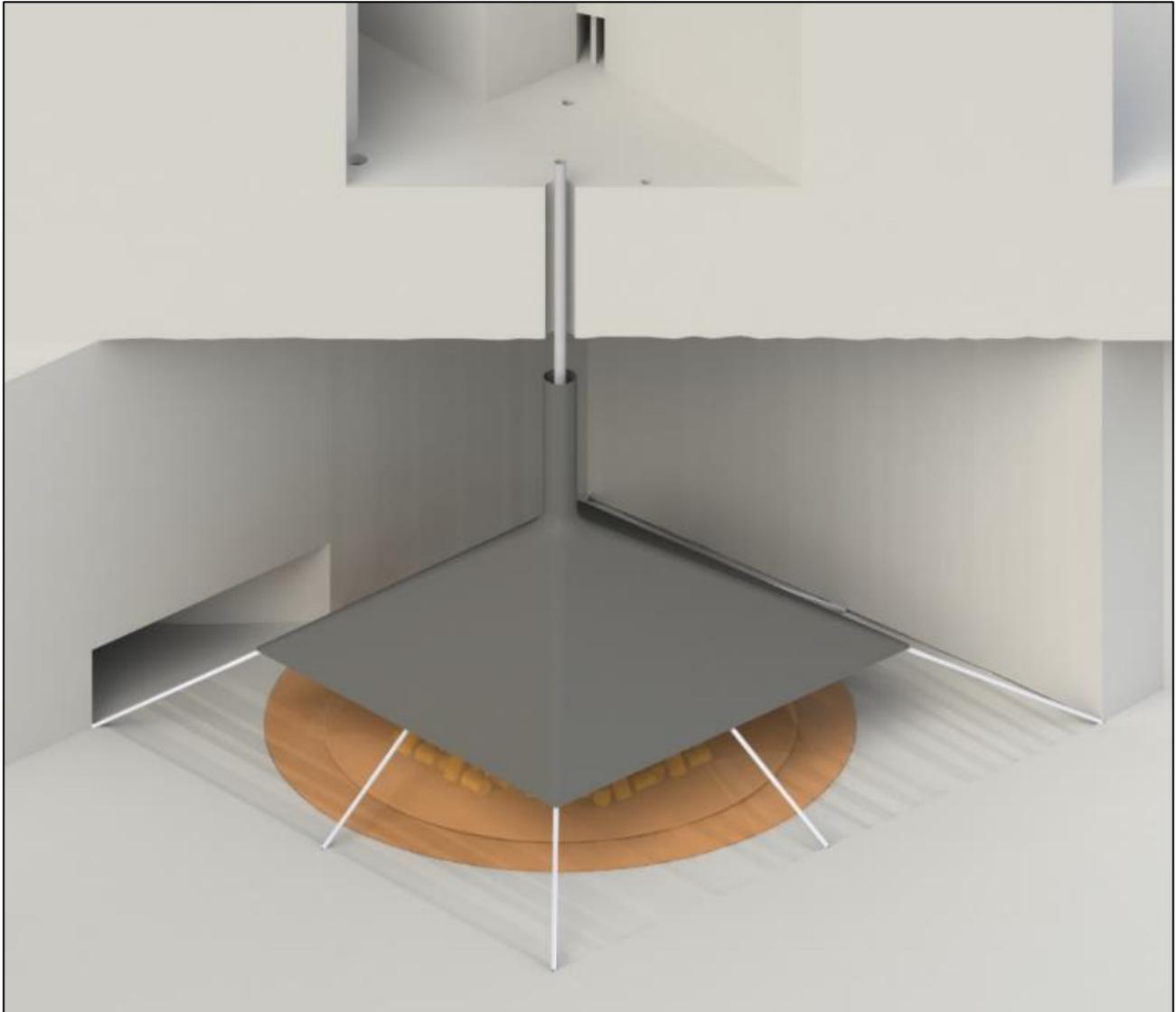


Abbildung 42: Plane teilweise über die Speichen gezogen

Dazu befinden sich Rollen oberhalb der FüÙe der Speichen, über die von außen an den Speichen Seile gezogen sind (Abbildung 43).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 77 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

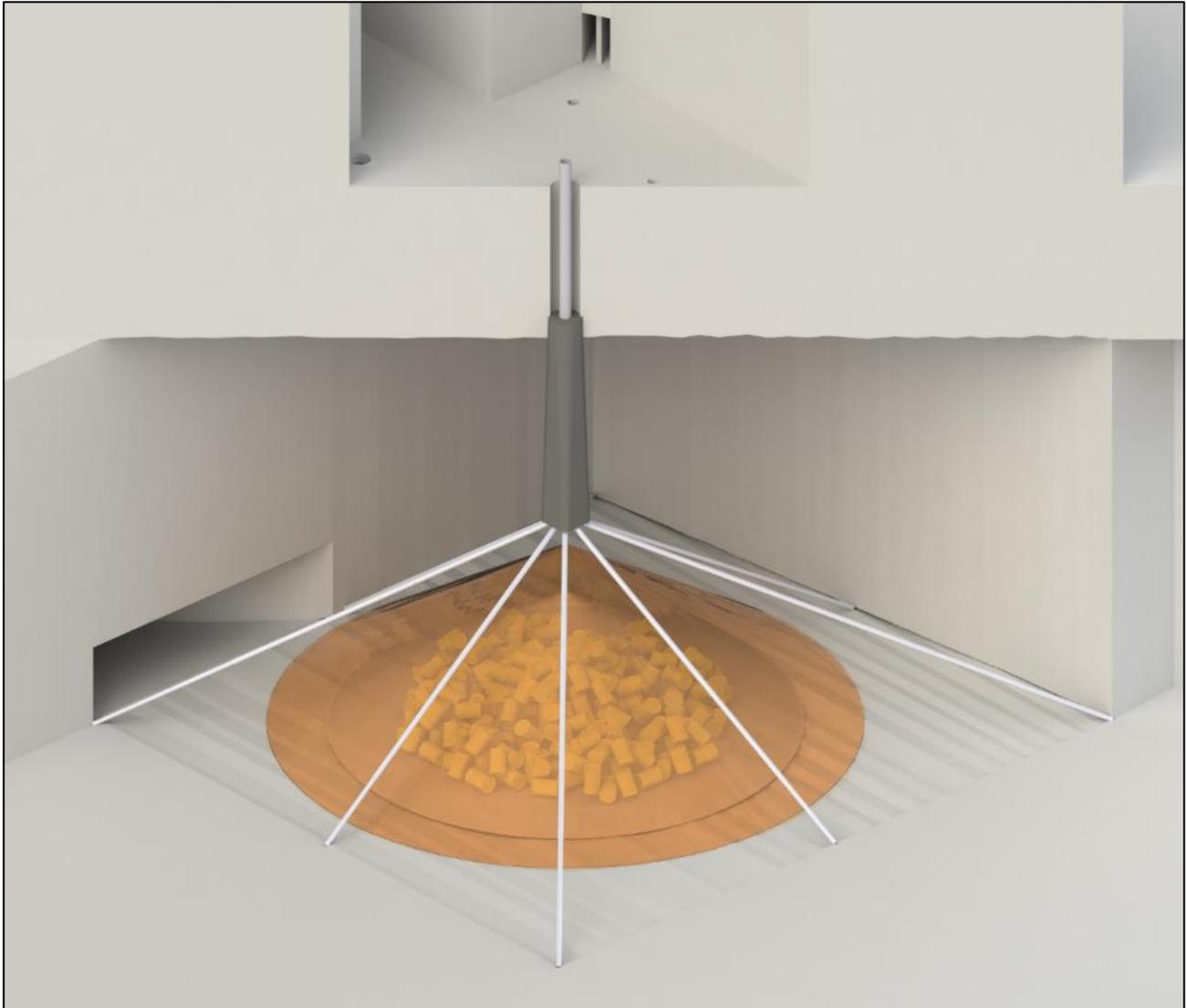


Abbildung 43: Speiche mit Rolle und Seilen

Die Rollen lenken die Seile um und werden durch die rohrförmigen Speichen wieder auf die 490-m-Sohle zurückgeführt. Mit diesen Seilen wird die Plane außen über die Speichen gezogen. Werden die Speichen mit Material gefüllt, müssen die Seile in den Speichen in Hüllen geführt sein, damit sie sich nicht mit der Füllung verbinden oder die Füllung ist möglich, nachdem die Plane über die Speichen gezogen ist.

Der Abstand zwischen den Speichen des Schirms beträgt an den Füßen der Speichen etwa 12 m. Da noch flüssiger Versatz einen hydrostatischen Druck ausübt, kommt der Stabilisierungsschicht bzw. dem Einbringen von Versatz eine große Bedeutung zu und wird in Kapitel 6.2 erläutert. Um die Stabilität der Speichen zu erhöhen, sind Krampen an den Speichen vorgesehen, die einbetoniert werden. Die Stabilität der Speichen wird somit durch den Versatzkörper gesteigert.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		Stand: 30.09.2019			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

6.2 AUFBAU EINER STABILISIERUNGSSCHICHT

Die Abdeckung der Gebinde hat die Aufgabe, den Bergehohlraum abzugrenzen und das Eindringen von Versatzmaterial zwischen die Gebinde zu verhindern, um eine Bergung der Gebinde trotz Versatz zu ermöglichen. Zudem müssen alle Materialien zur Abdeckung durch eine Öffnung mit begrenztem Durchmesser in die Einlagerungskammer gebracht werden. Das führt zwangsläufig zu leichten und dünnen Materialien, die nur begrenzt hohen hydrostatischen Drücken durch das Versatzmaterial standhalten, ohne dass die Gefahr besteht, dass sie zerreißen. Um die zur Abdeckung der Gebinde eingebrachte Trennschicht zu stabilisieren und die Abgrenzung von Bergehohlraum und Versatz zu verstärken, wird bei Bedarf eine Stabilisierungsschicht eingebracht.

Der Stabilisierungsschicht kommen 3 Aufgaben zu:

- Wird Haufwerk als Trenngut verwendet, darf der Versatz während des Einbringens das Trenngut zum einen nicht wegschwemmen und die Schicht aus Trenngut beschädigen.
- Zum anderen darf Trenngut mit geringerem spezifischem Gewicht als das Versatzgut nicht aufschwimmen und so die Wirkung der Trennschicht beeinträchtigen.
- Darüber hinaus bildet die Stabilisierungsschicht bei Planen eine Schicht, die die Trag- und Reißfestigkeit insbesondere dünner Planen erhöht, damit der hydrostatische Druck des Versatzes die Trennschicht nicht zerstört. Die Trennschicht dient mit geringer werdendem Materialgewicht mehr und mehr als Trägermaterial für die Stabilisierungsschicht.

Für die ersten beiden Aufgaben kann als erste Schicht eine Membran dünn auf die Trennschicht aufgespritzt werden. Dafür kommen z. B. TSL Membranen (Thin Sprayed Layer) in Frage, die aus hoch kunststoffvergütetem Zement bestehen. Diese Membranen erhöhen die Reißfestigkeit der Trennschicht, reagieren schnell und sind im Bergbau zugelassen. Nach der ersten Schicht können weitere mit wachsender Stärke aufgebracht werden. Sollte die so erzielte Reißfestigkeit noch immer nicht ausreichen, kann zusätzlich oder alternativ Spritzbeton verwendet werden. Um die Stabilisierungsschicht einzubringen, wird ein im Betonbau üblicher Verteilermast durch die Beschickungsbohrung installiert. Damit kann sowohl eine Membran aufgespritzt, als auch schnell abbindender Beton verarbeitet werden. Es müssen jedoch die Spritzwerkzeuge ausgetauscht werden. Ist die Stabilisierungsschicht genügend fest, um das Versatzgut zu tragen, wird der Verteilermast zum Einbringen des Versatzes ggf. umgebaut.

Der hydrostatische Druck des Versatzes sorgt für hohe Kräfte auf Planen solange der Versatz nicht verfestigt ist (Abbildung 44).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 79 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 44: Einfluss der Planenoberfläche auf den wirksamen hydrostatischen Druck beim Versetzen

Verbindet sich die Plane nicht mit dem bereits abgebundenen Beton des Versatzes und löst sie sich ab, entsteht eine größere Kraft auf die Plane wegen einer wesentlich größeren Fläche und durch den größeren hydrostatischen Druck. Die Plane würde zerreißen und die Trennschicht wäre unbrauchbar.

Um ein Reißen der Plane zu verhindern werden 3 Möglichkeiten dargelegt:

- Die Plane kann vor dem Versetzen mit einer Spritzfolie beschichtet werden, die die Reißfestigkeit erhöht und mit einer Stabilisierungsschicht vergleichbar ist. Auf steil stehenden Trennschichten – vor allem mit geringer Reibung z. B. bei einer Plane – besteht die Gefahr, dass eine Kunststoffmembran oder Spritzbeton auf der Plane abrutschen. Darum müssen die dazu verwendeten Materialien in Vorversuchen zuvor auf Eignung geprüft werden.
- Der Aufbau des Versatzkörpers erfolgt in Abhängigkeit der Festigkeit des Schirmgewebes langsam und lagenweise, damit die von den Speichen aufgespannte Plane durch den hydrostatischen Druck des Versatzmaterials nicht zerreißt. Das Material der Plane muss so beschaffen sein, dass es sich mit dem Versatzmaterial verbindet, damit der Druck auf die Plane nicht zu stark wird.

In dem Fall wird der Versatzkörper in dünnen Lagen von ca. 10 cm Zentimetern hergestellt, um den hydrostatischen Druck zu minimieren und damit ein Zerreißen der Trennschicht zu verhindern. Bei einer angenommenen Höhe des abgedeckten Gebindekegels von 8 m dauert das Versetzen 80 Arbeitstage. Eine Stabilisierungsschicht wird so verzichtbar, das Einbringen des Versatzes dauert jedoch länger.

Das Versatzgut muss nach jeder Lage abbinden, damit der hydrostatische Druck des Versatzgutes auf die Plane klein genug bleibt. Eine raue Oberfläche der Trennschicht verbindet sich mit dem Versatz, so dass die Trennschicht vom Versatz gehalten wird und nur eine



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 80 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

geringe Fläche der Trennschicht dem hydrostatischen Druck ausgesetzt ist. In der Mitte – über der Spitze des Gebindekegels – bringt ein Seil die Plane auf Spannung und wirkt einer „Sackbildung“ der Plane zwischen die Gebinde entgegen. Das sorgt auch dafür, dass die Plane mit der Stabilisierungsschicht die Gebinde nicht umschließt und genügend Freiraum für die Bergung geschaffen wird. Ist die Trennschicht genügend stabilisiert, kann die Einlagerungskammer bis zur Firste versetzt werden. In Versuchen kann geprüft werden, ob sich bei entsprechender Eignung des Versatzmaterials auch mehrere Lagen Versatz pro Tag einbringen lassen.

- Der Hohlraum unter der Plane wird mit Schaum gefüllt, um gegenüber dem Versatzmaterial einen Gegendruck aufzubauen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass dieser Schaum wieder entfernt und auch entsorgt werden muss, wenn die geleerte Einlagerungskammer abschließend verfüllt wird, da der Schaum nicht fest genug und über lange Zeiträume nicht standsicher ist (vgl. Kapitel 4). Der Vorteil gegenüber einer Trennschicht „Abdeckung der Gebinde mit Schäumen“ ist dann nicht mehr erkennbar und die Möglichkeit wurde nicht weiter verfolgt.

Damit die Plane in der Mitte angehoben werden kann, um eine Sackbildung zu verhindern, muss sie zuvor an ihren Rändern fixiert werden. Das ist bei allen Planen nötig, die beim Ausbreiten nicht gespannt werden (z. B. Schirm oder Ausbreitung der Plane durch Rohre, Rollen und Seile). Die Fixierung ist durch Schwerkraft möglich, indem im ersten Arbeitsgang zum Einbringen der Stabilisierungsschicht die Plane mit dem Material der Stabilisierungsschicht am Rand fixiert wird.

Das Material der Stabilisierungsschicht hat direkten Kontakt zum Material der Trennschicht. Bei der Auswahl des Materials für die Stabilisierungsschicht muss darauf geachtet werden, dass während der Herstellung der Stabilisierungsschicht die Trennschicht keinen Schaden nimmt. Dies ist zum einen mechanisch möglich, indem scharfkantige oder herausragende Stellen auftreten, die z. B. eine Plane beschädigen. Diese können vor Einbringen der Plane z. B. mit Sandsäcken, Matten, Schäumen oder Beton gezielt unterfüttert werden. Zum anderen können hohe Reaktionstemperaturen in der Stabilisierungsschicht auftreten, die das Material der Trennschicht schädigen können. Dazu können wechselseitig das Material der Trennschicht oder der Stabilisierungsschicht oder das Konzept der Herstellung angepasst werden.

Für eine Spritzbetonschicht kann geeigneter Baustoff – auch Sorelbeton – verwendet werden. Die dazu benötigte Flüssigkeitsmenge ist gering, im Vergleich zu dem, was für den Versatzkörper nötig ist. Bei besserer Eignung kann geprüft werden, ob die bei einem normalen Baustoff verwendete Wassermenge für diese Anwendung hinnehmbar ist.

6.3 AUFBAU DES VERSATZKÖRPERS

Nach dem Einbringen der Stabilisierungsschicht wird ein Versatzkörper hergestellt mit dem Ziel, darunter einen Bergehohlraum zu schaffen, der eine sichere und praktikable Bergung der Gebinde ermöglicht. Dafür muss der Versatzkörper Anforderungen erfüllen und Eigenschaften aufweisen, die teilweise bereits bei dessen Bau berücksichtigt werden müssen.

Eine Anforderung besteht darin, dass der Versatzkörper arm an Rissen und Trennflächen sein muss, um mögliche Wasserwegigkeiten zu vermeiden. Risse können bei Betonbauwerken z. B. entstehen, wenn die bei der Erhärtung des Betons entstehende Temperatur gegenüber der Umgebungstemperatur hoch ist. Dies tritt vor allem bei festen Betonen und massiven Bauwerken auf. Bei Sorelbeton können Temperaturen von 90 – 100°C entstehen. Um beurteilen zu können, ob Maßnahmen gegen



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 81 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

eine hohe Differenztemperatur erforderlich und welche zielführend sind, muss zunächst die Wärme-freisetzung und Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Betonrezeptur ermittelt werden. Um die Wärme abzuführen, kann z. B. die Wettermenge bedarfsabhängig erhöht und gekühlt werden. Die Kapazität des radiologischen Filters und der Lüfter muss darauf ausgelegt werden (DMT, 2018a). Eine Kühlung durch die Wetter ist jedoch nur bis zu einem gewissen Maße möglich, um die Temperaturdifferenz zwischen Betonkern und Oberfläche nicht zu groß werden zu lassen, die eine Rissbildung des Betons begünstigt.

Kann die Wärme nicht ausreichend abgeführt werden, muss deren Entstehung beschränkt werden. Das ist zum einen mit einer Rezeptur möglich, die sowohl weniger Wärme freisetzt, als auch das geomechanische Milieu nicht beeinträchtigt. Zum anderen kann der Bauprozess des Versatzkörpers so gestaltet werden, dass Zeit zum Abkühlen vorhanden ist. Eine auf das Volumen bezogene größere Oberfläche – wie z. B. bei dünnen Schichten – ermöglicht es, die entstehende Wärme besser abzuführen.

Es stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, die Abbinde-temperatur in Abhängigkeit der Anforderung zu steuern. Praktische Erfahrungen stehen in begrenztem Umfang zur Verfügung, um diese Möglichkeiten zu beurteilen. Ob diese Erfahrungen ausreichen, um sie auf dieses Bauwerk zu übertragen, muss in realitätsnahen Vorversuchen ermittelt werden.

Trennflächen können entstehen, wenn schichtweise betoniert wird und Betonierfugen entstehen. Wird z. B. aus Gründen der Temperaturverringern in dünnen Schichten betoniert, muss wie beim Betonbau ü. T. mit einer Gleitschalung auch hier darauf geachtet werden, Betonierfugen zu verhindern. Bei der Auswahl des Versatzmaterials muss berücksichtigt werden, dass es mit so wenig überschüssiger Flüssigkeit wie möglich angesetzt wird. Überschüssige Flüssigkeit würde sich im Bereich des Bergehohlraums auf der Sohle der Einlagerungskammer sammeln und die Kammeröffnung und Bergung erschweren.

Eine weitere Anforderung besteht darin, dass die Trennschicht beim Einbringen des Versatzes nicht beschädigt wird. Damit die Trennschicht durch die Fallenergie des Versatzgutes bei freiem Verstoß nicht beeinträchtigt wird, wird ein Schwenkrohr als Aufrag verwendet. So lässt sich der Versatz dosiert, gezielt und aus geringer Fallhöhe einbringen, ohne ihn mit Überschussflüssigkeit fließfähig anmachen zu müssen, damit er sich selbstständig verteilt. Verändern sich die Eigenschaften der Trennschicht temperaturabhängig (z. B. bei einer Plane aus Kunststoff) müssen das Material der Plane, die Rezeptur des Baustoffs und der Einbringprozess zumindest so lange aufeinander abgestimmt sein, wie es von Bedeutung ist. Dies gilt darüber hinaus gleichermaßen sowohl für die radiologischen als auch die physikalischen Auswirkungen auf den Gebindeinhalt (z. B. Bitumen etc.).

Insgesamt müssen ca. 8.650 m³ Versatz in eine ca. 14 m hohen Kammer eingebracht werden. Es wird angenommen, dass Baustofflagen von zunächst 10 cm/d und oberhalb der Kegelspitze von 0,25 cm/d eingebracht werden. Damit ist ein maximaler Volumenstrom von ca. 8 m³/h zu erwarten, der mit der vorhandenen Baustoffanlage realisierbar ist.

Für eine gleichmäßige Anbindung an die ELK-Firste wird das Versatzmaterial fließfähig angemacht, um eine flächige Verteilung zu ermöglichen. Bei Bedarf kann ein Entlüftungsloch (oder mehrere) die Verfüllung optimieren, indem die vorhandene Beschickungsbohrung genutzt wird oder ein weiteres der vorhandenen Bohrlöcher. Sollte das nicht möglich sein, wird ein neues Bohrloch mit geringem Durchmesser und an geeigneter Stelle gebohrt.

Die Druckfestigkeit von Sorelbeton beträgt etwa 50 MPa und mehr und weist als Beton eine vergleichsweise hohe Festigkeit auf. Es existieren Werkzeuge und Maschinen, die Material mit einer solchen Festigkeit bearbeiten können. Die Auffahrung einer Strecke durch den Versatz, die für die Bergung erforderlich ist, kann jedoch bei Bedarf erleichtert werden, wenn bereits beim Bau des Ver-

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 82 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

satzkörpers im Niveau der Auffahrung geringfesterer Versatz eingebracht wird. Mögliche Anordnungen von Festigkeitsverteilungen in Abhängigkeit des Zugangsniveaus werden im Folgenden erläutert.

Wird die Strecke für die Bergung horizontal und oberhalb des Gebindekegels aufgefahren, entsteht ein besonders sensibler Bereich an der Bergeöffnung (Abbildung 45, links, rot gekennzeichnet).

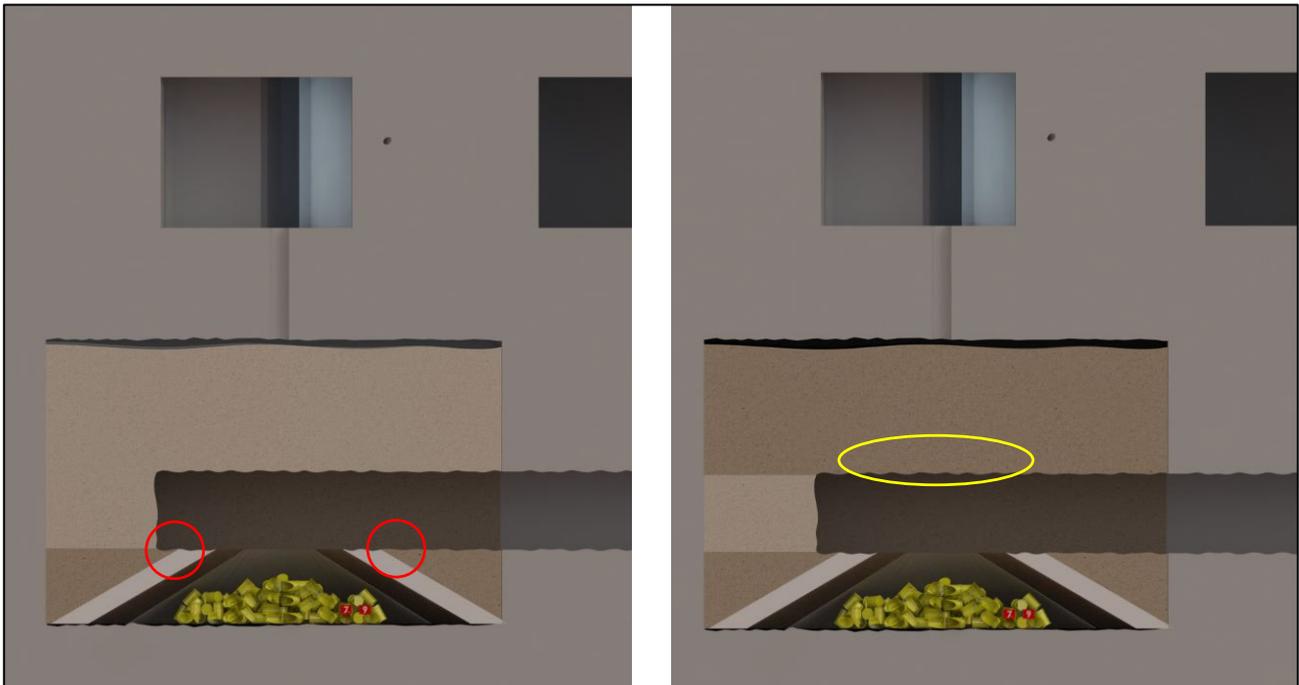


Abbildung 45: Geringfesterer Versatz im Niveau des Zugangs; links mit Bergefahrzeugen auf der Zugangssohle, rechts mit Bergewerkzeugen, die in der Zugangsfirste aufgehängt werden können

Die für die Bergung erforderlichen Betriebsmittel dürfen diesen Bereich nicht beschädigen. Darum ist festerer Versatz bis kurz unterhalb der Gebindekegelspitze eingebracht (festerer Versatz ist dunkler dargestellt). Die Strecke zur Bergung selbst wird in einen weniger festen Versatz und damit einfacher aufgefahren.

Sollten die Bergegeräte am Versatzkörper angeschlagen werden, müssen die Eigenschaften des Versatzkörpers in der Zugangsfirste dies ermöglichen. In der Abbildung 45 (rechts) ist der Querschnitt der Zugangstrecke dargestellt, die durch gering festen Versatz aufgefahren wurde. Die Bergegeräte werden an der Firste angeschlagen (gelb), für die der Versatzkörper aus festem Versatz hergestellt wurde.

Bei einem Zugang in der Mitte des Gebindekegels muss die Sohle des Zugangs ebenfalls so fest sein, dass sie befahren werden kann (Abbildung 46, links) und zudem die Kräfte aufnehmen, um den Versatzkörper zu tragen.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 83 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		



Abbildung 46: Zugang auf halber Höhe des Gebindekegels (links) und im Niveau der ELK-Sohle (rechts)

Bei einem sohlennahen Zugang muss der Versatzkörper in dem Bereich durchörtert werden, wo der Versatzkörper getragen wird und darum absehbar die höchsten Festigkeitsanforderungen zu erwarten sind (Abbildung 46, rechts). Eine Festigkeitsverringern zur Vereinfachung der Auffahrung der Zugangsstrecke ist darum nicht möglich.

Sollten die Gebinde mit Hilfe einer Teleskoptraverse geborgen werden, muss ein vertikaler Zugang zur 490-m-Sohle hergestellt werden (Abbildung 47).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 84 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

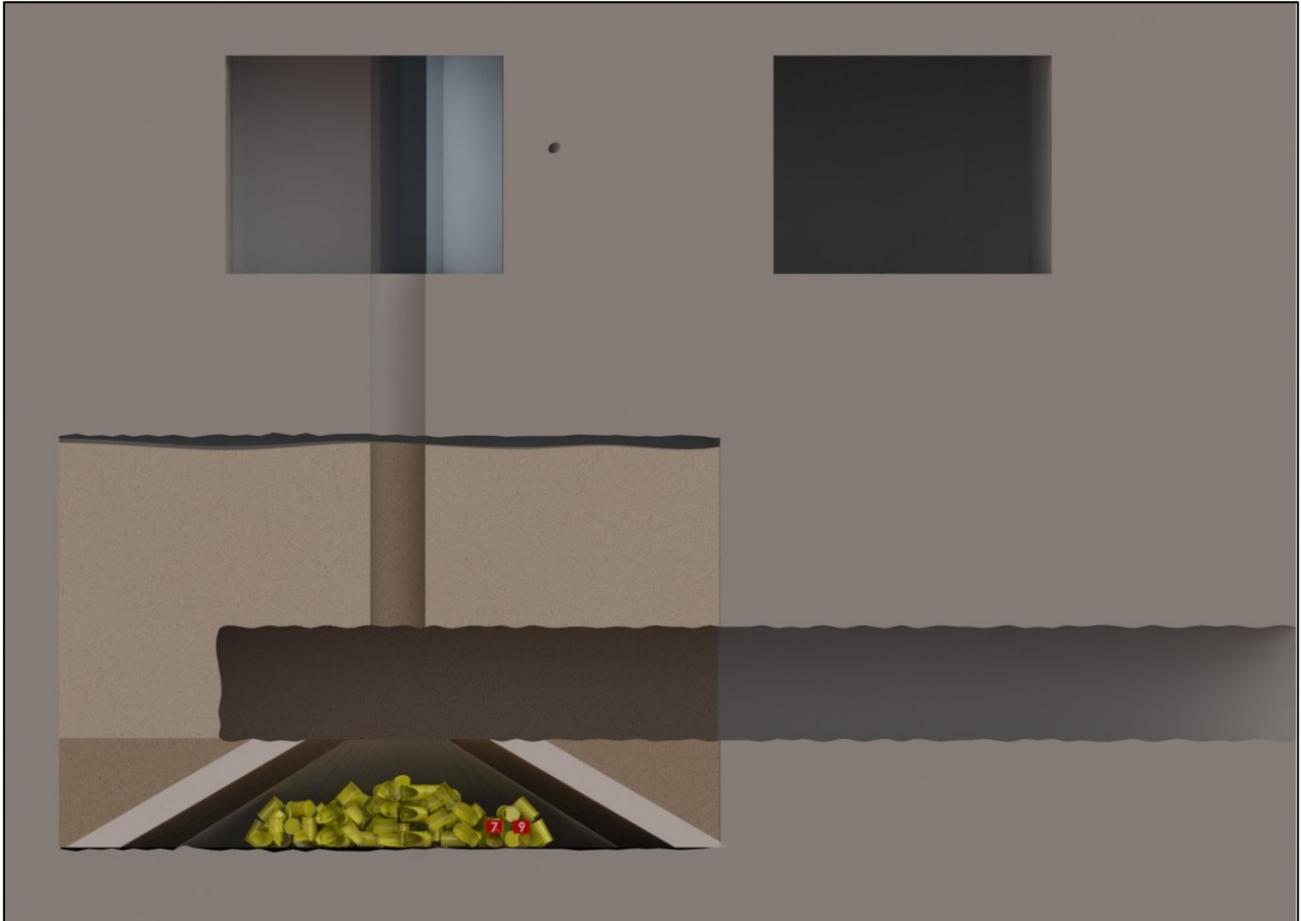


Abbildung 47: Vertikaler Zugang von oben

Der vertikale Zugang kann gebohrt werden. Um den Bohraufwand zu verringern, kann geringfesterer Versatz verwendet werden. Damit das Bohrgestänge die Gebinde bei Durchstoß nicht beschädigt, ist die horizontale Strecke oberhalb des Gebindekegels bereits fertiggestellt, in die hineingebohrt wird und über die das Bohrklein z. B. mit Flurfahrzeugen abgefördert wird. Wenn Flurfahrzeuge das Bohrklein transportieren, muss die Sohle – und damit der Versatz – wie in Abbildung 45 so fest sein, dass sie dafür geeignet ist. Da eine Teleskoptraverse die Gebinde nur bergen, aber nicht abfördern kann, wird die horizontale Strecke auch zur Abföderung genutzt.

Weiterhin ist es möglich, eine ca. 3 m bis 4 m große, vertikale Zugangsöffnung von der 490-m-Sohle vergleichbar einem Schacht zu schaffen (Abbildung 48). Die dafür benötigte Fräse wird an eine Teleskoptraverse angeschlagen (linkes Bild grün), ein Greifer (blau) an einem Seil und Kran hebt das Haufwerk von der „Schacht“-Sohle. Der Versatz kann über eine geringere Festigkeit verfügen. Die Teleskoptraverse und der Greifer müssen drehbar gelagert sein, um alle Stellen erreichen zu können.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 85 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

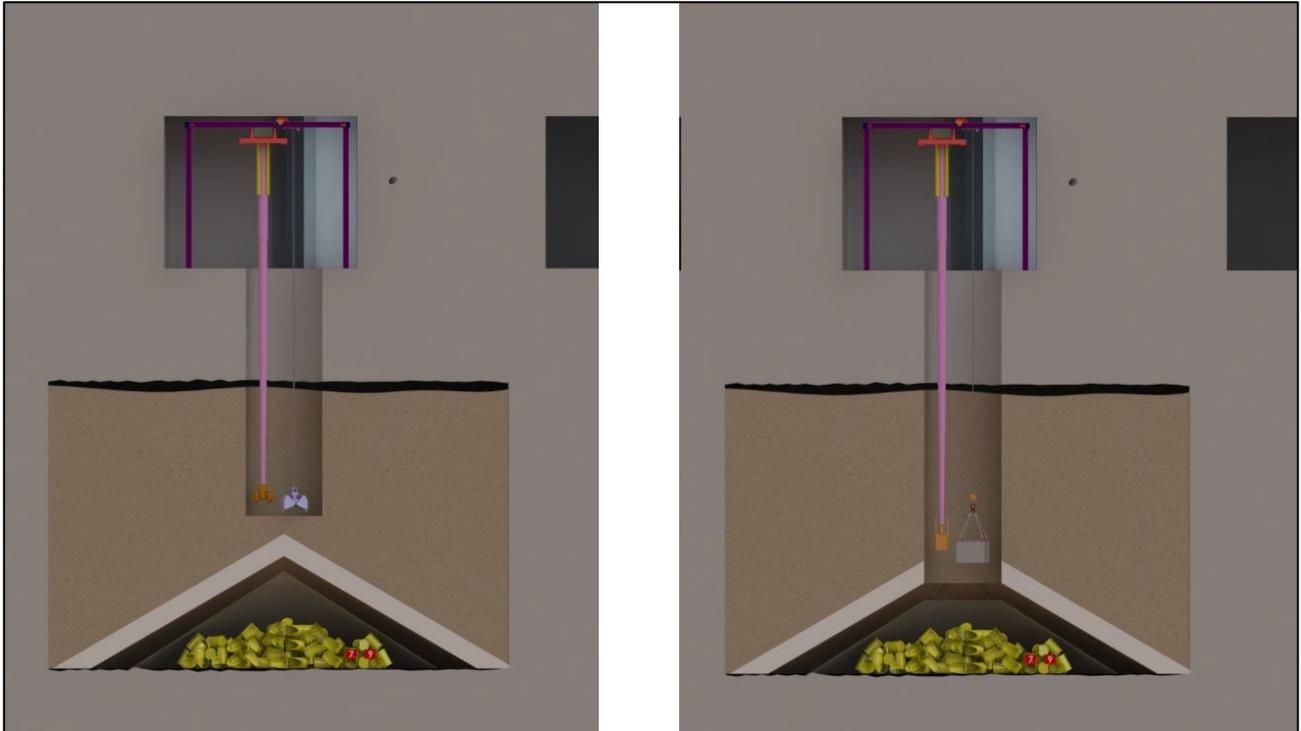


Abbildung 48: Bergen mit einem schachtähnlichen Zugang, direkt in den Bergehohlräum

Ein Durchstoß in den Bergehohlräum ist mit der Fräse möglich (Bild rechts), jedoch besteht die Gefahr, dass die Gebinde dabei beschädigt werden. Die Bergung erfolgt über die Teleskoptraverse, die jetzt mit einem Greifer versehen ist. Die Gebinde werden mit dem Kran zur 490-m-Sohle gehoben. Für diesen vertikalen Zugang ist lediglich eine Schleuse auf der 490-m-Sohle erforderlich. Sollte die Abförderung von Haufwerk und Gebinden trotz eines Schachtes mit einer horizontalen Strecke durchgeführt werden, muss der Versatz dafür ausreichend fest sein (Abbildung 49).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 86 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

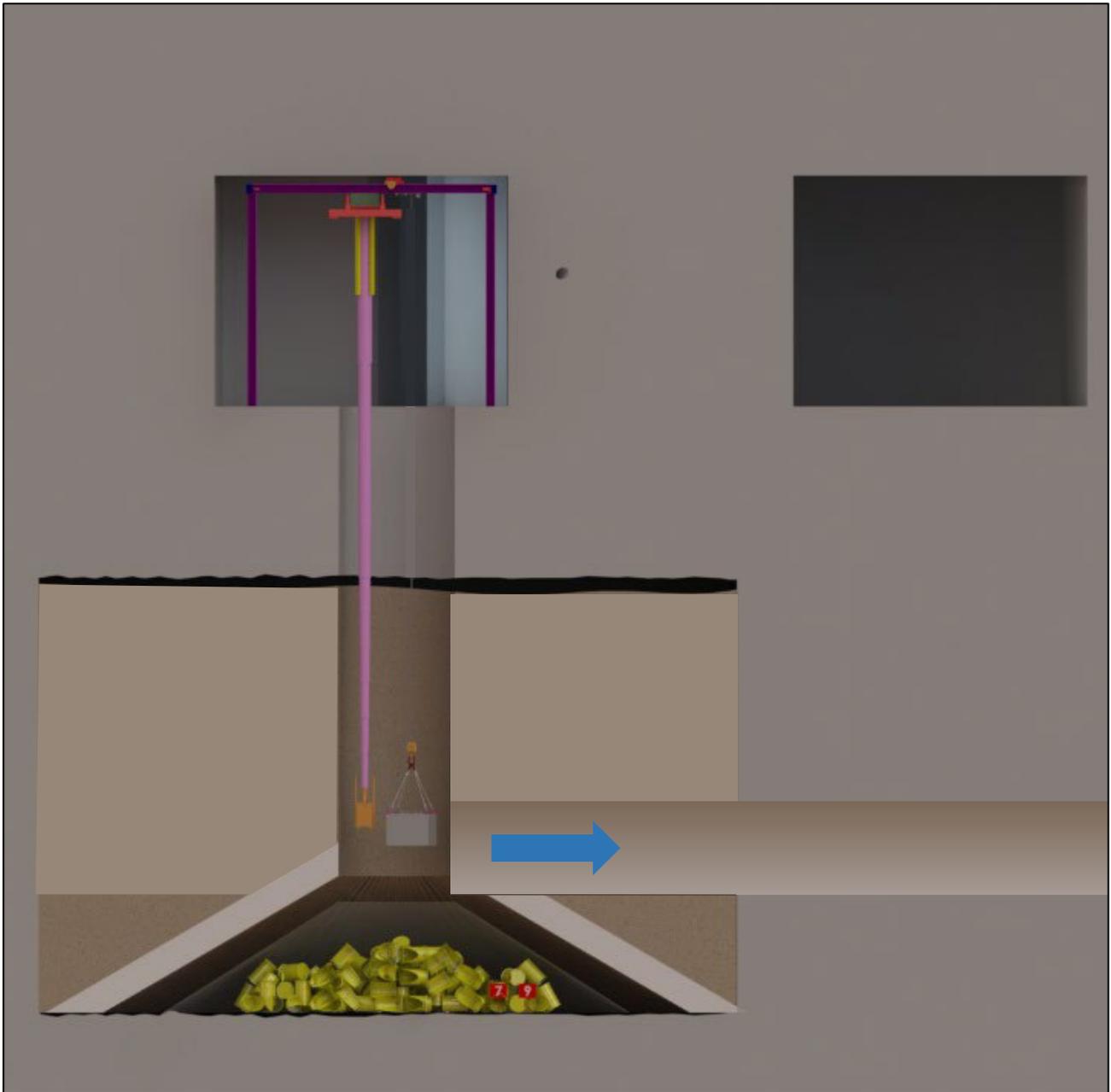


Abbildung 49: Zugang über einen Schacht und Abförderung horizontal

An den Versatzkörper werden somit unterschiedliche Anforderungen gestellt, um den Betrieb der Bergung sicher zu ermöglichen. Da der Versatzkörper nach der Bergung nicht entfernt wird, muss er über lange Zeiträume standsicher sein und muss darum auch diese Anforderungen – wie z. B. Rissarmut – erfüllen. Daraus erwächst die Notwendigkeit, dass der als Versatz verwendete Beton zuvor festgelegte Qualitäten aufweisen muss. Um dies sicher zu stellen, muss der Einbringvorgang überwacht werden. Dazu ist ein System zur Qualitätssicherung erforderlich, dass die Baustoffeigenschaften u.a. hinsichtlich der Anmachflüssigkeit, der Betonverteilung, möglicher Lunkerstellen, und der Temperaturüberwachung bezüglich der Reaktionen mit den anderen Stoffen sowie Rissarmut,

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		Stand: 30.09.2019			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

Schrumpf- und Quellverhalten umfasst. Zudem müssen die Volumenströme und Füllstände überwacht werden, da sich die angestrebte Geschwindigkeit, mit der versetzt wird, von verschiedenen Faktoren abhängig ist. Auch andere Betriebsbedingungen (wie z. B. die Bewetterung) müssen überwacht sein.

Um die Firste und Stöße zu stabilisieren, braucht das Versatzmaterial aus gebirgsmechanischen Gründen nicht sonderlich fest sein. Als Versatz, der lediglich den Bergeraum schützen soll, reicht ein Kunstharzschaum mit geringer Festigkeit aus. Auf Grund der geringen Festigkeit ist mit einem Kunstharzschaum keine Standsicherheit über lange Zeiträume erzielbar, die nach Beendigung der Rückholung vorhanden sein muss, wenn die Kammer (bzw. der Bergehohlraum) nach der Bergung verfüllt wird. Darum werden Schäume mit geringer Festigkeit als Versatzmaterial nicht betrachtet, da zuvor bewertet werden muss, ob ein Versatzkörper aus Schaum nach der Bergung entfernt und durch tragfähigere Materialien ersetzt werden muss.

Um zu verhindern, dass Flüssigkeit zwischen dem entstehenden Versatzkörper und den Stößen vorbei läuft und sich unter der Stabilisierungsschicht auf der ELK-Sohle und zwischen den Gebinden sammelt, ist es nötig, den Versatz mit so wenig Flüssigkeit wie nötig anzumachen und dieses auch innerhalb einer Qualitätsüberwachung umzusetzen. Wenn sich bei Vorversuchen herausstellen sollte, dass sich auch bei optimaler Rezeptur des Baustoffs und minimaler Menge von Anmachflüssigkeit Flüssigkeitsansammlungen im Bergehohlraum auch durch abpumpen nicht verhindert werden können, ist dies ein Kriterium für ein Zugangsniveau im oberen Bereich des Bergehohlraus.

6.4 STANDSICHERHEIT DES VERSATZKÖRPERS

Der Versatzkörper ist überwiegend auf der Sohle der Einlagerungskammer gestützt. Es kann z. B. bei der Bergung verstreut liegender Gebinde vorkommen, dass Teile des Auflagers entfernt werden. Trotzdem muss der Versatzkörper jeder Betriebsphase standsicher sein.

Der Versatzkörper weist nach Fertigstellung eine Masse von ca. 13.000 t auf. Die Gewichtskraft des Versatzkörpers und die einer nicht tragfähigen Schwebelast zur 490-m-Sohle muss ins Gebirge abgeleitet werden. Ist auch das Gebirge jenseits der Stöße nicht intakt (siehe Kapitel 2) oder verringert Salzgruß auf den Stößen den Kraftschluss muss die Gewichtskraft primär von der Sohle aufgenommen werden.

Nach derzeitiger Einschätzung beträgt die Entfernung vom Rand des Gebindekegels zu den Stößen der ELK 8a/511 ca. 1,5 m und zu den Ecken ca. 6 m (Abbildung 17). Zur Ableitung der Kräfte in die Sohle steht somit eine Fläche von ca. 215 m² zur Verfügung, die je nach Art der Trennschicht variiert. Der Druck auf die Sohle der ELK 8a/511 beträgt dann im Mittel ca. 0,6 MPa. Dadurch, dass im Bereich der Stöße weniger Fläche zur Verfügung steht, kann sich der Druck dort verdreifachen. Diese Spannungen liegen weit unter den Spannungen bei dem z. B. Sorelbeton bruchhaft verformt. Auch für den Fall, dass die zur Verfügung stehende Fläche auf Grund von weiter verstreuten Gebinden halbiert ist, sind die zu erwartenden Spannungen überschlägig klein genug.

Die Lasten müssen in die Sohle abgetragen werden können. Dazu ist es nötig, dass die Firstspaltverfüllung in der Kammer 8a/532 durchgeführt wurde oder der Rand um den Gebindekegel entlang der Stöße ausreichend standfest ist, den Versatzkörper zu tragen.

Im Zuge der Bergung ist es zum einen möglich, dass als Trennschicht eingebrachtes Haufwerk am Rand des Versatzkörpers entfernt und dem Versatzkörper das Auflager teilweise entzogen wird; zum anderen wird das Auflager zu Zuge der Bergung verstreuter Gebinde unvermeidbar entfernt. Geleerte Bereiche oder Bereiche, denen das Auflager entzogen wurde, müssen abschnittsweise unterstützt oder versetzt werden, damit der Versatzkörper erneut ein Widerlager hat und nicht instabil wird.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 88 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Zur Erhöhung des Kraftabtrages in die Stöße kann der ausgehärtete Versatzkörper durchbohrt und durch Stahlträger oder Seilanker in den Stößen gesichert werden, die nach Einbringen des Versatzes zumindest teilweise verfestigt sind (Abbildung 50).



Abbildung 50: Mit Stahlträgern oder Seilankern gesicherter Versatzkörper.

Radarmessergebnisse weisen bisher darauf hin, dass nach wie vor ein Gebindekegel vorhanden und genügend Fläche auf der Sohle für einen standsicheren Versatzkörper vorhanden ist. Sollte sich bei der Erkundung herausstellen, dass die Gebinde auf der ganzen Sohle der Einlagerungskammer verteilt liegen und ein Gebindekegel nicht mehr existiert, steht kein Auflager für den Versatzkörper auf der Sohle zur Verfügung. Trotzdem muss der Versatzkörper nachweislich getragen werden. Hierzu werden nachfolgend 3 Möglichkeiten (mit zunehmender Komplexität) skizziert:

1. Es wird feinstkörniger und fließfähiger Sand verwendet, der die Hohlräume zwischen den Gebinden ausfüllt und eine Kraftübertragung in die Sohle ermöglicht. Eine Kraftübertragung in die Sohle entsteht mit einer Zusammendrückung der Gebinde und Kompaktierung des Sandes. Der Sand wird als Trennschicht bis über die Gebinde gefüllt. Darüber wird eine den Sand stabilisierende Trennschicht und darüber der Versatz eingebracht (Abbildung 51).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 89 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

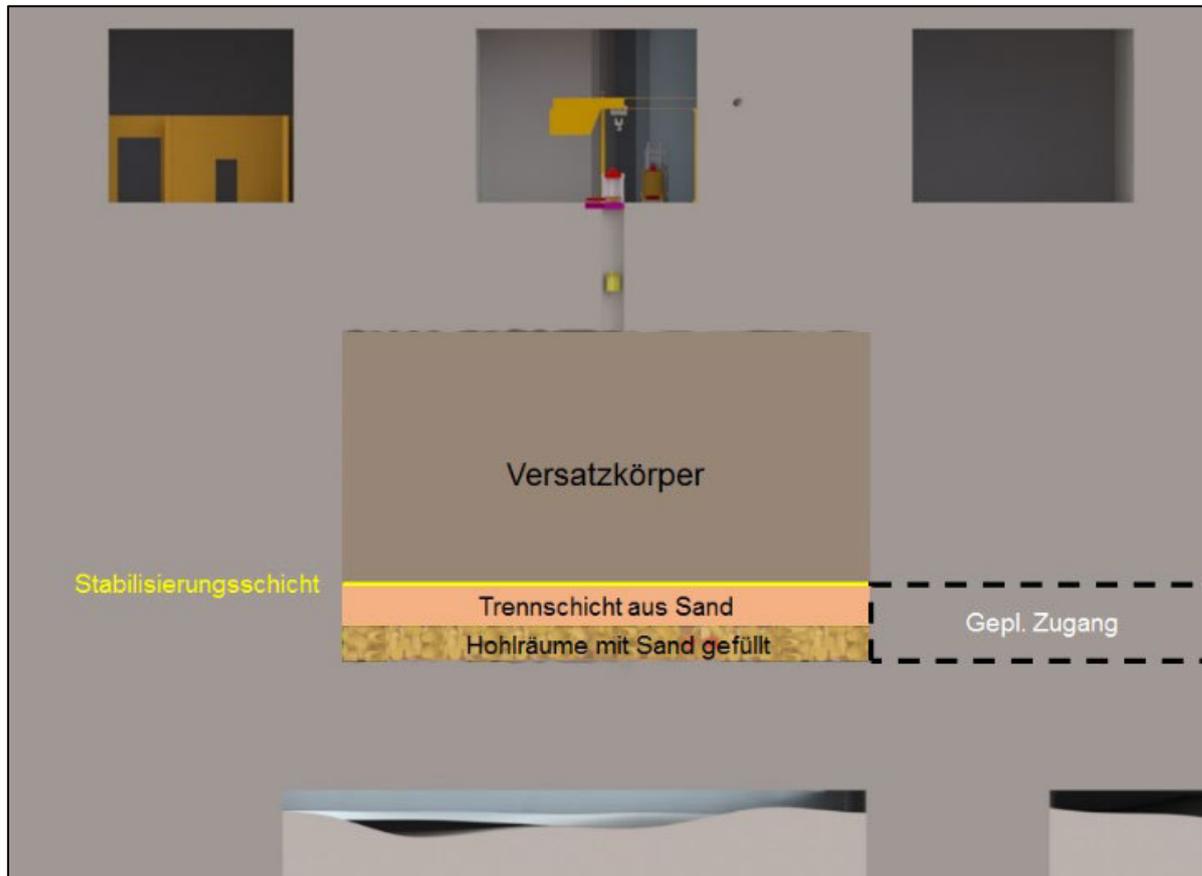


Abbildung 51: Füllen der Hohlräume mit fließfähigem Sand zum Tragen des Versatzkörpers
 Der Zugang für die Bergung ist unterhalb des Versatzkörpers vorgesehen, der Sand der Trennschicht und zwischen den Gebinden wird im Zuge der Bergung entfernt und radiologisch charakterisiert.

In Folge der Bergung entstehen Hohlräume, die unterstützt werden müssen, damit der Versatzkörper stabil bleibt. In Abhängigkeit der Ergebnisse der radiologischen Charakterisierung des Sandes wird er als Zuschlag für den Versatz verwendet oder wird abgefördert und andere Unterstützungselemente zur Lagestabilisierung verwendet.

2. Soll eine Kompaktierung des Sandes und Einklemmung der Gebinde (wie in Abbildung 51) vermieden werden, wird oberhalb einer Trennschicht (und Stabilisierungsschicht) eine Verstärkung aus Stahlträgern von der Seite der Einlagerungskammer eingebracht. Die Stahlträger werden anschließend in Beton mit hoher Festigkeit eingegossen. Die Kräfte werden in die Stöße abgeleitet, die im Zuge des Versetzens wieder verfestigt werden. Der Zugang ist unterhalb der Stahlträger vorgesehen (Abbildung 52).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 90 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

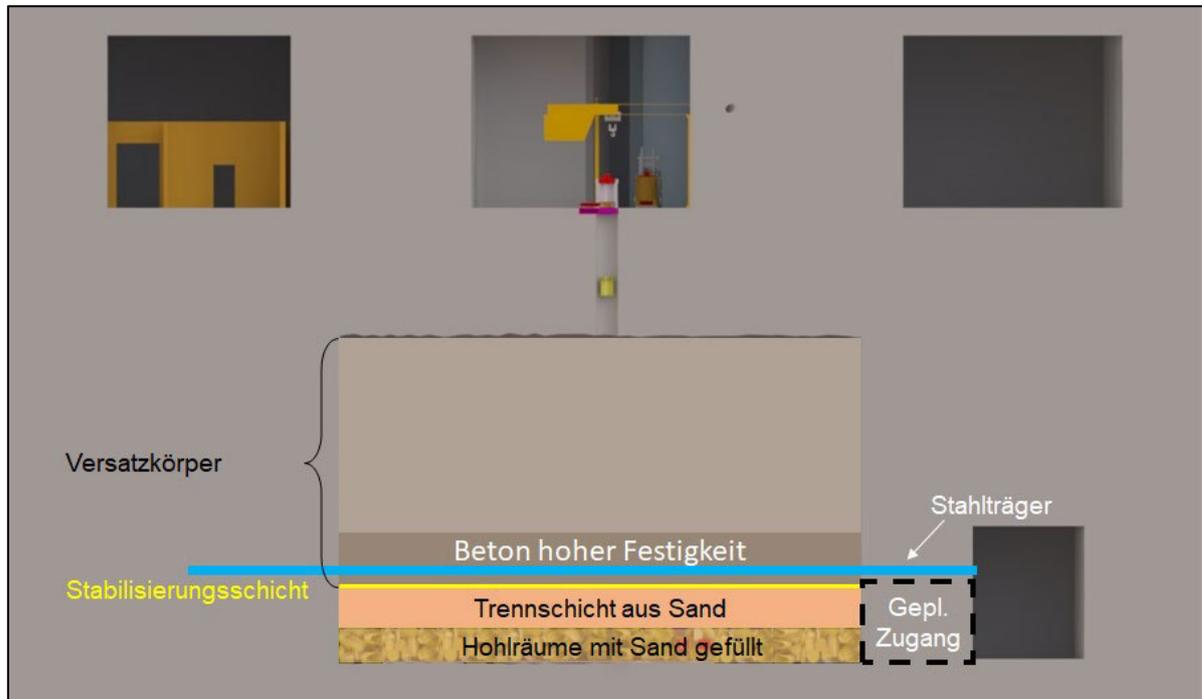


Abbildung 52: Füllen der Hohlräume mit fließfähigem Sand und Tragen des Versatzkörpers durch Träger in den Stößen

- Die Trennschicht kann statt mit Sand auch mit einer Plane hergestellt werden. Die Gebinde müssen oberhalb der Plane eine Schicht von ca. 2 m Versatz tragen, bevor eine Armierung aus Stahlträgern (blau) eingebracht wird, die anschließend die Kräfte auf die Stöße übertragen (Abbildung 53).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 91 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

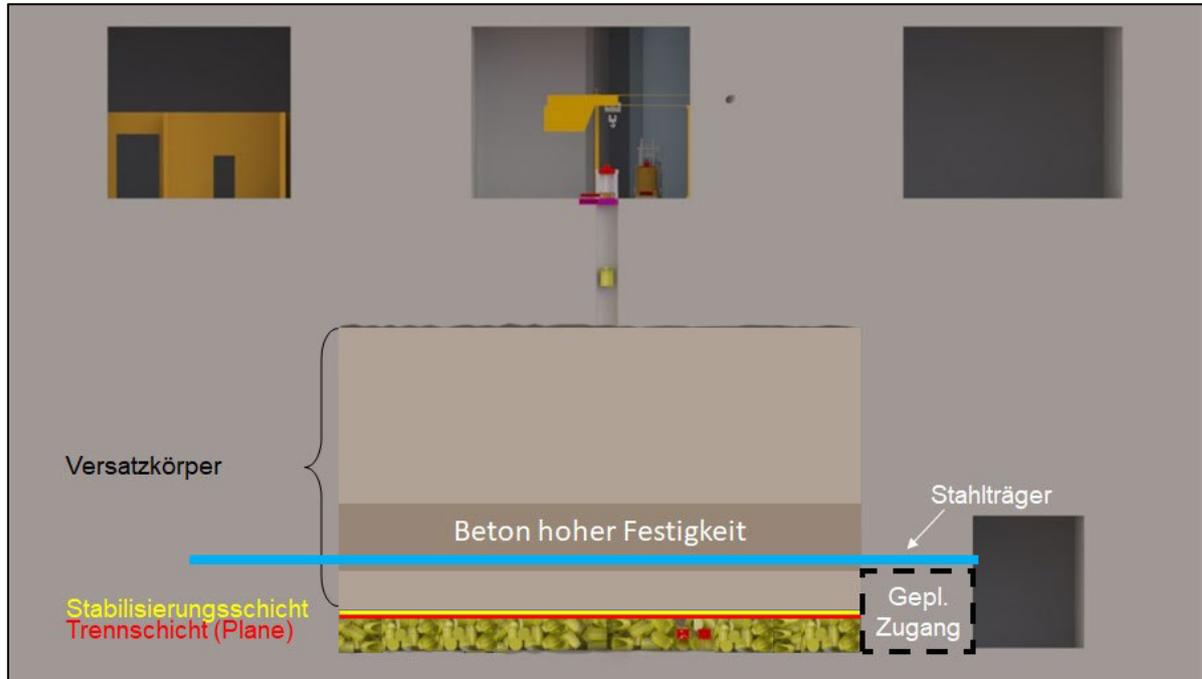


Abbildung 53: Abdecken der Gebinde mit einer Plane und Tragen des Versatzkörpers durch Träger in den Stößen

Die unterschiedlichen und beispielhaft angeführten Aspekte und Methoden zur Standsicherheit des Versatzkörpers müssen zuvor in numerischen Modellversuchen untersucht und beurteilt werden. Mit numerischen Modellversuchen ist es möglich, den Versatzkörper in Abhängigkeit der Betoneigenschaften und in Abhängigkeit des Bergefortschritts und der daraus resultierenden Betriebs- und Belastungszustände bzgl. der Aufstandsfläche auf der Sohle, dem Einklemmen durch die Stöße, der Unterstützung nach teilweiser Bergung usw. zu dimensionieren.

Vorbehaltlich zukünftiger Erkundungsergebnisse wird nicht davon ausgegangen, dass die Standsicherheit des Versatzkörpers eingeschränkt sein wird. Darum werden die in diesem Kapitel dargestellten Möglichkeiten nicht weiter berücksichtigt, stehen jedoch als alternative Möglichkeiten zur Verfügung.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 92 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

7 FÖRDERWEG

Die möglichen Förderwege wurden bereits im 3. Teilbericht erörtert. Sowohl für das Grund- als auch für das Alternativkonzept wurden unterschiedliche Förderwege untersucht, bei denen die Gebinde entweder zum Schacht Asse 2 oder den geplanten Schacht Asse 5 gefördert werden.

Für eine Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz müssen diese Förderwege lediglich auf das Niveau der Zugangsstrecke für die Bergung angepasst, nicht jedoch neu konzipiert werden. Auch wenn die Bergung vertikal aus dem Bergehohlraum auf die 490-m-Sohle erfolgt, ändert sich der Förderweg lediglich auf ca. 150 m. Die Förderwege sind somit weder entscheidend vom gewählten Konzept abhängig, noch die Konzepte vom Förderweg.

Die Abbildung 54 zeigt den für eine Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz gewählten Förderweg.

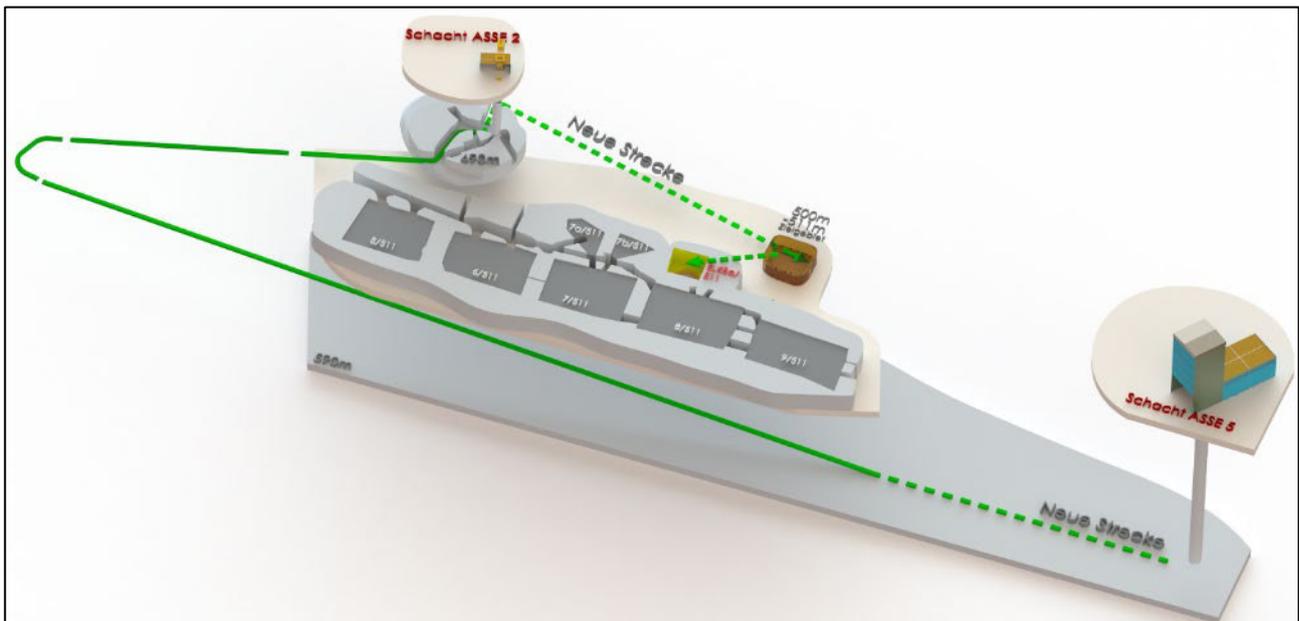


Abbildung 54: Förderweg von der ELK 8a/511 zu Schacht Asse 5

Von dem Zielgebiet (bräunlich) neben der ELK 8a/511 werden die Gebinde über eine neue Strecke am Schacht Asse 2 vorbei (490-m-Sohle) in die vorhandene, sohlenverbindende Wendelstrecke des Bergwerks ins Niveau 590 m gefördert und über eine neue Strecke zum Schacht Asse 5. Als Fördermittel sind wie beim Grund- und Alternativkonzept Flurfahrzeuge vorgesehen.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 93 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

8 TABELLENVERGLEICH ZUR AUSWAHL EINES RÜCKHOLKONZEPTE

Die Rückholung der Gebinde aus der ELK 8a/511 mit gebirgsstützendem Versatz kann in 3 Phasen eingeteilt werden:

- Herstellen des Bergehohlraums
- Anbindung des Bergehohlraums an das Grubengebäude
- Bergen

Der Bergehohlraum ist nach seiner Herstellung ein Bauwerk, unter dem nahezu unabhängig von dessen Bauweise die Gebinde geborgen werden können. Die Phase „Herstellen des Bergehohlraums“ ist somit ein in sich abgeschlossener Vorgang, der auf die „Anbindung des Bergehohlraums an das Grubengebäude“ und auf das „Bergen“ keinen entscheidungsrelevanten Einfluss hat.

Die Bergemethode und die dazu erforderlichen Maschinen und Geräte sind von der Wahl des Zugangs abhängig. Darum werden die für die Phasen „Anbindung des Bergehohlraums an das Grubengebäude“ und „Bergen“ bedeutsamen Einflussgrößen gemeinsam verglichen.

Einige Vorgänge, Materialien und Merkmale können derzeit nur eingeschätzt und ohne Vorversuche nicht hinreichend beurteilt werden. Darum erfolgt die Bewertung der Kriterien jeweils ohne Rangfolge und Gewichtung.

8.1 BEWERTUNG DER KRITERIEN ZUR HERSTELLUNG DES BERGEHOHLRAUMS

Der Bergehohlraum wird in 3 Schritten hergestellt:

1. Gebinde abdecken
2. Stabilisierungsschicht herstellen
3. Versatzkörper herstellen

Der Versatzkörper wird im Grunde in allen Fällen gleich hergestellt (siehe Kapitel 6.3). Ein eigener Tabellenvergleich ist darum nicht nötig. In Abhängigkeit der verwendeten Abdeckung der Gebinde besteht eine zeitliche Abhängigkeit bzgl. der Geschwindigkeit, mit der der Versatz eingebracht wird, der Gewichtsbelastung der Gebinde durch den Versatz und der Umsetzung von Notfallmaßnahmen. Zum Aufbau einer Stabilisierungsschicht wurden 2 Möglichkeiten (Spritzbeton und Spritzmembran) erörtert. Einerseits ist die Auswahl der zur Verfügung stehenden technischen Werkzeuge begrenzt, da die Stabilisierungsschicht mit den gleichen oder vergleichbaren Werkzeugen eingebracht wird, die absehbar nicht optimierbar sind. Andererseits können praktische Erwägungen bei der Entscheidung eine Rolle spielen, die heute noch nicht absehbar und ohne Vorversuche nicht zu beurteilen sind. Da es für die Herstellung des Bergehohlraums nicht entscheidend ist, ob die Stabilisierungsschicht aus Spritzbeton oder aus einer Spritzmembran besteht, wird dieser Punkt nicht bewertet und eine Entscheidung darüber auf die Zeit verschoben, wenn konkreten Ergebnissen aus den Vorversuchen vorliegen.

Zur Abdeckung der Gebinde wurden 8 Verfahren und 9 unterschiedliche Materialien verglichen, die in Kapitel 6.1 beschrieben sind. Die Verfahren wurden an Hand der folgenden 20 Kriterien bewertet,



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 94 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

und hinsichtlich „Gebinde abdecken“, „Stabilisierungsschicht herstellen“, „Versatz einbringen“ und „Bergen“ unterteilt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Gebinde abdecken

1. Beschickungsbohrung erforderlich?
Ist die Beschickungsbohrung nicht erforderlich (Kennzeichnung „n“ = nein), ist das Verfahren anpassungsfähiger, was positiv (grün) bewertet wird. Ist die Beschickungsbohrung erforderlich („j“ = ja), kann es nur angewendet werden, wenn die Beschickungsbohrung nutzbar ist (negativ = rot). Verfahren, die so angepasst werden können, dass eine Anwendung auch ohne Beschickungsbohrung möglich ist, sind mit „O“ und gelb markiert. Die Nutzbarkeit der Beschickungsbohrung wirkt sich unmittelbar auf die Anwendbarkeit des Verfahrens aus.
2. Handhabung ohne Beschickungsbohrung
Ist die Beschickungsbohrung erforderlich, hat sich die Frage einer Handhabung ohne Beschickungsbohrung erübrigt (ohne Markierung). Für die anderen ergeben sich gute (+, grün) Handhabungen oder aufwändigere (O, gelb).
3. Einbringgeschwindigkeit der Abdeckung
Die Bewertung erfolgte vergleichend zueinander nach schnell (+, grün), mittel (O, gelb) und langsam (-, rot).
4. Dichtigkeit der Abdeckung
Eine dichte Abdeckung wird günstiger bewertet (+, grün), als eine durchlässigere (O, rot).
5. Abdeckung mit Bergbauzulassung?
Hat das Material der Abdeckung eine Bergbauzulassung, wird das positiv bewertet (j, grün). Bei Abdeckung ohne Zulassungen (n) wird der wahrscheinliche Aufwand einer Zulassung bewertet (gelb = mittel, rot = hoch).
6. Reaktionstemperatur der Abdeckung
Die Bewertung zeigt an, wie stark die Reaktionstemperatur der Abdeckung beim Einbringen berücksichtigt werden muss (+, grün = wenig, -, rot = stark, O, gelb = mittel).
7. Fernsteuerbar
Verfahren, die fernsteuerbar durchgeführt werden können (j), sind positiv (grün) bewertet, fernhantierbare sind gelb bewertet. Da eine Fernbedien- oder Fernhantierbarkeit ein Kriterium dafür war, ob ein Verfahren ausgewählt wird, existiert keine rote Bewertung (= weder fernhantier- noch -bedienbar).
8. Generelle Handhabbarkeit
Unter genereller Handhabbarkeit kann im weitesten Sinn der Einbringaufwand angesehen werden. Die Bewertung erfolgte vergleichend nach gering (+, grün), mittel (O, gelb) und groß (-, rot).



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 95 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

9. Betriebsbewährt

Verfahren, für die bereits einzelne Erfahrungen bestehen, sind gelb (O) gekennzeichnet; bestehen bislang keine Erfahrungen, ist die Kennzeichnung rot (-). Betriebsbewährt (j, grün) ist keines der bewerteten Verfahren.

10. Vorversuch erforderlich

Da Vorversuche in allen Fällen erforderlich sind, ist die Bewertung in allen Fällen gleich. Das Kriterium ist zur Bewertung nicht relevant.

Stabilisierungsschicht herstellen

11. Gewichtsbelastung auf die Gebinde durch die Abdeckung

Das Gewicht der Abdeckung und die Bettung kann die Gebinde belasten. Eine große Belastung ist rot (-), eine geringe grün (+) und eine mittlere gelb (O) markiert.

12. Feuchtigkeitsmenge der Abdeckung

Eine geringe Feuchtigkeitsmenge ist grün (+), eine mittlere gelb (O) markiert. Eine hohe Feuchtigkeitsmenge ist auswahlbedingt nicht zu erwarten.

13. Stabilisierungsschicht erforderlich

In der Regel ist eine Stabilisierungsschicht erforderlich (j), was einen Mehraufwand bedeutet (rot). Kann auf eine Stabilisierungsschicht verfahrensbedingt verzichtet werden, wird das positiv bewertet (n, grün). Ist eine Stabilisierungsschicht zwar erforderlich (j), der Mehraufwand jedoch gering, ist das Feld gelb markiert.

Versatz einbringen

14. Einbringgeschwindigkeit Versatz

Ein zügiges Einbringen des Versatzes sichert die Schweben frühzeitig, verkürzt die Projektdauer und wird positiv (+, grün), ein langsames Einbringen (-, rot) ungünstig bewertet. Mittlere Einbringgeschwindigkeiten sind gelb (O) gekennzeichnet.

15. Gewichtsbelastung auf die Gebinde durch den Versatzkörper

Das Gewicht des Versatzkörpers und die Bettung kann die Gebinde belasten und die Bergung erschweren. Eine große Belastung ist rot (-), eine mittlere (O) gelb und ohne (+) grün markiert.

16. Sicherstellung der Notfallmaßnahme

Es wird bewertet, mit welchem Aufwand sich eine Notfallmaßnahme in Abhängigkeit der unterschiedlichen Verfahren zur Herstellung einer Abdeckung umsetzen lässt (+, grün, gut; O, gelb, mittel; -, rot, groß).

17. Bergbarkeit verstreuter Gebinde

Kann der Bergehohlraum so hergestellt werden, dass ein Großteil verstreuter Gebinde aus dem Bergehohlraum geborgen werden kann, ist das positiv (+, grün). Gelingt das verfahrensbedingt mit Zusatzaufwand, ist das gelb (O) gekennzeichnet. Kann der Bergehohlraum nicht erweitert werden, ist die Bewertung ungünstig (-, rot).



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 96 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

18. Sicherung des Versatzkörpers gegen Lageinstabilität

Verfahrensbedingt kann eine Sicherung des Versatzkörpers während der Bergung notwendig sein (j, rot; n, grün). Ist eine Lagesicherung für die Bergung verstreut liegender Gebinde erforderlich, ist das Feld gelb (O) markiert.

19. Einschluss der Gebinde

Es wird bewertet, ob die Gebinde stark (-, rot), mittel (O, gelb) oder wenig (+, grün) von der Abdeckung eingeschlossen sind. Je weniger die Gebinde eingeschlossen sind, um so einfacher ist die Bergung.

20. Abfallmenge und Aufwand für die Entsorgung eingebrachten Materials

Ist die Abfallmenge groß, die im Zuge der Bergung anfällt und verfahrensbedingt bei der Herstellung des Bergehohlraum eingebracht werden musste, wird das negativ bewertet (-, rot; geringe Menge: +, grün).



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 98 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Gebirgsstützender Versatz ist notwendig, wenn die Schweben nicht mehr tragfähig ist. Durch das Einbringen der Abdeckung sollte die Sicherung der Schweben nicht verzögert werden. Bei drei Verfahren kann eine Abdeckung der Gebinde schnell eingebracht werden. Die Gebinde werden mit Planen abgedeckt und mit

- Rollo
- Druckluft oder
- Schirm

ausgebreitet. Bei einem Schirm ist keine Stabilisierungsschicht erforderlich, dafür dauert das Einbringen des Versatzes länger. Der Vorteil eines Schirmes liegt darin, dass er so weit ausgebreitet wird, dass auch verstreute Gebinde ohne weitere Maßnahmen und Zusatzaufwand innerhalb des Bergehohlraums liegen.

Auch eine Ausbreitung mit einem Rollo oder mit Druckluft hat viele Vorteile, jedoch konnte eine Ausbreitung mit Schirm die meisten Vorteile (grüne Markierung) auf sich vereinen.

Für den Kosten- und Zeitplan wurde darum diese Variante zur Abdeckung der Gebinde ausgewählt. Welche der erarbeiteten Varianten sich als endgültig praktisch erweist, wird sich erst im Zuge der Vorversuche herausstellen. Eine fundierte Bewertung und endgültige Entscheidung ist darum auch erst nach den Vorversuchen möglich. Es wird aber auch nicht davon ausgegangen, dass unterschiedliche Varianten zur Abdeckung der Gebinde die Kosten eines gebirgsstützenden Versatzes entscheidend beeinflussen.

8.2 BEWERTUNG DER KRITERIEN ZUR ANBINDUNG DES BERGEHOHLRAUMS AN DAS GRUBENGEBÄUDE UND BERGUNG

Die Phase „Anbindung des Bergehohlraums“ beeinflusst das Niveau und die Richtung des Zugangs in den Bergehohlraum und damit die Phase „Bergung“ hinsichtlich des Bergvorgangs und der Ausrüstung. Darum werden die Phasen gemeinsam verglichen.

Der Bergehohlraum kann aus vertikaler Richtung von der 490-m-Sohle mit einem Grubenbau größeren Durchmessers (ca. 3 m – 4 m) vergleichbar einem Schacht hergestellt werden (vgl. Abbildung 7). Über diesen Schacht werden die Gebinde hebend geborgen.

In horizontaler Richtung kann der Bergehohlraum geöffnet werden, indem eine Strecke durch den Versatz aufgefahren wird. Je nachdem in welchem Niveau die Strecke aufgefahren wird, trifft diese den Gebindekegel an der Spitze, in der Mitte oder an der Sohle der Einlagerungskammer, was die anwendbare Bergetechnik beeinflusst.

In welchem Niveau eine horizontale Anbindung stattfindet, ist für den Aufwand der Auffahrung ohne große Bedeutung, bis auf den Umstand, dass die Strecke im Bereich der Sohle für den Durchstoß in den Bergehohlraum einige Meter kürzer ist als eine an der Spitze des Gebindekegels.

Es wurden 10 Kriterien zum Vergleich herangezogen, die weder gewichtet sind noch durch die Nummerierung eine Rangfolge andeuten sollen:

1. Aufwand für die Auffahrung
Der Aufwand für die Auffahrung vertikaler Grubenbaue (z. B. Schächte) ist i.d.R. größer, als bei gleichlangen horizontalen Grubenbauen (Strecken). Ein geringer Aufwand wird positiv (grün) bewertet.
2. Aufwand der Betriebsmittel für die Auffahrung



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 99 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Gewinnungsgerät und Fördereinrichtung müssen bei vertikaler Anbindung entwickelt, brauchen bei horizontaler Anbindung lediglich modifiziert, werden. Bei vertikalen Grubenbauen dieser Länge ist das Vortriebsverfahren „Bohren und Sprengen“ das günstigste. Bohren und Sprengen ist in diesem Fall jedoch nicht möglich. Die Fixkosten für das Aufrüsten eines Großbohrlochgerätes sind im Vergleich zu dem Kostenvorteil pro laufenden geteufem Meter hoch. Ein geringerer Aufwand wird positiv bewertet.

3. Aufwand für die Bergung

Bei einem vertikalen Zugang sind 2 Betriebsmittel (für die Bergung und den Abtransport) in einem vergleichsweise kleinen Grubenbau nötig. Das Hebegefäß für den Abtransport kann zudem nicht abgestellt werden, damit die Gebinde mit dem Bergegerät sicher übergeben werden können. Der Aufwand für die Bergung wird bei einem vertikalen Zugang insgesamt höher (rot) eingeschätzt als bei einem horizontalen (grün).

4. Aufwand für Betriebsmittel für die Bergung

Ein hoher Aufwand (rot) wird bei vertikalem Zugang auch für die Installation der Betriebsmittel erwartet.

5. Lagestabilität noch nicht geborgener Gebinde

Werden die Gebinde in umgekehrter Richtung wie bei der Einlagerung geborgen, sind die Gebinde vergleichsweise lagestabil (grün). Das oberste Gebinde kann aus dem Gebindekegel entfernt werden, ohne dass andere instabil werden und sich bewegen. Werden die Gebinde vom Fuß des Gebindekegels entnommen, ist die Lagestabilität gering (rot) was ungünstiger eingeschätzt wird.

Ungeachtet einer Praktikabilität bei der Bergung besteht darüber hinaus ein zusätzliches Risiko darin, dass herabrollende Gebinde beschädigt werden können und es zu einer zusätzlichen Freisetzung radioaktiver Stoffe kommt.

6. Bergbarkeit verstreuter Gebinde

Die Ausleger müssen von der Mitte ca. 12 m reichen, um verstreute Gebinde bergen zu können. Die Bergbarkeit ist mit horizontalem Zugang günstiger (gut, grün), weil sich die Bergewerkzeuge auf der Sohle bewegen können.

7. Standsicherheit der ELK-Sohle

Sofern der Zugang nicht sohlennah erfolgt, ist eine Standsicherheit der Sohle der ELK 8a/511 nicht erforderlich (grün).

8. Anzahl der Schleusenstandorte

Wird der Berghohlraum horizontal angebunden, ist eine Schleuse im Bereich des Zugangs erforderlich zusätzlich zu denen, die für das Einbringen des Versatzes vor der Anbindung gebraucht werden (Schleuse 490-m-Sohle und ggf. Bühnenschleuse). Zwei Schleusen (rot) werden als ungünstiger erachtet als eine (grün).

9. Störfallsicherheit/Gebindeabsturz

Besteht die Gefahr eines Lastabsturzes (z. B. Kran oder Firste auf Gebinde) wird das um so ungünstiger bewertet, je höher Gebinde abstürzen können (ungünstig, -, rot; günstig, +, grün; mittel, O, gelb).



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 100 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

10. Verfüllbarkeit des Bergehohlräume

Nach der Bergung muss der Bergehohlraum verfüllt werden. Bei horizontalem Zugang muss die Verfüllung vorbereitet werden, bei vertikalem Zugang ist eine Verfülleitung bis in den Bergehohlraum ausreichend. Die Verfüllung erfolgt bei vertikalen Zugang und steigendem Verfüllpegel mit geringem Aufwand (grün), bei sohlennahen Zugang ist der Aufwand am größten (hoch, rot).

Tabelle 3: Anbindung des Bergehohlräume und Bergung; Bewertung

Auffahrt	vertikal	horizontal		
Niveau des Zugangs	vertikal	Spitze Fasskegel	Mitte Fasskegel	sohlennah
Bergerichtung	vertikal	vertikal	horizontal lagenweise	horizontal
Aufwand für die Auffahrt	hoch	mittel	mittel	gering
Aufwand Betriebsmittel für die Auffahrt	hoch	gering	gering	gering
Aufwand für die Bergung	hoch	mittel	gering	mittel
Aufwand für Betriebsmittel zur Bergung	hoch	gering	gering	gering
Lagestabilität noch nicht geborgener Fässer	hoch	hoch	hoch	gering
Bergbarkeit verstreuter Fässer	mittel	mittel	mittel	gut
Standicherheit der ELK-Sohle	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich
Anzahl der Schleusenstandorte	1	2	2	2
Störfallsicherheit/Gebindeabsturz	-	+	+	0
Verfüllbarkeit des Bergehohlräume	gut	mittel	mittel	hoch

Ein horizontaler Zugang ist nach Einschätzung in diesem Tabellenvergleich praktikabler als ein vertikaler (Tabelle 3). Das betrifft vor allem den Aufwand für die Auffahrt und die Bergung. Ein sohlennaher Zugang ist nur dann nutzbar, wenn die ELK-Sohle standsicher ist. Nachteilig an diesem Zugangsniveau ist, dass die Gebinde vom Fuß des Gebindekegels entnommen werden müssen, was die Gebinde von Teilen des Gebindekegels in Bewegung setzt. Um das zu vermeiden, müssen weitere Hilfsmittel geplant werden, die den Platz zum Bergen einschränken und die Bergung behindern.

Die Zugangsniveaus „Spitze Gebindekegel“ und „Mitte Gebindekegel“ werden gleich bewertet. Beim Zugangsniveau „Mitte Gebindekegel“ wird der Zugang im Versatzkörper nach unten erweitert, um die unteren Gebinde bergen zu können. Dem Versatzkörper wird so das Auflager stärker entzogen, als bei einem weniger in den Versatzkörper eingreifenden Zugang von der Spitze des Gebindekegels. Die Bergung wird geringer aufwändig eingeschätzt.

Für die Zeit- und Kostenplanung wurde darum ein horizontaler Zugang in der Mitte des Gebindekegels gewählt, der die Spitze des Gebindekegels trifft und von dort die Bergung durchgeführt wird. Dieser Zugang ermöglicht auch eine Bergung bei nicht standsicherer Sohle.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 101 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

9 EIGNUNG BEI EINER NOTFALLMAßNAHME

Ein gebirgsstützender Versatz hat das Ziel, trotz einer nicht tragfähigen Schwebelage und nicht tragfähiger Stöße das Gebirge so zu unterstützen, dass eine bestmögliche Bergung der Gebinde vorbereitet und möglich ist. Während der Maßnahmen im Zuge eines gebirgsstützenden Versatzes muss jederzeit eine Notfallmaßnahme möglich sein, die unter hohem Zeitdruck durchgeführt werden muss. Dazu müssen verschiedene Phasen bei der Herstellung des Bergehohlraums für eine Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz unterschieden werden.

Vor dem Einbringen der Trennschicht ist die Situation hinsichtlich der Notfallmaßnahmen gegenüber der heutigen unverändert. Eine Notfallmaßnahme ist wie geplant durchführbar.

Nach Einbau der Trennschicht ist eine veränderte Situation eingetreten. Die Hohlräume zwischen den Gebinden sind beabsichtigterweise vom übrigen Hohlraum getrennt und nicht mehr ohne weiteres erreichbar. Ein Durchbohren der Trennschicht dauert für eine Notfallmaßnahme womöglich zu lange und ist ohne Beschädigung der Gebinde nicht sicher zu stellen. Um den Hohlraum zwischen den Gebinden für eine Notfallmaßnahme zu verfüllen, besteht die Möglichkeit, ein kombiniertes Rohr zur Befüllung mit Baustoff und zur Entlüftung unter und vor Herstellung der Trennschicht einzubauen, das aus der ELK 8a/511 herausragt. Der Baustoff muss durch das Rohr schnell eingebracht werden können und eine lange Ansteifphase haben, damit er lange fließfähig bleibt. Wird er mit Druck eingebracht, steigt der Verfüllspiegel unterhalb der Trennschicht an und verfüllt die Hohlräume lückenlos. Die durch den ansteigenden Baustoffpegel verdrängte Luft wird über die Entlüftung abgeführt. Mit einer solchen Maßnahme ist eine Verfüllung im Zuge einer Notfallmaßnahme jederzeit möglich.

Bei einer Plane kann alternativ ein vorbereitetes Loch geöffnet werden, das z. B. als Strömungsöffnung beim Absenkvorgang genutzt wurde, sofern diese nicht mit einer Stabilisierungsschicht bedeckt ist. Bei Bedarf können beide Maßnahmen kombiniert werden.

Bei Haufwerk, Schäumen oder Baustoff als Trennschicht kann ein im Bereich der Gebindekegelspitze installiertes Überlaufrohr zur Verfüllung unterhalb der Trennschicht dienen. Um ein unbeabsichtigtes Überlaufen von Baustoff zu verhindern, muss das Rohr in Abhängigkeit des Versatzpegels verlängert werden.

Bei Bedarf werden die Möglichkeiten auch in Abhängigkeit der vorhandenen Trennschicht optimiert. So kann bei einem Schirm als Trennschicht ein zentrales Rohr zwischen Schirm und dem Zugang auf der 490-m-Sohle für eine Verfüllung des Bergehohlraums dienen.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 102 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

10 RÜCKHOLUNG MIT GEBIRGSSTÜTZENDEM VERSATZ

Zur Bergung der Gebinde in der ELK 8a/511 wurden bereits zwei Konzepte entwickelt (vgl. Kapitel 1 und 2). Das Grundkonzept ist vorgesehen, wenn eine Schadensituation a oder b vorliegt und die Sohle befahrbar ist. Beim Grundkonzept wird die ELK 8a/511 in horizontaler Richtung im Niveau der Sohle geöffnet. Die Gebinde werden mit flurgebundenen Fahrzeugen geborgen. Für den Fall, dass die Sohle nicht befahrbar ist, wurde das Alternativkonzept entwickelt, bei dem die Einlagerungskammer firstnah horizontal geöffnet und die Bergung mit einem Kran durchgeführt wird.

Sollte die Schadensituation d vorliegen (Schwebe und Stöße nicht tragfähig), kann die ELK 8a/511 für die Rückholung gebirgsstützend versetzt werden, um einen gesicherten Bergehohlraum herzustellen. Es handelt sich um eine Situation, bei der im Zuge der Erkundung festgestellt wurde, dass die Schwebe nicht unmittelbar einzubrechen droht und keine Notfallmaßnahme erforderlich ist. Für diese Situation wurde das so genannte Versatzkonzept zur Rückholung erarbeitet.

10.1 DAS VERSATZKONZEPT

Im Kapitel 3 wurde die Bergung mit gebirgsstützendem Versatz einleitend erläutert und der Ablauf zur Herstellung eines Bergehohlraums und der Bergevorgang allgemein dargestellt, ohne die Einzelheiten der dazu notwendigen Komponenten zu beschreiben. Im Kapitel 6 wurden diese Komponenten detailliert beschrieben und in Kapitel 8 bewertet.

Im Folgenden wird das Versatzkonzept dargelegt. Dem liegen die im Kapitel 8 ausgewählten Komponenten zu Grunde bzgl. der Abdeckung der Gebinde, der Art der Trennschicht, dem Verfahren zu deren Ausbreitung und der Bergerichtung, ohne die im Kapitel 6 beschriebenen Details zu wiederholen. Die Einzelheiten können unter den angegebenen Verweisen bei Bedarf erneut nachgelesen werden. Das Versatzkonzept ist durch folgende Komponenten gekennzeichnet:

- Einbringen einer Trennschicht zwischen den Gebinden und dem Versatz in Form eines Schirms mit Plane (vgl. Kapitel 6.1.5 und Abbildung 40)
- Einbringen des Versatzes durch die Beschickungsbohrung
- Erstellen eines Zuganges für die Bergung horizontal mittig (vgl. Kapitel 3.4)
- Bergung beginnend mit dem obersten Gebinde in der Firste des Zuganges
- Vertiefen der Sohle des Zuganges mit abnehmender Höhe des Gebindekegels

Das Versatzkonzept macht erforderlich:

- Eine Schleuse auf der 490-m-Sohle für die Herstellung des Bergehohlraums (vgl. Kapitel 3 und Abbildung 55)
- Eine Bühnenschleuse auf der 490-m-Sohle (vgl. Kapitel 3 und Abbildung 56)
- Eine Schleuse im Bereich der 511-m-Sohle (vgl. Kapitel 3 und Abbildung 57)
- Ein Flurfahrzeug als Multifunktionsfahrzeug zur Bergung wie im Grundkonzept

Da die Schadensituation „d“ angenommen wird (Schwebe zwischen der ELK 8a/511 und der 490-m-Sohle ist nicht tragfähig), kann die Schwebe zu Bruch gehen. Der Hohlraum der ELK 8a/511 vergrößert sich dann bis auf die 490-m-Sohle. Darum muss zuerst eine Schleuse auf der 490-m-Sohle errichtet werden, die die Beschickungskammer außerhalb des von einem Schwebenbruch beeinträchtigten Bereiches vom restlichen Grubengebäude trennt (Abbildung 55). Die Teile der 490-

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 103 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

m-Sohle, die vom Schwebenbruch nicht betroffen sein werden, sollten vorsorglich abgedämmt werden, um den Inneren Arbeitsbereich zu verkleinern.

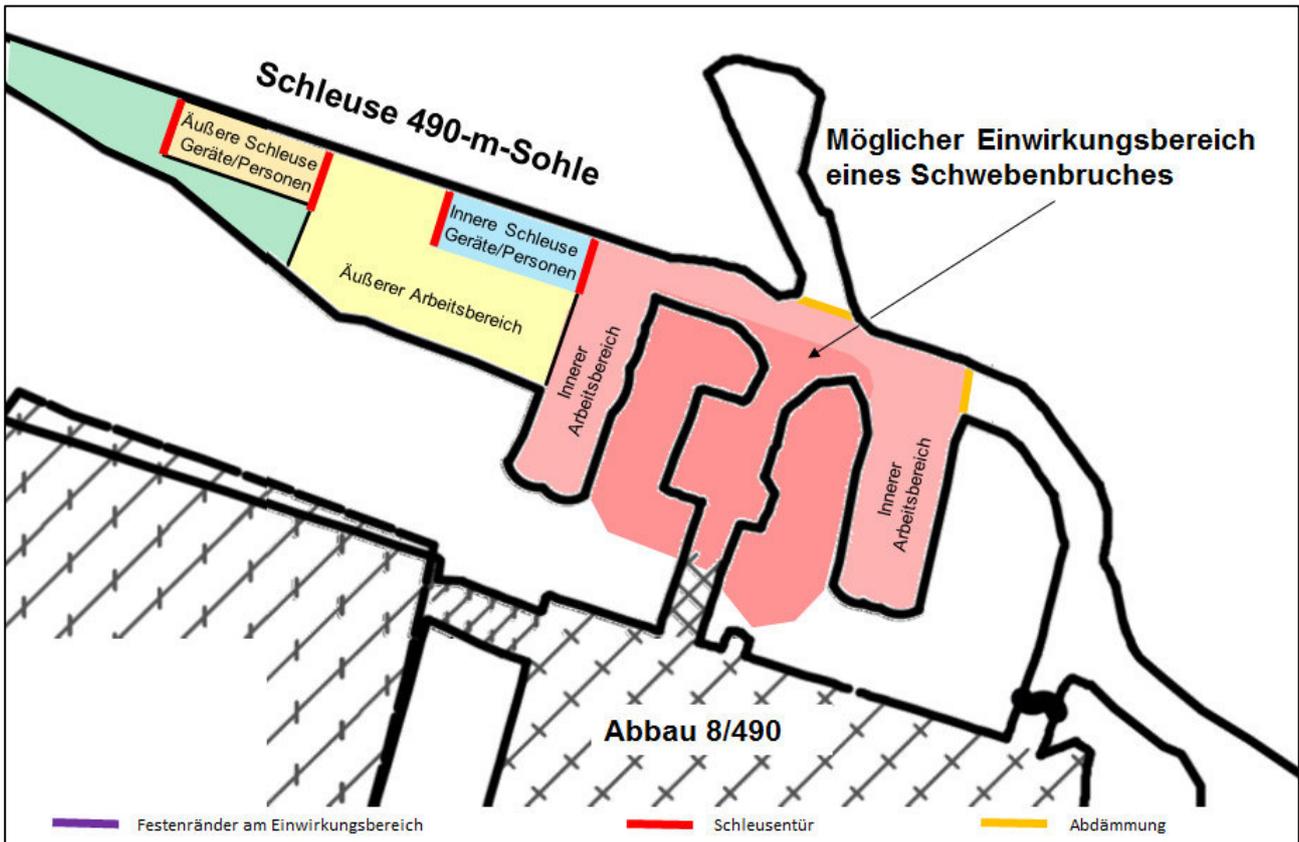


Abbildung 55: Schleuse auf der 490-m-Sohle für die Herstellung eines gebirgsstützenden Versatzes

Die Schleuse muss so ausgelegt sein, dass durch sie alle benötigten Maschinen, Betriebsmittel und Materialien eingeschleust werden können. Zudem müssen Steuerungen der Maschinen, Versorgungsleitungen und Betriebseinrichtungen wie z. B. die Bewetterung durch diese Schleuse gelegt werden. Für die Planung dieser Schleuse kann auf die Planungen für die Schleuse der 511-m-Sohle zurückgegriffen werden (DMT, 2018a); eine Umverpackungsanlage ist auf der 490-m-Sohle nicht erforderlich, da die Gebinde nicht über diese Sohle abgefördert werden sollen.

Obwohl die Schwebenbrüche nicht betreten werden können, jedoch trotzdem Arbeiten innerhalb der Beschickungskammer nötig sind, muss die Belegschaft diese Arbeiten sicher ausführen können. Dazu wird eine Bühne an der Firste der 490-m-Sohle angeschlagen (Abbildung 56).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 104 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

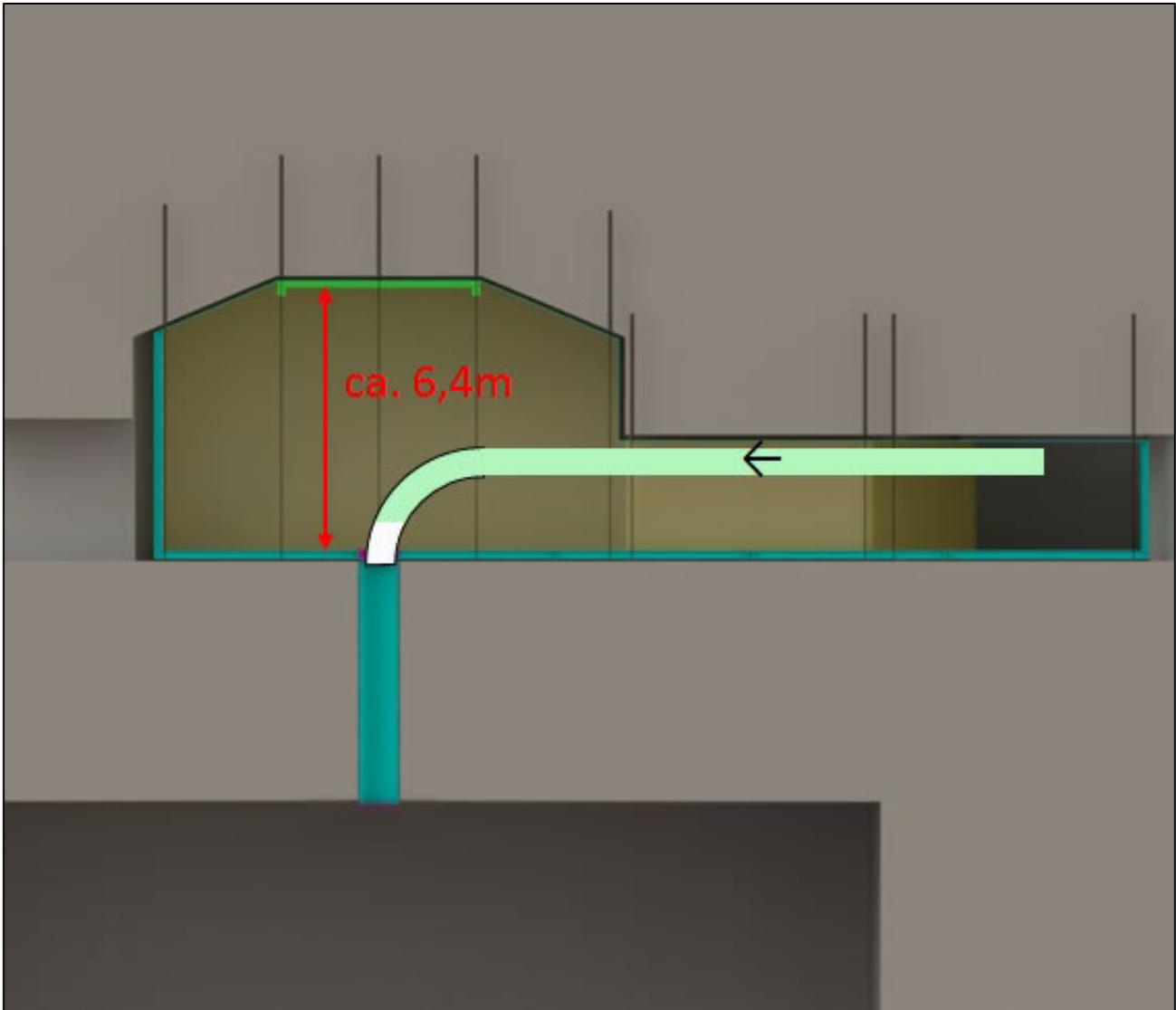


Abbildung 56: Bühnenschleuse mit Einführhilfe

Da während der Montagearbeiten ein Schwebenbruch auftreten kann und die Bühne anschließend in einem möglichen Inneren Arbeitsbereich steht, muss diese Bühne eingehaust sein und über eine Material- und Personenschleuse verfügen, die mit der Schleuse der 490-m-Sohle verbunden ist und in Kombination mit ihrer Funktion Bühnenschleuse genannt wird.

Die Bühnenschleuse wird aus Segmenten zusammengebaut, ohne dass die Sohle der Beschickungskammer beim Aufbau betreten werden kann. Die einzelnen Segmente können an Ankern in der Firse der 490-m-Sohle befestigt und von der Schleuse der 490-m-Sohle bis zur Beschickungsbohrung segmentweise montiert werden. Alternativ können Teile der Bühnenschleuse an einer zuvor fernbedient montierten EHB-Schiene transportiert und verfahren werden, die ebenfalls an Ankern in der Firse befestigt ist. Die Segmente werden dann in umgekehrter Richtung zusammengebaut.

Alternativ sind zum Bau der Bühnenschleuse Stahlträger möglich, die auf festem Gebirge außerhalb des Einwirkungsbereiches eines Schwebenbruches gelagert sind. Diese benötigen eine Länge von ca. 40 m. Dazu müssen sie teilbar gefertigt sein, da solche Längen nicht transportiert werden können.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 105 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Ist während des Baus der Bühnenschleuse nicht sichergestellt, dass die Schwebelose während dessen nicht in die ELK 8a/511 stürzt, werden die Arbeiten zum Vorbau der Bühnenschleuse mit einer zusätzlichen persönlichen Schutzausrüstung der Belegschaft bis hin zum Vollschutz durchgeführt. Aktuelle Erkundungen mit Radar geben derzeit keine Hinweise auf eine Schädigung der Schwebelose. Erneute Erkundungen sind vorgesehen und nötig, um die Standsicherheit der Schwebelose zu ermitteln. Für den Fall, dass die Schwebelose hereinbricht, bevor die ELK 8a/511 versetzt ist, werden die geplanten Arbeiten abgebrochen und die Situation neu bewertet.

Nach der Inbetriebnahme der Schleuse auf der 490-m-Sohle und der Bühnenschleuse sind sichere Bedingungen für die weiteren Arbeiten hergestellt. Da Erkundungsmaßnahmen auch aus der Beschickungskammer geplant sind, sind diese bei nicht standsicherer Schwebelose erst nach Einbau der Bühnenschleuse möglich.

Die Arbeiten zur Herstellung des Versatzkörpers beginnen mit dem Aufbau der Trennschicht. Die Beschickungsbohrung wird zunächst mit einem Rohr geringer Materialstärke ausgekleidet, damit kein Kontakt zur Bohrlochwand die Arbeiten beeinträchtigt. Zur Abdeckung der Gebinde ist ein Schirm (Abbildung 40) vorgesehen, dessen Speichen und Gestell im Rohr der Beschickungsbohrung zusammengesetzt werden. Die am Gestell des Schirms angebrachten Seile werden mit der Plane verbunden, die die Trennschicht bilden soll. Anschließend wird das Gestell in der ELK 8a/511 abgelassen und bis in die Ecken und Stöße positioniert. Speichen und Gestell sind z. B. aus GFK- oder Karbonrohren gefertigt. Um deren Tragfähigkeit zu erhöhen, werden sie mit Beton oder Kunstharz gefüllt.

Die Plane wird getrennt vom Gestell in die ELK 8a/511 eingelassen, da die Beschickungsbohrung einen zu geringen Durchmesser hat, um beide Bauteile gleichzeitig aufzunehmen. Über die fixierten Speichen wird – mit an den Füßen der Speichen befestigten Rollen – die Plane von der Bühnenschleuse eingezogen. Die konfektionierte Plane hat eine Länge von mehr als 12 m und ist länger als die Innenhöhe der Bühnenschleuse (ca. 6,4 m, Abbildung 56). Die Plane wird eng gerollt und zusammengebunden. Ein um 90° gebogenes Rohr mit einem Radius von ca. 5 m dient als Einführhilfe aus der horizontalen Bühnenschleuse in die vertikale Beschickungsbohrung. In der Einlagerungskammer wird die Fixierung gelöst, die Plane ausgebreitet und bis zu den Füßen der Schirmspeichen gezogen. Die Abdeckung ist anschließend eingebracht und überspannt alle Gebinde. Die Form des Bergehohlraums ist durch diesen Schirm vorgezeichnet und kann an die zuvor erkundete Lage der Gebinde angepasst werden.

Die Speichen werden in geeignetem vertikalen Abstand mit horizontal verlaufenden Bändern versehen, die das Planenmaterial stützen. Sollte es trotzdem nötig sein, wird die Plane mit einer Stabilisierungsschicht versehen. Dazu wird auf der Bühnenschleuse ein Verteilermast installiert, wie er auf Baustellen zur Verteilung von Beton an nicht direkt zugänglichen Stellen verwendet wird. An der Spitze des Verteilermastes ist die Verarbeitungseinrichtung für Beton oder eine TSL-Membran (vgl. Kapitel 6.2) angebracht, um die Stabilisierungsschicht auf der Plane ggf. in mehreren Schichten aufzutragen.

Ist die Plane mit der Stabilisierungsschicht ausreichend fest, wird Versatz eingebracht. Dazu wird die Verarbeitungseinrichtung auf dem Verteilermast geändert. Der Versatz wird nicht frei ausgetragen und mit so wenig Flüssigkeit wie möglich angemischt, damit der Bergehohlraum nach Möglichkeit frei von Flüssigkeit ist. Da der Versatz dann wenig fließfähig ist, wird er mit dem Verteilermast aus geringer Höhe gleichmäßig verteilt. Zunächst wird der Planenrand auf der Sohle der Einlagerungskammer mit einer Betonlage fixiert und die Fuge zwischen Sohle der Einlagerungskammer und der Plane abgedichtet. Mit steigendem Versatzpegel muss sich das Versatzmaterial mit der Stabilisierungsschicht und der Plane verbinden, damit die Kraft, die durch den hydrostatischen Druck des Versatzes verursacht wird, auf der großen Planenfläche klein genug bleibt, damit die Plane nicht



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 106 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

zerreißt. Je nach Abbindedauer des Betons wird mit einem täglichen Anstieg des Versatzspiegels von 10 cm/d gerechnet (Zeit: 80 Tage).

Im Falle einer Notfallmaßnahme ist ein dünnflüssiger Beton erforderlich, der eine lange Ansteifphase hat und mit großem Volumenstrom eingebracht werden kann. Dadurch wird der hydrostatische Druck durch den Beton so stark, dass die Plane zerreißen wird, der Beton in den vorgesehenen Bergehohlraum übertritt. Dort fließt er zwischen die Gebinde und füllt die zwischen den Gebinden befindlichen Hohlräume bis zur Sohle aus. Je weiter der Versatz ansteigt, desto geringer wird die Fläche der Plane und damit die Möglichkeit, eine Notfallmaßnahme wie zuvor beschrieben umzusetzen. Darum wird zusätzlich ein von den Gebinden bis in die Beschickungskammer reichendes Rohr in das Zentralgestell des Schirms geführt, bevor der Versatz die Spitze des Schirms erreicht. Dadurch kann Beton unter den teilweise entstandenen oder fertiggestellten Bergehohlraum (vg. Kapitel 9) eingebracht werden.

Nach Erreichen der Spitze des Schirms ist der Bergehohlraum geschlossen. Der Volumenstrom des Betons braucht wegen der Plane nicht mehr gedrosselt und verteilt werden. Der Baustoff kann fließfähiger aber ohne Flüssigkeitsüberschuss angemacht werden. Der Verteilermast ist nicht mehr notwendig, wird ausgebaut und der Beton fortan verstürzt. Steigt der Pegel täglich um 0,5 m, ist die ELK 8a/511 in weiteren 14 Tagen versetzt. Zur optimalen Anbindung an die Firste kann der Beton dort noch fließfähiger angemacht werden. Eine Notfallmaßnahme ist immer noch jederzeit möglich, da das dafür vorgesehene Rohr durch die Beschickungsbohrung auf der 490-m-Sohle endet. Die Phase des Versetzens ist beendet.

Die Anbindung unterscheidet sich nicht nennenswert von der des Grundkonzeptes (DMT, 2018a). Darum werden lediglich die Unterschiede dargestellt. Zunächst wird eine ausreichend lange Speicherstrecke (Abbildung 5) rechtwinklig zur Zugangsstrecke aufgefahren, um dort das Haufwerk aus der Auffahrung der Zugangsstrecke abzuladen. Dieses Haufwerk wird nach der Bergung als Verfüllmaterial genutzt.

Der Grund, gebirgsstützenden Versatz für die Rückholung einzubringen, kann darin liegen, dass die Stöße nicht mehr tragfähig sind (Abbildung 2, Abbildung 5, rot skizziert). Obwohl Versatz eingebracht wurde, kann im Bereich des Durchstoßes nicht davon ausgegangen werden, dass das Gebirge standsicher ist. Darum ist im Bereich der Stöße der Einlagerungskammer mit umfangreicheren Ausbauarbeiten im Vergleich zum Grundkonzept zu rechnen.

Vor dem Durchstoß wird wie beim Grundkonzept die Schleuse für die Bergung errichtet (Abbildung 57).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 107 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

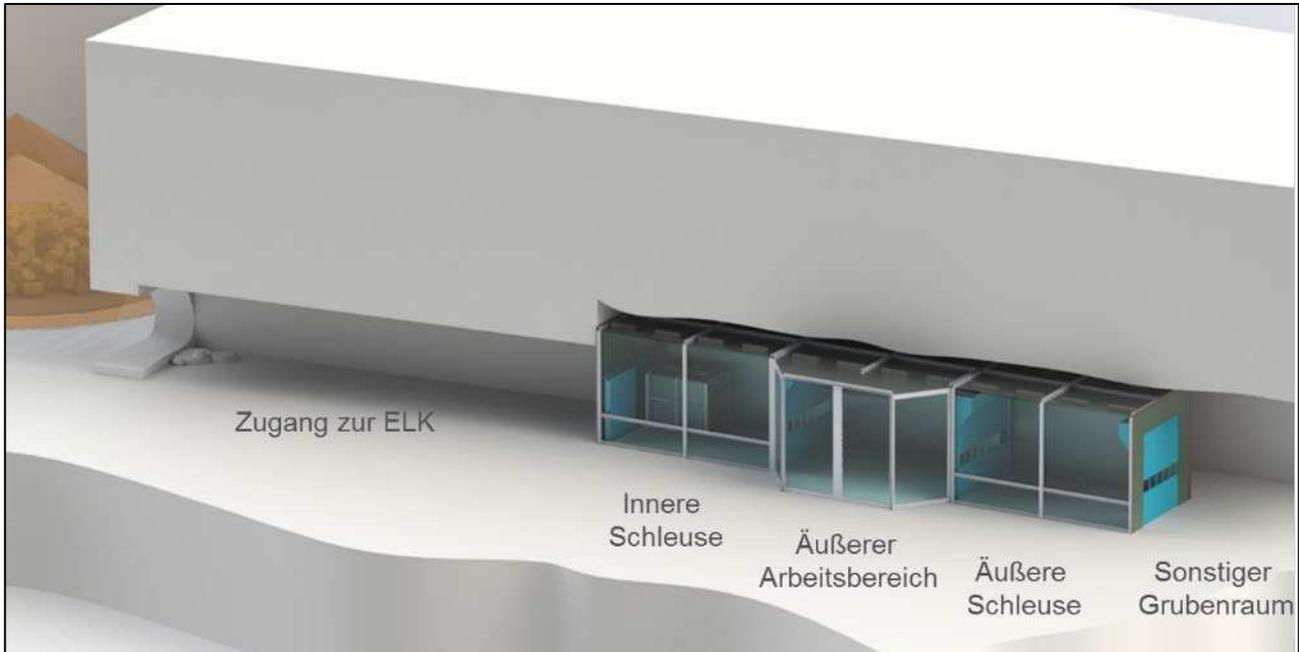


Abbildung 57: Beispielhafter Aufbau einer Doppelschleuse bei einem sohlennahen Zugang in die ELK 8a/511 für die Bergung

Der Durchstoß soll jedoch nicht wie beim Grundkonzept horizontal sohlennah sondern horizontal oberhalb der Sohle der Einlagerungskammer erfolgen, um die Spitze des Gebindekegels zu erreichen (Abbildung 14). Damit verlängert sich die im Versatz liegende Zugangstrecke um ca. 15 m. Als Betriebsmittel für den Vortrieb werden Fräsen und Lader vorgesehen. Das Haufwerk wird in der zuvor im Zuge der Vorrichtung aufgefahrenen Speicherstrecke abgeladen. Da die Speichen des Schirms aus Kunststoff und Beton bestehen, können sie gefräst werden. Mit dem teilweisen Entfernen der Speichen und der Plane ist der Bergehohlraum erreicht, der sich zuerst in der Sohle der Zugangstrecke öffnet. Die Gebinde im Querschnitt der Zugangstrecke werden entfernt. Damit möglichst wenig Versatz beim Fräsen in den Bergehohlraum fällt, wird die Sohle mit einer Stahlplatte abgedeckt und die Auffahrung fortgesetzt. Die Bergeöffnung des in der Sohle der Zugangstrecke geöffneten Bergehohlraums kann vergrößert werden, indem die Sohle vertieft wird, damit die Bergegeräte genügend Beweglichkeit haben. Bei Bedarf kann die Zugangstrecke verbreitert werden. Ist die Bergeöffnung groß genug fährt in der Zugangstrecke ein Flurfahrzeug mit Ausleger und einem Greifer, das die Gebinde einzeln aus dem Bergehohlraum entfernt und auf ein Flurfahrzeug lädt, das zwischen Bergeöffnung und Schleuse pendelt. Sind alle Gebinde unterhalb der Bergeöffnung bis zur Sohle entfernt, wird das Bergegerät umgebaut, um die Gebinde mit einem ca. 12 m langen Ausleger zu greifen und zu heben. Da die Trennschicht bis an die Stöße reicht, können auch verstreut liegende Gebinde ebenfalls innerhalb des Bergehohlraums geborgen werden. Ein separater Vorgang ist nicht nötig.

Es muss nach Einbringen der Trennschicht mit gebirgsmechanischen Methoden (z.B. numerischen Modellen) geprüft werden, ob die Ränder des Versatzkörpers ausreichend tragfähig sind, damit der Versatzkörper standsicher ist. Sollte der Versatzkörper nicht standsicher sein, stehen geeignete Maßnahmen zur Verfügung, die Standsicherheit zu erhöhen (vgl. Kapitel 6.4). Sollte es nötig sein, Beton im Bergehohlraum einzusetzen, kann die als Baustoffleitung für eine Notfallmaßnahme installierte Rohrleitung im Zentrum des Schirms verwendet werden.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 108 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Sind alle radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511 entfernt, wird die Zugangsstreckensicherung errichtet und der Bergehohlraum über die Rohrleitung im Zentrum des Schirms verfüllt.

Im Versatzkonzept sind zahlreiche, bisher nicht in der Form angewendete Materialien und Verfahren vorgesehen. Insbesondere das Zusammenspiel dieser ist auf Konzeptniveau einschätzbar, mit Bestimmtheit aber nicht sicher vorhersagbar. Darum sind Vorversuche zur Gebrauchseigenschaftsprüfung der verwendeten Materialien in Laboren oder auf Prüfständen erforderlich und das Zusammenspiel der einzelnen Verfahren muss im Zuge eines Mock-up auf Anwendbarkeit und Praktikabilität untersucht werden.

10.2 DAS PRÄVENTIVKONZEPT

Beim Versatzkonzept ist ein Versatz zur Stabilisierung des Gebirges der Einlagerungskammer nach bereits eingetretener Gebirgsverformung für die Rückholung zwingend notwendig. Neben dem Versatzkonzept wurde zusätzlich das so genannte Präventivkonzept zur Bergung mit gebirgsstützendem Versatz erarbeitet.

Beim Präventivkonzept ist ein Versatz aus Gründen der Stabilisierung von Firste und Stößen nicht erforderlich. Der Versatz wird präventiv eingebracht, damit z. B. Stabilitätsbeeinträchtigungen weit vorausschauend vorgebeugt wird. Es ist dann nicht davon auszugehen, dass es zu einem Schwebenbruch kommt, der eine großräumige Verbindung zwischen der ELK 8a/511 und der ehemaligen Beschickungskammer 8a/490 verursacht. Eine Verbreitung von radioaktiven Stoffen aus der Einlagerungskammer über die 490-m-Sohle ist somit nicht zu unterstellen.

Diese Konzept ist nur dann anwendbar, wenn die Schweben nachweislich stabil ist. Damit kann die Bühnenschleuse entfallen, die wegen einer instabiler Schweben notwendig war.

Eine stabile Schweben ermöglicht, dass

- die Beschickungsbohrung bei Bedarf aufgeweitet werden kann, um die vorbereitenden Arbeiten zum Versetzen zu erleichtern.
- Zudem kann die Beschickungskammer bei Bedarf höher geschnitten werden, was die Arbeiten zum Einlassen von Material ebenfalls vereinfacht.

Änderung im Vergleich zum Versatzkonzept:

- Damit eine gerichtete Luftströmung sichergestellt ist und eine Kontaminationsverschleppung vermieden wird, ist eine anforderungsgerechte Schleuse nötig, die das Einschleusen von Material und die Versorgung des Arbeitsplatzes ermöglicht und mit geeigneten Lüftern und Filteranlagen ausgerüstet ist. Die Schleuse ist kleiner und weniger komplex als die auf der 490-m-Sohle im Versatzkonzept und die auf der 511-m-Sohle erforderliche. Die Schleuse wird am Eingang der Beschickungskammer platziert (Abbildung 58). Eine solche Anordnung der Schleuse ist möglich, wenn – wie beim Präventivkonzept vorgesehen – z.B. keine Zugänge in die ELK 8a/511 von außerhalb der Beschickungskammer hergestellt werden sollen.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 109 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

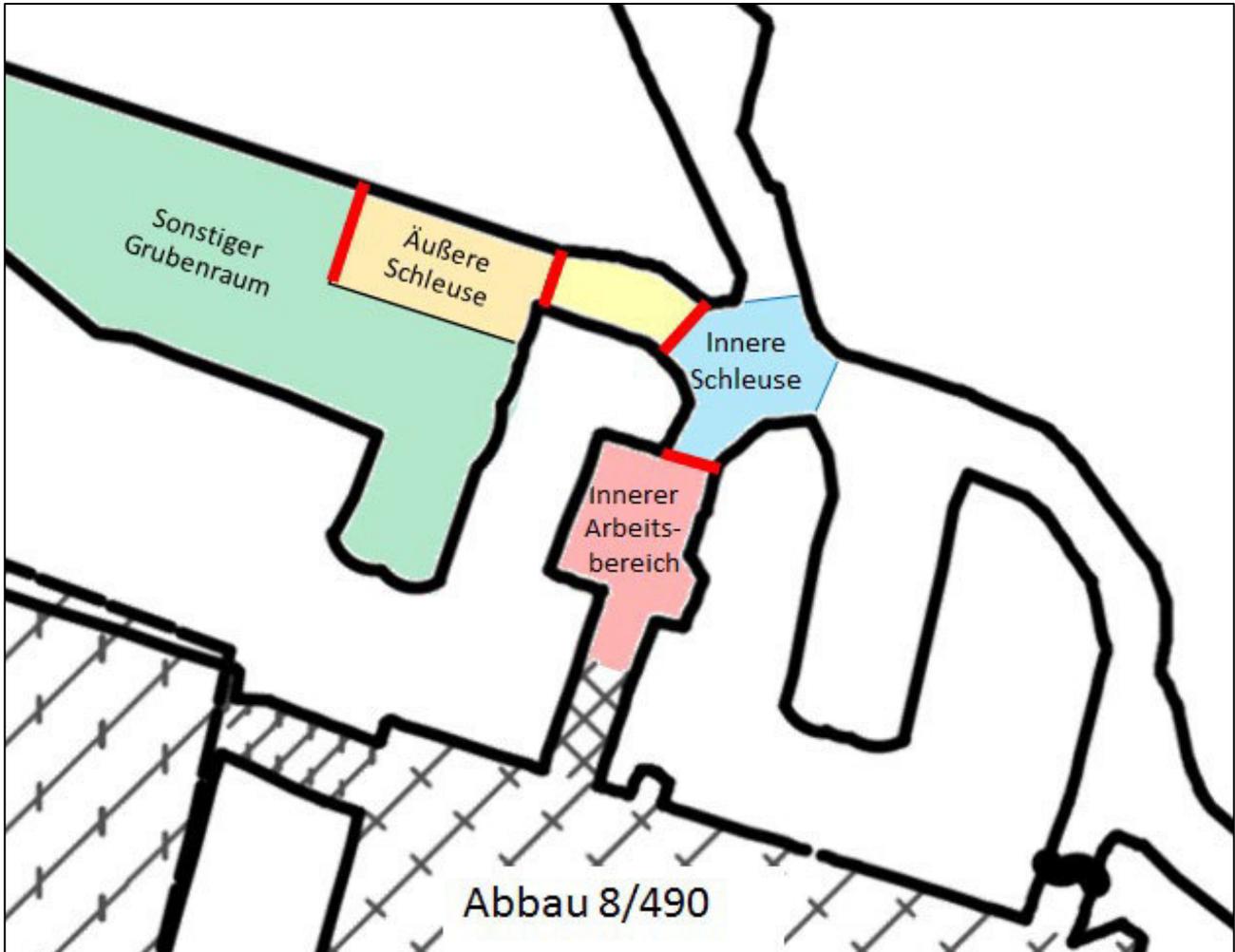


Abbildung 58: Schleuse auf der 490-m-Sohle beim Präventivkonzept

Die Gebinde müssen wie beim Versatzkonzept abgedeckt werden. Darum besteht im Vergleich zum Versatzkonzept kein Unterschied bei der Herstellung von Trenn- und Stabilisierungsschicht. Es entsteht auch keine Änderung in der Abfolge der Arbeiten und dem Aufwand z. B. zur Herstellung des Versatzkörpers.

Für die Bergung ist es ohne Belang, aus welchem Grund und auf welche Weise der Versatzkörper und der Bergehohlraum entstanden sind. Darum sind auch die Abfolge der Arbeiten und die Anforderungen an die Betriebsmittel für die Bergung gleich.

Ein Vergleich zwischen Grundkonzept und Präventivkonzept ermöglicht eine Beurteilung des Mehraufwandes, um die ELK 8a/511 vorsorglich zu versetzen.

Obwohl das Präventivkonzept über weniger Elemente als das Versatzkonzept verfügt, sind die Abdeckung, der Bau des Versatzkörpers und die Bergung vergleichbar. Darum müssen wie beim Versatzkonzept die dafür verwendeten Materialien und insbesondere Abläufe zuvor geprüft werden. Darum ist auch beim Präventivkonzept eine Prüfung der Gebrauchseigenschaften der Materialien und ein Mock-up unerlässlich.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 110 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

11 SCHLEUSEN

Die Schleusen grenzen den Bereich vom restlichen Grubengebäude ab, in dem sich die radioaktiven Abfälle befinden. Dabei wird im Folgenden der Bereich, in dem die eigentlichen Tätigkeiten zur Vorbereitung der Rückholung bzw. deren Durchführung stattfinden, als Innerer Arbeitsbereich (IA) bezeichnet. Dieser wird durch die Schleusen vom restlichen Grubengebäude (dem Sonstigen Grubenraum) abgetrennt.

Die Schleusen bestehen aus zwei Schleusenbauwerken – der Inneren Schleuse (IS) und der Äußeren Schleuse (ÄS). Zwischen der Inneren Schleuse und der Äußeren Schleuse befindet sich der Äußere Arbeitsbereich (ÄA). Dieser dient der räumlichen Trennung zwischen der Inneren Schleuse und der Äußeren Schleuse.

11.1 GRUNDSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN AN DIE SCHLEUSE FÜR DIE RÜCKHOLUNG

An die Schleusen werden verschiedene Anforderungen gestellt. Diese sind nachfolgend dargestellt:

- Die Schleusen sollen verschiedene Strahlenschutzbereiche technisch voneinander abgrenzen. Dabei müssen sowohl Sperrbereiche von Kontrollbereichen als auch von Überwachungsbereichen über eine räumlichen Abtrennung abgegrenzt werden. Es muss sichergestellt sein, dass Maschinen und Geräte, Umverpackungen und die umverpackten radioaktiven Abfälle im erforderlichen Maß gehandhabt und gefördert werden können, Personen alle Bereiche betreten und verlassen können und eine ausreichende Energie- ums Medienversorgung ermöglicht ist.
- Die Schleusen bieten einen physischen Schutz des Inneren Arbeitsbereiches wie bspw. dem Schutz gegen einen Zutritt durch unbefugte Personen.
- Die Schleusen ermöglichen eine lüftungstechnische Trennung der verschiedenen Bereiche. Es werden Räume mit unterschiedlichen Niveaus der Dosisleistung voneinander abgetrennt. Die Auswirkungen von Ereignissen bleiben durch die Abtrennung auf einen möglichst kleinen Bereich begrenzt. Außerdem wird durch die technische Auslegung der Schleusen (z. B. Dichtheit, Stabilität) vermeiden, dass z. B. durch einen Störfall freigesetzte radioaktive Stoffe zu großräumigen Kontaminationen führen.
- Die Schleusen sind geeignet, die Verschleppung von Kontaminationen aus der Einlagekammer in die anderen Bereiche des Grubengebäudes zu vermeiden.

Um die vorgenannten Anforderungen zu erfüllen, müssen die Schleusen über folgende Funktionen verfügen:

- *Technische Abgrenzung in Form einer Barriere zwischen den Arbeitsbereichen und Sonstigem Grubenraum*
Die Schleuse ist so ausgelegt, dass die verschiedenen Tätigkeitsbereiche, die für die Bergung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511 erforderlich sind, räumlich voneinander getrennt sind. Diese räumliche Trennung in Verbindung mit entsprechenden Maßnahmen wie beispielweise eine Dekontamination verhindert, dass an Partikel gebundene Kontaminationen von einem Bereich in den nächsten verschleppt werden. Auf diese Weise wird ausge-



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 111 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

hend von der Einlagerungskammer mit einem sehr hohem Kontaminationsniveau eine Staffelung des Kontaminationsniveaus hin zu einer Kontaminationsfreiheit im Sonstigen Grubenraum erreicht. Technisch wird diese räumliche Trennung durch eine feste Barriere mit einer entsprechenden mechanischen Stabilität wie beispielweise durch Wände aus Blechen realisiert. Die Oberflächen sind z.B. durch entsprechende Beschichtungen so behandelt, dass eine leichte Dekontaminierbarkeit gegeben ist.

- **Physischer Schutz gegen unbefugtes Betreten**

Die Schleusen erfüllen auch die Funktion der Zutrittssicherung. Die verschiedenen räumlichen Bereiche, in denen die Rückholung stattfindet, sind aus Gründen des Arbeitsschutzes (z. B. Einrichtung eines Sperrbereiches, Tätigkeiten mit Absturzgefahr) nur befugten Personengruppen zugänglich. Auch die generellen Vorgaben der Anlagensicherung erfordern es, dass der Zugang in die ELK 8a/511 über die Schleusen für unbefugte Personen wirksam verhindert wird. Dies betrifft sowohl die administrativen Regelungen als auch die technische Auslegung der Schleusen.

- **Lufttechnischer Abschluss zwischen der ELK 8a/511 und dem Sonstigen Grubenraum**

Die Schleusen sind so konstruiert, dass immer eine gerichtete Luftströmung vom Sonstigen Grubenraum durch die Schleusen in die Einlagerungskammer sichergestellt ist. Ein Übertritt der Atmosphäre aus der ELK 8a/511 in die Schleusen wird durch die Auslegung der Bewetterungsanlage der Einlagerungskammer verhindert. Diese sorgt durch eine entsprechende saugende Bewetterung der Einlagerungskammer für die Aufrechterhaltung einer gerichteten Luftströmung von den Schleusen in diese. Auch für den Fall, dass ein Schleusentor geöffnet ist, ist eine gerichtete Luftströmung in Richtung der Einlagerungskammer sichergestellt.

- **Dichtheit der Schleusen**

Zur Vermeidung von Wetterkurzschlüssen und zur Minimierung von Leckageströmungen sind die Schleusen entsprechend abgedichtet. Die Wände, Böden und Decken sowie die Durchführungen für die Medienversorgung der Schleuse sind so ausgeführt, dass die Gaswegigkeiten zwischen den einzelnen Räumen der Schleusen minimiert sind. Die Zugänge zur sowie innerhalb der Schleuse sind mit Dichtungen ausgestattet, die nur sehr geringe Leckraten aufweisen. Insgesamt wird durch die technische Auslegung der Schleuse sichergestellt, dass diese nur geringe Leckraten aufweist.

- **Durchführung der Medienversorgung**

Durch die Schleuse sind verschiedene Versorgungsleitungen durchgeführt. Hierzu gehören neben der elektrischen Energieversorgung auch weitere Medienleitungen wie Lutten für eine Bewetterung, Druckluftleitungen, Hydraulikleitungen und Kühlmittelleitungen. Diese werden so verlegt, dass die Betriebssicherheit jederzeit gewährleistet ist und die Schleusung von Materialien, Geräten, Maschinen und Personen nicht behindert wird. Die Durchführungen der Leitungen sind so konstruiert, dass die wetter- und lüftungstechnische Abgrenzung der verschiedenen Räume untereinander gewährleistet ist. Weiterhin sind bei der Ausführung der Leitungsdurchführungen brandschutztechnische Aspekte zu beachten.

- **Schleusung von Material, Großkomponenten und Personen**

Die Durchgänge und Durchfahrten zwischen der ELK 8a/511 und dem Sonstigen Grubenraum sowie zwischen den einzelnen Bereichen der Schleuse sind so ausgelegt, dass die benötigten Fahrzeuge und Geräte hindurchgeschleust werden können. Dabei muss sichergestellt sein, dass die räumliche Ausdehnung jedes Schleusenbereiches das Gerät so aufnehmen kann, dass die Türen zu den übrigen Bereichen der Schleusen gleichzeitig geschlossen sein können. In der Praxis haben sich hierbei beispielsweise Rolltore bewährt. Die Schleusung von Personen und Geräten erfolgt über denselben Weg, da der Einsatz von



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 112 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Personen in der ELK 8a/511 nur in seltenen Ausnahmefällen erwartet wird, weil die Geräte und Fahrzeuge so konstruiert sind, dass diese im Betrieb fernbedient oder automatisiert gefahren werden können. Auch die Schleusung der beladenen Umverpackungen erfolgt grundsätzlich automatisiert bzw. fernbedient.

- *Kontaminationsfreie Verpackung von Gebinden und Schüttgütern in einer Doppeldeckelschleuse*

Die geborgenen radioaktiven Abfälle werden in der Einlagerungskammer in Innenbehälter eingestellt. Die befüllten Innenbehälter werden mit Hilfe eines Transportmittels (z. B. Gabelstapler bei söhligem Zugang oder Kran beim Zugang von der Firste (vgl. Kapitel 3) bis vor die Innere Schleuse gebracht und dort direkt in die zuvor bereitgestellte leere Umverpackung eingestellt. Im Anschluss wird die Umverpackung fernbedient oder automatisiert verschlossen. Über ein Doppeldeckelsystem wird vermieden, dass die Außenseiten der Umverpackung einschließlich des Deckels Kontakt mit dem Innenbehälter, den geladenen Abfällen oder der Atmosphäre der Einlagerungskammer haben. Somit wird sichergestellt, dass die Außenseite der Umverpackung kontaminationsfrei bleibt. Im Zuge der Schleusung werden verschiedene Daten der beladenen Umverpackung erfasst. Hierzu gehören unter anderem die Identifikation, Dosisleistung, Kontamination und das Gewicht. Die Daten werden entsprechend dokumentiert

- *Bereitstellung eines Bereichs für Instandhaltungs- und Dekontaminationsarbeiten sowie Messtätigkeiten*

Unter bestimmten Umständen kann es erforderlich sein, dass Dekontaminations- und Wartungsarbeiten an Maschinen und Geräten erforderlich sind, die innerhalb der Einlagerungskammer eingesetzt worden sind. Aus Arbeitsschutzgründen (z. B. aufgrund von strahlenschutztechnischen und bergrechtlichen Aspekten) sollen diese Tätigkeiten nicht in der Einlagerungskammer, durchgeführt werden. Da diese Tätigkeiten jedoch in einem Strahlenschutzbereich durchgeführt werden müssen, besteht die Möglichkeit, diese Tätigkeiten in der Inneren bzw. Äußeren Schleuse oder auch zwischen diesen im Äußeren Arbeitsbereich in einem jeweils ausreichend großen Raum durchzuführen. Zur schnellen Beurteilung des Dekontaminationserfolges sind auch Messplätze für Kontaminationsmessungen (z. B. Wischteste) erforderlich. Diese werden in der Schleuse eingerichtet.

11.2 AUFBAU DER SCHLEUSEN

Auf Basis der in Kapitel 11.1 dargestellten Anforderungen an die Schleusen resultiert ein Grundaufbau der Schleusen. Die grundsätzliche Anordnung des Schleusensystems ist in der Abbildung 57 dargestellt. Gezeigt ist der räumliche Aufbau eines Schleusensystems in einer Kammerzugangsstrecke zur ELK 8a/511, bestehend aus der Inneren Schleuse, der Äußeren Schleuse und dem Äußeren Arbeitsbereich. Die im Folgenden dargestellten Schleusen wurden für das Grundkonzept (DMT, 2018a) entwickelt, können aber für das Versatz- und Präventivkonzept übernommen werden.

Im weiteren werden die Funktionen der verschiedenen Bereiche Innere Schleuse, Äußerer Arbeitsbereich sowie Äußere Schleuse erläutert. In der Abbildung 59 ist die Innere Schleuse hervorgehoben.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 113 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

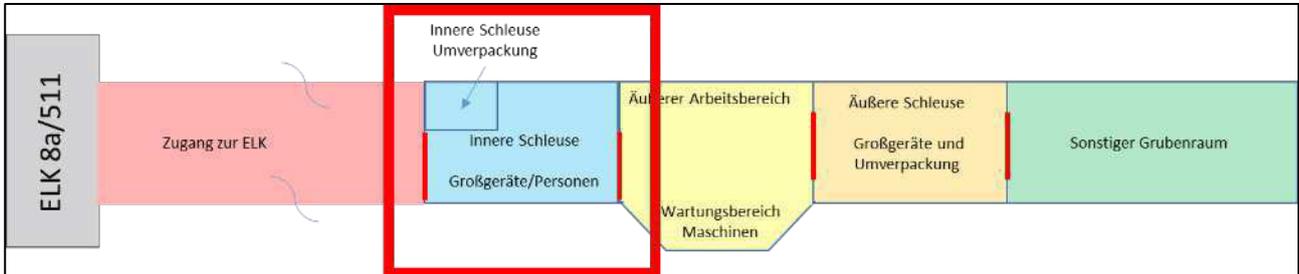


Abbildung 59: Schematische Darstellung der Inneren Schleuse (roter Rahmen)

In der Inneren Schleuse werden die aus der Einlagerungskammer geborgenen Abfälle kontaminationsfrei verpackt, in dem sie in eine geeignete Umverpackung eingestellt werden. Diese Umverpackung wird so befüllt und verschlossen, dass eine Kontamination der Außenseite der Umverpackung vermieden wird. Dies erfolgt unter Nutzung einer Doppeldeckelschleuse. Die Daten der beladenen Umverpackung werden erfasst, hierzu gehören die Behälteridentifikation, Dosisleistung, Behälterinhalt und Gewicht. Neben beladenen Umverpackungen erfolgt in der Inneren Schleuse auch die Schleusung von Material, Großkomponenten wie Geräten und Maschinen und in Ausnahmefällen auch von Personen (beispielsweise für Interventionen). Darüber hinaus können in der Inneren Schleuse auch Dekontaminationsarbeiten stattfinden. Dekontaminationsarbeiten können beispielsweise erforderlich werden, wenn Maschinen und Geräte für Wartungs- und/oder Reparaturzwecke aus der Einlagerungskammer gebracht werden müssen.

Direkt an die Innere Schleuse grenzt der Äußere Arbeitsbereich (siehe Abbildung 60).

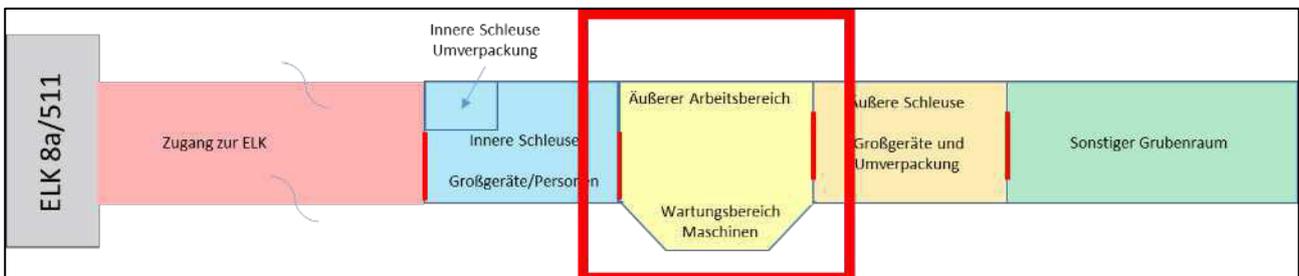


Abbildung 60: Schematische Darstellung des Äußeren Arbeitsbereiches (rote Markierung)

Der Äußere Arbeitsbereich bildet die Verbindung zwischen der Inneren und der Äußeren Schleuse. Der Äußere Arbeitsbereich ist so gestaltet, dass ein Bereich für Wartungsarbeiten zur Verfügung steht. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Geräte und Anlagen aufzustellen und eine geringe Anzahl von Umverpackungen (befüllte und leere) pufferzulagern. Die Größe des Äußeren Arbeitsbereichs wird so gewählt, dass für alle vorgenannten Funktionen ausreichende Flächen zur Verfügung stehen. Der Äußere Arbeitsbereich grenzt direkt an die Äußere Schleuse, die die letzte Barriere zum Sonstigen Grubenraum darstellt. Eine schematische Darstellung der Lage der Äußeren Schleuse zeigt Abbildung 61.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		B2951867			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

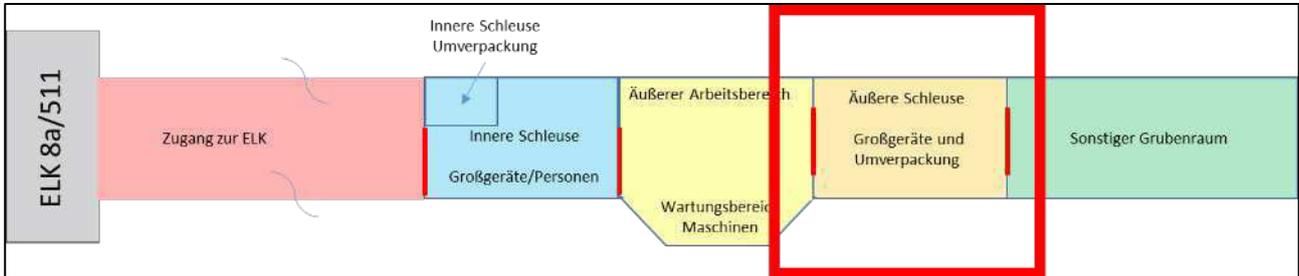


Abbildung 61: Schematische Darstellung der Lage der Äußeren Schleuse (rote Markierung)

Während die Innere Schleuse den lüftungstechnischen Abschluss zwischen der Schleuse und der Einlagerungskammer darstellt, bildet die Äußere Schleuse den lüftungstechnischen Abschluss zwischen der Schleuse und dem Sonstigen Grubenraum. Durch die Äußere Schleuse werden Materialien wie leere Umverpackungen, Geräte und Maschinen sowie Personen in den Äußeren Arbeitsbereich und beladene Umverpackungen sowie Geräte, Maschine und Materialien aus dem Äußeren Arbeitsbereich in den Sonstigen Grubenraum geschleust. Dabei finden beweissichernde Kontaminationskontrollen an allen Gegenständen und Personen, die in den Sonstigen Grubenraum geschleust werden, statt. Erforderliche Dekontaminationsarbeiten werden innerhalb der Äußeren Schleuse in den entsprechenden Einrichtungen durchgeführt.

Die Abmessungen der Schleusen sind abhängig von den in der ELK 8a/511 verwendeten Geräten. Diese müssen ggf. zu Wartungs- und Reparaturzwecken aus der Einlagerungskammer in das Schleusensystem überführt werden. Auch die Abmessungen des Äußeren Arbeitsbereiches orientieren sich an den betrieblichen Anforderungen für die Wartung bzw. die Reparatur der Geräte und Maschinen. Detaillierte Abmessungen der Schleusen und des Äußeren Arbeitsbereiches werden im Rahmen der weiteren Planungen für die Rückholung festgelegt.

11.3 AUSFÜHRUNG DER SCHLEUSEN

Anders als bei den bisher betrachteten Rückholkonzepten (Grundkonzept und Alternativkonzept, (DMT, 2018a)) sind bei einer Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz zwei Systeme von Schleusen erforderlich. Das eine befindet sich auf der 490-m-Sohle und dient zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe im Zuge des Einbringens des Versatzes. Das zweite wird während des Bergeprozesses eingesetzt und ist mit einer Umverpackungsanlage für die zu bergenden Gebinde bestückt.

Die Schleusen sind so ausgelegt, dass die für das Versetzen der Einlagerungskammer benötigten Geräte, Maschinen und Materialien durch die Schleusen transportiert und in der Bühnenschleuse gehandhabt werden können. In Abhängigkeit vom verwendeten Konzept für den Versatz der Einlagerungskammer werden die Schleusen für den Materialtransport und die -handhabung ausgelegt. Weiterhin ist die Bühnenschleuse so ausgelegt, dass in dieser auch dauerhaft Personen tätig werden können.

11.3.1 Schleusen für die Tätigkeiten zur Einbringung des Versatzes

Während der Tätigkeiten auf der 490-m-Sohle kann, wie im Kapitel 2 beschrieben, nicht ausgeschlossen werden, dass es zu einem Schwebenbruch kommt. Dabei wird unter konservativen Annahmen nicht nur die Schwebelast auf die Gebinde stürzen, sondern es werden auch die Randbereiche des umliegenden Gebirges zumindest teilweise geschädigt. Dieser geschädigte Bereich ist in der Abbildung 2 als Schnitt durch die ELK 8a/511 und die 490-m-Sohle rot schraffiert dargestellt.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 115 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

In diesem Fall erhält auch der Bereich oberhalb der Einlagerungskammer – die ehemalige Beschickungskammer sowie die umliegenden Grubenräume – direkten Kontakt zur ELK 8a/511 und bilden mit dieser einen zusammenhängenden Hohlraum (vgl. Kapitel 2 und Abbildung 3). Zur Verdeutlichung der Abmessungen des betroffenen Bereiches auf der 490-m-Sohle ist in der Abbildung 62 der Grundriss der ehemaligen Beschickungskammer 8a/490, die Projektion des Grundrisses der ELK 8a/511 auf die 490-m-Sohle und Einwirkungsbereich des Schwebenbruches auf der 490-m-Sohle erneut dargestellt.

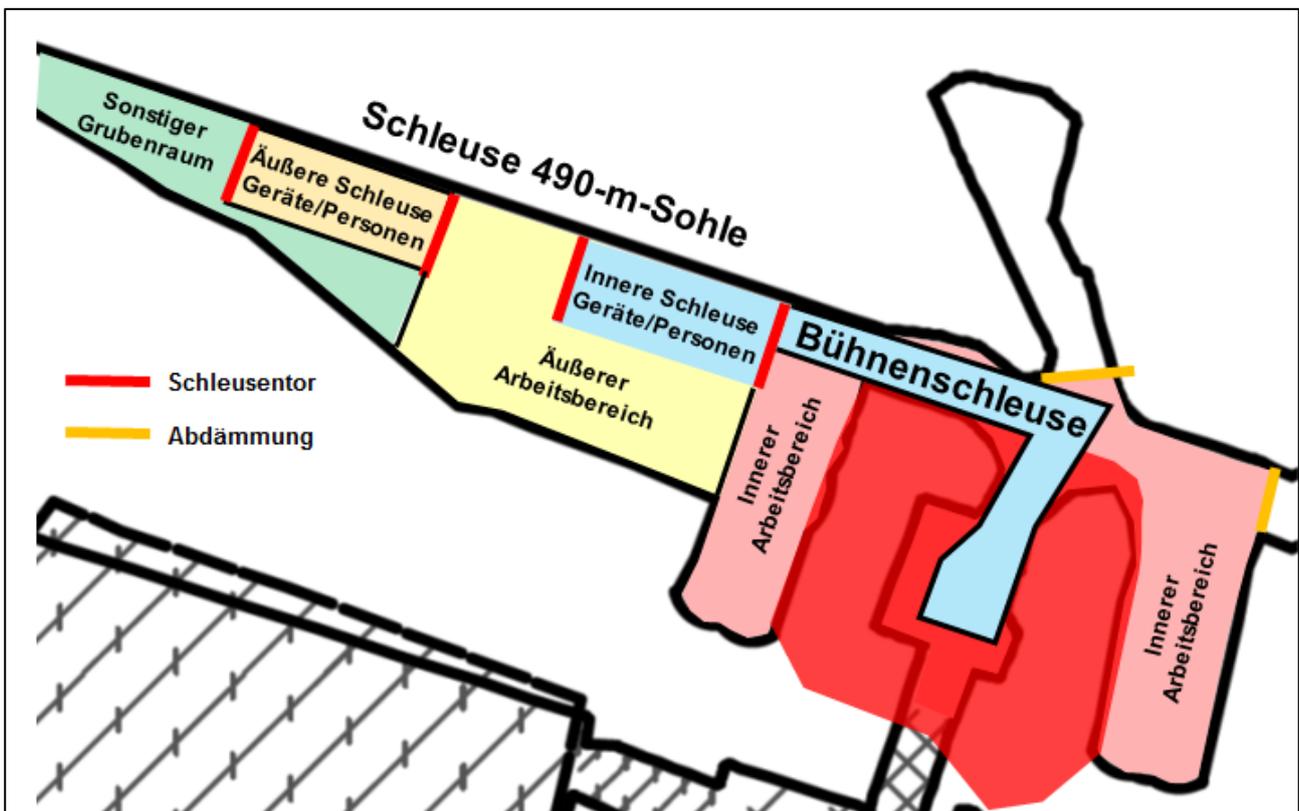


Abbildung 62: Beschickungskammer, möglicher Einwirkungsbereich eines Schwebenbruches (rote Markierung), Schleuse 490-m-Sohle, Bühnenschleuse

Dabei wird deutlich, dass unter der gezeigten konservativen Annahme mit dem Bruch des Gebirges ein sehr großer Hohlraum entsteht, der neben den bereits beschriebenen Bereichen weitere Grubenräume wie beispielsweise die (ehemalige) Kfz-Werkstatt und den Zugangsbereich zur E-Werkstatt umfasst (vgl. Abbildung 3). Somit gelangen einerseits radioaktive Stoffe aus der ELK 8a/511 in die jetzt mit der ELK 8a/511 verbundenen Bereiche und andererseits ist der Bereich um die ELK 8a/511 der Direktstrahlung aus den eingelagerten Gebinden ausgesetzt.

Eine mögliche räumliche Abtrennung ist in Abbildung 62 gezeigt. Dabei sind die Schleusen so angeordnet, dass diese außerhalb des möglichen Einwirkungsbereiches eines Schwebenbruches platziert sind. Auf diese Weise wird erreicht, dass im Falle eines Schwebenbruches die Schleuse nicht beschädigt wird und in Folge dessen keine radioaktiven Stoffe in den Sonstigen Grubenraum gelangen. Andere Bereiche des Grubengebäudes werden abgedämmt (gelbe Markierungen), um den Inneren Arbeitsbereich zu minimieren.

Technisch werden die Schleusen auf der 490-m-Sohle so ausgelegt, dass ein Austritt von radioaktiven Stoffen aus diesem Bereich in das restliche Grubengebäude und damit auch in die Umgebung



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 116 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

der Schachtanlage Asse II vermieden wird. Diese Anforderung gilt insbesondere für den Fall des Schwebenbruches, da in dieser Situation das Aktivitätsinventar der ELK 8a/511 direkten Kontakt zur 490-m-Sohle hat. Für diesen Fall sind besondere Anforderungen an die Dichtheit der Schleusen zu stellen. Mögliche Abdämmungen, die erforderlich sind, um die einzelnen Bereiche auf der 490-m-Sohle voneinander abzugrenzen, werden in diesem Bericht auch als Bestandteil der Schleusen gewertet, da die Anforderungen an die Robustheit gegenüber dem Ereignis „Schwebenbruch“ identisch sind.

Tätigkeiten oberhalb des möglichen Einwirkungsbereiches eines Schwebenbruches werden höchstvorsorglich unter Ergreifung zusätzlicher Schutzmaßnahmen durchgeführt. Diese Maßnahmen bestehen darin, dass für Tätigkeiten in diesem Bereich die so genannte Bühnenschleuse eingerichtet wird. Diese ermöglicht die Durchführung von Tätigkeiten in der ehemaligen Beschickungskammer auch für den Fall, dass die Schwebelast zur ELK 8a/511 ganz oder teilweise durchgebrochen ist. Diese Bühnenschleuse schützt das in ihr tätige Personal sowohl vor an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden als auch vor möglicher Direktstrahlung der Gebinde in der ELK 8a/511 (Abbildung 63).

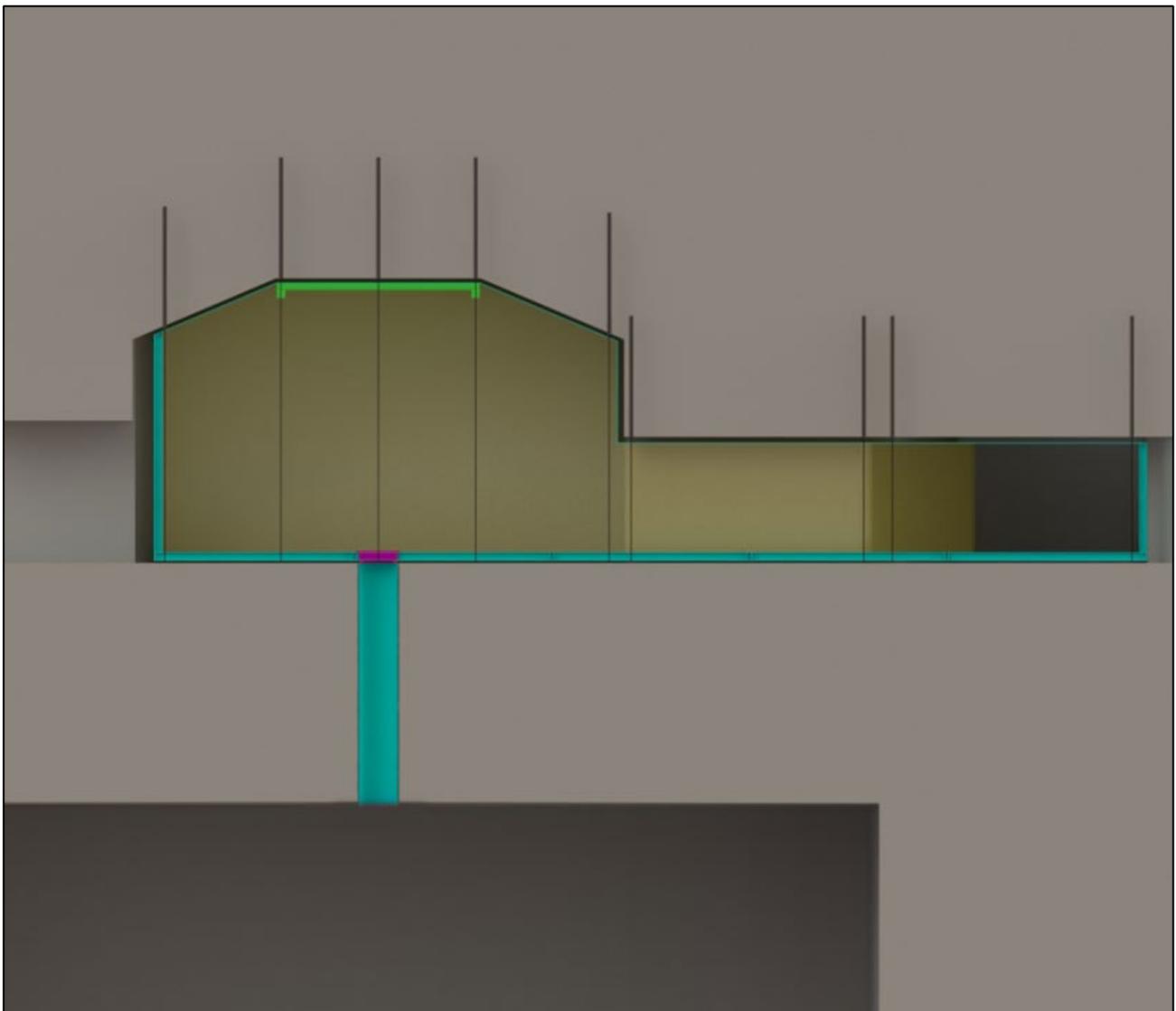


Abbildung 63: Bühnenschleuse in einer Schnittdarstellung



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 117 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

Technisch wird die Bühnenschleuse so ausgeführt, dass sie dem Personal auch im Fall des Schwebenbruches einen sicheren Arbeitsort bietet. Daher wird die Bühnenschleuse so ausgelegt, dass

- die Bühnenschleuse in Bezug auf ihre Statik auch ohne eine unterstützende Wirkung der Schweben sowie des im Einwirkungsbereich eines Schwebenbruches liegenden Gebirgsbereiches so stabil ist, dass das in ihr tätige Personal geschützt ist,
- radioaktive Stoffe, die im Fall des Schwebenbruches freigesetzt werden, nicht in Bereich der Bühnenschleuse gelangen, in denen Personen tätig werden. Hierfür wird eine gerichtete Luftströmung von der Bühnenschleuse in die Einlagerungskammer sichergestellt. Der Schutz vor Direktstrahlung wurde nicht gesondert betrachtet, da im Fall des Schwebenbruchs das Versturzmateriale für eine ausreichende Abschirmung sorgt.
- Tätigkeiten zur Vorbereitung des Versetzens der Einlagerungskammer bei nicht intakter Schweben durchgeführt werden können.

Zusätzlich sind auch Tätigkeiten außerhalb der Bühnenschleuse erforderlich. Diese beinhalten beispielsweise vorbereitenden Tätigkeiten zum Versetzen der ELK 8a/511 wie die Erstellung von Bohrungen in die Ecken der ELK 8a/511, um durch diese Seile für die in Kapitel 6.1.5 beschriebene Montage der Abdeckung des Gebindekegels einbringen zu können. Da diese Bohrungen eine direkte Verbindung zwischen der Einlagerungskammer und der 490-m-Sohle herstellen, werden diese Bohrungen aus dem Inneren Arbeitsbereich erstellt. Auf diese Weise können Kontaminationsverschleppungen in den Sonstigen Grubenraum aufgrund der Bohrtätigkeiten und der sonstigen Tätigkeiten vermeiden werden. Diese Tätigkeiten erfolgen zwar außerhalb der Bühnenschleuse, aber auch außerhalb des direkten Einwirkungsbereichs eines möglichen Schwebenbruches. Zudem dauern diese Tätigkeiten nur vergleichsweise kurz (wenige Tage bis Wochen) an, so dass der Schutz von Personal und Maschinen vor den Auswirkungen eines Schwebenbruches auch durch andere technische Maßnahmen wie der Verankerung der eingesetzten Maschinen und Geräte im standsicheren Gebirge sowie der Nutzung von persönlicher Schutzausrüstung (Atemschutz, Kontaminatonschutz, Gurtsicherung gegen Absturz) sichergestellt werden kann.

11.3.2 Schleusen für die Bergung der radioaktiven Abfälle

Die Bergung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511 erfolgt nach der Einbringung des stützenden Versatzes mit einem horizontalen Zugang zum Bergehohlraum. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch im Zuge der Bergung der Abfälle Kontaminationen freigesetzt werden, wenn beispielsweise der stützende Versatz um die Gebinde herum entfernt wird und es dabei zu einer Beschädigung von Gebinden kommt bzw. beschädigte Gebinde angetroffen werden. Somit ist für Tätigkeiten in der ELK 8a/511 zu unterstellen, dass im gesamten Tätigkeitsbereich innerhalb des Bergehohlraumes Kontaminationen auftreten können. Zur Vermeidung der Verschleppung von Kontaminationen aus diesem Bereich in das restliche Grubengebäude wird für die ELK 8a/511 ein entsprechendes Schleusensystem erforderlich. Dieses trennt den Inneren Arbeitsbereich vom Sonstigem Grubenraum räumlich und lüftungstechnisch ab.

Zusätzlich werden in dieser Schleuse die geborgenen Abfälle, bei denen es sich um intakte, deformierte und auch beschädigte Gebinde sowie loses Material (z. B. Gebindebruchstücke, aus den Gebinden ausgetretene Abfälle, Versatzmaterial) handeln kann, innerhalb der Schleusen so in geeignete Umverpackungen eingestellt, dass die Abfälle sowie an diesen anhaftende Kontaminationen



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 118 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

aus der Umverpackung nicht in die Umgebung gelangen können. Die Umverpackungen und deren Verwendung sind im 3. Teilbericht (DMT, 2018a) detailliert beschrieben.

11.4 GESTALTUNGSMÖGLICHKEITEN BEI DER KONZEPTION DER SCHLEUSEN

11.4.1 Bergung mit horizontalem Zugang

Die Bergung der radioaktiven Abfälle erfolgt vorzugsweise über einen seitlichen Zugang. In diesem Fall sind zwei Schleusen erforderlich. Die Schleuse für die Einbringung des Versatzes auf der 490-m-Sohle und die Schleuse für die Bergung der radioaktiven Abfälle, die etwa im Niveau der 511-m-Sohle positioniert ist. Die Schleuse auf der 490-m-Sohle wird nur für den Prozess des Versetzens der ELK 8a/511 benötigt und kann nach dessen Beendigung wieder zurückgebaut werden. Die Schleuse für die Bergung der radioaktiven Abfälle braucht hingegen erst eingerichtet werden, wenn die ELK 8a/511 vollständig versetzt ist. Ein zeitgleicher Betrieb der beiden Schleusen ist nicht erforderlich. Ob die Schleuse auf der 490-m-Sohle rechtzeitig zurückgebaut und dekontaminiert ist, um auf der 511-m-Sohle verwendet werden zu können, hängt entscheidend von der Kontaminierung ab und ist heute nicht zu beantworten. Darum wird die Anschaffung einer 2. Schleuse für die 511-m-Sohle vorgesehen.

11.4.2 Bergung mit vertikalem Zugang

Neben der Bergung der radioaktiven Abfälle über einen seitlichen Zugang (siehe Kapitel 3.4) können die radioaktiven Abfälle auch aus einem Zugang in der Firste der ELK 8a/511 (siehe Kapitel 3.2) geborgen werden. In dem Fall werden die geborgenen Abfälle über die ehemalige Beschickungskammer zur Inneren Schleuse auf der 490-m-Sohle transportiert. Eine Nutzung der Bühnenschleuse ist nicht erforderlich, da die Schwebelast zwischen der ehemaligen Beschickungskammer und der ELK 8a/511 durch das Versetzen nicht mehr brechen kann und somit tragfähig ist.

11.4.3 Gemeinsame Nutzung der Äußeren Schleuse

Die Position der Äußeren Schleuse kann alternativ verändert werden. Eine Positionierung auf der 490-m-Sohle in der Nähe der Inneren Schleuse ist nicht zwingend erforderlich. Zusätzlich besteht auch die Möglichkeit, den Äußeren Arbeitsbereich so zu gestalten, dass nur eine Äußere Schleuse sowohl für vorbereitenden Tätigkeiten auf der 490-m-Sohle als auch für die Tätigkeiten für das Bergen zu nutzen. In diesem Fall muss nur eine Äußere Schleuse eingerichtet werden. Dieses Konzept ist schematisch in Abbildung 64 gezeigt. Die Äußere Schleuse muss dann jedoch so konstruiert sein, dass sowohl die für die Vorbereitung der Versattätigkeiten von der 490-m-Sohle benötigte Ausrüstung als auch die für die Bergung der radioaktiven Abfälle notwendigen Geräte und Maschinen sowie die umverpackten radioaktiven Abfälle durch eine Äußere Schleuse transportiert und auch dort entsprechend behandelt werden können.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 119 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

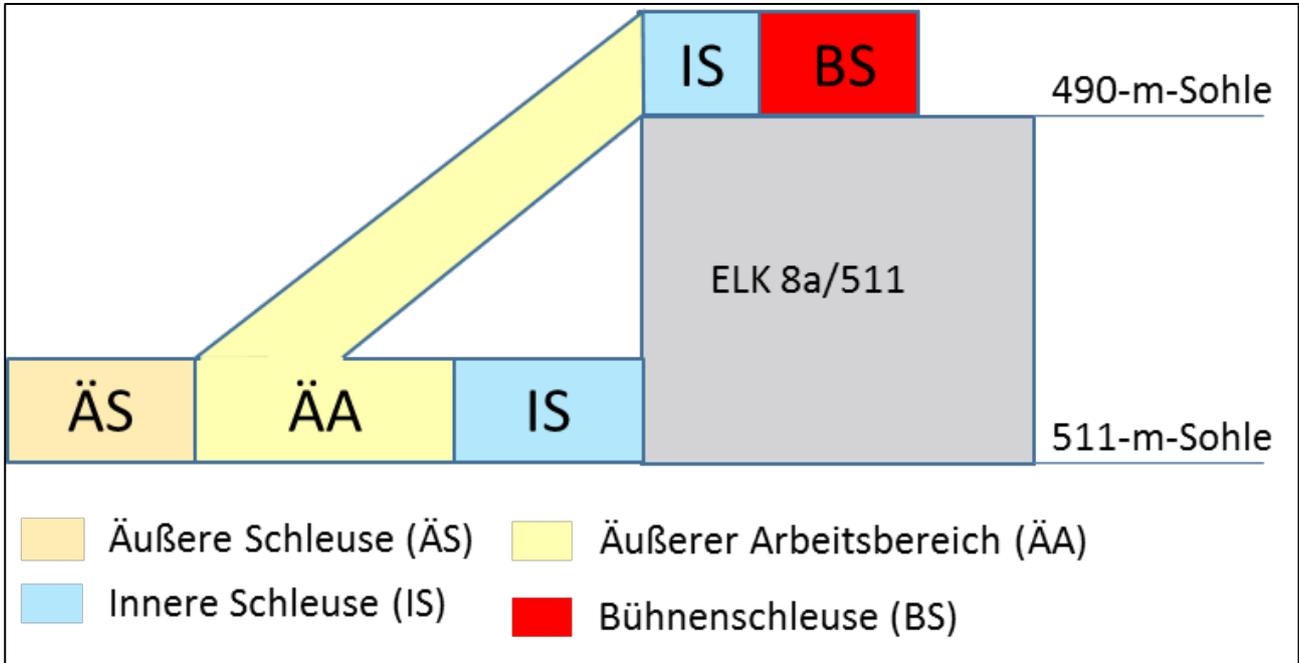


Abbildung 64: Prinzipdarstellung der Doppelschleuse mit zwei Inneren Schleusen, der Bühnenschleuse, großem Äußerem Arbeitsbereich und einer Äußeren Schleuse (Seitenansicht)



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 120 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

12 WETTERTECHNIK

Die Grundlagen zur Bewetterung der im Rahmen der Rückholung eingerichteten Bereiche sowie der Wetterwege innerhalb des Grubengebäudes wurden bereits im 3. Teilbericht (DMT, 2018a) beschrieben. Daher werden in diesem Kapitel nur die Änderungen dargestellt, die sich aufgrund des Versatzes der ELK 8a/511 ergeben. Die einzelnen Prozesse werden auf Basis des 4. Teilberichtes (DMT, 2019) daraufhin untersucht, in wie weit Änderungen gegenüber dem Grund- und Alternativkonzept zu berücksichtigen sind.

12.1 AUS- UND VORRICHTUNG

Während der Streckenauffahrung im Zuge der Aus- und Vorrichtung (DMT, 2018a) ergeben sich im Vergleich zum Grund- und Alternativkonzept nur geringfügige Änderungen. Zu berücksichtigen ist, dass durch die mögliche Nutzung von zwei Schleusenstandorten die Wetterführung entsprechend dem Verlauf der Tätigkeiten angepasst werden muss. An der grundsätzlichen Auslegung der Bewetterung sind bei einer Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz gegenüber dem Grund- und Alternativkonzept jedoch keine Änderungen erforderlich.

12.2 BEWETTERUNG DER ELK 8A/511 UND DER SCHLEUSEN

12.2.1 Bewetterung der Einrichtungen auf der 490-m-Sohle

Beim Versatzkonzept ist ein Schwebenbruch nicht ausgeschlossen. Darum wird der Bereich um die ehemalige Beschickungskammer 8a/490 bereits vor Beginn der Tätigkeiten für die Rückholung der radioaktiven Abfälle großräumig durch eine Schleuse auf der 490-m-Sohle so vom restlichen Grubengebäude getrennt, dass die Abwetter aus diesem Bereich über ein gesondertes Abwetterfiltersystem geführt werden. Dabei muss die Schleuse aus Gründen der Störfallsicherheit so ausgelegt sein, dass auch im Fall eines Schwebenbruches keine unzulässigen Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Schachtanlage Asse II gelangen (siehe Kapitel 13.9.). Dies gilt auch für die Bewetterung der Schleusen. Hier ist vor allem die Bewetterung der Bühnenschleuse zu nennen. Diese muss so erfolgen, dass auch im Fall eines Schwebenbruches der Austrag von radioaktiven Stoffen in das Grubengebäude auf ein Minimum begrenzt wird.

Der Teil des Grubengebäudes, der um den möglichen Einwirkungsbereich eines Schwebenbruches liegt, muss aus radiologischen Gründen nicht bewettert werden. Aus Gründen des Arbeitsschutzes muss eine Bewetterung jedoch erfolgen, wenn in diesen Bereichen Arbeiten durchgeführt werden. Die Bewetterung wird z. B. durch eine Sonderbewetterung der Situation angepasst.

12.2.2 Bewetterung der ELK 8a/511

Die ELK 8a/511 wird bereits seit der Einlagerungszeit über den Lüfter der Abluftfilteranlage in der ehemaligen Beschickungskammer bewettert. Die Wetter werden aus der Einlagerungskammer abgesaugt. Dadurch entsteht ein leichter Unterdruck gegenüber dem Grubengebäude. Die Abwetter werden gefiltert; darum gelangen keine nachweisbaren Mengen von an Schwebstoffe gebundenen Radionukliden ins Grubengebäude. Die von der Abwetterfilteranlage erzeugte Druckdifferenz kann im Zuge der Rückholung beim Öffnen der ELK 8a/511 genutzt werden, um eine gerichtete Luftströmung aus der Bühnenschleuse in die ELK 8a/511 zu erzeugen. Auf diese Weise kann ein Austritt



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 121 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

von radioaktiven Stoffen aus der ELK 8a/511 in die Bühnenschleuse über den Luftweg wirkungsvoll vermieden werden.

12.2.3 Bewetterung des Bergehohlraums

Nach der Öffnung des Bergehohlraums muss zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen aus diesem über die Luft weiterhin eine Luftströmung aus der Schleuse in Richtung des Bergehohlraumes gewährleistet sein. Daher wird die Bewetterung wie bisher ausgeführt; die Abwetter werden unter Einsatz eines Lüfters in Verbindung mit einem radiologischen Filtersystem direkt aus dem Bergehohlraum abgesaugt. Die Bewetterung wird im Rahmen der Rückholung der radioaktiven Abfälle dabei so ausgelegt, dass die negative Druckdifferenz zwischen Bergehohlraum und Sonstigem Grubenraum auch während der Rückholung bestehen bleibt.

Die Bewetterung des Bergehohlraumes entspricht dabei der bereits im 3. Teilbericht (DMT, 2018a) konzeptionell beschriebenen Bewetterung der ELK 8a/511. Aufgrund des eingebrachten Versatzes ist der zu bewetternde Bergehohlraum (vgl. Kapitel 6) jedoch erheblich geringer als der im Grund- und Alternativkonzept zu Grunde gelegte.

Durch die in jedem Fall erforderlichen Schneide- und Freilegearbeiten oder durch sohlengebundenen Fahrzeugverkehr werden im Bergehohlraum Stäube freigesetzt, die auch kontaminiert sein können. Um die Beaufschlagung des Filtersystems im Abwetterweg aus dem Bergehohlraum mit Schwebstoffen zu reduzieren, wird bei den Tätigkeiten im Bergehohlraum eine Entstaubungsanlage eingesetzt. Diese wird im Äußeren Arbeitsbereich zwischen der Inneren und Äußeren Schleuse aufgestellt und bietet über eine flexible Ausführung der Ansaugung die Möglichkeit, die Ansaugöffnung gezielt an den Ort der Staubentstehung zu führen, um die Stäube möglichst direkt dort abzusaugen und in einem Filtersystem zu reinigen. Die dann staubfreien Abwetter werden im Vollkreislauf in den Bergehohlraum zurückgeführt.

12.2.4 Bewetterung der Schleusen für die Bergung der radioaktiven Abfälle

Da während der Rückholung über das Schleusensystem eine Verbindung zum Sonstigen Grubenraum besteht, muss die Bewetterungsanlage eine ausreichende Förderleistung zur Aufrechterhaltung der gerichteten Luftströmung in den Bergehohlraum aufweisen. Dies gilt insbesondere während der Schleusvorgänge, bei denen die gerichtete Luftströmung trotzdem stabil bleiben muss. Die Bewetterung muss währenddessen an die Situation angepasst werden. Während des Versatzens der ELK 8a/511 wird die Bühnenschleuse weiterhin so bewettert, dass potenziell kontaminierte Schwebstoffe nicht aus der ELK 8a/511 in die Bühnenschleuse übertreten. Ob für diesen Zweck möglicherweise die vorhandene Bewetterungseinrichtung der ELK 8a/511 weiter genutzt werden kann, muss im Rahmen weiterer Planungen geprüft werden.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich in dem Schleusensystem Personen aufhalten können, für die eine entsprechende Frischwettermenge zur Verfügung gestellt werden muss. Daher erfolgt die Frischwetterzufuhr in die Einlagerungskammer über das im Kapitel 11 beschriebene Schleusensystem. Durch eine entsprechende Auslegung lässt sich die erforderliche Größe des Zustroms an Frischwetter in das Schleusensystem und in die Einlagerungskammer über entsprechende Einrichtungen bedarfsgerecht einstellen. Zur Vermeidung unnötiger Wetterkurzschlüsse werden Türen und Leitungsdurchführungen entsprechend dicht ausgeführt. Aufgrund von Staubbelastungen der Frischwetter werden diese vor Eintritt in das Schleusensystem gefiltert. Auf diese Weise kann die in



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 122 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

den Bergehohlraum eingebrachte Staubfracht verringert werden sowie die innerhalb des Schleusensystems angeordneten Messgeräte und technischen Einrichtungen vor übermäßiger Staubbelastung geschützt werden.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		Stand: 30.09.2019			
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

13 SICHERHEITS- UND NACHWEISKONZEPT

Für die Durchführung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511 sind neben der technischen Durchführung auch formale Aspekte zu betrachten. Einerseits ist aufgrund des Kernbrennstoffinventars der ELK 8a/511 eine atomrechtliche Genehmigung erforderlich. Andererseits sind die Anforderungen aus dem bergrechtlichen Regelwerk zu erfüllen. Da die atomrechtliche Genehmigung gemäß des § 57b AtG eine konzentrierende Wirkung hat, werden in diesem Konzept vorrangig die atomrechtlichen Aspekte zur Erlangung einer Genehmigung beschrieben. Die für das Genehmigungsverfahren relevanten bergrechtlichen Aspekte werden konzeptionell beschrieben.

Die rechtlichen Anforderungen zur Durchführung der Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle ergeben sich somit im Wesentlichen aus dem Atomgesetz (AtG) und dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) mit der zugehörigen Strahlenschutzverordnung sowie dem Bundesberggesetz (BBergG) und den zugehörigen Regelwerken Allgemeine Bundesbergverordnung (ABergV) und Allgemeinen Bergverordnung (ABVO) des Landes Niedersachsen.

Im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren wird geprüft, ob die im AtG genannten Genehmigungsvoraussetzungen für die Errichtung und den Betrieb der Einrichtungen, die für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511 vorgesehen sind, gegeben sind. Eine zentrale Genehmigungsvoraussetzung ist der Nachweis der erforderlichen Schadensvorsorge.

Im Zuge der Stellung des Antrages für die Genehmigung der Rückholung muss daher gezeigt werden, wie die im gesetzlichen Regelwerk festgelegten Anforderungen zur Schadensvorsorge erfüllt werden.

Die Schadensvorsorge beinhaltet den Nachweis, dass die rechtlich festgelegten Sicherheits- und Schutzziele eingehalten werden. Die Sicherheitsziele sind in den Zweckbestimmungen der einschlägigen Gesetze festgelegt:

- AtG: Schutz von Leben, Gesundheit und Sachgütern vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung,
- StrlSchG: Schutz des Menschen vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung und
- BBergG: Gewährleistung der Sicherheit der Betriebe und der Beschäftigten des Bergbaus sowie Verstärkung der Vorsorge gegen Gefahren, die sich aus bergbaulicher Tätigkeit für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter ergeben, sowie die Verbesserung des Ausgleichs unvermeidbarer Schäden.

Die Einhaltung der Sicherheitsziele sind Voraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit des Vorhabens zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511.

Die Schutzziele stellen die nächste Konkretisierungsstufe zur Erreichung der Sicherheitsziele dar. Im Sicherheitskonzept für Kernkraftwerke (Reaktorsicherheitskommission (RSK), 2013) ist der Begriff Schutzziel eingeführt. Die für die Rückholung relevanten kerntechnischen Schutzziele werden hier unter dem Stichwort Strahlenschutz aufgeführt. Der Begriff Schutzziel wird auch in Bezug auf die Gefährdungs- und Belastungsfaktoren der nach ABergV durchzuführenden Gefährdungsbeurteilung angewandt.

Die wesentlichen Schutzziele bei der Durchführung der Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle sind im Bereich Strahlenschutz insbesondere:



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 124 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

- Kritikalitätssicherheit,
- Einschluss radioaktiver Stoffe,
- Begrenzung und Reduzierung der Strahlenexposition des Personals und der Bevölkerung.

Darüber hinaus sind auf dem Gebiet von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz folgende Schutzziele von Bedeutung:

- Schutz vor Gefährdungen durch die Arbeitsplatzgestaltung
- Schutz vor Gefährdungen durch Instabilitäten von Grubenbauen
- Schutz vor Gefährdungen durch ergonomische Faktoren
- Schutz vor mechanischen Gefährdungen
- Schutz vor elektrischen Gefährdungen
- Schutz vor Gefährdungen durch Stoffe
- Schutz vor toxischen Stoffen
- Schutz vor Unterschreitung des Mindestsauerstoffgehaltes
- Brandschutz
- Explosionsschutz
- Schutz vor physikalischen Einwirkungen
- Notfallschutz

Zwischen den einzeln genannten Gefährdungen und Schutzzielen bestehen enge Wechselwirkungen, z. B. kann durch einen Absturz einer beladenen Umverpackung diese beschädigt werden, so dass der Einschluss radioaktiver Stoffe nicht mehr gegeben ist.

Des Weiteren dient beispielsweise auch der Brandschutz zur Aufrechterhaltung des Strahlenschutzziels „Einschluss radioaktiver Stoffe“. Ziel ist eine ganzheitliche Betrachtungsweise von Prozesssicherheit, Strahlenschutz sowie Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz. Die formulierten Schutzziele schließen die Schutzgüter Flora, Fauna und Sachgüter ein, soweit diese relevant für die vorliegende Planung sind.

Wesentliche Aspekte zur Einhaltung der Schutzziele wurden bereits im 4. Teilbericht (DMT, 2019) beschrieben. Dort wurde im Rahmen einer Ereignisanalyse gezeigt, dass das Ereignis mit den größten radiologischen Auswirkungen der Absturz eines Gebindes auf den Gebindestapel ist. Exemplarisch wurde gezeigt, dass auch dieses Ereignis beherrscht wird und es nicht zu einer unzulässigen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung kommen kann.

Im Rahmen dieses Berichtes werden daher nur die Aspekte betrachtet, die sich aufgrund der geänderten Randbedingungen wesentlich von der bereits beschriebenen Vorgehensweise unterscheiden.

Zu diesem Zweck werden die generellen Prozessabläufe der Rückholung betrachtet. Bei diesen handelt es sich im Einzelnen um

- Aus- und Vorrichtung
- Schleusen
- Öffnen der ELK 8a/511
- Sichern der ELK 8a/511
- Bergen der Gebinde
- Umverpacken



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 125 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

- Transport
- Abschließende Arbeiten.

Dabei hat sich gezeigt, dass sich grundlegende Unterschiede der technischen Durchführung sowie der Arbeitsabläufe lediglich im Zuge der Einrichtung der Arbeits- und Schleusenbereiche, während des Öffnens der Einlagerungskammer sowie im Zuge der Durchführung der Sicherung ergeben. Im Folgenden werden das Versatz- und Präventivkonzept mit dem Grund- und Alternativkonzept verglichen und die Unterschiede herausgearbeitet.

13.1 AUS- UND VORRICHTUNG

Die wesentlichen Tätigkeiten für die Aus- und Vorrichtung betreffen in erster Linie die Erstellung des Zuganges zur ELK 8a/511. Dieser wird sowohl im Grund- und Alternativkonzept als auch im Versatz- und Präventivkonzept benötigt. Im Vergleich zum Grund- und Alternativkonzept entsteht bei der Erstellung des Zuganges zu den radioaktiven Abfällen im Bereich ELK 8a/511 mit gebirgsstützendem Versatz jedoch ein erheblich größeres Volumen an Haufwerk. Im Grund- und auch Alternativkonzept muss nur das Haufwerk berücksichtigt werden, welches unmittelbar während der Erstellung des Kammersdurchstoßes entsteht (ca. 60 m³ bis 80 m³). Aufgrund des geringen Volumens kann dieses entweder ausgeschleust, in einer kleinen, speziell für diesen Zweck aufgefahrenen Nische oder direkt in der ELK 8a/511 gelagert werden. Im Versatzkonzept hingegen fällt ein größeres Haufwerkvolumen (ca. 250 m³ zusätzlich) an, da auch das Haufwerk gelagert werden muss, welches im Zuge der Auffahrung des Zuganges zum Gebindekegel entsteht (vgl. Kapitel 6). Ein Ausschleusen in den Sonstigen Grubenraum ist aufgrund des großen Volumens aufwändig. Außerdem muss das Haufwerk in diesem Fall charakterisiert werden, um eine Freigabe nach § 31 StrlSchG zu erreichen, oder es muss als radioaktiver Abfall puffergelagert bzw. entsorgt werden. Daher wird für einen möglichst effizienten Verbleib dieses Haufwerkes neben der ELK 8a/511 eine Speicherstrecke aufgefahren. Bei der Auswahl der räumlichen Lage der Speicherstrecke ist zu beachten, dass

- nachgewiesen werden kann, dass das während der Auffahrung anfallende Haufwerk kontaminationsfrei ist und frei verwendet werden kann,
- der spätere Zugang zur ELK 8a/511 und die Speicherstrecke so miteinander verbunden sind, dass Transporte zwischen den beiden Bereichen direkt möglich sind. Somit kann das Haufwerk, welches im Zuge der Öffnung der ELK 8a/511 anfällt und potenziell mit radioaktiven Stoffen kontaminiert ist, direkt in der Speicherstrecke gelagert werden,
- das Volumen der Speicherstrecke ausreicht, um das Haufwerk aus der Auffahrung des gesamten Zuganges zu den radioaktiven Abfällen und der möglicherweise erforderlichen Speicherung von anfallenden Trennmaterialien ausreicht und
- die Auffahrung dieser Pufferstrecke erst nach dem Versetzen der ELK 8a/511 erfolgt, um das umliegende Gebirge nicht weiter zu schädigen.

Nach der Auffahrung erfolgt der Aufbau der Schleuse für die Bergung.

Insgesamt sind für das Versatz- und Präventivkonzept keine zusätzlichen Risiken in Bezug auf die Nachweisführung zu betrachten.

Der zusätzlich für die Vorbereitung des Versetzens der ELK 8a/511 erforderliche Zugang wird aus der noch befahrbaren 490-m-Sohle aus eingerichtet. Daher sind für die Einrichtung dieses Zugangs keine wesentlichen bergmännischen Tätigkeiten mehr erforderlich.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 126 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

13.2 SCHLEUSEN

Während der Tätigkeiten auf der 490-m-Sohle kann – wie im Kapitel 2 beschrieben – nicht ausgeschlossen werden, dass es zu einem Schwebenbruch kommt. In diesem Fall kommt es durch die mechanische Belastung der eingelagerten Gebinde durch die herabstürzende Schweben zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe, die in das Grubengebäude und in die Umgebung der Schachtanlage Asse II gelangen. Dies führt zu einer potenziellen Strahlenexposition des Personals und der Bevölkerung. Um das Sicherheitsziel des Schutzes der Menschen vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung und das darauf basierende Schutzziel der Reduzierung der Strahlenexposition des Personals und der Bevölkerung einzuhalten, sind daher Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Zur Reduzierung der Strahlenexposition von Personal und Bevölkerung werden unter anderem Schleusen genutzt (vgl. Kapitel 11). In allen bisher betrachteten Konzepten (Grund-, Alternativ-, Versatz- und Präventivkonzept) sind der Aufbau, die Komponenten und die Funktionsweise der Schleusen, durch die die geborgenen radioaktiven Abfälle transportiert werden, sehr ähnlich.

Im Vergleich zum Grund- und Alternativkonzept ist im Versatzkonzept jedoch die Einrichtung einer weiteren Schleuse erforderlich. Diese Schleuse wird während der Vorbereitung des Versetzens der ELK 8a/511 benötigt und befindet sich auf der 490-m-Sohle. Sie dient im Fall des Schwebenbruches im Zuge der vorbereitenden Tätigkeiten zum Versetzen der Einlagerungskammer zum einen dem Schutz der Bevölkerung vor der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Schachtanlage Asse II und zum anderen zum Schutz des Personals vor der Freisetzung von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden sowie möglicherweise vorhandener Direktstrahlung, die jeweils zu einer Strahlenexposition des Personals führen können. Die Schleuse auf der 490-m-Sohle trennt den im Fall des Schwebenbruches entstehenden großen Hohlraum, bestehend aus der ELK 8a/511 und der ehemaligen Beschickungskammer sowie weiteren Teilen des Grubengebäudes auf der 490-m-Sohle (vgl. Kapitel 11.3.1) von restlichen Grubenraum und damit auch von der Umgebung der Schachtanlage Asse II ab.

Im Präventivkonzept ist kein Schwebenbruch zu betrachten. Die für das Einbringen des Verfüllmaterials durchzuführenden Maßnahmen werden in diesem Bericht nicht weiter ausgeführt. Diese beinhalten im Vergleich bspw. zum Öffnen der Einlagerungskammer nur ein geringes Risiko der Kontaminationsverschleppung. Dieses ist vergleichbar mit den Risiken, die beim Öffnen der ELK 8a/511 im Zuge der Erkundung entstehen. Kontaminationsverschleppungen im Zuge der Verfüllung der ELK 8a/511 können durch Maßnahmen vermieden werden, die im Zuge der Erkundung getroffen werden. Der Vergleich zwischen Grund- und Alternativkonzept einerseits und dem Versatz- und Präventivkonzept andererseits zeigt, dass die Schleusen für die Förderung der Umverpackungen sehr ähnlich sind, im Versatz- und Präventivkonzept jedoch eine weitere Schleuse auf der 490-m-Sohle benötigt wird.

13.3 ÖFFNEN DER ELK 8A/511

Während des Öffnens der Einlagerungskammer besteht im Grund- und Alternativkonzept jederzeit das Risiko, dass ein Löser von der ungesicherten First auf die Gebinde stürzt und es zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Einlagerungskammer kommt (DMT, 2019). Beim Versatzkonzept besteht hingegen die Gefahr, dass es während des Versetzens zum Schwebenbruch kommt. Dieses Ereignis wurde weder im Grund- noch im Alternativkonzept betrachtet und ist daher als neues Ereignis im Versatzkonzept zu bewerten. Diese Bewertung wird im Kapitel 13.8 durchgeführt.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 127 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

13.4 SICHERN DER ELK 8A/511

Das Sichern der Einlagerungskammer erfolgt sowohl im Grund- als auch im Alternativkonzept aus dem Inneren der ELK 8a/511 heraus. Teilweise werden Sicherungsmaßnahmen auch zeitgleich zum Prozess „Bergen“ durchgeführt. Daher besteht in diesen beiden Konzepten auch das Risiko, dass während des Sicherns Löser auf Gebinde mit radioaktiven Abfällen stürzen.

Es ist nicht vorgesehen, dass die Einlagerungskammer beim Versatzkonzept gesichert wird. Daher können Löser aus der Firste fallen. Das Risiko durch Firstfall beschädigter Gebinde besteht beim Versatzkonzept nur so lange, bis die Gebinde vollständig mit Versatz bedeckt sind. Im Versatzkonzept hat ein Löserfall von der Firste nach dem vollständigen Überdecken der Gebinde in der ELK 8a/511 mit Versatzmaterial keine Auswirkungen mehr auf die Gebinde und muss dementsprechend nicht mehr betrachtet werden.

13.5 BERGEN DER GEBINDE

Das Bergen der Gebinde mit radioaktiven Abfällen beinhaltet im Grund- und Alternativkonzept die Entnahme von Gebinde von dem frei liegenden Gebindekegel. Der Bergehohlraum ist so groß wie die Einlagerungskammer. Dabei können Gebinde während des Handhabungsprozesses von der Spitze des Gebindekegels herabstürzen und dabei noch weitere Gebinde in Bewegung setzen. Dieses Ereignis wurde im 4. Teilbericht (DMT, 2019) als sogenanntes abdeckendes Ereignis identifiziert. In diesem stürzt ein Gebinde aus einer Höhe von 1 m auf den Gebindekegel und zerbricht dabei. Aufgrund des Aufpralls geraten 10 weitere Gebinde ins rutschen, rollen den Gebindekegel hinunter und fallen auf die Sohle. Aufgrund der aus dem Aufprall resultierenden mechanischen Belastung werden die Gebinde beschädigt und es treten radioaktive Stoffe aus.

Bei den Konzepten mit gebirgsstützendem Versatz ist der Bergehohlraum wesentlich kleiner, die Gebinde dadurch weniger mobil. Durch den kleineren Bergehohlraum liegt nur eine kleine Oberfläche des Gebindekegels und eine erheblich geringere Anzahl an Gebinden zeitgleich frei. Daher führt der Absturz eines Gebindes während der Handhabung zu geringeren Freisetzungen radioaktiver Stoffe als in den anderen beiden Konzepten. Ein Absturz von Gebinden während des Handhabungsprozesses hat somit erheblich geringere Folgen als im Grund- und Alternativkonzept. Die für diese bereits durchgeführten Betrachtungen zum Absturz eines Gebindes während der Bergung sind auch für das Versatz- und Präventivkonzept abdeckend.

13.6 UMPERPACKUNG, TRANSPORT UND ABSCHLIEßENDE ARBEITEN

Geborgene Gebinde werden umverpackt und durch das Grubengebäude zum Schacht transportiert. Nachdem alle Gebinde geborgen sind, werden abschließende Arbeiten durchgeführt.

Die Prozesse Umverpacken und Transport sind bei Konzepten mit gebirgsstützendem Versatz identisch mit denen im Grund- und Alternativkonzept.

Die abschließenden Arbeiten unterscheiden sich lediglich darin, dass im Konzept mit gebirgsstützendem Versatz nur der Bergehohlraum statt der gesamten Einlagerungskammer und damit ein geringerer Hohlraum verfüllt werden muss. Die technischen Vorgänge sind in Bezug auf das Gefahrenpotenzial vergleichbar und bedürfen daher keiner weiteren Betrachtung in diesem Bericht.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 128 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

13.7 VERGLEICH DER PROZESSABLÄUFE

Im Vergleich zum Grund- und Alternativkonzept weist das Versatzkonzept nur in einzelnen Prozessschritten Unterschiede auf. Diese betreffen die Einrichtung der Arbeitsbereiche und Schleusen, das Öffnen und Sichern der ELK 8a/511 sowie das Bergen der Gebinde. Wesentliche Unterschiede in Bezug auf die Nachweisführung betreffen:

- das Szenario des vollständigen Schwebenbruches in die ELK 8a/511 sowie
- das Herstellen eines Bergehohlraums in der ELK 8a/511.

Die beiden vorgenannten Aspekte führen zu grundlegenden Änderungen der Arbeitsabläufe vor der Bergung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511. Hierbei ist das Ereignis des Schwebenbruches zu betrachten, da dieses zu einer bisher nicht bewerteten Gefährdung der Bevölkerung und des Personals führen kann. Das abdeckende Ereignis im Versatzkonzept wird durch den Schwebenbruch dargestellt.

In der Tabelle 4 sind die einzelnen Schritte der Rückholung entsprechend der Gliederung aus dem 4. Teilbericht (DMT, 2019) dargestellt und dem Grund- und Alternativkonzept einerseits und andererseits dem Versatzkonzept gegenübergestellt und bewertet.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz				
								Projekt
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN			Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00			

Tabelle 4: Gegenüberstellung der grundlegenden Unterschiede der Prozessabläufe während der Rückholung

Prozessablauf	Grund- und Alternativkonzept	Versatzkonzept	Präventivkonzept	Bewertung
Aus- und Vorrichtung	Nahezu identisch und vergleichbar			Keine Änderung Prozess bereits im 4. Teilbericht (DMT, 2019) beschrieben
Arbeitsbereiche und Schleusen	Einrichtung von Schleusen im Zugang zur ELK 8a/511	Einrichtung von Schleusen auf der 490-m-Sohle sowie ggf. für den seitlichen Zugang zur ELK 8a/511	Einrichtung von Schleusen im Zugang zur ELK sowie für das Einbringen des Versatzmaterials	Versatzkonzept: zusätzliche Betrachtung des Risikos eines Schwebenbruches
Öffnen der ELK 8a/511	Seitliche Öffnung	Öffnung von oben für die Einbringung des Versatzmaterials, Öffnung von der Seite für die Bergung		Präventivkonzept: Risiko geringer als im 4. Teilbericht (DMT, 2019) beschrieben, daher keine Änderung
Sichern der ELK 8a/511	Sicherungstätigkeiten in ELK erforderlich	ELK 8a/511 wird versetzt		Abdeckendes Ereignis bereits im 4. Teilbericht (DMT, 2019) beschrieben
Bergen der Gebinde	Bergen der Gebinde aus dem Gebindekegel	Bergen der Gebinde aus einem Bergehohlraum		
Umverpacken	Identisch			Keine Änderung Prozess bereits im 4. Teilbericht (DMT, 2019) beschrieben
Transport				
Abschließende Arbeiten				



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 130 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

13.8 SCHWEBENBRUCH

Ein Schwebenbruch soll als Planungsvariante nicht vollständig ausgeschlossen werden. Daher wird der Bereich auf der 490-m-Sohle um den möglichen Einwirkungsbereich eines Schwebenbruchs durch Dammbauwerke und Schleusen so vom restlichen Grubengebäude abgetrennt, dass radioaktive Stoffe nicht in den Sonstigen Grubenraum übertreten können.

Bruchbildungen in der Schwebenbrüche können im Zuge der Erkundungen erkannt und mit geotechnischen Berechnungen dahingehend beurteilt werden, ob ein Schwebenbruch – auch kurzfristig – eintreten kann. Daher können Tätigkeiten, die nur kurze Zeit in Anspruch nehmen bzw. die kurzfristig beendet werden können – wie beispielsweise Aufbauarbeiten für die Bühnenschleuse, Bohrtätigkeiten in die Einlagerungskammer oder vorbereitende Tätigkeiten für die Einbringung einer Trennschicht zur Überdeckung des Gebindekegels – von außerhalb der Bühnenschleuse unter Nutzung entsprechender, von der spezifischen Situation abhängiger Schutzmaßnahmen, durchgeführt werden.

Sollte es zu einem Schwebenbruch kommen, bei dem die Schwebenbrüche vollständig auf die eingelagerten radioaktiven Abfälle stürzt, ist eine Rückholung der radioaktiven Abfälle nur nach einer vollständigen Neubewertung der Situation möglich. Daher wird das Ereignis eines Schwebenbruchs als Störfall eingestuft.

13.9 RADIOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN EINES SCHWEBENBRUCHES

Im Falle eines Schwebenbruchs wirken starke mechanische Kräfte auf die eingelagerten Abfälle ein. Konservativ betrachtet beträgt die Masse der auf die eingelagerten Gebinde herabstützende Firste mindestens $25\text{ m} \times 25\text{ m} \times 6\text{ m} \times 2,5\text{ t/m}^3 = 9.375\text{ t}$, die zu einer vollständigen Zerstörung der Gebinde führt. Daher ist davon auszugehen, dass die radioaktiven Abfälle einerseits aus den Gebinden ausgetreten, andererseits von einer mehr als 6 m mächtigen Schicht aus Versturzmateriale bedeckt sind (Abbildung 65). Diese Konstellation führt zu einem Zustand, für den bisher keine realistischen Daten zum Freisetzunganteils bestimmt worden sind. Die Modellversuche für die Bestimmung des Freisetzunganteils auf konditionierten radioaktiven Abfällen, wie sie im Rahmen der Transportstudie Konrad durchgeführt worden sind, können aufgrund

- der stark abweichenden mechanischen Belastung der Abfallgebände und
- der grundlegend anderen Ereignissituation der vollständigen Überdeckung der Abfälle mit Versturzmateriale

nicht für die Abschätzung eines Freisetzunganteils herangezogen werden. Somit ist nicht möglich den Freisetzunganteils des Gesamtinventars quantitativ abzuschätzen. Zum Gesamtinventar zählen auch radioaktive Stoffe, die auf der Sohle, den Stößen und der Firste angelagert sein können (siehe Kapitel 2).

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 131 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

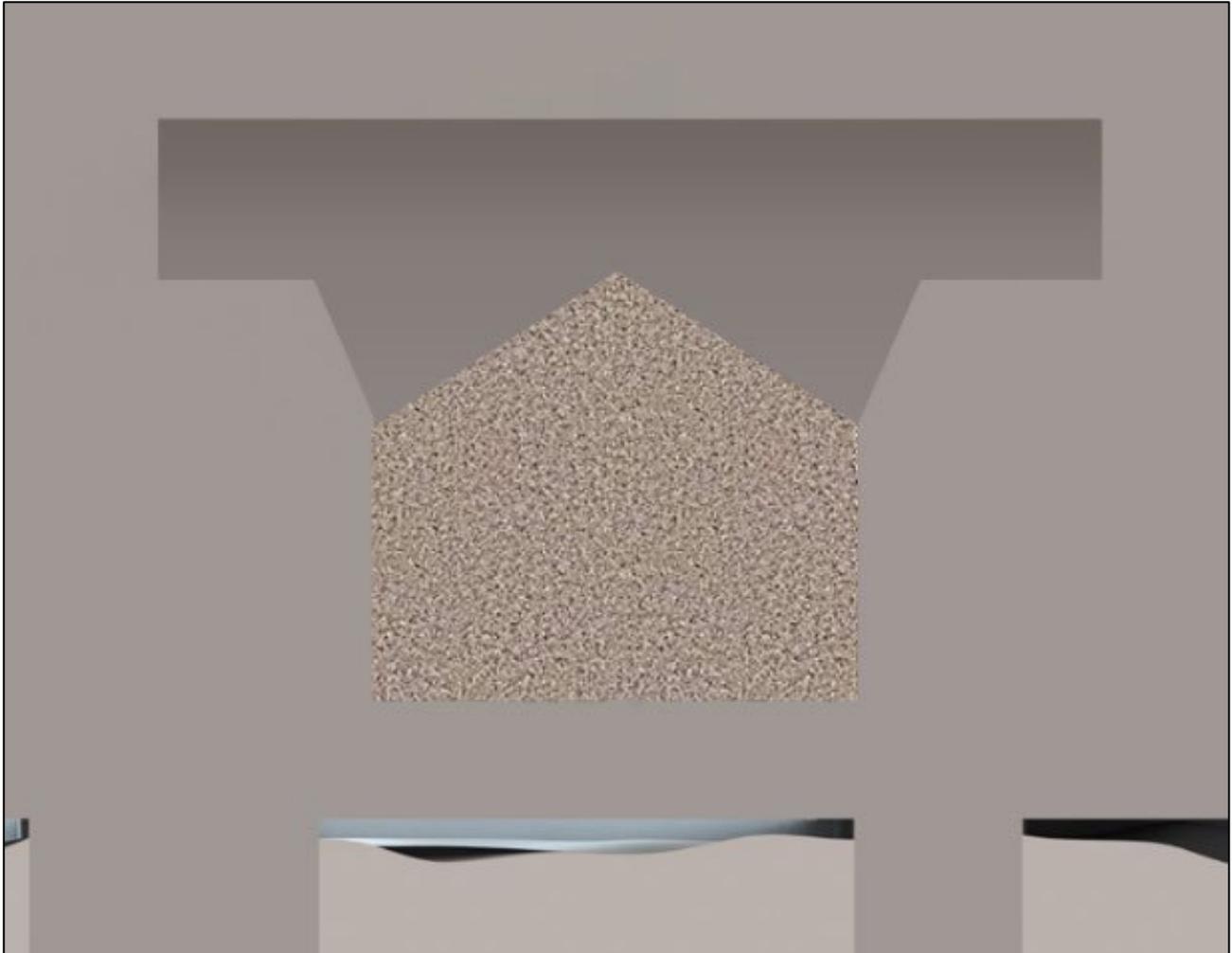


Abbildung 65: Skizzierte Situation nach einem Schwebenbruch

Daher muss die Schleuse auf der 490-m-Sohle mindestens für den Zeitraum, bis der Versatz in der ELK 8a/511 vollständig eingebracht ist, so konstruiert sein, dass ein Übertritt radioaktiver Stoffe aufgrund des Schwebenbruches in den Sonstigen Grubenraum vermieden wird. Dieses Ziel kann beispielsweise durch eine besonders robuste Ausführung der Inneren Schleuse erreicht werden. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass die Schleuse und die Abdämmung eine entsprechende Dichtigkeit aufweisen, so dass radioaktive Partikel nicht durch diese Abgrenzung dringen können. Diese Dichtigkeit muss auch während des Betriebes laufend nachgewiesen werden. Sobald die ELK 8a/511 versetzt ist, entfällt die Notwendigkeit der Vorhaltung der Schleuse auf der 490-m-Sohle, da einerseits keine Tätigkeiten an diesem Standort mehr erforderlich sind und andererseits das Risiko eines Schwebenbruches nicht mehr besteht. Somit können die Schleusen (Innere Schleuse und Bühnenschleuse) nach einer entsprechenden strahlenschutzrechtlichen Freigabe des Bereiches demontiert werden.

				Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 6. Teilbericht: Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz											
								Projekt		PSP-Element		Aufgabe		UA	
NAAN		NNNNNNNNNN		AAAA		AA		NNNN		NN		B2951867		Stand: 30.09.2019	
9A		23520000		GHB		RA		0051		00					

14 KOSTEN- UND ZEITPLAN

Sowohl für das Grundkonzept als auch für das Alternativkonzept wurden bereits Kosten- und Zeitpläne erarbeiten (DMT, 2018a). Beim Versatzkonzept ist der Versatz aus Gründen einer Gebirgsstützung erforderlich. Beim Präventivkonzept wird Versatz vorbeugend eingebracht, damit unerwünschte Entwicklungen präventiv verhindert werden können.

Im Unterschied zum Grund- und Alternativkonzept wird beim Versatz- und Präventivkonzept ein Bergehohlraum hergestellt, indem der vorhandene Hohlraum der ELK 8a/511 mit dem Ziel verkleinert wird, das Gebirge zu unterstützen. Ein dazu notwendiger Aufwand ist im Grund- und Alternativkonzept nicht erforderlich. Es wurde festgestellt, dass der erforderliche Aufwand zur Anbindung der ELK 8a/511 an die Schächte Asse 2 oder Asse 5 beim Versatzkonzept überwiegend identisch ist mit dem für das Grund- oder Alternativkonzept. Auch viele Arbeiten zur Vorbereitung – wie z. B. die Erkundung – sind größtenteils gleich. Es sind jedoch zusätzliche Betriebsanlagen notwendig und es wird erwartet, dass der Aufwand zum Bergen beim Versatz- oder Präventivkonzept größer sein wird. Da der Zugang beim Versatz- und Alternativkonzept in Sohlennähe oder wenig oberhalb vorgesehen ist und damit dem des Grundkonzeptes nahezu gleicht, wurde das Grundkonzept als Grundlage für die Kosten- und Zeitpläne herangezogen. Als Förderschacht für die Gebinde wurde der Schacht Asse 5 vorgesehen.

Die Abbildung 66 zeigt die zu erwartende Kosten von Grund-, Alternativ-, Versatz- und Präventivkonzept.

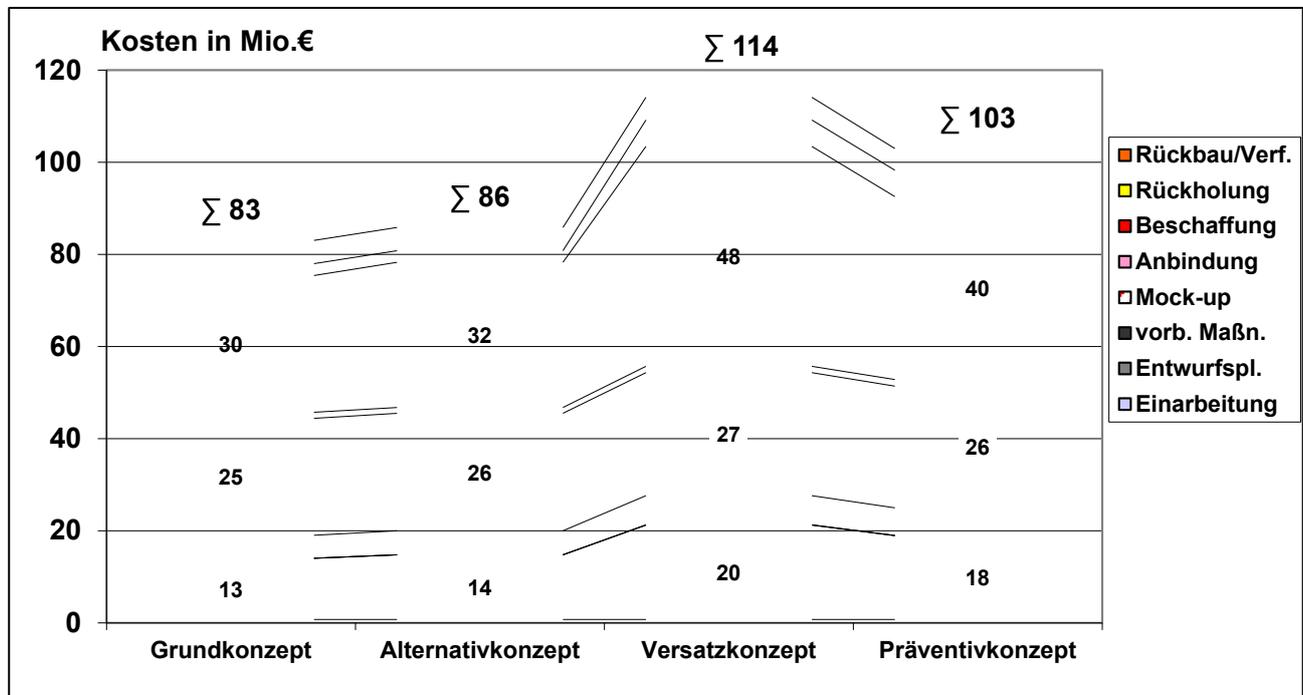


Abbildung 66: Kostenvergleich

Die Kosten für das Versatzkonzept betragen ca. 114 Mio € und sind damit um ca. 31 Mio € höher als beim Grundkonzept. Die Mehrkosten sind im Wesentlichen durch die Notwendigkeit weiterer Schleusen verursacht. Dadurch entsteht ein höherer Aufwand für die Beschaffung und den Aufbau der Schleusen (Abbildung 66, rot, zusätzlich 18 Mio€) und ein höherer Aufwand für die Planung



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 133 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

(grau, Mehrkosten 7 Mio €), wovon für die Planung des Bergehohlraums der größte Anteil der Mehrkosten verwendet wird. Die Einsparungen für die Sicherungs- und Ausbauarbeiten sind im Vergleich dazu gering.

Das Präventivkonzept benötigt keine Bühnenschleuse, da die Einlagerungskammer präventiv versetzt werden soll. Das Konzept verursacht darum etwa 11 Mio € weniger Kosten als das Versatzkonzept, ist jedoch um 20 Mio € teurer als das Grundkonzept.

Das Versatzkonzept hat eine Projektdauer von ca. 15 Jahren (Abbildung A - 1 im Anhang) und dauert ca. $\frac{3}{4}$ Jahr länger als das Grundkonzept.

Der Zeitraum für die Planung konnte trotz Mehraufwand durch eine Parallelisierung der Arbeiten konstant gehalten werden. Der Planung schließen sich die Prüfung der Genehmigungsunterlagen durch die Behörde und die Erfüllung von Randbedingungen an, die bzgl. des dafür erforderlichen Zeitraums weitgehend unabhängig vom gewährten Rückholkonzept eingeschätzt werden. Da die Rückholung beim Versatzkonzept darum nicht früher beginnen kann als beim Grundkonzept, resultiert die Verlängerung des Projektes aus dem Zeitraum zur Herstellung des Bergehohlraums und der aufwändigeren Bergung.

Wie oben bereits erläutert, kann die Rückholung auch beim Präventivkonzept (Abbildung A – 2 im Anhang) frühestens zu dem Zeitpunkt beginnen wie beim Versatzkonzept. Die Arbeiten zur Anbindung und zur Infrastruktur sind unabhängig vom Versatz- oder Präventivkonzept; sie unterscheiden sich im wesentlichen bzgl. des Aufbaus der Bühnenschleuse, ein Arbeitsvorgang, der nicht den Projektzeitraum nicht beeinflusst. Da auch die Rückholung, der Rückbau und die Verfüllung identisch zum Versatzkonzept sind, ist die gleiche Projektdauer zu erwarten.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 134 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

15 LITERATURVERZEICHNIS

Asse-GmbH. 2009. *Beschreibung der Lagerbereiche der Abfälle, Stand 27.03.2009.* Remlingen : Asse GmbH; Asse-KZL: 14/77756/RHV/RB/BW/0001/03, BfS-KZL: 9A/13500000/BE/RA/0001/00, 2009. Heydorn, M.; Herrmann, F..

— **2017b.** *Georadarmessungen zur Untersuchung der Schwebelast zwischen der Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle und der MAW-Kammer auf der 511-m-Sohle, Stand 02.06.2017.* Remlingen : Asse-GmbH; Asse-KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0010/02, BGE-BfS-KZL: 9A/64320000/GC/RZ/0029/00, 2017b.

— **2017c.** *Zusammenfassung und Bewertung der radiologischen Daten sowie der Daten der Standortüberwachung zu den Ereignissen in der Kammer 8a/511-m-Sohle, Stand 17.03.2017.* Remlingen : Asse-GmbH; Asse-KZL: 9A/65100000/01STS/DA/BT/0001/00, BfS-KZL: 9A/65140000/LBA/UA/0001/00, 2017c.

Bergamt Goslar. 1978. *Zulassung zum Betriebsplan Nr. 14/78.* Goslar : G.-Nr. W5010 -60/78-, 1978.

BfS. 2013. *Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachtanlage Asse II – Vorversuche 2. Zwischenbericht Stand: 09.09.2013.* Karlsruhe : BfS-KZL: 9A/23431000/GHB/RA/0012/00, 2013.

DMT. 2017. *Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II - Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 1. Teilbericht: Planungsgrundlagen, Stand: 29.11.2017.* Essen : DMT; BGE-KZL: 9A/23530000/GHB/RA/0046/00, 2017.

— **2018.** *Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 2. Teilbericht: Grobkonzept und Variantenvergleich, Stand: 30.05.2018.* Essen : DMT; BGE-KZL: 9A/23520000/GHB/RA/0047/00, 2018.

— **2018a.** *Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 3. Teilbericht: Rückholungskonzept.* Essen : BGE-SZ-KZL: 9A/23520000/GHB/RA/0048/00, 2018a.

— **2019.** *Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II - Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 4. Teilbericht: Sicherheits- und Nachweiskonzept, Stand: 27.05.2019.* Essen : DMT, BGE-KZL: 9A/23520000/GHB/RA/0049/00, 2019.

Reaktorsicherheitskommission (RSK). 2013. *RSK-Verständnis der Sicherheitsphilosophie, Stand: 12.05.2013.* Bundesanzeiger : s.n., 2013.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 135 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

16 GLOSSAR

- 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.
- Abwetter:** Wetterstrom hinter einem untertägigen Betriebspunkt bis zur Abgabe in die Umgebung an der Tagesoberfläche.
- Aktivität:** Anzahl der in einem Zeitintervall auftretenden Kernumwandlungen eines Radionuklids oder Radionuklidgemisches dividiert durch die Länge des Zeitintervalls, Maßeinheit: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$.
- Aktivitätsinventar:** Die in einer Probe oder einem Medium enthaltene Aktivität in Bq
- Auffahren:** Herstellung einer söhligem oder geneigten Strecke oder eines anderen Grubenbaus.
- Ausbau:** Sammelbegriff für alle Mittel, die zum Offenhalten und Sichern von Grubenbauen in diese eingebracht werden, z. B. Ankerausbau mit Maschendraht, Unterstützungsausbau.
- Ausrichtungsstrecke:** Strecke zur Erschließung des Grubengebäudes mit dem Zweck, die Umgebung der Einlagerungskammern zu erreichen.
- Bewetterung:** Planmäßige Versorgung der Grubenbaue mit frischer Luft.
- Einlagerungskammer:** Planmäßig bergmännisch hergestellter Hohlraum, in dem radioaktive Abfälle eingelagert sind.
- Firste:** Obere Grenzfläche eines Grubenbaus.
- 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.
- Kammerzugangsstrecke:** Strecke von der Ausrichtungsstrecke zur ELK bestehend aus der Vorrichtungsstrecke und dem Kammerzugang.
- Kontamination:** Verunreinigung von Oberflächen mit radioaktiven Stoffen. Dies umfasst die festhaftende, nicht festhaftende und die über die Oberfläche eingedrungene Aktivität.
- Kontrollbereich:** Strahlenschutzbereich, in dem Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 6 mSv erhalten können.
- Low Active Waste:** Schwachradioaktive Stoffe
- Medium Active Waste:** Mittelradioaktive Abfälle
- Mock-up** Räumliche Nachbildung eines Einsatzortes mit relevanten funktionsfähigen Einrichtungen, um technische Komponenten, deren Zusammenspiel, und/oder begleitende Organisationsstrukturen zu entwickeln, zu erproben bzw. einzuüben
- Sohle:** Gesamtheit der annähernd in einem horizontalen Niveau aufgefahrenen Grubenbaue; auch untere Grenzfläche eines Grubenbaus.
- Steinsalz:** Salzmineral, auch Halit genannt, chemische Formel NaCl.



Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 136 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

- Störfall:** Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage auszulegen ist oder für den bei der Tätigkeit vorsorglich Schutzvorkehrungen vorzusehen sind.
- 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.
- Strahlung, ionisierende:** Strahlung radioaktiver Substanzen, die direkt oder indirekt Ionen erzeugt (z. B. Alpha-, Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung).
- Überwachungsbereich:** Nicht zum Kontrollbereich gehörende betriebliche Bereiche, in denen Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 1 mSv oder höhere Organdosen als 15 mSv für die Augenlinse oder 50 mSv für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel erhalten können.
- Umverpackung:** Behältnis, in das geborgene Abfälle zum Zweck des innerbetrieblichen Transport und der Pufferlagerung eingestellt werden.
- Versatz:** Material, mit dem die Hohlräume eines Bergwerks zur Stabilisierung verfüllt werden.
- Vorrichtungsstrecke:** Streckenteil der Kammerzugangsstrecke, der ohne radiologische Charakterisierung des gesamten Haufwerks aufgefahren werden kann.
- Wetterführung:** Planmäßige Lenkung der Wetter durch das Grubengebäude.

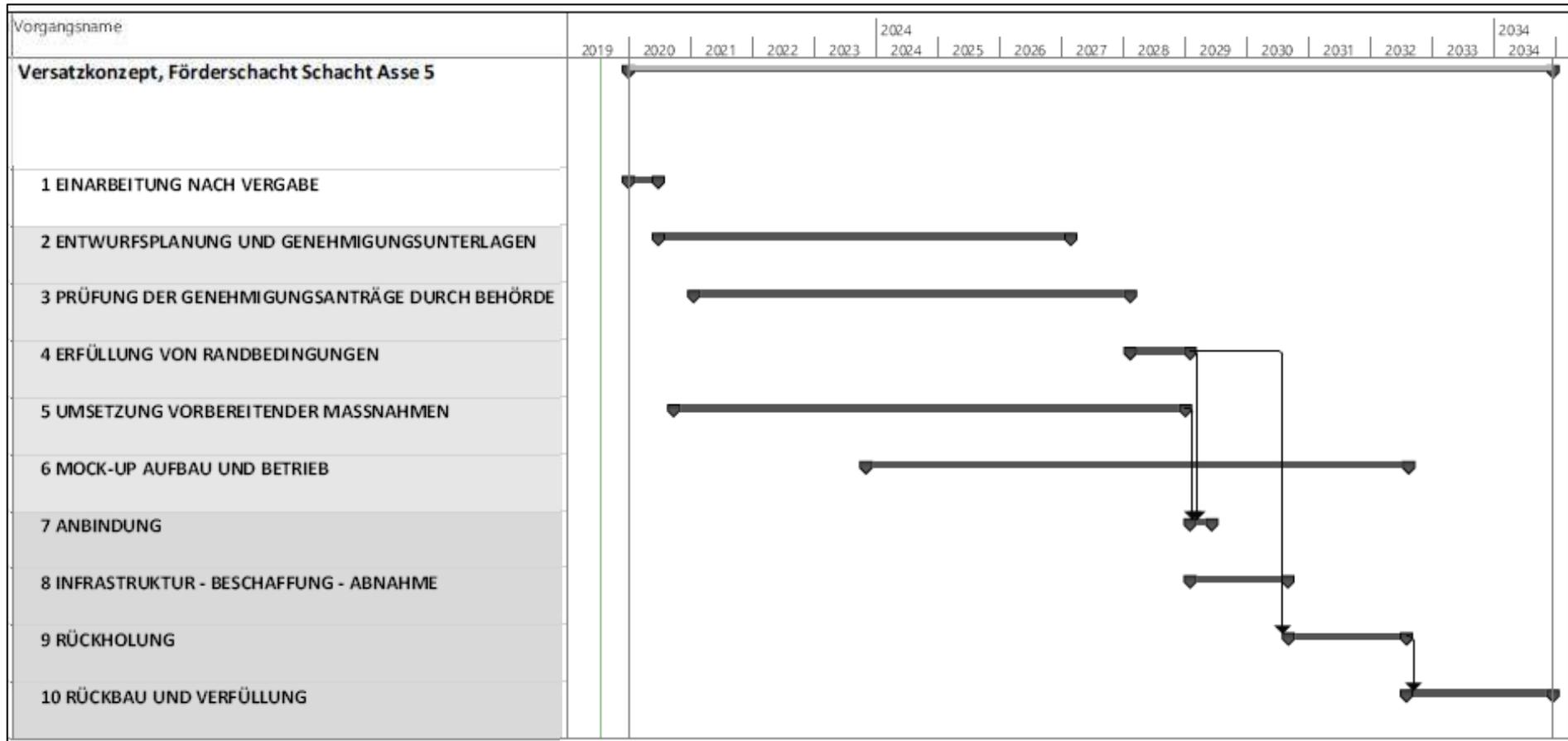


Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 137 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

17 ANHANG

A - 1: Zeitplan Versatzkonzept





Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle
6. Teilbericht:
Rückholung mit gebirgsstützendem Versatz

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2951867	Seite: 138 von 138
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 30.09.2019
9A	23520000	GHB	RA	0051	00		

A - 2: Zeitplan Präventivkonzept

