

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	23530000				GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Titel der Unterlage:

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm

Ersteller/Unterschrift:

Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung

Prüfer/Unterschrift:

Stempelfeld:

UVST:

bergrechtlich
verantwortliche Person:

atomrechtlich
verantwortliche Person:

Bereichsleitung:

Freigabe zur Anwendung:

08/05/2020

Datum und Unterschrift

13. MAI 2020

Datum und Unterschrift

MAI 2020

Datum und Unterschrift

4. MAI 2020

Datum und Unterschrift

14. MAI 2020

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.

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 1 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725

Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm

Auftragnehmer

Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“)

bestehend aus

**Uniper Anlagenservice GmbH,
Deilmann-Haniel GmbH,
ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH,
TÜV Rheinland Industrie Service GmbH.**

Gelsenkirchen, 30.06.2019

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 2 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Impressum:

Auftraggeber: Bundes-Gesellschaft für Endlagerung
Eschenstraße 55
31224 Peine

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

Ersteller:

Arge KR, c/o Uniper Anlagenservice GmbH
Internet: <https://anlagenservice.uniper.energy>

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

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 3 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

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

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 4 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Kurzfassung

Verfasser:

Titel: Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm

Stand: 30.06.2019

Ziel des hier vorliegenden Berichts zum AP07 (Erkundungsprogramm) ist die Darlegung eines Konzeptes zur Erhebung über bereits vorliegende Daten hinausgehender und für die weitere Planung und Genehmigung der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 zu verwendender Daten.

Eine generelle Übersicht des Ist-Standes der ELK 7/725 sowie deren Nahbereich zu Kenntnissen über Geologie, Hydrogeologie, radiologischem Zustand, den Dimensionierungen, der Zugänglichkeiten zur ELK 7/725 sowie deren Inventar und Auswirkung auf die Grubenwetter wurde den jeweiligen Ausführungen vorangestellt. Entsprechend des Ist-Standes wurde die Qualität der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung eingeschätzt, um Themenschwerpunkte für die weitere Datenerhebung abzuleiten.

Den identifizierten, konkreten Maßnahmen entsprechend wurde ein Erkundungsprogramm für die ELK 7/725 mit vorlaufend durchzuführenden Tätigkeiten erstellt. Für den geowissenschaftlichen/bergbaulichen Teil umfasst es die Kombination verschiedener Verfahren, die die besten Aussichten auf Erfolg haben, das günstigste Aufwand-Nutzen-Verhältnis aufweisen und bereits als Standardverfahren in der Schachanlage Asse II erprobt sind. Dabei wurden Vorgehensweisen für die geologische Erkundung des geplanten Infrastrukturbereichs, die Erkundung und Datenerhebung gebirgsmechanischer Parameter im Nahbereich der ELK 7/725 und angrenzender Bereiche sowie die Erkundung ELK-spezifischer Parameter für nicht zugängliche Bereiche der ELK 7/725 beschrieben.

Das radiologische Erkundungsprogramm umfasst die Themenkomplexe Kammerinventar der ELK 7/725, radiologische Situation des Salzversatzes in der ELK 7/725 sowie Aktivitätskonzentration der Grubenwetter der ELK 7/725. Hierfür wurden mögliche Erkundungsmaßnahmen zur Reduzierung der identifizierten offenen Themenschwerpunkte abgeleitet, um weitere Erkenntnisgewinne generieren zu können.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 5 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Anhangsverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis.....	9
1 Einleitung.....	10
2 Erkundung aus Sicht der Rückholungsplanung.....	12
3 Geowissenschaftlicher und bergbaulicher Teil	15
3.1 Sachstand aus Sicht der Rückholungsplanung	15
3.1.1 Generelle Übersicht des Ist-Standes der ELK 7/725 inkl. Nahbereich	15
3.1.2 Einschätzung der Qualität der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung	18
3.1.3 Rückschlüsse zu Themenschwerpunkten für zukünftige Erkundung	20
3.2 Erkundungsverfahren und Monitoring	25
3.2.1 In der Schachtanlage Asse II derzeit angewandte Erkundungsverfahren im Überblick.....	25
3.2.2 In der Schachtanlage Asse II derzeit angewandte Monitoringverfahren	33
3.2.3 Identifizieren von Potentialen hinsichtlich der Anwendung von Erkundungsverfahren	37
3.3 Konzept des geowissenschaftlichen und bergbaulichen Erkundungs- und Datenerhebungsprogramms.....	41
4 Radiologischer Teil	48
4.1 Übersicht	48
4.2 Kammerinventar	49
4.2.1 Ist-Stand – Kammerinventare nach Datenbank Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010.....	49
4.2.2 Ergänzungsbedarf – Kammerinventare Datenbank Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010	50
4.2.3 Ergänzungsprogramm – Kammerinventare Datenbank Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010	51
4.3 Salzversatz und einhüllende Kammerflächen	51
4.3.1 Übersicht	51

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 6 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

4.3.2	Ist-Stand - Volumina	52
4.3.3	Erkundungsbedarf – Volumina	53
4.3.4	Erkundungsprogramm – Volumina	53
4.3.5	Ist-Stand – Stöße und Firste.....	54
4.3.6	Erkundungsbedarf – Stöße und Firste.....	54
4.3.7	Erkundungsprogramm – Stöße und Firste	54
4.3.8	Ist-Stand - Abdeckende Salzgrusschicht.....	55
4.3.9	Erkundungsbedarf – Abdeckende Salzgrusschicht.....	56
4.3.10	Erkundungsprogramm – Abdeckende Salzgrusschicht.....	56
4.3.11	Ist-Stand – Salzversatz im Ost-Teil	57
4.3.12	Erkundungsbedarf – Salzversatz im Ost-Teil	59
4.3.13	Erkundungsprogramm – Salzversatz im Ost-Teil	59
4.4	Aktivitätskonzentration der Grubenwetter.....	61
4.4.1	Ist-Stand - Aktivitätskonzentration der Grubenwetter in der ELK 7/725	61
4.4.2	Erkundungsbedarf - Aktivitätskonzentration der Grubenwetter in der ELK 7/725.....	64
4.4.3	Erkundungsprogramm - Radon-/Thoronexhalation der Grubenwetter in der ELK 7/725	64
4.5	Zusammenfassung und Bewertung des radiologisches Erkundungsprogramms.....	66
5	Zusammenfassung	69
	Literaturverzeichnis.....	71
	Glossar	80
	Anhang	83

Gesamtseitenzahl: 84

Stichworte: Vorgezogene Rückholung, Erkundungsprogramm, Einlagerungskammer 7/725

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 7 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lage der ELK 7/725 inkl. einem möglichen Bereich für Infrastrukturräume mit Darstellung der geologischen Situation und der geplanten Art der Verfüllung entsprechend der Notfallplanung.....	13
Abb. 2:	Übersicht über Themenschwerpunkte bezüglich geologischer Fragestellungen.	22
Abb. 3:	Übersicht über Themenschwerpunkte bezüglich gebirgsmechanischer Fragestellungen.....	23
Abb. 4:	Übersicht über Themenschwerpunkte für die Datenerhebung ELK-spezifischer Fragestellungen.....	24
Abb. 5:	Übersicht über die dienlichen und nicht dienlichen Verfahren zur Erkundung des Infrastrukturbereiches.....	39
Abb. 6:	Übersicht über die Erkundung im Sinne weiterer Datenerhebung von Parametern, die für eine gebirgsmechanische Bewertung wesentlich sind.	40
Abb. 7:	Übersicht über die Erkundung von ELK-spezifischen Parametern.....	41
Abb. 8:	Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise in Bezug zur Erkundung geologischer Daten im Bereich der geplanten Infrastrukturräume im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung.....	43
Abb. 9:	Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise in Bezug zur Erkundung bzw. Erhebung weiterer gebirgsmechanisch relevanter Daten im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung.....	45
Abb. 10:	Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise in Bezug zur Erkundung nicht zugänglicher Bereiche der ELK 7/725 im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung.....	47
Abb. 11:	Schematische Darstellung der Einlagerungssituation in der ELK 7/725 zum Stand 03.06.2009; [1] Gebinde-Salzgrus-Gemisch, [2] nach 1996 eingebrachtes Salzhaufwerk, [3] im Mai 2009 im Rahmen der Firstsanierungsmaßnahmen einbrachtes Salzhaufwerk, [4] unverfüllter Bereich; nach [4]).....	52
Abb. 12:	Modell aus markscheiderischen Messungen mit unterschiedlichen Bereichen, Abmessungen und gekennzeichnetem Bereich (weiße Schraffur) unter dem keine Gebinde zu unterstellen sind [7].	58
Abb. 13:	Darstellung der Kategorien für eine Beprobung des Salzversatzes im Ost-Teil der ELK 7/725 [7].....	60
Abb. 14:	Wetterstammbaum mit Radonbohrung und Messpunkten (MP), Stand 12/2016 [54].....	63
Abb. 15:	Schematischer Messaufbau zur Erfassung der Radonexhalationsrate [106].....	65

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 8 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Zusammenstellung wesentlicher Abmessungen der ELK 7/725 sowie der mittleren Pfeilerstärken und der ungefähren seigern Abstände zu Grubenbauen [8], [4].	16
Tab. 2:	Auflistung der Kammerzugänge, die direkt an die ELK 7/725 anschließen inkl. Lagebeschreibung und Informationen zum Verschluss des jeweiligen Kammerzugangs [34].	17
Tab. 3:	Übersicht über zerstörungsfreie Erkundungsverfahren (unter Verwendung von: [112], [97], [83], [91], [96], [102], [85], [104], [72], [73], [10], [80], [109], [11], [12], [51], [88], [89], [15], [35], [36], [84], [16], [17], [21], [22], [70], [99], [77], [78], [45], [46], [48], [67], [78], [3], [108], [58], [63], [65], [90], [105]).	29
Tab. 4:	Übersicht über Verfahren zur Erkundung im Sinne von weiterer Datenerhebung (unter Verwendung von: [98], [113], [82], [94], [85], [73], [92], [51], [93], [15], [100], [20], [21], [22], [71], [103], [58], [65]).	34
Tab. 5:	Aktivitätsinventar der ELK 7/725 zu den Stichtagen 01.01.1980 und 01.01.2028 berechnet mit der Datenbank Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010.	49
Tab. 6:	Zusammenstellung der Anzahl der in die ELK 7/725 eingelagerten Gebinde [4],[47].	55
Tab. 7:	Schwellenwerte der Aktivitätskonzentration in den Grubenwettern für ständig begehbare Räume der Strahlenschutzordnung nach [38].	61
Tab. 8:	Aktivitätsinventare der ELK 2/750 Na2 und 7/725 von Ra-226 als Mutternuklid von Rn-222 sowie Th-232 als Ausgangsnuklid von Rn-220 zum Zeitpunkt 2028.	62
Tab. 9:	Zusammenfassung des radiologischen Erkundungsprogramms unter Abschätzung des Aufwandes, des Zeitpunktes, der Dauer und der Relevanz der Maßnahmen	66

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 9 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Anhangsverzeichnis

Anhang 1:	Kalisalzbergwerk Asse Schachtanlage Asse II Speicherbergwerk – Speicher- u. Sohlenriss 725 m, nicht maßstäblich [17].	83
Anhang 2:	Kalisalzbergwerk Asse Schachtanlage Asse II Speicherbergwerk – Speicher- u. Sohlenriss 750 m, nicht maßstäblich [18].	84

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
Arge KR	Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung
AtG	Atomgesetz
ELK	Einlagerungskammer
NBR	Natural Background Rejection ©
StrlSchV	Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung)
VBA	Verlorene Betonabschirmung
nVBA	Gebinde, die nicht zu dem Gebindetyp „Verlorene Betonabschirmung“ gehören

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 10 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

1 Einleitung

Die Schachanlage Asse II, nördlich von Remlingen (Landkreis Wolfenbüttel, Niedersachsen), wurde von 1909 bis 1964 als konventionelles Bergwerk betrieben [66]. Im Abbau befanden sich Kali- und Steinsalze der Staßfurt- und Leine-Formation. Die Lagerstätte weist eine steile Lagerung auf und wurde im Kammerbau auf mehreren Sohlen aufgefahren [23].

Im Auftrag des Bundes wurden von 1967 bis 1978 ca. 47.000 m³ schwach- bis mittelradioaktive Abfälle in einige Kammern eingelagert [66]. Ab Mitte der 1990er Jahre wurde die Stilllegung der Schachanlage vorbereitet.

Seit 2009 wird die Schachanlage Asse II nach Atom- und Bergrecht betrieben [66] und es werden intensive Überwachungs- und Erkundungsmaßnahmen u. a. im Rahmen der sog. Faktenerhebung durchgeführt [29], [30], [34], [35], [10], [12], [28], [63], [64].

Mit dem Inkrafttreten des § 57b AtG im Jahr 2013, während der Durchführung des Schritt 1 zur Faktenerhebung, wurde nach § 57b Abs. 2 AtG die unverzügliche Stilllegung der Schachanlage Asse II veranlasst. Aus diesem Grund wurde nach Evaluierung der Faktenerhebung auf die Durchführung der Schritte 2 und 3 verzichtet, um mit dem Start der Arbeiten zur Rückholung an den Einlagerungskammern (ELK) beginnen zu können [66].

Diesem veränderten Vorgehen wurde u. a. mit der Einrichtung der Planungsgruppe zur Konzeptplanung der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Rechnung getragen. Die ELK 7/725 ist für die vorgezogene Rückholung ausgewählt worden, da diese mit den Einlagerungskammern beginnen soll, für die der höchste Kenntnisstand vorliegt [47].

Die Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 gliedert sich in nachfolgend benannte Arbeitspakete (AP).

- AP01/02 Planungsgrundlagen
- AP03/04 Grobkonzepte
- AP05/06 Technisches Konzept und Sicherheits- und Nachweiskonzept
- AP07 Erkundungsprogramm
- AP08 Zeit- und Kostenschätzung

Während in den Arbeitspaketen AP01/02 [47] vor allem die Darstellung des Ist-Standes insbesondere hinsichtlich rechtlicher, technischer und geologischer Kenntnisse bzgl. der ELK 7/725 erarbeitet wurde, dienen die Arbeitspakete AP03/04 [53] zur Erarbeitung von Grobkonzepten für die vorgezogene Rückholung der radioaktiven Abfälle aus ELK 7/725. In AP05 steht die Ausarbeitung eines technischen Konzeptes in Form einer konzeptionellen Planung im Vordergrund. Darin ist als Arbeitspaket AP06 ein Sicherheits- und Nachweiskonzept für die erarbeitete Vorzugsvariante integriert.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 11 von 84
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Ziel des hier vorliegenden Berichts zum AP07 (Erkundungsprogramm) ist die Darlegung eines Konzeptes zur Erhebung über bereits vorliegende Daten hinausgehender und für die weitere Planung und Genehmigung der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 zu verwendender Daten. Im Bericht des anschließenden Arbeitspaketes AP08 werden die Vorhaben der vorgezogenen Rückholung zeitlich und kostenseitig untersetzt.

Das Erkundungsprogramm umfasst hierbei geologische, hydrologische, gebirgsmechanische und radiologische Aspekte sowie Informationen zum Hohlraum der ELK 7/725 selbst. In Kapitel 2 werden sowohl die Zielstellung als auch das methodische Vorgehen zur Erarbeitung des AP07 vertiefend dargestellt.

<p align="center">Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm</p>						 <p>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</p>			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 12 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

2 Erkundung aus Sicht der Rückholungsplanung

Die vorgezogene Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 erfordert verbesserte Kenntnisse zur weiteren Planung und Genehmigung der Rückholungsarbeiten, um Risiken aus nicht bekannten und damit nicht berücksichtigten Einflussgrößen auf die Planung und Durchführung minimieren sowie unnötige Konservativitäten reduzieren zu können. Umfangreiche Dokumente zur Beschreibung der Situation sowie zu Überwachungsprogrammen, die u. a. während der Auffahrung der jetzigen Einlagerungskammern, der Einlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle und im Zusammenhang mit der Faktenerhebung sowie den Maßnahmen der Notfallvorsorge erstellt worden sind, liegen vor. Diese bilden die Grundlage für das in diesem Arbeitspaket beschriebene weitergehende Erkundungsprogramm aus Sicht der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725. Diese Erkundung umfasst die ELK 7/725 selbst sowie das Umfeld der ELK, in dem z. B. notwendige Infrastrukturräume aufgefahren werden können (Abb. 1).

Bei einer Extrapolation des heutigen Kenntnisstandes auf zukünftige Zustände am Beginn und während der Rückholung reduziert sich insbesondere die Belastbarkeit der bergbaulichen/gebirgsmechanischen Aussagen mit fortschreitender Zeitdauer. Diese Aussagen resultieren aus geologischen und geomechanischen Modellrechnungen, die es kontinuierlich zu validieren und zu verifizieren gilt. Ebenso ist der radiologische Zustand in der ELK zu überwachen und festzustellen, ob sich die Bedingungen gegenüber dem heutigen Zustand – soweit bekannt – verschlechtern bzw. ob die getroffenen radiologischen Planungsannahmen weiter zutreffend sind und ggf. Konservativitäten abgebaut werden können. Diese Kenntnisse bilden auch die Grundlage im zukünftigen Genehmigungsprozess. Die Konkretisierung bzw. Verifizierung der Randbedingungen bzw. Annahmen der Konzeptplanung [47], [53] ist ein übergeordnetes Ziel der Erkundung/Datenerhebung. Die Ergebnisse dessen bilden die Basis für zu treffende Entscheidungen, aus der ggf. ein Aktualisierungserfordernis der Planungen in den nächsten Planungsschritten resultiert. Die Zielstellungen dieser Erkundung/Datenerhebung sind von denen der allgemeinen Standortüberwachung der gesamten Schachanlage Asse II und der Faktenerhebung abzugrenzen. Die Faktenerhebung bezieht sich vor allem auf Untersuchungen zur ELK 7/750. Im Rahmen der Standortüberwachung erfolgt eine fortlaufende Dokumentation und Erhebung von Daten und Messwerten zur Validierung von Modellen bzw. Modellvorstellungen sowie zur Dokumentation des jeweils aktuellen Zustands des Grubengebäudes.

Die Erkundung aus Sicht der Konzeptplanung der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 beinhaltet mehrere Teilbereiche. Diese umfassen

- die Geologie, insbesondere hydrogeologische Aspekte, die vornehmlich Salzlösungsvorkommen in der Schachanlage Asse II berücksichtigen,
- die Gebirgsmechanik im Nahbereich der ELK 7/725 und der geplanten Infrastrukturräume (Abb. 1, vgl. auch Anhang 1),
- den Hohlraum der ELK 7/725

sowie

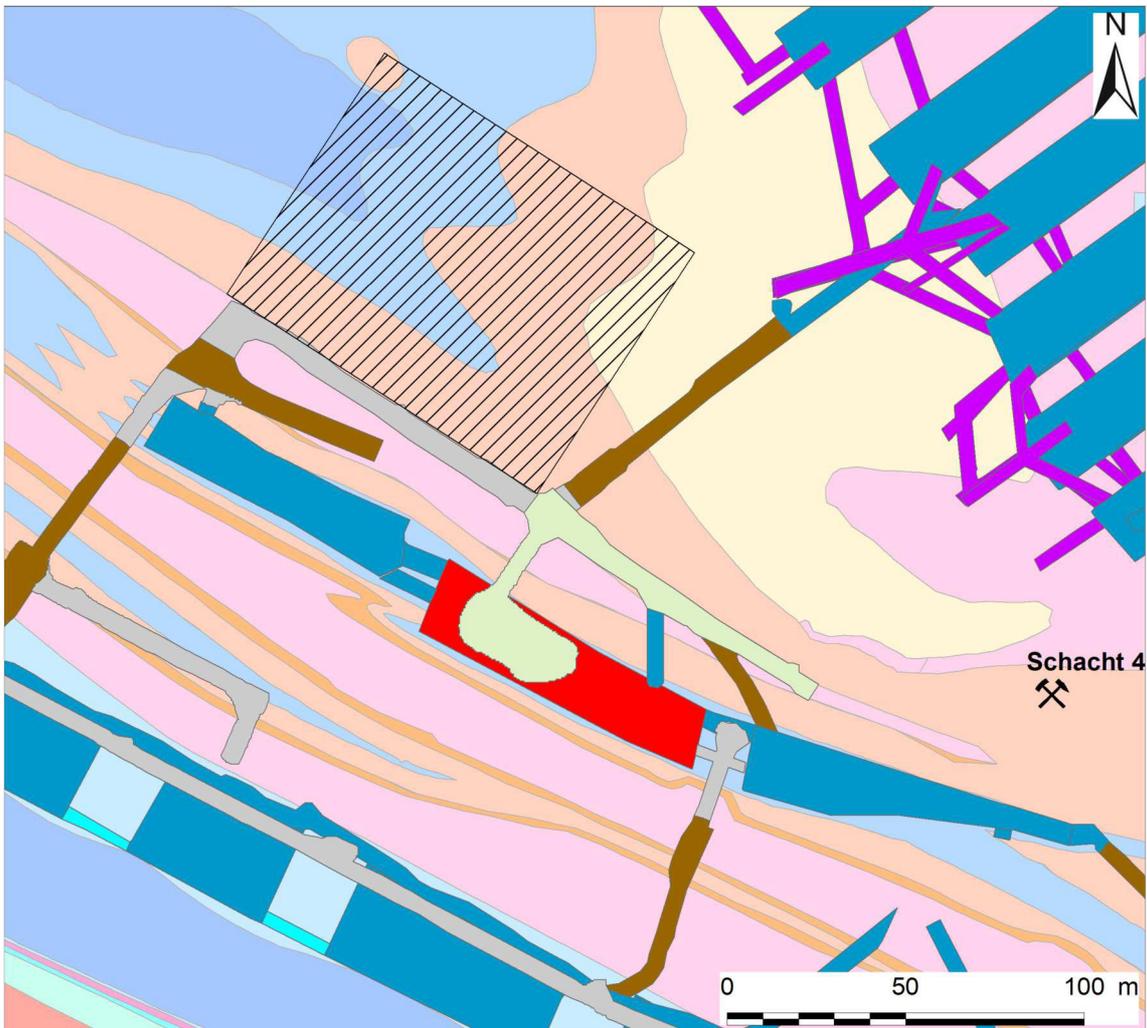
- radiologische und strahlenschutzrelevante Größen insbesondere im Nahbereich der ELK 7/725.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 13 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019



Legende:

Schacht	Einlagerungskammer (ELK 7/725)	K2C
Infrastruktur (neu)	Offenhaltung VR	Na2T
unbekannte Offenhaltung	Deckgebirge	Na2K
Sorelbeton	so1Na	Na2P
Salzversatz	NA4	Na2S
Widerlager (Sorelbeton)	T4	Na2Beta
konvergierter Hohlraum	Na3	

Abb. 1: Lage der ELK 7/725 inkl. einem möglichen Bereich für Infrastrukturräume mit Darstellung der geologischen Situation und der geplanten Art der Verfüllung entsprechend der Notfallplanung.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 14 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Nachfolgend werden aufgrund der unterschiedlichen bergbaulichen und radiologischen Anforderungen die Erkundungsbedarfe in separaten Kapiteln dargelegt. Eine generelle Übersicht des Ist-Standes der ELK 7/725 sowie deren Nahbereich wird jeweils vorangestellt (siehe Kapitel 3.1.1 für den geowissenschaftlichen und bergbaulichen Teil und Kapitel 4.2.1, 4.3.2, 4.3.5, 4.3.8, 4.3.11 und 4.4.1 für den radiologischen Teil). Diese Übersicht beinhaltet Kenntnisse zu Geologie, Hydrogeologie, den Dimensionierungen, der Zugänglichkeiten zur ELK 7/725 sowie deren Inventar und dem radiologischen Zustand. Entsprechend des Ist-Standes wird die Qualität der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung eingeschätzt (siehe Kapitel 3.1.2 für den geowissenschaftlichen und bergbaulichen Teil und Kapitel 4.2.2, 4.3.3, 4.3.6, 4.3.9, 4.3.12 und 4.4.2 für den radiologischen Teil), um Themenschwerpunkte für die weitere Erkundung bzw. Datenerhebung abzuleiten (siehe Kapitel 3.1.3 für den geowissenschaftlichen und bergbaulichen Teil und Kapitel 4.2.3, 4.3.4, 4.3.7, 4.3.10, 4.3.13 und 4.4.3 für den radiologischen Teil).

In einem weiteren Schritt erfolgt für den geowissenschaftlichen und bergbaulichen Teil die Darstellung von Erkundungsverfahren (siehe Kapitel 3.2.1) sowie Monitoringprogrammen (siehe Kapitel 3.2.2) im Kontext ihrer bisherigen Anwendung in der Schachanlage Asse II. Ein Abgleich der abgeleiteten Arbeitsschwerpunkte für die weitere Erkundung (siehe Kapitel 3.1.3) und der jeweiligen Verfahren sowie Monitoringprogramme dient der Ermittlung von Potentialen zur weiterführenden Erkundung in Bezug zur vorgezogenen Rückholung von radioaktiven Abfällen aus der ELK 7/725 (siehe Kapitel 3.2.3).

Den identifizierten, konkreten Maßnahmen entsprechend wird ein Vorschlag zur weiteren Erkundung und Datenerhebung für die ELK 7/725 mit vorlaufend durchzuführenden Tätigkeiten erstellt (siehe Kapitel 3.3 für den geowissenschaftlichen und bergbaulichen Teil und Kapitel 4.5 für den radiologischen Teil).

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 15 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

3 Geowissenschaftlicher und bergbaulicher Teil

3.1 Sachstand aus Sicht der Rückholungsplanung

3.1.1 Generelle Übersicht des Ist-Standes der ELK 7/725 inkl. Nahbereich

Geologie

Im Zusammenhang mit einer geologischen Erkundung sind i. d. R. neben dem generellen geologischen Rahmen, der strukturelle Aufbau einer Lagerstätte, deren Stoffbestand und fazielle Ausbildungen zu untersuchen. Übergeordnetes Ziel geologischer Vorerkundung ist es, die Kenntnis über das Gebirge zu vertiefen und damit einhergehend lithologische Grenzen, Mächtigkeiten, fazielle Ausbildungen, strukturelle Merkmale und potentielle Gefährdungsregionen im Vorfeld zu erkennen. Während die geologische Erkundung die sichere und effektive Gewinnung der Lagerstätte gewährleisten soll, nimmt dieser Aspekt für die vorgezogene Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 eine untergeordnete Rolle ein. Dennoch ist eine Adaption der zur Lagerstätten erkundung genutzten Methoden und Verfahren für das hier zur Rede stehende Ziel (Kapitel 2) sinnvoll.

Die Geologie im Umfeld der ELK 7/725 wurde bereits in [47] beschrieben und ist im Wesentlichen aus [95] entnommen bzw. beruht auf den Sohlen- und Seigerrissen der Markscheiderei der Asse [23]. Demnach befindet sich die ELK 7/725 vornehmlich im stratigraphischen Abschnitt des Speisesalz (Na₂S), der basalen Einheit des Hangendsalz der Staßfurt-Formation, und wird nach Norden und Süden durch das stratigraphisch zum Speisesalz im Hangenden lagernde Polyhalitbänkchensalz (auch Polyhalitisches Übergangssalz, Na₂P), flankiert. In südlicher Richtung folgt mit geringer Mächtigkeit von wenigen Metern das Kieseritische Übergangssalz (Na₂K). Das Tonliniensalz (Na₂T), das zwischen dem Polyhalitbänkchensalz und dem Kieseritischen Übergangssalz entwickelt ist, wurde hingegen nicht direkt im Umfeld der ELK 7/725 dokumentiert. Es fehlt im Süden der ELK 7/725 und schließt sich nach Norden mit einer Mächtigkeit von mehreren Dekametern an [23].

Die Zugänge der ELK 7/725 in Richtung Wendelstrecke befinden sich im Bereich der Faziesgrenzen Speisesalz – Polyhalitbänkchensalz und Polyhalitbänkchensalz – Kaliflöz Staßfurt (K₂C). Das Kaliflöz Staßfurt ist dort carnallitisch ausgebildet [23].

Ausgehend von der 725-m-Sohle [17] (Anhang 1) zur 750-m-Sohle [18] (Anhang 2) verläuft die Wendelstrecke nördlich der ELK 7/725 von Ost nach West zunächst im Polyhalitbänkchensalz, bevor die Fazies in das Kaliflöz Staßfurt übergeht. Im Bereich der Wendelkehre im Westen ist ein geringmächtiger Bereich mit Kieseritischem Übergangssalz aufgeschlossen, bevor die Fazies erneut in Polyhalitbänkchensalz übergeht. Dieses wechselt sich in einer engräumigen Verfaltung mit dem Speisesalz der Staßfurt-Formation ab.

Der potentielle Bereich der geplanten Infrastrukturräume (Abb. 1) befindet sich nördlich dieser Wendelstrecke und wurde auf Basis der geologischen Informationen und auf Basis des sehr geringen Durchbauungsgrades an dieser Stelle entsprechend der zur Verfügung stehenden risslichen Unterlagen [17], [18] bestimmt. Dort stehen vornehmlich Steinsalz-Fazies in Form von Polyhalitbänkchensalz, Speisesalz und Tonmittelsalz an.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 16 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Hydrogeologie

Hydrogeologische Fragestellungen, wie die Überwachung von Salzlösungsvorkommen, sind in produzierenden Werken als Aufgabengebiet der geologischen Überwachung einzugliedern. Für die Schachanlage Asse II besitzen sie eine besondere Bedeutung [57]. Das Grubengebäude der Schachanlage Asse II ist hydrogeologisch gefährdet, da aus dem postsalinaren Deckgebirge wässrige i. d. R. NaCl-gesättigte Lösungen zulaufen, die gegenüber anstehenden Kalisalzen Lösepotential besitzen [47]. Die Lösungen werden z. T. geochemisch und radiologisch untersucht (u. a. [11], [22]). In wenigen Ausnahmefällen konnte keine NaCl-Sättigung nachgewiesen werden. So wurde u. a. auf der 750-m-Sohle mehrheitlich eine geringe NaCl-Untersättigung festgestellt ([50], S. 31).

Im direkten Umfeld der ELK 7/725 ist mit einer Entfernung von ca. 20 m in Richtung SSW nur die Austrittsstelle L725006 bekannt, die im Übergang des Beta-Liniensalz der Leine-Folge (Na β) zum Kaliflöz Staßfurt (K2C) angetroffen wurde. Diese ist in Verbindung mit einer Transportbohrung (TpBrl. 130) zu bringen, die sich zwischen der 658-m-Sohle und der 725-m-Sohle erstreckt. Eine Beprobung der Austrittslösung ist aufgrund der geringen Austrittsrates nicht möglich. In der Abbaureihe der Südflanke, ca. 60 m südlich der ELK 7/725, häufen sich weitere Austrittsstellen. In Richtung Norden liegen die nächsten bekannten Katasterstellen über 200 m entfernt an den Kaliabbauen der Nordflanke [47].

Hohlraum- und Pfeilerdimension

Die Auffahrung des ehemaligen Abbaus 7/725 Na2 fand in den Jahren 1932 – 1936 statt [23]. Wesentliche Abmessungen der ELK 7/725 sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Zusammenstellung wesentlicher Abmessungen der ELK 7/725 sowie der mittleren Pfeilerstärken und der ungefähren seigern Abstände zu Grubenbauen [8], [4].

Hohlraum		
Mittlere Länge		84 m
Mittlere Breite		20 m
Mittlere Höhe		17 m
Planimetrierte Grundfläche		ca. 1.620 m ²
Pfeiler und Schweben		
Mittlere Pfeilerstärke	Norden	22 m
	Süden	60 m
	Osten/Westen	13 m – 15 m

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 17 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Mittlere Stärke der Schweben zur darunter liegenden ELK 2/750 Na2	6 m
Abstand zum nächsten darüber liegenden Grubenbau (Wendelstrecke)	ca. 160 m
Geringster Abstand zum Deckgebirge (im Firstniveau an der südwestlichen Einlagerungskammerecke in Richtung der Südflanke)	ca. 120 m

Zugänge zur ELK 7/725

Nachfolgend werden die Pfeiler- und Schwebendurchörterungen der ELK 7/725 tabellarisch dargestellt (Tab. 2). Diese sind bestehende Zugänge zur ELK 7/725.

Tab. 2: Auflistung der Kammerzugänge, die direkt an die ELK 7/725 anschließen inkl. Lagebeschreibung und Informationen zum Verschluss des jeweiligen Kammerzugangs [34].

Verbindung zu	Lage	Bemerkung
Abbau 8/725	Westlicher Pfeiler Firstniveau	Blasversatz
Abbau 8/725	Westlicher Pfeiler Sohlenniveau	Sturzversatz
Abbau 6/725	Östlicher Pfeiler Sohlenniveau	Sturzversatz
Abbau 6/725	Östlicher Pfeiler Firstniveau	Nicht versetzt
Wendelstrecke	Nördlicher Pfeiler Firstniveau	Nicht versetzt Durch Absperrgittertor verschlossen
Wendelstrecke	Nördlicher Pfeiler Firstniveau	Sturzversatz

Der sich im Westen direkt an die ELK 7/725 anschließende Abbau 8/725 ist mit Blasversatz firstbündig verfüllt, während der im Osten anschließende Abbau 6/725 teilversetzt ist [24]. Weiterhin gibt es im Firstniveau eine ausziehende Wetterbohrung mit einem Durchmesser von 500 mm, die

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 18 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

durch den nördlichen Pfeiler zum Streckenkreuz der Wendelstrecke mit dem Kammerzugang Nr. 57 führt. In den Sohlenzugängen zur ELK 7/725 befinden sich Rolllöcher, welche die 725-m-Sohle mit der darunter befindlichen Sohle verbindet. Es liegt keine Kenntnis über den aktuellen Zustand der Rolllöcher vor.

Von den ursprünglichen Zugängen ist nur die westlich gelegene Zufahrt von der Wendelstrecke aus befahrbar [28]. Die Stöße in der Wendelstrecke weisen z. T. Auflockerungen bis 2,5 m Eindringtiefe auf. Einige Firstrisse in der Wendelstrecke im betreffenden Abschnitt erreichen 1,5 m bis 2,0 m Tiefe [49]. Die vertikalen Konvergenzraten¹ im Bereich der Wendel liegen zwischen 0,88 mm/a und 3,4 mm/a. In 2017 wurde der intensiv geschädigte Nordstoß über eine Strecke von ca. 65 m mit einer Sorelbetonmauer stabilisiert [58].

3.1.2 Einschätzung der Qualität der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung

Bezogen auf den Ist-Stand der vorliegenden Informationen (siehe Kapitel 3.1.1) in Bezug auf die vorgezogene Rückholung der radioaktiven Abfälle der ELK 7/725 erfolgte bereits eine grobe Einschätzung der Qualität der vorliegenden Informationen [5]. Diese betraf die ELK 7/725 sowie deren Nahbereich² und wird nachfolgend um Einschätzungen für den in Kapitel 2 dargestellten, geplanten Auffahrungsbereich für Infrastrukturräume entsprechend der Zielstellung ergänzt.

Hinsichtlich der Geologie besteht sowohl stratigraphisch als auch lithologisch eine gute Übereinstimmung des Risswerks [16], [17], [18], [23] mit der Vorort-Situation der ELK 7/725 und deren Nahbereich. Aufgrund des geringen Durchbauungs- und Erkundungsgrades des Bereiches der geplanten Infrastrukturräume nördlich der ELK 7/725 sind die dort vorliegenden Informationen aus Sicht der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 hingegen als unzureichend zu bewerten [16], [17], [18], [23].

Hydrogeologische Informationen liegen in vielfältigen Dokumentationen (siehe Kapitel 3.1.1 und 3.2.2) vor, die sowohl die Lokation als auch die Entwicklung der bekannten Salzlösungsvorkommen abdeckt (u. a. [19]). Aus diesen geht hervor, dass Lösungsaustritte auf der 725-m-Sohle lediglich im Bereich der Südflanke angetroffen worden sind. In der ELK 7/725 sind trockene Verhältnisse belegt worden. Die nächstgelegene Lösungsfassungsstelle befindet sich ca. 60 m südlich der ELK 7/725 im Bereich der Abbaue 1 bis 4, wo die aus dem Hangenden austretenden Lösungen, die nicht auf der 658-m-Sohle³ gefasst werden konnten, aufgefangen werden [58]. Trotz der ausführlichen Dokumentation der Salzlösungsvorkommen ist es hilfreich, vor allem in klüftigen Gebirgsbereichen und an Faziesgrenzen, durch Vorerkundung Feuchtigkeit oder Salzlösungsvorkommen zu

¹ Die in der Wendelstrecke installierten Messstellen K17, K21 und K22 haben horizontale und vertikale Messrichtungen auf der 700-m-Sohle und der 725-m-Sohle erfasst [58].

² Der Nahbereich um die ELK 7/725 umfasst maximal einige Dekameter.

³ Derzeit werden über 95 % der Salzlösungen der Südflanke an der Hauptfassungsstelle in Abbau 3/658 gefasst [58].

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 19 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

detektieren. Dies gilt sowohl für den Nahbereich der ELK 7/725 als auch für den Bereich der geplanten Infrastrukturräume (Abb. 1).

Die Qualität der vorliegenden Informationen zur Gebirgsmechanik im Nahbereich der ELK 7/725 sind für den Zweck der vorgezogenen Rückholung ebenfalls als nicht ausreichend einzuschätzen.

Die Informationen zur tatsächlichen Mächtigkeit der Schweben zwischen der ELK 7/725 und der darunter liegenden ELK 2/750 Na2 sind eher vage (siehe Kapitel 3.1.1). Bereits während der Einlagerung wurden Ausbrüche und Trennflächen beobachtet. Es fehlen konkrete Angaben zur tatsächlichen Dimension, der Integrität, dem Grad der Schädigung, der Permeabilität und dem vorherrschenden Spannungszustand. Ähnliches gilt für den Zustand der Schweben zwischen der ELK 2/750 Na2 und dem darunter liegenden Abbau 2/775.

Unmittelbar im Hangenden der ELK 7/725 befinden sich keine Abbaue. Wengleich die Firste im begehbaren Bereich der ELK 7/725 keine offensichtlichen Risse erkennen lässt und eine gute Inaugenscheinnahme möglich ist, ist der Kenntnisstand über die vorliegenden Informationen im Gebirge aus Sicht der vorgezogenen Rückholung als unzureichend zu bewerten. Mögliche Schwächezonen oberhalb der ELK 7/725 müssen ebenso identifiziert werden wie die Größe und Ausbildung von ggf. vorhandener Auflockerungszonen.

Dies gilt auch für den nördlichen Pfeiler der ELK 7/725, der visuell gut zu bewerten ist und einen gebrauchstauglichen Zustand vermuten lässt. Informationen zu Spannungszuständen und Auflockerungszonen im Pfeiler selbst sind hingegen zukünftig zu erheben.

Auch der östliche Pfeiler der ELK 7/725 ist teilweise visuell zu bewerten und zeugt von einem stark beanspruchten Zustand des Pfeilers. Genauere Untersuchungen hinsichtlich des Spannungszustandes, der Permeabilität und des tatsächlichen Schädigungsgrades stehen sowohl für den östlichen Pfeiler der ELK 7/725 als auch für den der ELK 2/750 Na2 aus.

Die Informationslage am südlichen Pfeiler der ELK 7/725 sowie dem der ELK 2/750 Na2 ist aus Sicht der vorgezogenen Rückholung als unzureichend zu bewerten. Der südliche Pfeiler ist im begehbaren Bereich der ELK 7/725 nicht mehr sichtbar. Dennoch sind dort anhand von Fotodokumentationen Abschaltungen dokumentiert [75]. Anhaltspunkte zum Spannungszustand, zur tatsächlichen Größe und Ausbildung der Auflockerungszonen oder dem tatsächlichen, aktuellen Verlauf des Südstoßes liegen nicht vor.

Eine ähnliche Einschätzung der Qualität der vorliegenden Informationen ergibt sich für den westlichen Pfeiler der ELK 7/725 bzw. der ELK 2/750 Na2. Dieser weist einen hohen Durchbauungsgrad auf (siehe Kapitel 3.1.1). Informationen zum Spannungszustand, der Permeabilität und dem Schädigungsgrad liegen nicht vor.

Weiterhin gilt es, die Information in der Wendelstrecke im Bereich der 750- bis zur 700-m-Sohle einzubeziehen, um ggf. Rückschlüsse für die ELK 7/725 treffen zu können. Neben Georadarmessungen gibt es im Bereich der Wendelstrecke von der 750- bis zur 700-m-Sohle Kontrollbohrungen, Konvergenz- und Fissurometermessungen [42], [58]. Die Qualität der vorliegenden Informationen ist für den beschriebenen Bereich als gut einzuschätzen [5].

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 20 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Die Zugänge zu der ELK 7/725 (siehe Kapitel 3.1.1) sind teilweise befahrbar, so z. B. der nordwestliche Zugang im Firstniveau, und teilweise versetzt [5]. Daher ist die visuelle Inaugenscheinnahme nur in den frei zugänglichen Bereichen möglich, sodass die Qualität der vorliegenden Informationen über die Zugänge zur ELK 7/725 als visuell gut bis aus Sicht der vorgezogenen Rückholung unzureichend zu bewerten ist. Neben der Größe und Ausbildung der Auflockerungszonen an den Zugängen sind auch die tatsächlichen, jeweiligen Verfüllgrade⁴ der versetzten und teilversetzten Zugänge zu ermitteln.

Die tatsächliche Hohlraumdimension der ELK 7/725 (siehe Kapitel 3.1.1) ist bisher nur unzureichend bekannt. Derzeitige Stoßverläufe, vor allem im versetzten Teil der ELK 7/725, können nur vermutet werden. Die Hohlraumkontur in den nicht zugänglichen Bereichen der ELK 7/725 ist derzeit nur aus Fotodokumentationen [75] abschätzbar. Informationen zu Spannungszuständen im Konturbereich und Auflockerungszonen liegen daher nicht vor. Die Hohlraumkontur im noch zugänglichen Bereich der ELK 7/725 ist bekannt. Dennoch sind Spannungszustände im Konturbereich, Auflockerungszonen und ggf. vorhandene Störungsbereiche eingehender zu untersuchen. Ähnliche Einschätzung gilt für die unmittelbar unterlagernde ELK 2/750 Na2, für die ebenfalls unklar ist, ob und inwiefern ein Firstspalt vorhanden ist.

3.1.3 Rückschlüsse zu Themenschwerpunkten für zukünftige Erkundung

Der Erhebungsbedarf weiterer Daten leitet sich aus dem in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Ist-Stand und der Einschätzung der Qualität der Informationen (siehe Kapitel 3.1.2) ab. Da die Qualität der vorliegenden Informationen je nach Lage des zu untersuchenden Bereiches variiert, werden zu untersuchende Themenschwerpunkte in Bezug zu dieser gesetzt (vgl. Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4).

Für die weitere geologische Erkundung (Abb. 2) sind vor allem Lithologie, Stratigraphie und Hydrogeologie von Bedeutung. Dabei sollte der räumliche Fokus vor allem auf dem geplanten Infrastrukturbereich liegen. Daneben können auch derzeit versetzte, nicht zugängliche Bereiche Durchfeuchtungen aufweisen, die es zu detektieren oder auszuschließen gilt. Lithologische und hydrogeologische Erkenntnisse sind in den Planungen der Lage und Dimensionierung der Infrastrukturbereiche zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind ggf. detektierte Durchfeuchtungen in das bestehende Lösungsmanagement zu integrieren.

Gebirgsmechanische Untersuchungen (Abb. 3) im weiteren⁵ und engeren⁶ Sinn [5] sind dringend notwendig, um die bergmännische Sicherheit zu gewährleisten [28]. Hierbei wird von einer Fortführung des derzeitigen gebirgsmechanischen Überwachungsprogramms für das Grubengebäude entsprechend der Standortüberwachung [58] ausgegangen, um die Modellrechnungen für die Tragfähigkeitsanalyse im Bereich des Sattelkerns zu verfeinern. Dabei ist

⁴ Der Begriff Verfüllgrad wird als Verhältnis von verfülltem Volumen zu aufgefahretem Volumen eines Hohlraums definiert [69]. Der Verfüllgrad dient zur Ableitung der Versatzmenge der ELK 7/725, die im Zuge der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle gehandhabt werden muss.

⁵ Grubengebäude

⁶ Nahbereich der ELK 7/725

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 21 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

eine Ausweitung des gebirgsmechanischen Überwachungs- und Untersuchungsprogramms im engeren Sinne notwendig. Es müssten hierzu folgende Themenschwerpunkte mitbetrachtet werden:

- Spannungszustand,
- Konvergenz

und

- Permeabilität.

Darüber hinaus sind Ableitungen bezüglich der

- Dimensionierung,
- Schädigung,
- Auflockerungszone,
- ggf. vorhandenen Schwächezonen

und

- des Verfüllgrades

der ELK 7/725 sowie deren Nahbereich zu treffen.

Gegebenenfalls aus Spannungszuständen resultierende Verformungen (vgl. Kapitel 3.2.2) umfassen die Dehnung und Stauchung innerhalb eines bestimmten Bereiches und werden u. a. durch Angabe der Minimalspannung und Dilatanz beziffert, was zur Bestimmung der Integrität der anstehenden Gesteine dient. Die Konvergenz entspricht der Volumenverringerng des Hohlraumes über die Zeit aufgrund von Gebirgsdruck. Zur Validierung der modellmäßig aus der globalen Konvergenzrate interpolierten Daten ist eine messtechnische Absicherung der lokalen Konvergenzrate im Nahbereich der ELK 7/725 sinnvoll [28]. Die Permeabilität stellt im gebirgsmechanischen Sinn die potentielle Möglichkeit dar, Fluiden Wegsamkeiten durch bestehendes Gebirge zu bieten und ist daher generell hinsichtlich ihres Grades und ihrer Ausbildung zu untersuchen.

ELK-spezifische (Abb. 4) Themenschwerpunkte für die weitere Erkundung umfassen vor allem den Hohlraum betreffende Eigenschaften, wie die Lage, Geometrie oder Hohlraumkonturen. Daneben ist die Kammeratmosphäre von entscheidender Bedeutung für die vorgezogene Rückholung der radioaktiven Abfälle. Im Fall der ELK 7/725 liegt eine Bewetterung und Befahrbarkeit vor, sodass nicht von toxischer oder explosionsfähiger Kammeratmosphäre auszugehen ist [28]. Die Überwachung der Kammeratmosphäre der ELK 7/725 unterliegt dem Routinemessprogramm des Strahlenschutzes (siehe hierzu auch Kapitel 4.4 ff.).

Gesteinskennwerte der verschiedenen anstehenden Salzgesteine sind prinzipiell vorhanden und sollten in Zukunft standortspezifisch nach Möglichkeit bestimmt werden. Im Hinblick auf die genannten Themenschwerpunkte, die mit einem Erkundungs- und Untersuchungsprogramm abgedeckt sein müssen, wird die Komplexität dieser Aufgabe offensichtlich.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 22 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Geologie			
	ELK 7/725	Nahbereich	Infrastrukturbereich
Lithologie	(Asse, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a)	(Asse, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a)	Einheiten, Grenzen...
Stratigraphie	(Asse, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a)	(Asse, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a)	Einheiten, Grenzen...
Hydrogeologie	(Asse, 2015a, 2015b, 2015c, 2016a)	anгр. Tragelemente (BfS & Asse, 2015)	Durchfeuchtung

Legende

- Erkundung / Untersuchung nicht möglich bzw. sinnvoll
- weitere Erkundung / Untersuchung nicht nötig
- Erkundung / Untersuchung nötig

Abb. 2: Übersicht über Themenschwerpunkte bezüglich geologischer Fragestellungen.

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 23 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Gebirgsmechanik								
Nahbereich ELK 7/725								
	Hangendes	Schwebe ELK 7/725 und ELK 2/750	Pfeiler				Wendelstrecke 700- bis 750-m-Sohle	Zugänge zur ELK 7/725
			nördlich	östlich (ebenso ELK 2/750)	südlich (ebenso ELK 2/750)	westlich (ebenso ELK 2/750)		
Spannungszustand	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung	Fortführung Monitoring	Messung für befahrbare Zugänge
Konvergenz	vertikal		horizontal	horizontal	horizontal		Fortführung Monitoring	horizontal und vertikal in befahrbaren Zug.
Permeabilität	Größenordnung	Größenordnung	Größenordnung	Größenordnung	Größenordnung	Größenordnung	Größenordnung	Größenordnung
Dimension		Mächtigkeit	zugänglich, dokumentiert (Asse, 2009)	zugänglich, dokumentiert (Asse, 2009)	teils zugänglich, dokumentiert (Asse, 2009)	zugänglich, dokumentiert (Asse, 2009)	zugänglich, dokumentiert (BfS, 2016f)	Volumen, Lage
Schädigung	Grad, Art, Lokation	Grad, Art, Lokation	Grad, Art, Lokation	Grad, Art, Lokation	Grad, Art, Lokation	Grad, Art, Lokation	Grad, Art, Lokation	Grad, Art, Lokation
Auflockerungszone*	Größe, Ausbildung	inkl. mgl. Firstspalt ELK 2/750	Größe, Ausbildung	Größe, Ausbildung	Größe, Ausbildung	Größe, Ausbildung	Größe, Ausbildung	Größe, Ausbildung
Schwächezone*	Vorhandensein, Materialkennwerte	Vorhandensein, Materialkennwerte	Vorhandensein, Materialkennwerte	Vorhandensein, Materialkennwerte	Vorhandensein, Materialkennwerte	Vorhandensein, Materialkennwerte	Vorhandensein, Materialkennwerte	Vorhandensein, Materialkennwerte
Verfüllgrad							zugänglich, dokumentiert (BfS, 2016f)	Volumen, Lokation

	Schwebe ELK 2/750 und Abbau 2/775	Infrastrukturbereich
Spannungszustand	Messung	Messung
Konvergenz		
Permeabilität	Größenordnung	Größenordnung
Dimension	Mächtigkeit	
Schädigung	Grad, Art, Lokation	Grad, Art, Lokation
Auflockerungszone*	inkl. mgl. Firstspalt ELK 2/775	
Schwächezone*	Vorhandensein, Materialkennwerte	Vorhandensein, Materialkennwerte
Verfüllgrad		

Legende

- Erkundung / Untersuchung nicht möglich bzw. sinnvoll
- Erkundung / Untersuchung fortsetzen
- weitere Erkundung / Untersuchung nicht nötig
- Erkundung / Untersuchung nötig

*Schwächezone: Zone im Gebirge, in der geologische Störung(en) oder fazielle bzw. lithologische Übergänge, bevorzugt Migrationspfade für Lösungen bieten oder zu Löserfällen führen können
 *Auflockerungszone: Zone, die sich als Folge der mechanischen Beanspruchung des Gebirges durch Hohlraumauflagerungen entwickelt (Wieczorek et al., 2011, /U87/)

Abb. 3: Übersicht über Themenschwerpunkte bezüglich gebirgsmechanischer Fragestellungen.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 24 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

ELK-spezifisch			
		zugängliche Bereiche	nicht zugängliche Bereiche
Hohlraum	Lage	zugänglich, dokumentiert (Asse 2009)	Position
	Geometrie	zugänglich, dokumentiert (Asse 2009)	Dimension, Abmessung
	Konturen	zugänglich, dokumentiert (Asse 2009)	Verläufe Stöße, Firste, Sohle
Kammeratmosphäre (Strahlenschutz nicht enthalten)		Kammer offen	Gase (toxisch, explosiv, brennbar)
Verfüllgrad		zugänglich, dokumentiert (Asse 2009)	Volumen Versatzmaterial, Versatzdruck

Legende

- Erkundung / Untersuchung nicht möglich bzw. sinnvoll
- weitere Erkundung / Untersuchung nicht nötig
- Erkundung / Untersuchung nötig

Abb. 4: Übersicht über Themenschwerpunkte für die Datenerhebung ELK-spezifischer Fragestellungen.

<p align="center">Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm</p>						 <p>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</p>			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 25 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

3.2 Erkundungsverfahren und Monitoring

In Kapitel 3.1.3 konnte ein Bedarf zur Erhebung weiterer Daten ausgewiesen werden. Für die Durchführung von weiteren Erkundungen der ELK 7/725 sind folgende Prämissen zu berücksichtigen:

- Es müssen je nach Erkundungsverfahren brand- und explosionsschutztechnische sowie sicherheitstechnische Maßnahmen ergriffen werden [29], [30].
- Radiologische Zustände vor Ort sind zu beachten. Kontaminationsverschleppungen in das restliche Grubengebäude sind zu vermeiden.
- Für eine angemessene Bewetterung muss gesorgt sein.
- Direkte Erkundungen (nicht zerstörungsfrei) im Bereich der eingelagerten Gebinde werden nicht durchgeführt.
- First- und Stoßsicherheit ist herzustellen.
- Je nach Erkundungsverfahren sind ggf. erforderliche Sonderbetriebspläne zu erstellen und genehmigen zu lassen.
- Bestehende, ggf. zu ergänzende Brandschutz-, Rettungs- und Fluchtpläne sowie weitere Sicherheitskonzepte sind zu beachten.
- Die Festlegungen des Genehmigungs- respektive Anzeigebereichs (siehe Kapitel 4.5) sowie des strahlenschutzrelevanten betrieblichen Regelwerks sind zu beachten.
- Bestehende Regularien zu Probenahmen von Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen sind zu beachten.
- Bergrechtliche Vorgaben und atom- und strahlenschutzrechtliche Regelungen sind einzuhalten.

3.2.1 In der Schachanlage Asse II derzeit angewandte Erkundungsverfahren im Überblick

Erkundungsverfahren werden einerseits in nicht zerstörungsfreie, direkte (Kapitel 3.2.1) und andererseits zerstörungsfreie, indirekte (Kapitel 3.2.1) Verfahren untergliedert. Erstere umfassen vor allem Bohrungen und zeichnen sich durch den direkten Aufschluss des Gebirges bzw. des Haufwerks aus. Zu Letzteren zählen vor allem geophysikalische Erkundungsverfahren (Tab. 3).

Im Kapitel 3.2.1 erfolgt eine Kurzcharakterisierung der jeweiligen Erkundungsverfahren inkl. des Zieles der Erkundung, den Vorteilen der Verfahren sowie deren Grenzen und negative Einflüsse. Daneben wird eine Bewertung hinsichtlich der Anwendung des jeweiligen Verfahrens im Salzbergbau allgemein und in der Schachanlage Asse II speziell vorgenommen.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 26 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Nicht-zerstörungsfreie Erkundungsverfahren

Neben dem gezielten Entnehmen von Probenblöcken, wie z. B. für die Ermittlung gesteinsmechanischer Parameter üblich, zählen Bohrungen zu den nicht-zerstörungsfreien Erkundungsverfahren. In diesem Zusammenhang werden z. T. Kernmärsche zur Bestimmung von Mineral- und Elementgehalten beprobt [11]. Probenahmen mittels Saugen und mit Probenahmebechern wurden bereits im Rahmen der Faktenerhebung durchgeführt. Der Probenahmeprozess wurde mit Hilfe einer Kamera festgehalten und gesteuert [64]. Weitere übliche nicht-zerstörungsfreie Verfahren der Beprobung sind Schlitzbeprobungen und die Gewinnung von Handstücken mit Hilfe von Hammer und ggf. Meißel.

Bohrungen werden sowohl im Bereich der Lagerstättenerkundung allgemein als auch für Kali- und Steinsalzlagerstätten im Speziellen standardmäßig angewandt. Neben Bohrungen mit Kerngewinn gibt es auch Bohrungen ohne Kerngewinn, die als technische Bohrungen oder zu Erkundungszwecken dienen. Erkundungsbohrungen stehen nachfolgend im Fokus der Diskussion.

Im Vorfeld von Erkundungsbohrungen sind notwendige Sicherheitseinrichtungen zur Vermeidung von Lösungs- und Gasaustritten [45] zu installieren. Das Teufen einer Erkundungsbohrung erfolgt gerichtet und kann z. B. durch die Erstellung verschiedener Ablenker entlang der ursprünglichen Bohrspur ergänzt werden [12].

Die Bohrerkundungen selbst werden von geophysikalischen Messprogrammen begleitet, die einerseits zur Kontrolle des Bohrlochs⁷ dienen und andererseits vor dem Hintergrund spezieller Fragestellungen durchgeführt werden (siehe auch Kapitel 3.2.1). Es besteht generell die Möglichkeit, Gasproben für weiterführende Untersuchungen zu gewinnen. Weiterhin können ggf. notwendige Abdichtungen, z. B. durch Injektion, in einem bestehenden Bohrloch durchgeführt werden [35]. Am Ende der Erkundungsarbeiten sind Bohrungen ggf. zu verschließen [9].

Beim Betreiber der Schachanlage Asse II liegen umfangreiche Erfahrungen hinsichtlich des Erstellens von Erkundungsbohrungen von wenigen Zehnermetern bis hin zu einigen hundert Metern Länge vor [11], [13], [62]. Diese umfassen u. a. die Erprobung von Bohrtechniken und Arbeitsabläufen im Hinblick auf die geplante Erkundung der jeweiligen Einlagerungskammern (u. a. [63]). Die Erkundung der Schweben und Pfeiler mittels Bohrungen ist beispielsweise bereits Bestandteil des Hauptbetriebsplanes [41] sowie von Sonderbetriebsplänen (u. a. [12], [44]). Daneben wurden Firstkontrollbohrungen zur Erkundung von Schwächezonen [58] bzw. eigens erstellte Bohrungen zur Messung von Permeabilität [85], [51], [65], [71] abgeteuft. Auch das Anbohren von Einlagerungskammern wurde im Zuge der Faktenerhebung geplant [37] und durchgeführt [74]. Dabei wurden für bestimmte Bohrabschnitte (z. B. Bitumen, Asphalt) spezielle Bohrkronensysteme verwendet, die bereits auf ihre Handhabung hin überprüft worden sind [10]. Methodische und technische Detailinformationen zur Bohrerkundung sind u. a. [35], [37], [45] zu entnehmen.

⁷ u. a. Kalibermessungen, Überwachung von Bohrlochverläufen mittels Gyrosonden [10], [12], [62]

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 27 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Zerstörungsfreie Erkundungsverfahren

Unter zerstörungsfreien Erkundungsverfahren werden all jene zusammengefasst, die keinen direkten Aufschluss des Gebirges bzw. des Haufwerkes erfordern. Je nach Erkundungsverfahren können zerstörungsfreie Verfahren nur bedingt als solche gelten, da ihnen z. T. eine „Zerstörung“ von Gesteinsmaterial vorausgeht. Ein Bohrloch-Scan ist beispielsweise nur durchführbar, nachdem ein Bohrloch erstellt wurde. Das Verfahren selbst ist hingegen zerstörungsfrei. Ebenso wie die nicht-zerstörungsfreien Erkundungsverfahren werden diese genutzt, um möglichst umfassende und detaillierte Informationen zum Untergrund zu erhalten und den Erkundungsgrad zu erhöhen.

Einen ersten Überblick zu Lithologie, Stratigraphie sowie strukturelle Merkmale des Standortes liefert das Erkundungsverfahren der untertägigen geologischen Kartierung (Streckenkartierung). Dieses Verfahren wird in der Schachanlage Asse II angewandt (u. a. [15], [16], [17]).

Eine detailliertere Aussage zu den lithologischen, stratigraphischen und strukturellen Rahmenbedingungen ermöglichen u. a. optische Verfahren wie beispielsweise der Bohrloch-Scan, welcher ebenfalls in der Vergangenheit in der Schachanlage Asse II angewandt wurde [12], [45], [46]. Dieses Verfahren setzt jedoch ein bereits vorhandenes Bohrloch voraus. Das gilt auch für die Kamerabefahrung, die genutzt wird, um eventuelle Auflockerungszonen, Klüfte/Risse und/oder Durchfeuchtungsbereiche zu identifizieren. Dieses Verfahren fand in der Vergangenheit mehrfach Anwendung in der Schachanlage Asse II (u. a. [10], [12], [51], [21], [45]).

Detaillierte Aussagen zu Hohlraumgeometrien können mit Hilfe von echometrischen Verfahren, wie Lasermessungen, getroffen werden. Dabei können mit mobilen Messsystemen auch unzugängliche Bereiche erreicht werden. Neben Streckenauffahrungen zählen auch ELK und Abbaue zu möglichen Anwendungsgebieten in der Schachanlage Asse II (u. a. [58]).

Um ein detailliertes räumliches Bild des Untergrundes zu erhalten, werden geophysikalische Erkundungsverfahren wie beispielsweise

- Sonar,
- Geoelektrik,
- Georadar,
- Geomagnetik,
- Gravimetrie

oder

- Geoseismik

genutzt.

Diese ermöglichen ggf. eine Identifizierung von Anomalien (Störungszonen, Lösungsvorkommen, magnetische Störkörper) im Untergrund. Mit Ausnahme der Verfahren Gravimetrie und Sonar wurden die oben genannten Verfahren bereits erfolgreich an der Schachanlage Asse II durchgeführt (u. a. [35], [12], [67], [73], [78], [58], [36]). Zusätzlich können tiefeindringende Metalldetektoren

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 28 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

genutzt werden, um eventuelle metallische Körper im Untergrund zu orten. Dies wurde jedoch bisher nicht in der Schachanlage Asse II durchgeführt.

Eine tabellarische Zusammenfassung der möglichen zerstörungsfreien Erkundungsverfahren und deren Einsatzbereiche sind in Tab. 4 zusammengefasst. Dort sind neben der Nennung der jeweiligen Erkundungsverfahren auch die jeweiligen Erkundungsziele, wesentliche Vorteile, ggf. besondere Voraussetzungen sowie Grenzen und negative Einflüsse dargestellt. Daneben wird darüber informiert, ob das genannte Verfahren im Salzbergbau allgemein bzw. in der Schachanlage Asse II speziell angewandt wird oder wurde. Die darüber hinaus gegebene Einschätzung zum zeitlichen Aufwand bezieht sich auf den Bereich der ELK 7/725 inkl. Pfeiler, Schweben und Zugänge sowie den neu aufzufahrenden Infrastrukturbereich. Dabei ist der Zeitbedarf immer abhängig vom Grad der Detailliertheit. So ist die quantitative Interpretation einer Anomalie aufwendiger als die Feststellung der Anomalie selbst. Je nach Fragestellung der Erkundung führt oftmals die Kombination von mehreren Erkundungsverfahren zu einer größeren Bestimmtheit der Ergebnisse.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 29 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Tab. 3: Übersicht über zerstörungsfreie Erkundungsverfahren (unter Verwendung von: [112], [97], [83], [91], [96], [102], [85], [104], [72], [73], [10], [80], [109], [11], [12], [51], [88], [89], [15], [35], [36], [84], [16], [17], [21], [22], [70], [99], [77], [78], [45], [46], [48], [67], [78], [3], [108], [58], [63], [65], [90], [105]).

Methoden	Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen	Wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung Schachanlage Asse II	Zeitschätzung
<u>Untertägige geologische Kartierung</u>	Dokumentation und Bewertung von Lithologie Fazies Stratigraphie Struktur und Tektonik Besonderheiten etc.	geringer Materialaufwand	-	-	-	Ja	Ja	Erste Aussagen sofort; je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage bis Wochen
<u>Kamerabefahrung</u>	Visualisierung von Aufbau von Verschlussbauwerken Beschaffenheit von Bohrungen Lagerung Lithologische Wechsel Äußerlicher Zustand von Gebinden Feuchtstellen Rissen und Auflockerungen	Vorliegen der Informationen in kurzer Zeit mit geringem Materialaufwand	Erfordert zwingend die Herstellung einer Bohrung Luft- bzw. mit klarer Lösung erfülltes Bohrloch	nicht in jedem Fall eindeutig	Ablagerung an der Bohrlochwand Trübung von Lösungen im Bohrloch	Ja	Ja	Erste Aussagen sofort; je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage
<u>Bohrloch-Scan</u> OPTV - optische Scanner BHTV - akustische Scanner	Visualisierung und Darstellung von Lithologie Struktur Klüften, Rissen (inkl. Einmessung) und Auflockerungszonen Bohrlochkontur (Rauigkeit)	OPTV: hochaufgelöst orientiertes 360°-Abbild der Bohrlochwand Echtfarben	Erfordert zwingend die Herstellung einer Bohrung OPTV: mit Luft bzw. klarer Flüssigkeit gefülltes Bohrloch BHTV: mit Lösung gefüllte Bohrung, wobei Lösung nicht klar sein muss	Störkörper im Fernbereich mit vergleichbarem Signal wie gleichartige, aber kleinere Störkörper im Nahbereich Je nach Sondentyp ausschließlich ferromagnetische Anomalien (OPTV) oder Nichteisen-Metalle (Vallon-Sonde) detektiert	Ablagerung an der Bohrlochwand OPTV: Trübung von Lösungen im Bohrloch	Ja	Ja	Erste Aussagen sofort; je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 30 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Methoden	Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen	Wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung Schachanlage Asse II	Zeitschätzung
<p><u>Laser</u></p> <p>Mit Hilfe von Lasersystemen Zeilen- oder rasterartiges Erfassen von Hohlräumen Entfernungs- und Winkelmessungen</p>	<p>Bestimmung von Hohlräumen (Geometrie, Oberflächeninhalt, Volumen, Kontur)</p>	<p>Mobile Messsysteme für unzugängliche Bereiche Anwendung in flüssigen oder gasförmigen Medien möglich RGB-Farben ermittelbar, wenn Lasersystem über kalibrierte Digitalkamera verfügt</p>	<p>Ausreichende Ausleuchtung bei Verwendung kalibrierter Digitalkamera</p>	<p>Auflösung bis 1 mm Zugänglichkeit Sondenlängen Reichweite je nach Modell über 500 m</p>	<p>Störsignale (z. B. Oberflächenreflexanzen) können Messergebnisse beeinflussen</p>	Ja	Ja	Erste Aussagen sofort; je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage bis Wochen
<p><u>Sonar</u></p> <p>mit Hilfe von Ultraschallsystemen Echometrische Hohlraumvermessung bzw. akustisches Wellenfeld im Gebirge</p>	<p>Bestimmung von Hohlräumen (Geometrie, Oberflächeninhalt, Volumen) Gesteinsarten, Auflockerungszonen, Rissen, Klüften (bei direkter Ankopplung an das Gebirge)</p>	<p>Mobile Messsysteme für unzugängliche Bereiche Anwendung in flüssigen oder gasförmigen Medien möglich Keine Signaldämpfung aufgrund von Durchfeuchtungsbereichen</p>	<p>Erfordert in einigen Fällen die Herstellung einer Bohrung</p>	<p>Hohe Auflösung korreliert mit hohen Frequenzen und geringer Eindringtiefe Geringe Bohrlochtaufen erschweren Interpretation Abschalungen, Klüfte, Risse und Hohlräume gut detektiert, wobei aufgrund fast vollständiger Reflexion der Ultraschallwellen begrenzte Eindringtiefe Zugänglichkeit Sondenlängen</p>	<p>Störsignale (z. B. Oberflächenreflexanzen) können Messergebnisse bei Hohlraumvermessung beeinflussen Erschwerte Ankopplung bei unregelmäßiger Bohrloch bzw. Stoßkontur</p>	Ja	Nein	Erste Aussagen sofort; je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage bis Wochen
<p><u>Geoelektrik</u></p> <p>Elektromagnetisches Verfahren</p>	<p>Lokalisierung von Durchfeuchtungen Lösungsvorkommen metallischen Ablagerungen</p>	-	<p>Ankopplung der Elektroden bei Abschaltungen gewährleisten</p>	<p>Korrosion kann Stärke magnetischer Anomalien verändern</p>	<p>Starke Anfälligkeit für Störsignale (z. B. Magnetfelder stromdurchflossener Leiter, metallische Einbauten) Luftgefüllte Klüfte und Hohlräume erschweren Detektion</p>	Ja, wenngleich auch kein Standardverfahren im produzierenden Salzbergbau	Ja	Erste Aussagen sofort; je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage bis Wochen

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 31 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Methoden	Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen	Wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung Schachtanlage Asse II	Zeitschätzung
<p>Sonderfall - <u>Metalldetektor</u></p> <p>Elektromagnetische Induktion</p>	Ortung von Metallobjekten im Untergrund	<p>Schnell, preisgünstig und empfindlich</p> <p>geringe Beeinflussung durch nahe seitliche Metallobjekte</p> <p>Auflösung Metallobjekte nahezu unabhängig von Leitfähigkeit des Gebirges</p>	Messprofile nach Möglichkeit senkrecht zu lang ausgedehnten Objekten	<p>Reichweite i. d. R. wenige Dezimeter; bei Spezialausrüstung wenige Meter</p> <p>Lagegenauigkeit abhängig von Größe und Tiefenlage (Zentimeter, Dezimeter)</p> <p>Einzelobjekte nicht näher definierbar</p>	Störsignale durch metallische Einbauten (z. B. Anker) und Gegenstände bei zu geringen Abständen zum Messort	Nein	Nein	Einige Stunden
<p><u>Georadar</u></p> <p>auch EMR; elektromagnetische Reflexionsmessung</p> <p>Elektromagnetisches Verfahren</p> <p>Streckenradar</p> <p>Bohrlochradar ("Crosshole"-Messungen möglich)</p>	<p>Bestimmung von Lithologischen Grenzen</p> <p>Lösern Strukturellen Besonderheiten (Störungen, Klüfte, etc)</p> <p>Hohlräumen, Hohlraumkonturen</p> <p>Auflockerungszonen</p> <p>Durchfeuchtungszonen</p> <p>Metallischen und nichtmetallischen Einlagerungen</p>	<p>Auflösung und Eindringtiefe entsprechend unterschiedlicher Frequenzen wählbar</p> <p>Bei niedrigen Frequenzen große Eindringtiefe von mehreren hundert Metern möglich</p> <p>Bei hohen Frequenzen Detektion kleiner Strukturen</p>	Erfordert ggf. die Herstellung einer oder mehrerer Bohrungen	<p>Einlagerungen (z. B. Ton, Anhydrit) reduzieren Eindringtiefe</p> <p>Richtungebestimmung von Reflektoren unter Tage nur mit Mehraufwand</p>	<p>Lösungen bzw. Feuchtigkeit führen zu Reflektorausfällen</p> <p>Komplexe Strukturen erschweren Auswertung; dann Messungen in allen Richtungen mit unterschiedlichen Frequenzen und Antennenpolarisationen empfehlenswert</p>	Ja	Ja	Erste Aussagen sofort; je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage bis Wochen
<p><u>Geomagnetik</u></p> <p>Potentialverfahren</p> <p>Messung der magnetischen Feldstärke</p> <p>Anomalien in Bezug zu dem Erdmagnetfeld</p>	Bestimmung von Tiefe und Geometrie magnetischer Objekte	Kostengünstig	<p>Lithologische und strukturelle Aussagekraft vornehmlich in Gebieten mit kristallinem Gebirge gegeben</p> <p>Erfassung von nicht anomalem Umfeld zur Darstellung von Anomalie</p>	Mehrdeutigkeit; unterschiedliche Störkörper können die selbe Anomalie hervorrufen	<p>Korrosion kann Stärke magnetischer Anomalien verändern</p> <p>Beeinflussung durch magnetisch wirksame Gegenstände</p>	Nein	Ja	Erste Aussagen sofort; je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage bis Wochen
<p><u>Gravimetrie</u></p> <p>Potentialverfahren</p> <p>Messung von Anomalien im Schwerfeld</p>	Bestimmung von Dichteinhomogenitäten Lagerungsteufe, laterale Erstreckung und Mächtigkeit von Schwereanomalien	Keine Beeinflussung durch metallische Objekte	<p>Lage- und Höhenmessung</p> <p>Erfordert ggf. die Herstellung einer Bohrung</p> <p>Erfordert gesicherte Angaben über Gesteinsdichten im Untersuchungsbereich</p>	<p>Keine Durchführung in senkrechten Bohrungen</p> <p>Aufwendige Korrekturen bei Anwendung unter Tage</p> <p>Aussagekraft abhängig von Größe der Schwereanomalie</p>	<p>Hoher Messaufwand</p> <p>Potentialtheoretisch bedingte Unschärfe bedingt immer Zusatzinformationen zur Interpretation der Messergebnisse</p>	Ja, wenngleich auch kein Standardverfahren im produzierenden Salzbergbau	Nein	Je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage bis Wochen

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 32 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Methode	Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen	Wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung Schachanlage Asse II	Zeitschätzung
<u>Geoseismik</u> gezielte Anregung elastischer Wellen und Messung der Wellengeschwindigkeiten Refraktionseismik, Reflexionsseismik, etc.	Bestimmung von geologischen Strukturen lithologischen und faziellen Grenzen Auflockerungszonen Hohlräumen elastischen Parametern (z. B. Poissonzahl)	„Crosshole Tomographie“ zwischen Bohrungen möglich Keine Beeinflussung durch metallische Objekte	Energiequelle Kenntnis geologischer Randbedingungen	Auflösevermögen abhängig von Wellenlänge des Signals Komplexe Strukturen können in Verbindung mit ungünstiger Messanordnung Auswertung erschweren	Seismische Wellen in Auflockerungszonen gebeugt und gestreut, wodurch Bestimmung von Einsatzzeiten der Wellen erschwert	Ja	Ja	Erste Aussagen sofort, je nach Aufwand der Auswertungen einige Tage bis Wochen

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 33 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

3.2.2 In der Schachtanlage Asse II derzeit angewandte Monitoringverfahren

Nachfolgend schließt sich die Übersicht über Verfahren zur Erkundung im Sinne von weiterer Datenerhebung an (Tab. 4), die in der Schachtanlage Asse II bereits angewandt werden und in der Vergangenheit angewandt worden sind. Im Anschluss daran werden umfassendere Ausführungen zu den Monitoringverfahren in Bezug zur ELK 7/725 und deren Nahbereich gegeben (Kapitel 3.2.2). Die derzeit angewandten Verfahren (Tab. 3, Tab. 4) dienen der Beurteilung der Tragfähigkeit von Tragelementen und/oder der Gebrauchstauglichkeit von Grubenhöhlräumen im Rahmen von gebirgsmechanischen Tragfähigkeits- und Zustandsanalysen der Pfeiler und Schweben.

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 34 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Tab. 4: Übersicht über Verfahren zur Erkundung im Sinne von weiterer Datenerhebung (unter Verwendung von: [98], [113], [82], [94], [85], [73], [92], [51], [93], [15], [100], [20], [21], [22], [71], [103], [58], [65]).

Methoden	Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen	wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung Schachtanlage Asse II	Zeitschätzung
<u>Spannungsmessungen</u> In-situ in Bohrungen (Hydrofracsondierungen) an Bohrkernen und Übertragung auf in-situ Bedingungen	Bestimmung von Größe und Richtung der Hauptnormalspannung Absolutwerten von Spannungen und Spannungsänderungen	-	Erfordert die Herstellung einer Bohrung; je nach Methode Großbohrloch bzw. Kernbohrung Kraftschluss von Druckaufnehmern in Bohrungen	Spannungsverhalten kann sich bei ähnlicher Mineralogie unterscheiden; Standortabhängigkeit	-	Ja	Ja	Monate bis Jahre
<u>Konvergenzmessungen</u> Messungen von Horizontal- und Vertikalverschiebungen im Gebirge fixierte Konvergenzmessstelle	Bestimmung von Konvergenzen und Verformungen	-	Verankerung der Messeinrichtung Wartung der Messeinrichtung Kalibrierung der Messeinrichtung vor jeder Messkampagne	-	Temperaturschwankungen beeinflussen Messgenauigkeit	Ja	Ja (seit 1991) (ELK 7/725 mit Messstellen 7201 und 7202 nur mit horizontaler Messrichtung)	Jahre
<u>Permeabilitätsmessungen</u> Druckbeaufschlagung mit verschiedenen Methoden (Pulse bzw. Constant Rate Test) an Hohlraumkontur im Bohrloch mittels Gas oder Flüssigkeit	Bestimmung von Permeabilität Herleiten von Schädigungen	Permeabilitätsmessungen mittels Gas schnell Permeabilitätsmessungen mittels Flüssigkeiten deutlich länger als mit Hilfe von Gas	Erfordert die Herstellung einer Bohrung; je nach Methode Hohe Anforderungen an Messgenauigkeit und Auflösung aufgrund geringer Permeabilität von Salzen	Permeabilitätsmessungen mittels Gas bei Vorhandensein von Feuchtigkeit in Aussage begrenzt Permeabilitätsmessungen mittels Flüssigkeit in Aussage genauer Geringste Unebenheiten an Bohrlochwandung und Stößen können zu Undichtigkeiten und Umläufigkeiten der Packerapparatur führen	Temperaturänderungen (Bohrloch-) Konvergenzen und Divergenzen während der Messung	Ja	Ja (nur im Bohrloch)	Einige Wochen

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 35 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Methoden	Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen	wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung Schachtanlage Asse II	Zeitschätzung
<u>Extensometer- bzw. Fissurometermessungen</u> Verformungszustand	Bestimmung von Dehnung Spannung Riss- und Klüftentwicklung	kontinuierliche Überwachung	Verankerung im Gebirge	zu hohe Spannweiten	-	Ja	Ja	Jahre
<u>Mikroseismik</u> Schallemissionsanalyse i. d. R. Messung im Frequenzbereich 100 Hz bis 5 kHz; Erfassung höher energetischer Ereignisse Mit Hilfe von Geophonen	Detektion von Rissen in-situ Dilatanz bzw. Auflockerungszonen	Größerer Überwachungsbereich als bei Mikroakustik möglich Keine Herstellung von Bohrlöchern erforderlich	-	Ortsgenauigkeit bis ca. 30 m Reichweite ca. 1 km	Schalldämpfung bei vermehrtem Auftreten von Klüften und Rissen möglich	Ja	Ja	Jahre
<u>Mikroakustik</u> Schallemissionsanalyse i. d. R. Messung im Frequenzbereich 1 kHz bis 100 kHz; Erfassung niedrig energetischer Ereignisse Mit Hilfe von piezoelektrischen Aufnehmern	Detektion von Mikrorissen in-situ Dilatanz bzw. Auflockerungszonen Rissbildung, -fortschritt Bruchvorgängen Plastischer Verformung	Höhere Empfindlichkeit als bei Mikroseismik Bestimmung der Ursache (Zugspannung vs. Scherspannung) von Rissen mittels Momententensors	Erfordert die Herstellung von Bohrungen zeitaufwendige Installation der Messapparatur (Schachtanlage Asse II ca. 1 - 2 Jahre)	Ortsgenauigkeit 0,1 m bis 1,0 m Reichweite ca. 60 m (100 kHz) bis 300 m (10 kHz) Zuordnung von Vorgängen zu betrieblichen Arbeiten oder gebirgsmechanisch relevanten Ereignissen nicht trivial	Schalldämpfung bei vermehrtem Auftreten von Klüften und Rissen möglich	Ja	Ja	Jahre

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 36 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Spannungs- und Verformungszustand

Pfeilerstauchungsraten [87] und -querdehnungsraten [41] dienen zur Ermittlung von Beträgen der minimalen Hauptnormalspannungen, der Hauptspannungsdifferenz, von Deformationen und Horizontalverschiebungsanteilen. Aus diesen Parametern lässt sich auf die Tragfähigkeit von Pfeilern und Pfeilerensembles folgern [31]. Seit der Installation von Lagemesspunkten an dem jeweiligen Nord- und Südstoß des befahrbaren Bereiches der ELK 7/725 bewegen sich diese nachweisbar nach Süden [58].

Es erfolgen Spannungsmessungen in den Tragelementen [41], [57] mittels 39 aktiver Spannungsmonitorstationen. Die Messungen finden nur oberhalb der 700-m-Sohle statt und dienen zur Ermittlung der minimalen, maximalen und mittleren Hauptspannung und der Lokalisierung von Pfeilern bzw. Baufeldbereichen, die hohen Druckspannungen ausgesetzt sind. Minimalspannungssondierungen können auch in Erkundungsbohrungen durchgeführt werden [63].

Verformungsmessungen beinhalten Extensometermessungen und Konvergenzmessungen, wobei 24 aktive Extensometermessstellen in der Südflanke und 71 Konvergenzmessstellen in den Baufeldern der Südflanke und dem Sattelkern positioniert sind [57]. In der ELK 7/725 selbst sind zwei Konvergenzmessstellen verortet, die gegenüberliegend am nördlichen und südlichen Stoß des befahrbaren Bereiches und somit im Staßfurt-Speisesalz (Na₂S) montiert sind. Im Abstand von ca. 50 m bis ca. 100 m von der ELK 7/725 sind sechs weitere Konvergenzmessstellen auf der 725-m-Sohle installiert, die sowohl im Kaliflöz Staßfurt (K₂S) als auch im Polyhalitbänkchensalz (Na₂P) und Kieseritischem Übergangssalz (Na₂K) liegen [57]. Aus diesen Konvergenzmessstellen wurden horizontale Verformungsraten von 0,44 ‰/a (2013), 0,30 ‰/a (2014), 0,47 ‰/a (2015) und 0,27 ‰/a (2016) abgeleitet [40], [52]. Die gemessenen horizontalen Konvergenzraten in der ELK 7/725 werden mit 4,39 mm/a (01.11.2016) und 7,61 mm/a (01.11.2017) angegeben [58].

Neben den Extensometer- und Konvergenzmessungen werden markscheiderische Messungen durchgeführt. Diese beinhalten Richtungs-, Lage- und Höhenmessungen [57]. In Bohrungen installierte Druckaufnehmer benötigen 1-2 Jahre, um einen Form- und Kraftschluss zu erreichen und belastbare Ergebnisse liefern zu können [73].

Mikroseismische Erfassung

Insgesamt sind 29 Mikroseismikstationen aktiv, von denen keine im direkten Umfeld der ELK 7/725 installiert ist. Die nächstgelegenen Mikroseismikstationen befinden sich auf der 750-m-Sohle ca. 120 m nordöstlich der ELK 2/750 Na₂ sowie auf der 700-m-Sohle in direkter Schachtnähe zu Blindschacht 2. Auf Basis der mikroseismischen Messungen konnten relative Häufungen seismischer Ereignisse entlang der Südflanke im Niveau zwischen der 775-m-Sohle und der 700-m-Sohle detektiert werden. Die mikroseismische Aktivität liegt weiterhin insgesamt auf hohem Niveau, wobei die Mikroseismizität im Bereich der Sattelkerns im zentralen Teil der 700- bis 750-m-Sohle zugenommen hat [57].

Zwischen Oktober 2016 und Juni 2017 wurden mikroseismische Ereignisse innerhalb der ELK 7/725, im südlichen Teil der genannten ELK, sowie im nördlichen und östlichen Pfeiler der

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 37 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

ELK 7/725 registriert, wobei die Magnituden im Bereich von ca. -3 und -2 M_L ⁸ lagen [58]. Zur Klärung wären die Rohdaten der mikroseismischen Erfassung heranzuziehen.

Lokale Monitoringprogramme

Lokale Monitoringprogramme umfassen u. a. mikroakustische Überwachung, Konvergenzmessungen, Firstkontrollbohrungen, Firsttextensometer, Inklinometer, Gipsmarker, Firstüberwachungspunkte, Georadarmessungen, Fissurometermessungen [57], [58]. Derzeit befindet sich, mit Ausnahme von zuvor beschriebenen Konvergenzmessstellen, keines der lokalen Monitoringprogramme im direkten Umfeld der ELK 7/725. Allein der Bereich der Wendelstrecke zwischen der 673- bis 775-m-Sohle ist Teil der lokalen Monitoringprogramme. Die in der Wendelstrecke in verschiedenen Abschnitten dokumentierten, geschädigten Bereiche (vgl. [86]) wurden teilweise bereits saniert (u. a. [58]), um eine temporäre Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit der Grubenbaue während der Sanierung zu gewährleisten. In einigen Fällen steht eine Sanierung noch aus. Zudem befindet sich im östlichen Teil des Abbaus 6/725 ein Rollloch in der Firste, das horizontale Risse aufweist. Dies soll verfüllt werden [57].

Salzlösungsmonitoring

Durch regelmäßige Befahrungen, in-situ Messung von Temperatur und Dichte sowie durch die Beprobung und Überwachung der chemischen und physikalischen Parameter durch interne und externe Untersuchungen erfolgt die kontinuierliche Überwachung der Salzlösungen im Grubengebäude der SchachanlageASSE II. Im Ergebnis des Salzlösungsmonitoring auf der 725-m-Sohle wurde festgestellt, dass die Auffangrate der Salzlösungen in der Richtstrecke nach Westen (sog. Gleitbogenausbaustrecke) auf der 725-m-Sohle im Jahr 2017 gegenüber 2016 von 574 l/d im Mittel auf ca. 367 l/d abgenommen hat. Ab September bis zum Jahresende 2017 stieg die Fassungsrate der Salzlösung auf der 725-m-Sohle von ca. 280 l/d auf 500 l/d an. Im Juni 2018 lag die Auffangrate bei ca. 580 l/d. Zusätzlich wird Lösung weiter lokal in Bohrungen gefasst. Eine signifikante Veränderung der Zusammensetzung der Lösung wurde nicht beobachtet [57], [58].

3.2.3 Identifizieren von Potentialen hinsichtlich der Anwendung von Erkundungsverfahren

Nachfolgend werden Erkundungsverfahren (Abb. 5, Abb. 6, Abb. 7) im Sinne weiterer Datenerhebung nach Abgleich der Kapitel 3.2.1 und Kapitel 3.2.2 in Bezug zum jeweiligen Erkundungsziel (Kapitel 3.1.2, Kapitel 3.1.3) dargestellt. Abb. 5 beschreibt die Erkundung der geologischen Verhältnisse des Infrastrukturbereichs, wohingegen Abb. 6 und Abb. 7 das direkte Umfeld und die ELK 7/725 selbst betreffen. Die jeweiligen Erkundungsziele, die in Abb. 5 aufgezeigt

⁸ M_L : Die lokale Magnitude ist ein mikroseismisches Maß für die Intensität eines Erdbebens. Die lokale Magnitude wurde in den 1930ern auf einen Wert 0 bezogen. Dies erschien zu diesem Zeitpunkt als kleinstmöglicher, jemals messbarer Wert. Moderne Seismographen erfassen heutzutage jedoch sehr viel kleinere Bodenbewegungen. Daher sind sehr schwache, gerade noch messbare Erdbeben mit negativen Magnituden (ca. -2 bis -3 M_L) angegeben [101], [81].

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 38 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

sind, wurden bereits in Abb. 2 definiert. Gleiches gilt für Abb. 2 und Abb. 3 bzw. für Abb. 7 und Abb. 4.

Um die geologischen Verhältnisse des aufzufahrenden Infrastrukturbereichs (Abb. 5) im Vorfeld der Rückholung zu erkunden, können diverse, zerstörungsfreie und nicht-zerstörungsfreie Verfahren angewandt werden. Inwiefern ein Verfahren als dienlich bzw. nicht dienlich eingeschätzt wird, basiert auf der Kurzcharakterisierung des jeweiligen Verfahrens in Tab. 3 und den Ausführungen in Kapitel 3.2.1. Neben dieser Einschätzung ist weiterhin ein Hinweis gegeben, welche der Erkundungsverfahren ggf. einen Bohraufschluss bedingt.

Gleiches gilt für Abb. 6 und Abb. 7, wobei für die Erkundung im Sinne weiterer Datenerhebung vor allem die Kurzcharakterisierung der Verfahren aus Tab. 4 ausschlaggebend ist. Da jedoch nicht alle Erkundungsziele mit Hilfe von Monitoringverfahren (Kapitel 3.2.2) erreicht werden können, finden auch Inhalte der Tab. 3 Berücksichtigung. So ist z. B. die Bestimmung der Dimension der Schweben zwischen der ELK 7/725 und der ELK 2/750 Na2 bzw. zwischen der ELK 2/750 Na2 und dem Abbau 2/775 oder der Zugänge zur ELK 7/725 (vgl. Abb. 3) unter Anwendung weiterer Verfahren möglich.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 39 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Geologie Infrastrukturbereich				
		Lithologie	Stratigraphie	Hydrogeologie
*Geologische Kartierung / Aufnahme	(B)	✓	✓	✓
Kamerabefahrung	B	✓	✗	✓
Bohrloch-Scan	B	✓	✓	✓
Geoelektrik		✗	✗	✓
Georadar	(B)	✓	✓	✓
Geomagnetik		✗	✗	✗
Gravimetrie	(B)	✓	✓	✗
Geoseismik	(B)	✓	✓	✓
Geosonar	(B)	✓	✓	✗
Bohrung	B	✓	✓	✓

Legende

- ✗ Methode nicht dienlich
- ✓ Methode dienlich

- B** Bohrung notwendig
- (B)** je nach Methode Bohrung notwendig

*Die geologische Kartierung bzw. Aufnahme ist nur für neue Auffahrungen sinnvoll.

Abb. 5: Übersicht über die dienlichen und nicht dienlichen Verfahren zur Erkundung des Infrastrukturbereiches.

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 40 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

		Spannungszustand	Konvergenz	Permeabilität	Dimension	Schädigung	Auflockerungszone*	Schwächezone*	Verfüllgrad* (Zugänge zur ELK 7/725)
Erkundung im Sinne weiterer Datenerhebung									
Spannungsmessungen	B	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Konvergenzmessungen		✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Permeabilitätsmessungen	(B)	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✗
Extenso- bzw. Fissurometermessungen		✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Mikroseismik		✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Mikroakustik	B	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Erkundung (zerstörungsfrei, nicht zerstörungsfrei)									
Geologische Kartierung / Aufnahme		✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗
Kamerabefahrung	B	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗
Bohrloch-Scan	B	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗
Echometrische Hohlräumvermessung	(B)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Georadar	(B)	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Geoseismik	(B)	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Sonar	(B)	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Bohrung	B	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓

Legende
 ✗ Methode nicht dienlich B Bohrung notwendig
 ✓ Methode dienlich (B) je nach Methode Bohrung notwendig

*Schwächezonen: Zonen im Gebirge, in der geologische Störung(en) oder fazielle bzw. lithologische Übergänge, bevorzugt Migrationspfade für Lösungen bieten oder, bei Vorhandensein von Auffahrungen in diesem Bereich, zu Löserfällen führen können.

*Auflockerungszonen: Zonen, von der Hohlraumkontur ins Gebirge hinein, die sich als Folge der mechanischen Beanspruchung des Gebirges durch Auffahrungen entwickelt (nach Wieczorek et al. 2011).

*Verfüllgrad: Volumenanteil von Versatzmaterial im Hohlraum

Abb. 6: Übersicht über die Erkundung im Sinne weiterer Datenerhebung von Parametern, die für eine gebirgsmechanische Bewertung wesentlich sind.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 41 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

ELK-spezifische Erkundung nicht zugänglicher Bereiche						
Verfahren		Hohlraum			Kammeratmosphäre (Strahlenschutz nicht enthalten)	Verfüllgrad (ELK 7/725)
		Lage	Geometrie	Konturen		
Laser	B	✓	✓	✓	✗	✗
Sonar	(B)	✓	✓	✓	✗	✗
Georadar	(B)	✓	✓	✓	✗	✗
Geoseismik	(B)	✓	✓	✓	✗	✗
Bohrung	B	✓	✓	✓	✗	✓
Gasbeprobung und -messung	B	✗	✗	✗	✓	✗

- Legende**
- ✗ Methode nicht dienlich
 - ✓ Methode dienlich
 - B Bohrung notwendig
 - (B) je nach Methode
Bohrung notwendig

Abb. 7: Übersicht über die Erkundung von ELK-spezifischen Parametern.

3.3 Konzept des geowissenschaftlichen und bergbaulichen Erkundungs- und Datenerhebungsprogramms

Auf Basis der generell für ein bestimmtes Erkundungsziel bzw. eine Fragestellung dienlichen Verfahren (Kapitel 3.2.3) erfolgt die Aufstellung des Erkundungs- und Datenerhebungsprogramms. Dieses umfasst nach dem Vorbild gängiger Praxis in produzierenden Salzbergwerken und an der Schachanlage Asse II (u. a. [63]) die Kombination verschiedener Verfahren. Dennoch enthält das Erkundungs- und Datenerhebungsprogramm nicht die gesamte Fülle aller als dienlich eingeschätzten Verfahren (Abb. 5, Abb. 6, Abb. 7). In der Anwendung erhalten die Verfahren den Vorzug, die

- das Erkundungsziel erreichen können,
- das günstigste Aufwand-Nutzen-Verhältnis aufweisen

und

- bereits als Standardverfahren in der Schachanlage Asse II erprobt sind.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 42 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Für den Fall, dass das ausgewählte Verfahren nicht die gewünschten Ergebnisse erzielt, können ggf. ergänzende Verfahren angewandt werden (Kapitel 3.2.3). Der Erkundungs- und Datenerhebungsprozess ist iterativ und gliedert sich daher in aufeinander aufbauende Entscheidungsstufen, wie die jeweiligen Vorschläge zur Erkundung bzw. weiteren Datenerhebung zeigen (Abb. 8, Abb. 9, Abb. 10).

Ein weiteres wichtiges Kriterium in diesem Prozess ist die Erstellung von Bohrungen. Diese sind für die Anwendung bestimmter Erkundungsverfahren im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung notwendig.

Für einige Verfahren bzw. Verfahrensführungen (Abb. 5, Abb. 6, Abb. 7) an der Schachthanlage Asse II können atomrechtliche Genehmigungen oder Genehmigung nach dem Strahlenschutzrecht erforderlich sein, vgl. auch Kap 4.5. Sollten aufgrund von Strahlenschutz-bedingten oder atomrechtlichen Anforderungen bestimmte Verfahren im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung nicht anwendbar sein, muss ggf. ein alternatives Verfahren angewandt werden. Steht für ein Erkundungsziel kein alternatives dienliches Verfahren zu Verfügung, so kann das Erkundungsziel im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung nicht erreicht werden.

Nachfolgend werden Vorschläge zur weiteren Vorgehensweise in Bezug auf die

- geologische Erkundung des geplanten Infrastrukturbereichs (Abb. 8),
- Erkundung und Datenerhebung gebirgsmechanischer Parameter im Nahbereich der ELK 7/725 und angrenzender Bereiche (Abb. 9)

sowie

- Erkundung ELK-spezifischer Parameter für nicht zugängliche Bereiche der ELK 7/725 (Abb. 10)

vorgestellt. Die Erläuterungen gelten unter der Voraussetzung, dass die derzeitige Standortüberwachung [58] fortgesetzt wird. Sämtliche Arbeiten sind unter Gewährleistung einer ausreichenden Bewetterung, des Strahlenschutzes und der Arbeitssicherheit durchzuführen.

Für die Erkundung des Infrastrukturbereiches (Abb. 1) im Norden der ELK 7/725 ist es empfehlenswert, dass zunächst ausgehend von der Wendelstrecke Streckenradarmessungen durchgeführt werden, um neben lithologischen und stratigraphischen Übergängen auch ggf. vorhandene Feuchtstellen oder Schwächezonen im Gebirge zu erkennen. In einem weiteren Schritt gilt es zu klären, ob im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung die Möglichkeit von Bohraufschlüssen in diesem Bereich besteht, da dort keine Aufschlüsse bekannt sind.

Es ist im Vorfeld von Neuauffahrungen nützlich, mit Hilfe von Erkundungsbohrungen vertiefende Kenntnisse über die anstehenden Gesteine sowie deren gebirgsmechanischen Eigenschaften zu gewinnen. Dieses Vorgehen ist Bestandteil der allgemeinen Arbeitsabläufe in der Schachthanlage Asse II, sodass neben den notwendigen technischen Mitteln auch Erfahrungen im Umgang mit der Erstellung von Bohrungen vorliegen. Ein weiterer Aspekt betrifft die Sicherheit der Grube im Fall des potentiellen Antreffens von Lösungen. Erfahrungsgemäß können Lösungsaustritte, die über Bohrungen zulaufen, besser beherrscht werden als Lösungsaustritte, die über große Streckenquerschnitte zutreten.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 43 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Bohrungen könnten ausgehend von dem nördlichen Stoß der Wendelstrecke bzw. dem Streckenkreuz der Wendelstrecke und des bereits verfüllten Querschlages zu dem Kaliabbauen abgeteuft werden. Bohransatzpunkte und -verläufe wären dabei generell markscheiderisch einzumessen. Da Kernbohrungen nach einer geologischen Dokumentation auch Material für geotechnische Untersuchungen liefern, sind diese zu favorisieren (Kapitel 3.2.1). Ein Vorschlag zum weiteren möglichen Erkundungsablauf ist Abb. 8 zu entnehmen.

Sollte es im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung nicht möglich sein, Bohrungen zur Erkundung des Infrastrukturbereichs abzuteufen, können abhängig von den Ergebnissen und der Qualität der vorgeschlagenen Streckenradarmessungen zusätzliche zerstörungsfreie Erkundungsverfahren angewandt werden (Abb. 5). Detaillierte Aussagen zu Lithologie und Stratigraphie würden in diesem Fall ebenso entfallen wie Erkenntnisse aus gebirgsmechanischen Untersuchungen.

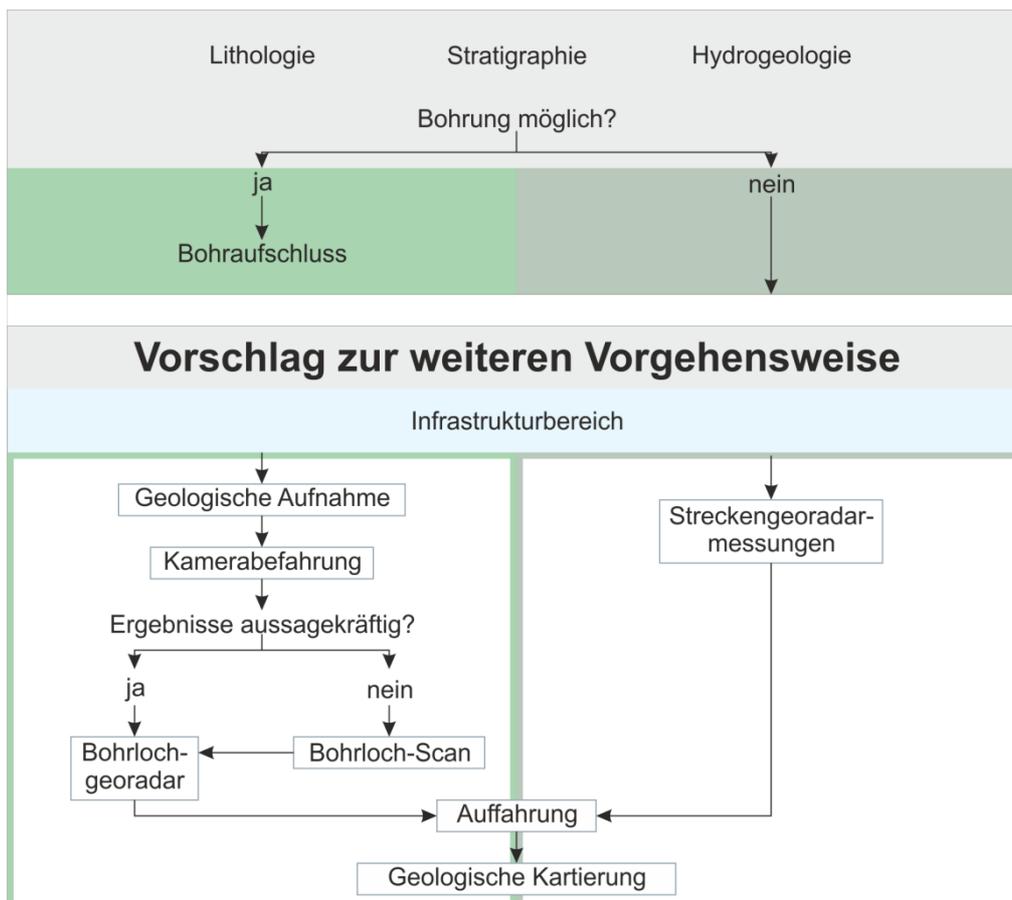


Abb. 8: Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise in Bezug zur Erkundung geologischer Daten im Bereich der geplanten Infrastrukturräume im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung.

Entsprechend der Erfahrungen (u. a. [21]) zu gebirgsmechanischen Parametern und deren Veränderlichkeit über die Zeit wird empfohlen, wiederholend bzw. kontinuierlich bis zum Beginn der

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 44 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Arbeiten für die vorgezogene Rückholung zu messen, um gebirgsmechanische Modellrechnungen an diesen Messergebnissen kalibrieren bzw. validieren zu können. Für die Untersuchung der gebirgsmechanischen Parameter im Nahbereich der ELK 7/725 sowie angrenzender Bereiche (Abb. 9) wird empfohlen, verwendete Messgeräte hinsichtlich ihrer exakten Lokation markscheiderisch einzumessen.

Zur weiteren Detektion von Schädigungen und Auflockerungszonen im Gebirge in der gesamten Grube sowie im Speziellen im Nahbereich und den Zugängen der ELK 7/725 sowie der Wendelstrecke im Abschnitt zwischen der 700-m- bis 750-m-Sohle und dem Infrastrukturbereich ist die Fortführung der mikroseismischen Überwachung zu empfehlen. Es ist zu prüfen, inwiefern eine Verdichtung des Messnetzes möglich ist, da im Vorfeld der Erkundung der ELK 7/725 ein hoher Planungsaufwand steht.

Im Fall von vorhandenen Rissen oder Klüften sind im zugänglichen Nahbereich der ELK 7/725 kontinuierlich Extensometer- und Fissurometermessungen zu empfehlen. Darüber hinaus ist zur Überwachung der Konvergenzen im Nahbereich und den angrenzenden Bereichen die Fortführung von Konvergenzmessungen ratsam. Soweit die Pfeiler und das Hangende der ELK 7/725 zugänglich sind, ist es empfehlenswert, weitere Messstellen zu installieren. Weiterhin ist zu prüfen, inwiefern inaktiv gewordene Konvergenzmessstellen reaktiviert oder ersetzt werden können. Die Konvergenzmessungen sind kontinuierlich im Vorfeld der vorgezogenen Rückholungen durchzuführen.

Um Dimensionen, Schädigungen, Auflockerungszonen und Schwächezonen im Nahbereich der ELK 7/725 im Vorfeld feststellen bzw. konkretisieren zu können, ist zunächst die Durchführung von Streckenradarmessungen naheliegend. Diese sollten den gesamten für die vorgezogene Rückholung relevanten Bereich umfassen (Abb. 9). Sollte im Vorfeld der Rückholung die Erstellung von Bohrungen möglich sein, sind standardmäßig Bohrlochradarmessungen durchzuführen und geologisch zu bewerten. Weiterhin sind eine geologische Aufnahme der ggf. gewonnenen Bohrkerne sowie Kamerabefahrungen und bei Bedarf Bohrloch-Scans als ergänzendes Untersuchungsverfahren sinnvoll.

Die Erstellung von Bohrungen ermöglicht erst die Durchführung von Spannungsmessungen und von ggf. erforderlichen Permeabilitätsmessungen. Die Permeabilität sollte in regelmäßigen Abständen überwacht werden, um ggf. Änderungen im Gebirge zu bestimmen. Spannungsmessungen sollten kontinuierlich erfolgen. Ohne die Erstellung von Bohrungen können hinsichtlich der Permeabilität des Gebirges und der Spannungsentwicklung keine Informationen gewonnen werden. Daneben wäre es erst möglich, den Verfüllgrad der nicht zugänglichen Zugänge zur ELK 7/725 zu ermitteln, indem ein Aufschluss zu diesem Bereich hergestellt wird und eine Extrapolation der Ergebnisse auf den ehemaligen Hohlraum durchgeführt wird.

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 45 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

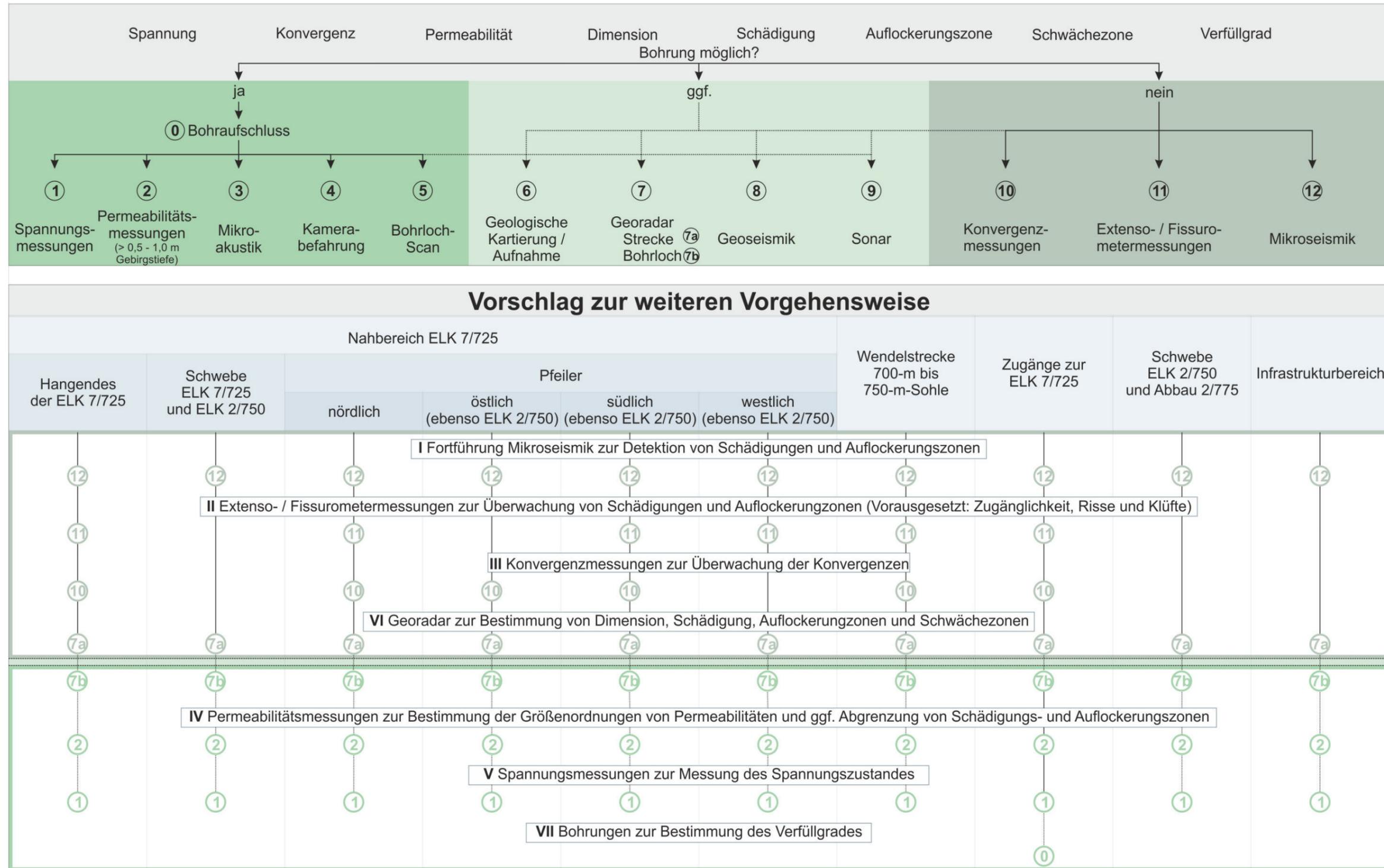


Abb. 9: Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise in Bezug zur Erkundung bzw. Erhebung weiterer gebirgsmechanisch relevanter Daten im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 46 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Hinsichtlich der ELK-spezifischen Parameter der ELK 7/725 selbst sind zur Erkundung von Geometrie, Lage und Kontur (Abb. 10) im nicht zugänglichen Bereich Streckenradarmessungen aus den nächstliegenden Grubenhöhlräumen möglich. Die Kammeratmosphäre ist aufgrund der Zugänglichkeit der ELK 7/725 leicht zu beproben, solange diese gegeben ist. Für eine Untersuchung der Atmosphäre im Haufwerk, sind Gasbeprobungen und -messungen nach Vorbild der Gasmessungen an Erkundungsbohrungen notwendig. Falls Erkundungsbohrungen erstellt werden können, sind generell Kamerabefahrungen und ggf. Bohrloch-Scans zu empfehlen.

Den Grad der Verfüllung (Abb. 4, vgl. Kapitel 3.1.3) im Vorfeld der Erkundung zu ermitteln, stellt eine Herausforderung dar. Es ist im Wesentlichen möglich, mit Hilfe von Erkundungsbohrungen Aussagen über einen beschränkten Bereich der ELK 7/725 bzw. die nicht zugänglichen Zugänge zu dieser zu gewinnen und diese Informationen über einen gewissen Abstand zu extrapolieren; ein Bohraufschluss der Gebinde im Vorfeld der Rückholung ist auszuschließen (vgl. Kapitel 4). Der Bohraufschluss im Ostteil der Einlagerungskammer, in dem keine Gebinde vermutet werden (Kapitel 4.3), ist zu prüfen. Hier könnte eine Untersuchung der Atmosphäre im Porenraum des Salzgrusversatzes in Betracht gezogen werden. Im Vorfeld einer solchen, ggf. durchzuführenden Bohrung in das Versatzhaufwerk sollte die zerstörungsfreie Untersuchung der Schwebstoffe zwischen der ELK 7/725 und ELK 2/750 Na2 stehen.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 47 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

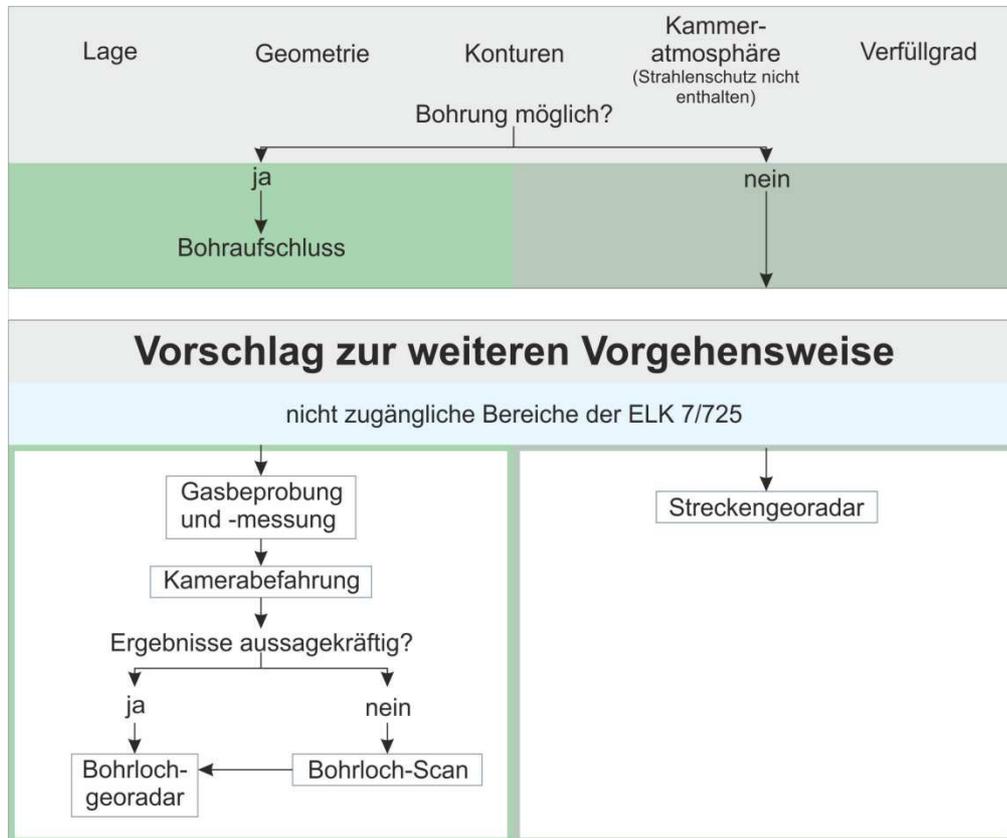


Abb. 10: Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise in Bezug zur Erkundung nicht zugänglicher Bereiche der ELK 7/725 im Vorfeld der vorgezogenen Rückholung.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 48 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

4 Radiologischer Teil

4.1 Übersicht

In der Schachtanlage Asse II werden intensive Überwachungs- und Erkundungsmaßnahmen u. a. im Rahmen der sog. Faktenerhebung durchgeführt (vgl. u. a. [29], [30], [34], [35], [10], [12], [28], [63], [64]). Die Faktenerhebung (ELK 7/750), die wesentliche Kenntnisdefizite insbesondere vor dem Hintergrund der radiologischen Rechtfertigung der Rückholung aufdecken und planerische Kenntnislücken schließen sollte, gliederte sich in drei wesentliche Vorgehensschritte auf:

1. Anbohren ausgewählter Einlagerungskammern (ELK) sowie erste Untersuchungen über die Bohrungen zur Überprüfung der Machbarkeit einer Rückholung
2. Öffnen dieser ELK und Bewertung von Kammer- und Gebindezustand
3. Erproben fernbedienbarer Techniken durch Bergen von Abfällen bzw. Gebinden, um Aussagen über die technische Durchführbarkeit abzuleiten

Durch die Neufassung des § 57b AtG [27] wurde die unverzügliche Stilllegung der Schachtanlage Asse II nach Rückholung der radioaktiven Abfälle gesetzlich verankert. Damit wurde letztlich eine wesentliche Zielsetzung der Faktenerhebung, die radiologische Rechtfertigung der Rückholung durch den Betreiber, obsolet. Im Rahmen eines Evaluierungsprozesses [28] wurde die Vorgehensweise zur Rückholung der radioaktiven Abfälle überprüft und folgende wesentliche Änderungen abgeleitet:

- Verzicht auf die Schritte 2 und 3 der Faktenerhebung und geordnete Beendigung der laufenden Planungsarbeiten sowie zielfokussierte Fortführung des Schrittes 1 der Faktenerhebung an der ELK 7/750 und ELK 12/750,
- Start der Arbeiten zur Rückholung an den Einlagerungskammern mit hohem Kenntnisstand (ELK 7/725 und ELK 8a/511) im Sinne einer vorgezogenen Rückholung, d. h. vor Beginn der Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle und ggf. vor Verfügbarkeit von Schacht Asse 5 bei nachgewiesener Eignung über den Schacht Asse 2.

Aus den Erfahrungen der Faktenerhebung wurde für das im Folgenden dargestellte radiologische Erkundungsprogramm die Prämisse abgeleitet, dass Erkundungsbohrungen in den Bereich der eingelagerten Abfälle nach Möglichkeit vermieden werden, da diese mit einem sehr hohen strahlenschutztechnischen Aufwand verbunden sind und einen nur punktuellen und daher sehr eingeschränkt übertragbaren Erkenntnisgewinn liefern würden. Gleichzeitig liefert die bisher durchgeführte Faktenerhebung praktische Erfahrungen für die spätere Umsetzung des Erkundungsprogramms. Auch die Berichte zum Gesenk 10 [25], [26] [33], [39], [43], [76] tragen zum tiefergehenden Verständnis von Transportprozessen des radioaktiven Edelgases Rn-222 bei und liefern einen wichtigen Beitrag zur Deutung und Bewertung von im Rahmen der Erkundungen gewonnen Messergebnissen (Kapitel 4.4 ff).

Der Kenntnisstand der ELK 7/725 wurde insbesondere aufgrund der Begehrbarkeit in Verbindung mit der geplanten Offenhaltung als hoch eingeschätzt. Darüber hinaus wurden im Bereich der ELK 7/725 keine Lösungen (vgl. Kapitel 3.1.1) gefasst, sodass die ELK 7/725 als trocken zu bezeichnen ist. Dennoch liegen radiologische Daten und Kenntnisse zum Zwecke der Rückholung der radioaktiven

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 49 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Abfälle aus der ELK 7/725 nur eingeschränkt vor. Der radiologische Teil des Erkundungsprogramms soll der Validierung der im Technischen Konzept und im Sicherheits- und Nachweiskonzept gemäß im Bericht zu AP05 und AP06 [7] getroffenen Annahmen, der Erweiterung der Kenntnislage sowie ggf. dem Abbau von Konservativitäten und der Festlegung von Strahlenschutzmaßnahmen dienen. Das Erkundungsprogramm soll vorlaufend zur eigentlichen Rückholung der eingelagerten radioaktiven Abfälle aus der EK 7/725 durchgeführt werden. Die Begehbarkeit der ELK 7/725 lässt es zu, vorlaufend zu einer Rückholung der radioaktiven Abfälle radiologische Messungen durchzuführen. Im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes werden bereits in der ELK 7/725 sowie am Eingang zur Einlagerungskammer verschiedenste radiologische Messungen routinemäßig durchgeführt [59], [60], [61].

Im nachfolgenden radiologischen Erkundungsprogramm wird zu der Datenbasis zum Kammerinventar der ELK 7/725, zur radiologischen Situation des Salzversatzes in der ELK 7/725 sowie zur Aktivitätskonzentration der Grubenwetter der ELK 7/725 Stellung genommen. Diese drei Themenkomplexe werden dahingehend erläutert, dass zusammenfassend der jeweilige Ist-Stand dargestellt und nachfolgend der Erkundungsbedarf auf Basis identifizierter offener Punkte beschrieben wird. Anschließend werden mögliche Erkundungsmaßnahmen zur Reduzierung der vorgenannten offenen Punkte abgeleitet, um weitere Erkenntnisgewinne generieren zu können.

4.2 Kammerinventar

4.2.1 Ist-Stand – Kammerinventare nach Datenbank Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010

Die Gesamtaktivitäten sowie die Aktivitäten der Alpha- und der Beta-/Gammastrahler zu den Referenzdaten 01.01.1980 und 01.01.2028 des in der ELK 7/725 eingelagerten Inventars sind in nachfolgender Tab. 5 wiedergegeben. Eine ausführliche Betrachtung der Aktivitätszusammensetzung der zur Gesamtaktivität wesentlich beitragenden Aktivitäten zugehöriger Nuklide kann im technischen Konzept zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 [7] nachvollzogen werden.

Tab. 5: Aktivitätsinventar der ELK 7/725 zu den Stichtagen 01.01.1980 und 01.01.2028 berechnet mit der Datenbank Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010.

Strahlungsart	Aktivität in Bq	
	zum Stichtag 01.01.1980	zum Stichtag 01.01.2028
Alphastrahler	2,6E+13	4,3E+13
Beta-/Gammastrahler	7,5E+14	7,5E+13
Gesamt	7,7E+14	1,2E+14

Die Daten zum Kammerinventar der ELK 7/725 sind aus der Datenbank Assekat, die in der Version 9.2 mit Stand 02/2010 vorliegt, entnommen. Detaillierte Angaben zum Inventar finden sich im Bericht

<p align="center">Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm</p>						 <p>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</p>			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 50 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

zum Technischen und Sicherheits- und Nachweiskonzept zur Konzeptplanung der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 [7].

Die radiologische Abfalldatenbank Assekat verwaltet die Abfalldaten und Aktivitätsinventare der in der Schachanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfälle und wird zur Abschätzungen des radiologischen und stofflichen Inventars sowie zu Berechnungen für Kernbrennstoffmeldungen verwendet. Datengrundlage der Assekat sind insbesondere Rohdaten aus Zeiten der Einlagerung der radioaktiven Abfälle (Begleitlisten, Fragebögen der ersten vier Einlagerungsphasen, Kernbrennstoffmeldungen, Materialbegleitscheine des Forschungszentrums Karlsruhe sowie die Betriebsbücher des Schachanlage Asse II). Die Einlagerung der radioaktiven Abfälle in die Schachanlage Asse II erfolgte von 1967 bis 1978. In die ELK 7/725 wurde im Zeitraum Oktober 1975 bis Januar 1977 eingelagert. Die Angaben aus den Einlagerungsdokumenten entsprechen in keiner Weise den heutigen Anforderungen [32].

Die Assekat wurde in den vergangenen Jahren fachgutachterlichen Überprüfungen unterzogen und auf Basis dieser präzisiert. In der Datenbank Assekat werden u. a. chargenspezifisch die maximalen Dosisleistungen der Gebinde an der Oberfläche und in 1 m Abstand von dem Gebinde zum Einlagerungszeitpunkt angegeben. Die Informationen zu den Dosisleistungen stammen größtenteils aus den damaligen Angaben der Gebindebegleitlisten. Unter Berücksichtigung der Abfallherkunft und der Abfallart wurden die „Rohdaten“ zusammengefasst und ggf. korrigiert. Diese Daten dienen als Basis für die Ermittlung des radionuklidspezifischen Aktivitätsinventars. Vom Institut für Strahlenschutz (ISS) wurde zur Berechnung das Programm PAI – Programm zur Aktualisierung des Asse-Inventars - entwickelt. Um die nuklidspezifischen Chargenaktivitäten bestimmen zu können, kamen abhängig von der Abfallart und des Abfallablieferers unterschiedliche Aktivitäts-Ermittlungsmethoden (Vektorberechnung, Einzelnuklidauswertung oder keine Berechnung) zum Einsatz.

4.2.2 Ergänzungsbedarf – Kammerinventare Datenbank Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010

In der Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010 sind für das Kammerinventar der ELK 7/725 102 Chargen (betrifft 243 Stück Gebinde) gelistet, die im Feld Aktivitätsermittlungsmethode „*nicht berechnet*“ oder „*Charge vernachlässigt*“ hinterlegt haben. Für diese Chargen wurden keine Gesamtaktivitäten mit dem PAI-Modul berechnet, sodass auch keine nuklidspezifischen Chargenaktivitäten ausgewiesen werden können. Die Bandbreite der hinterlegten Daten zu der jeweils maximalen Dosisleistung an der Außenseite der Gebinde zum Stichtag des Ausfertigungsdatums der Gebindebegleitliste liegt für die o. g. 102 Chargen zwischen 0 mSv/h und 5,5 mSv/h. Die Abfälle wurden im Zeitraum 13.10.1975 – 09.08.1976 von den Ablieferern Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH, Gesellschaft für Strahlenforschung mbH München und Transnuklear GmbH der Schachanlage Asse II übergeben. Bei den Abfällen handelt es sich größtenteils um diverse kontaminierte Materialien wie betonierte Schlämme, Laborabfälle sowie aus Glas, Holz und Zellstoff bestehende Abfälle.

Sofern die Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010 zur Berechnung von Kernbrennstoffanteilen nach AtG [27] und nach verkehrsrechtlichen Anforderungen [2] genutzt werden soll, ist die Kenntnis des massebezogenen Anreicherungsgrades von U-235 erforderlich. Diese Information ist gegenwärtig nicht direkt aus der Datenbank verfügbar.

<p align="center">Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm</p>						 <p>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</p>			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 51 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Für die Planung von Strahlenschutzmaßnahmen beim Umgang mit den radioaktiven Abfällen sowie die Auswahl geeigneter Verpackungen ist die Kenntnis der Dosisleistung zum Zeitpunkt der Durchführung der Rückholung erforderlich. Gegenwärtig liegen in der Assekat nur zum Zeitpunkt der Einlagerung ermittelte Dosisleistungen vor. Eine Hochrechnung der Dosisleistung auf den Rückholzeitraum, an dem gammastrahlende dosisleistungsrelevante Nuklide wie Co-60 erheblich und Cs-137 deutlich abgeklungen sind und ursprünglich weniger dosisleistungsrelevante Nuklide mit weicheren Gammalinien bzw. geringeren Emissionswahrscheinlichkeiten dominieren, ist gegenwärtig nicht aus der Assekat unmittelbar verfügbar.

4.2.3 Ergänzungsprogramm – Kammerinventare Datenbank Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010

Wie oben beschrieben, basiert die Assekat auf der Datengrundlage der Rohdaten aus der Zeit der Einlagerung der radioaktiven Abfälle in die Schachanlage Asse II, sodass der Datenumfang und der Detaillierungsgrad dieser Datenbank von der damaligen Herangehensweise der Datendokumentation geprägt und mitbestimmt wird. Das Berechnungsmodul zur Aktualisierung des Asse-Inventars und diverse Datenpräzisierungen auf der Basis von stattgefundenen Dokumentenrecherchen haben dazu beigetragen, dass die Assekat, trotz einer überschaubaren Datenbasis, als Werkzeug zur Abschätzung von Strahlenexpositionen sowie zur konzeptionellen Planung betrieblicher Strahlenschutzmaßnahmen genutzt werden kann. Vor dem Hintergrund, dass die Assekat für verschiedene Zwecke praktisch angewendet wird und ggf. auch für die Erstellung von Antragsunterlagen zur Genehmigung der Rückholung der radioaktiven Abfälle genutzt werden soll, empfiehlt sich eine Überprüfung und wenn möglich Ergänzung der mit den Aktivitäts-Ermittlungsmethoden *nicht berechnet* oder *Charge vernachlässigt* verknüpften Chargen sowie Module zur Abfrage des Anreicherungsgrades von U-235 sowie zur Dosisleistung der eingelagerten Gebinde zum Rückholzeitpunkt.

4.3 Salzversatz und einhüllende Kammerflächen

4.3.1 Übersicht

Hinsichtlich einer möglichen radiologischen Beprobung des Salzversatzes und einhüllender Kammerflächen lässt sich die ELK 7/725 in die folgenden drei verschiedenen Bereiche aufteilen, die in den nachfolgenden Kapiteln hinsichtlich der vorliegenden Kenntnisse, des Erkundungsbedarfes und eines möglichen Erkundungsprogrammes diskutiert werden:

- Stöße und Firste – Umfassen die zugänglichen einhüllenden Kammerflächen der ELK 7/725 (siehe Kapitel 4.3.5, 4.3.6 und 4.3.7),
- Gebindeabdeckende Salzgrusschicht über den eingelagerten Gebinden im West-Teil der ELK 7/725 (siehe Kapitel 4.3.8, 4.3.9 und 4.3.10) und
- Salzversatz im Ost-Teil der ELK 7/725, der im Rahmen der Verfüllung als loser Salzversatz eingebracht wurde (siehe Kapitel 4.3.11, 4.3.12 und 4.3.13).

Zur Planung der Entsorgung von Salzversatz ist neben der Kenntnis des Kontaminationsniveaus auch die Kenntnis der zu erwartenden Haufwerksmengen erforderlich (siehe Kapitel 4.3.2, 4.3.3 und 4.3.4).

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 52 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

4.3.2 Ist-Stand - Volumina

Die ELK 7/725 ist im West-Teil teilversetzt. Die eingelagerten Gebinde sind mit mindestens 0,6 m Salzhaufwerk überdeckt, während der Ost-Teil nahezu firstbündig mit Salzhaufwerk versetzt ist [47] und ein ursprüngliches Kammer-Hohlraumvolumen besitzt, das unterschiedlich beziffert wird.

Hierzu werden Rechercheergebnisse aus dem Jahr 2009 [8] wie folgt angegeben (siehe Abb. 11):

[1] Gebinde-Salzgrus-Gemisch: 3.640 m³

[2] nach 1996 eingebrachtes Salzhaufwerk, Verfüllungsmaßnahme sind 8.412 m³ Salzhaufwerk in den östlichen Bereich der ELK

[3] Im Jahr 2009 wurde der westliche Bereich der ELK 7/725 im Zuge einer Sicherungsmaßnahme wegen der Bildung von Abschalungen an der Firste mit einer zusätzlichen Schicht Salzgrus versehen: 371 m³

[4] Resthohlraum: 1.577 m³⁹ bei max. 5 m verbliebener Firsthöhe.

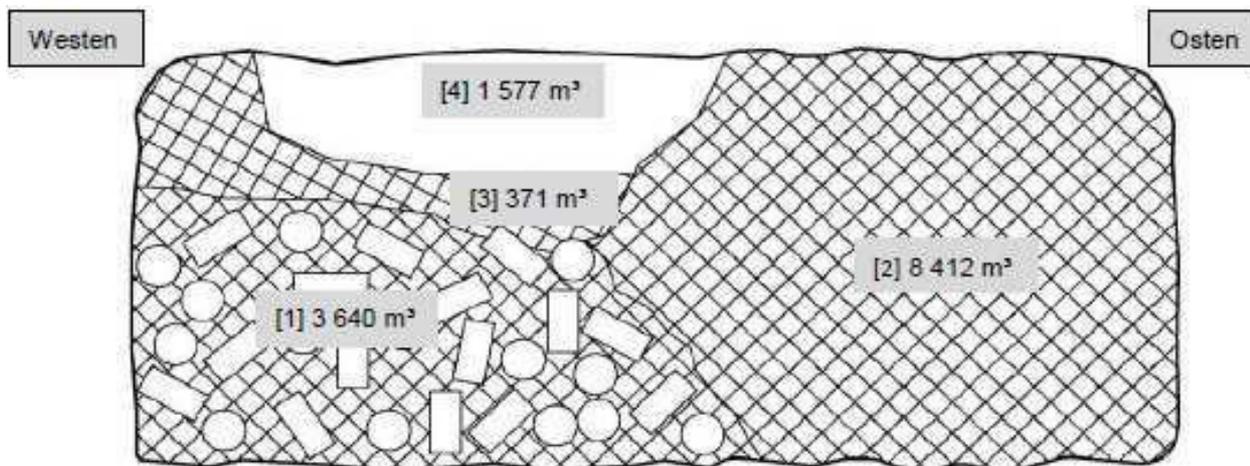


Abb. 11: Schematische Darstellung der Einlagerungssituation in der ELK 7/725 zum Stand 03.06.2009; [1] Gebinde-Salzgrus-Gemisch, [2] nach 1996 eingebrachtes Salzhaufwerk, [3] im Mai 2009 im Rahmen der Firstsanierungsmaßnahmen eingebrachtes Salzhaufwerk, [4] unverfüllter Bereich; nach [4]).

Daraus ergäbe sich ein ursprüngliches Kammer-Hohlraumvolumen von 14.000 m³. Demgegenüber wurde die Größe des ursprünglichen Kammer-Hohlraumvolumens von 11.906 m³ [16] auf 11.858 m³ [23] angepasst. Die Kammergeometrie wird mit einer Länge von 84 m, einer Breite von 20 m und einer Höhe von 17 m beschrieben [8].

⁹ Feststellung des Resthohlraumvolumens im Zuge eines 3D-Laserscans am 03.06.2009 [8]

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 53 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Nach der Sicherungsmaßnahme im Jahr 2009 liegt die Oberkante des Salzgrus bei -514,35 m NN, während die Oberkante der versetzten Fässer bei -515,31 m NN liegt [24].

Nach Betriebsplan 4/75 wurde folgendes Vorgehen zur Einlagerung der Abfallfässer festgelegt.

„Die Einlagerungskammern werden etwa 3,50 m unterhalb der First angefahren. Nach dem Anschütten einer Salzböschung werden die Fässer an der Oberkante der Böschung aus dem Frontschaufellader abgekippt und rutschen oder rollen die Böschung hinab.

In der Höhe der Kippe wird die Firste durch 5 m lange Abschlüge beraubt, nachdem die Faß-Böschung mit Salzhaufwerk abgedeckt wurde.

Mit dem Fortschreiten der Kippe werden die Fässer mit einer ca. 60 cm starken Schicht Salzhaufwerk abgedeckt,. Die geplante Salzüberdeckung dient als Fahrbahn.

Ist eine Kammer auf diese Weise gefüllte, werden in den verbleibenden Raum von ca. 3,50 m Höhe die Fässer im Rückbau bis nahezu unter die Decke eingebracht.“

Aufgrund dieser Versturztechnik sind im Zuge der Einlagerung sog. Zwickelhohlräume zwischen den eingelagerten Gebinden entstanden, in die aufgeschüttetes Salzhaufwerk nicht vollständig gelangt ist. Die Abschätzung des Verfüllungsgrades zwischen den eingelagerten Gebinden liegt für die ELK 7/725 bei ca. 70 %. Dabei wird der Fehler der abgeleiteten Verfüllungsgrade mit $\pm 15\%$ angesetzt [8].

4.3.3 Erkundungsbedarf – Volumina

Wie anhand der in Kapitel 4.3.2 genannten Angaben der Teilvolumina der unterschiedlichen Bereiche in Verbindung mit Abb. 11 und den Angaben zur Kammergeometrie ersichtlich ist, bestehen Inkonsistenzen bzgl. des ursprünglichen Kammer-Hohlraumvolumens. Das angegebene Hohlraumvolumen von 14.000 m³ stellte auch bei der Berechnung des Teilvolumens in Bereich [1] (Gebinde-Salzgrus-Gemisch) die Berechnungsgrundlage dar, während aus der Berechnung der Kammerabmessungen ein Kammer-Hohlraumvolumen von theoretisch bis zu 28.500 m³ zu erwarten wäre. Aufgrund der geringeren Breite der ELK im Ost-Teil, ist davon auszugehen, dass das aus den exakten Abmessungen genau bestimmbare Kammer-Hohlraumvolumen kleiner als 28.500 m³ ist. Jedoch wäre auch dies noch immer signifikant größer als die sich aus [8] ergebenden 14.000 m³, welche sich aus der Summe der Teilvolumina in Abb. 11 ergeben. Da insbesondere zur weiteren Ausplanung des Entsorgungskonzepts eine möglichst genaue Kenntnis der zu handhabenden Haufwerksmengen erforderlich ist, sind die beschriebenen Inkonsistenzen und Unplausibilitäten vorlaufend der Rückholung im Rahmen eines Erkundungsprogramms zu beseitigen.

4.3.4 Erkundungsprogramm – Volumina

Im Rahmen des Erkundungsprogramms zur Bestimmung des ursprünglichen Kammer-Hohlraumvolumens der ELK 7/725 zur Beseitigung der o. g. Inkonsistenzen bzgl. der Volumina sind in einem ersten Schritt zunächst bekannte Daten, Angaben und Berichte systematisch miteinander zu vergleichen, um ggf. vorliegende Berechnungsfehler in Unterlagen aufzufinden. Hierbei gilt es u. a. auch Angaben über Konvergenzen zu plausibilisieren. Sollten diese Analysen ohne eindeutige Erkenntnisse bleiben, sind Erkundungsmaßnahmen zu prüfen, um valide Angaben über die

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 54 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Kammergeometrie und –volumina zu erhalten. Entsprechende Methoden sind in Kapitel 3 beschrieben.

4.3.5 Ist-Stand – Stöße und Firste

Im Rahmen der vorbereitenden Tätigkeiten in Phase A [7] wird der Grubenraum in der ELK 7/725 für die Tätigkeiten in Phase B [7] hergerichtet. Hierfür sind Auffahrungen im Bereich der Stöße und der Firste in der ELK 7/725 erforderlich.

Aufgrund der derzeitigen Begehbarkeit, der Bewetterung und der messtechnischen Überwachung der ELK 7/725 im Rahmen des begleitenden Strahlenschutzes ist mit keiner wesentlichen Kontamination der Firste und Stöße zu rechnen. Bezüglich einer Kontamination der Stöße und ggf. der Firste mit flüchtigen radioaktiven Stoffen sowie den Folgeprodukten radioaktiver Edelgase, insbesondere mit Pb-210 als Folgeprodukt des radioaktiven Edelgases Rn-222, liegen keine Messergebnisse vor. In den jährlich veröffentlichten Strahlenschutzjahresberichten der Schachanlage Asse II [55], [56] ist im Rahmen der Kontaminationsüberwachung des betrieblichen Strahlenschutzes keine radiologische Auffälligkeit in der ELK 7/725 gemeldet.

4.3.6 Erkundungsbedarf – Stöße und Firste

Im Rahmen der vorlaufenden Erkundungen ist es sinnvoll, den radiologischen Zustand der Stöße und der Firste der ELK 7/725 möglichst genau zu ermitteln und zu dokumentieren. Insbesondere da die Einlagerungskammer für die Zwischenlagerung betrieblicher radioaktiver Abfälle genutzt wurde¹⁰, ist der messtechnische Nachweis zu erbringen, dass es zu keiner Kontaminationsverschleppung und Ablagerung an der Firste bzw. an den Stößen gekommen ist. Des Weiteren ist aufzuklären, ob es ggf. zu Ablagerungen von Folgeprodukten flüchtiger radioaktiver Stoffe im Salz in den Stößen und der Firste der ELK 7/725 gekommen ist. Da im Rahmen der vorbereitenden Tätigkeiten für die eigentliche Rückholung der radioaktiven Abfälle in Phase B in Phase A Auffahrungen im Bereich der Firste und Stöße in der ELK 7/725 notwendig sind, ist es für die weitere Handhabung hinsichtlich möglicher Wieder- bzw. Weiterverwendung des Salzversatzes notwendig, den radiologischen Zustand der Firste und Stöße in der ELK zu ermitteln. Sollte beispielweise ein Freigabeverfahren nach § 29 StrlSchV [107] erforderlich sein, so sind entsprechende Messungen unabdingbar.

4.3.7 Erkundungsprogramm – Stöße und Firste

Aufzufahrende Bereiche sollten vorlaufend in Rasterflächen eingeteilt und messtechnisch untersucht werden. Da allenfalls mit geringen Kontaminationen in den Stößen und der Firste aufgrund von Ablagerungen der Folgeprodukte flüchtiger radioaktiver Stoffe gerechnet wird und die Messbedingungen vor Ort für mobile Oberflächenkontaminationsmessgeräte nicht geeignet sind (raue Oberflächen, ggf. eingedrungene Kontaminationen), ist ein Einsatz solcher Detektoren trotz der guten Handhabbarkeit und des relativ geringen Messaufwandes nicht möglich. Sollte es größere

¹⁰ Es wird davon ausgegangen, dass die Lagerung der betrieblichen radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II in der ELK 7/725 zum Zeitpunkt des Beginns der Erkundungen beendet ist

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 55 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Aktivitätsablagerungen an der Oberfläche der Stöße und der Firste geben, so wären solche Messgeräte ggf. zum Aufspüren lokaler Aktivitätserhöhungen denkbar. Der Einsatz eines In-situ-Gammaspektrometers ist zur nuklidspezifischen Bestimmung der möglicherweise ins Salz eingedrungenen Kontamination ein aussichtsreiches Messmittel. Sollten diese nicht-invasiven Erkundungsmethoden Hinweise auf erhöhte Kontaminationen durch Folgeprodukte flüchtiger radioaktiver Stoffe liefern, so sind in jedem Fall mindestens an diesen Stellen Materialproben wie Kratz-, Stocker- und Bohrproben zu gewinnen, um die Tiefe und nuklidspezifische Aktivitätshöhe der eingedrungenen Kontamination bestimmen zu können. Zusätzlich sollten stichprobenhaft weitere Materialproben von Rasterflächen der aufzufahrenden Flächen entnommen und auf Tochternuklide der Rn-222 bzw. Rn-220 Zerfallsreihe sowie H-3 und C-14 und ggf. weitere Verdachtsnuklide untersucht werden. Die Beprobungsdichte und der Beprobungsumfang richten sich einerseits nach der späteren Handhabung des Salzversatzes wie auch nach den Messergebnissen der Beprobungen. Sollten Kontaminationen gefunden werden, so ist die Messdichte zu erhöhen. Ein Messprogramm ist ggf. vorlaufend mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen.

4.3.8 Ist-Stand - Abdeckende Salzgrusschicht

In die ELK 7/725 wurden zwischen 10/1975 und 01/1977 radioaktive Abfälle eingelagert [16]. Die Einlagerung von 10/1975 bis Ende des Jahres 1975 umfasste ca. 4.500 Gebinde (200-I-, 300-I- und 400-I-Fässer). Von Januar bis Februar 1976 wurden ca. 950 weitere Gebinde (200-I-, 300-I-, 400-I-Fässer und VBA) eingelagert. Mit der Beobachtung von Ausbrüchen und Trennflächen zwischen der ELK 7/725 und der darunter liegenden ELK 2/750 Na2 wurde die Einlagerung von Abfällen von März bis Mai 1976 gestoppt, um zunächst die ELK 2/750 Na2 systematisch bis unter die Firste zu verfüllen. Dennoch wurde die Einlagerung in die ELK im Juni 1976 bis Januar 1977 trotz unvollständiger Verfüllung der darunter liegenden ELK 2/750 Na2 fortgesetzt [47], [74]. Eine Übersicht über Gebindetyp und –zahl ist in Tab. 6 gegeben. Aufgrund der Einlagerungshistorie kann davon ausgegangen werden, dass im Ostteil der ELK 7/725 keine eingelagerten Gebinde vorhanden sind [47].

Tab. 6: Zusammenstellung der Anzahl der in die ELK 7/725 eingelagerten Gebinde [4],[47].

Gebindetyp	Gebindezahl (Stück)
200-I-Gebinde	7.643
300-I-Gebinde	12
400-I-Gebinde	840
VBA-Gebinde	35
Gesamt	8.530

Die ELK 7/725 ist im Westteil teilversetzt. Die über den eingelagerten Gebinden im West-Teil der ELK 7/725 befindliche abdeckende Salzgrusschicht hat eine Mächtigkeit von mindestens 0,6 m. Im Rahmen der vorbereitenden Tätigkeiten in Phase A kann die abdeckende Salzgrusschicht überall dort abgetragen werden, wo die Mächtigkeit größer als dieser Mindestabstand zu den eingelagerten

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 56 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Gebinden ist. In Rückholphase B wird die abdeckende Salzgrusschicht komplett abgetragen und damit zunächst die oberste Schicht der eingelagerten Gebinde freigelegt. Dies stellt den Beginn der Rückholung der eingelagerten radioaktiven Abfälle dar in der ELK 7/725 dar.

Aufgrund der Einlagerungshistorie des nachträglich zur Abdeckung der eingelagerten Gebinde eingebrachten Salzversatzes, der derzeitigen Begehbarkeit der Einlagerungskammer und der strahlenschutztechnischen Einstufung als Überwachungsbereich [38] wird von keinen wesentlichen Kontaminationen der abdeckenden Salzgrusschicht ausgegangen. Bezüglich der Kontamination mit den Folgeprodukten radioaktiver Edelgase, insbesondere der Folgeprodukte der Ra-226 Inventare aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen in der ELK 7/725 und bei gebräucher Schweben der darunterliegenden ELK 2/750 Na2 (Kapitel 4.4.2) liegen keine Erkenntnisse vor. In der ELK 7/725 wird in regelmäßigen zeitlichen Abständen die Gamma-Ortsdosisleistung mittels Dosisleistungsmessgerät in ca. 1 m Abstand zu den salzbedeckten, radioaktiven Abfällen ermittelt. Die (Brutto-)Gamma-Ortsdosisleistung am Messpunkt in der ELK 7/725 betrug gemäß Jahresbericht 2016 zur Strahlenschutz- und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachanlage Asse II /U47/ im Jahr 2015 ca. 14 nSv/h und im Jahr 2016 ca. 21 nSv/h. Auch im Rahmen der routinemäßigen Kontaminationsüberwachung zeigten sich in diesen Zeiträumen keine radiologische Auffälligkeit in der ELK 7/725.

4.3.9 Erkundungsbedarf – Abdeckende Salzgrusschicht

Die vorliegenden betrieblichen Messungen erfassen nicht vollständig die für eine Rückholung erforderlichen Daten, sodass bezüglich der abdeckenden Salzgrusschicht vorlaufend zur Rückholung radiologischer Erkundungsbedarf besteht. Insbesondere soll die Freiheit des Salzversatzes von Kontaminationen aus den eingelagerten Gebinden wie auch aufgrund von Kontaminationsverschleppungen bei der Zwischenlagerung der betrieblichen Abfälle in der ELK 7/725 als Grundvoraussetzung für die weitere Handhabung des Salzversatzes nachgewiesen werden. Der Kontaminationszustand der abdeckenden Salzschicht kann Hinweise über den radiologischen Zustand der unter der abdeckenden Schicht befindlichen radioaktiven Abfälle liefern. Zudem ist zusätzlich zu den in Kapitel 4.4.3 beschriebenen Radonexhalationsmessungen zu erkunden, ob es aufgrund von Ablagerungen der Folgeprodukte flüchtiger radioaktiver Stoffe wie Pb-210 zu Kontaminationen der abdeckenden Salzgrusschicht gekommen ist. Der Erkundungsumfang richtet sich nach der angestrebten Verwendung des Salzversatzes in Verbindung mit dem rechtlichen Umgang. Darüber hinaus ist der Abstand zu den eingelagerten Abfällen zu ermitteln.

4.3.10 Erkundungsprogramm – Abdeckende Salzgrusschicht

Vorlaufend vor der radiologischen Erkundung der abdeckenden Salzgrusschicht im West-Teil wird empfohlen, u. a. auch als Teil des bergbaulichen Erkundungsprogramms, die Mächtigkeit der abdeckenden Salzgrusschicht mittels geeigneter Messtechnik zu ermitteln, sodass die abdeckende Salzgrusschicht nach erfolgter radiologischer Erkundung in Phase A bis auf den Mindestabstand zu den eingelagerten Gebinden von 0,6 m abgetragen werden kann. Für die radiologische Erkundung erscheint vor der Durchführung unterschiedlicher Messungen und Beprobungen eine Rastereinteilung der abdeckenden Salzgrusschicht als nützliche Methode zur späteren Festlegung von Beprobungsumfängen und Messdichte sowie zur Erstellung eines räumlichen Messprofils und Abgleich unterschiedlicher Messergebnisse verschiedener Messungen miteinander. Die genaue Rasterflächengröße, Beprobungstiefe und der Stichprobenumfang richten sich nach der

<p align="center">Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm</p>						 <p>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</p>			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 57 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

angestrebten Verwendung des Salzversatzes in Verbindung mit dem rechtlichen Umgang sowie etwaig detektierter radiologischer Auffälligkeiten. Zum Aufspüren von radiologischen Auffälligkeiten kann eine In-situ-Gammaspektrometrie in Verbindung mit einer oberflächennahen Dosisleistungsmessung mittels Szintillationsdetektoren (z. B. mit NBR-Technik) oder mobiler spektrometrischer Technik (z. B. mobile NaJ-Sonden) durchgeführt werden. In jedem Fall sind Beprobungen vorzunehmen und bzgl. des Nuklidspektrums auszuwerten.

Aufgrund des beschriebenen Ist-Standes der Einlagerungskammer ist es nicht zu erwarten, dass eine Dosisleistungsmessung Auffälligkeiten zeigt. Sollten dennoch erhöhte Dosisleistungswerte gemessen werden, so sind diese Stellen zu markieren und weiter zu untersuchen. Probenahmen mit anschließender Auswertung ggf. bis hin zu Vollanalysen dienen zur Auswertung des gesamten Nuklidspektrums. Die In-situ-Gammaspektrometrie (ggf. in Verbindung mit Alpha-Spektrometrie) dient zum nuklidspezifischen Aufspüren von etwaig vorhandenen Kontaminationen. Ein Augenmerk liegt hierbei auf den Folgeprodukten aus der Zerfallsreihe des gasförmigen Rn-222. Das Aufspüren solcher Verdachtslokationen sollte in Verbindung mit den in Kapitel 4.4.3 beschriebenen Radon-Exhalationsmessungen durchgeführt werden, deren Ergebnisse Hinweise für Rasterflächen mit einer erhöhten Aktivitätskonzentration aufgrund von Ablagerung der Folgeprodukte im Salzversatz liefern können. Insbesondere an solchen Stellen ist eine Beprobung des Salzversatzes auch aus unterschiedlichen Tiefen und angrenzenden Rasterflächen (Gewinnung von Materialproben) und anschließende nuklidspezifische Auswertung mit einem Gammaspektrometer (ggf. in Verbindung mit Alpha-Spektrometrie) zu empfehlen. Der Stichprobenumfang einer Beprobung sollte vorlaufend mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt werden.

4.3.11 Ist-Stand – Salzversatz im Ost-Teil

Ein geringer Teil des Salzversatzes im Ost-Teil der ELK 7/725 befand sich teilweise in Form von grobem Salzgestein (Löser, Abschaltungen) bereits am Beginn der Einlagerung auf der Sohle des früheren Abbaus [47]. Der bedeutend größere Teil des Salzversatzes wurde im Rahmen der Verfüllung der ELK als Sturzversatz eingebracht. In Abb. 12 ist ein Modell der Einlagerungskammer dargestellt [47]. Der gelbe Bereich zeigt den Bereich eingelagerter Gebinde im Salzgrus-Gebinde-Gemisch, der grüne Bereich ist Haufwerk aus First- und Stoßabschalungen zeitlich vor der Einlagerung, der blaue Bereich stellt den Salzversatz in der ELK dar, der vor 2009 eingebracht wurde und der graue Bereich, den Salzversatz, der im Rahmen der Sanierung im Jahr 2009 eingebracht wurde. Der rote Bereich ist der derzeit begehbare Bereich der ELK 7/725. Anhand detaillierter markscheiderischer Messungen der beiden letztgenannten Bereiche konnte der Böschungswinkel der Fassböschung ermittelt werden. Durch eine Extrapolation des ermittelten Böschungswinkels konnte auf die räumliche Tiefe des Böschungsfußes in dem erstellten Modell geschlossen werden. Auf Basis dieses Modells und der Abschätzung des Böschungswinkels lässt sich der Bereich ermitteln, unter dem aufgrund der Einlagerungshistorie keine Abfälle zu unterstellen sind (Bereich mit weißer Schraffur in Abb. 12).

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 58 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

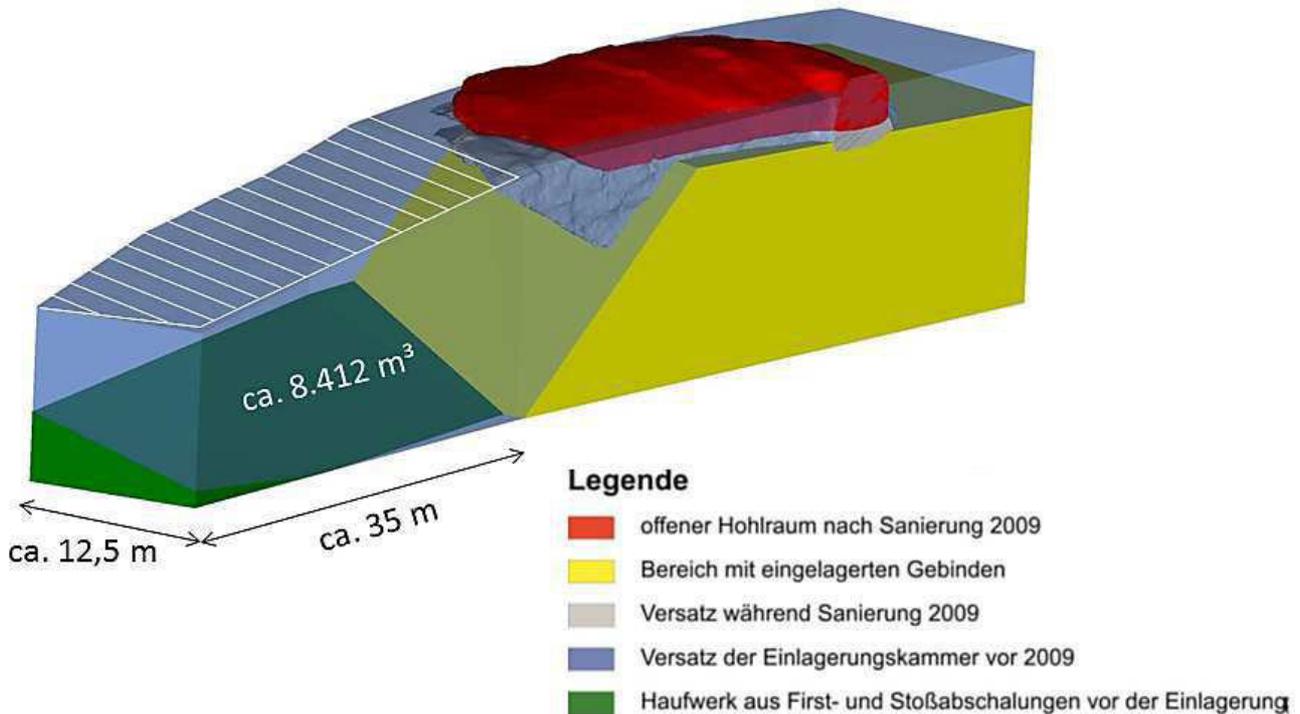


Abb. 12: Modell aus markscheiderischen Messungen mit unterschiedlichen Bereichen, Abmessungen und gekennzeichnetem Bereich (weiße Schraffur) unter dem keine Gebinde zu unterstellen sind [7].

Über die radiologische Situation und etwaige Kontaminationen des Salzversatzes im Ost-Teil liegen nach derzeitigem Informationsstand keine messtechnisch gesicherten Kenntnisse vor. Aufgrund der folgenden Indikatoren ist jedoch davon auszugehen, dass der nachträglich eingebrachte Salzversatz im Ost-Teil der ELK 7/725 keine wesentliche Kontamination aufweist:

- eingelagerte Gebinde werden in diesem Bereich aufgrund der Einlagerungshistorie nicht unterstellt [8],
- der Zustand der ELK 7/725 ist als trocken zu bezeichnen. Es werden keine Lösungen in und an der ELK gefasst [19],
- der nachträglich eingebrachte Salzversatz wurde als nicht-kontaminiertes Material zur Verfüllung der Hohlräume verwendet und
- die Kammeratmosphäre der ELK 7/725 wurde im Bericht [28] hinsichtlich einer radiologischen Belastung der Wetter als unbedenklich eingestuft.

Eine Kontamination des nachträglich eingebrachten Salzversatzes im Ost-Teil mit Folgeprodukten flüchtiger radioaktiver Stoffe (z. B. Pb-210 aus Rn-222) aus dem West-Teil und der darunterliegenden ELK 2/750 Na2 kann allerdings nicht ausgeschlossen werden. Auch aus diesem Grund sowie zur Absicherung der o. g. Annahmen sind vor Beginn der Arbeiten im Ost-Teil Erkundungen durchzuführen, die Aussagen über eine mögliche Kontamination des Salzversatzes

<p align="center">Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm</p>						 <p>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</p>			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 59 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

im Ost-Teil zulassen und die Festlegung geeigneter Strahlenschutzmaßnahmen (z. B. lokale Absaugung, Atemschutzmasken etc.) gewährleisten.

4.3.12 Erkundungsbedarf – Salzversatz im Ost-Teil

Als Grundvoraussetzung für weiterführende Betrachtungen wurde im Bericht AP05 und AP06 zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 [7] das Vorhandensein von eingelagerten Gebinden im Ost-Teil der ELK 7/725 ausgeschlossen. Diese Grundvoraussetzung ist im Rahmen der Erkundung zu bestätigen. Dies kann durch geeignete geowissenschaftliche Erkundungsmethoden (vgl. Kapitel 3.3) erfolgen. Diese können in Kombination mit Bohrungen zur Entnahme von Proben erfolgen. Im Rahmen der Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung wurden grundsätzlich zwei unterschiedliche Verfahren zum Umgang mit dem Salzversatz im Ost-Teil ermittelt [7].

- Option a: Vor Beginn der Rückholung wird der Salzversatz im Ost-Teil beräumt und in einem neu aufgefahrenen Infrastrukturbereich puffergelagert. Hierfür wird der Strahlenschutzbereich für diesen Arbeitsschritt ausgeweitet. Anschließend kann dann eine Freimessung erfolgen bzw. ein Herausgabeverfahren angestrebt werden oder der Salzversatz anders gehandhabt werden (z. B. zur weiteren Bearbeitung, Verarbeitung, Lagerung oder sonstigen Verwendung), ggf. ist eine weitere Verarbeitung (z. B. als Sorelbeton) zur Nutzung unter Tage möglich. Die genaue Verfahrensweise ist bei Vorliegen weiterer Erkenntnisse mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen.
- Option b: Alternativ ist die Verfestigung des Salzversatzes im Ost-Teil per Injektionsverfahren möglich. Somit ist eine anschließende Nutzung des verfestigten Ost-Teils als Stand-/Arbeitsfläche im Rahmen der Rückholung möglich. Diese muss bei Option a durch Einbringen neuen Materials im Ost-Teil geschaffen werden.

Aufgrund des messtechnisch nicht belegten radiologischen Zustands des Salzversatzes im Ost-Teil sind vor dem Durchführen einer der beiden Optionen radiologische Voruntersuchungen durchzuführen. Wie im Bericht AP05 und AP06 zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 [7] beschrieben, wird Option b bevorzugt. Da die Restaktivität in der ELK 7/725 nach Beendigung der Rückholung als Eingangsgröße für die Konsequenzenanalyse zum Stilllegungskonzept dient, ist die Aktivität im Ost-Teil vor einer Verfestigung des dortigen Salzversatzes zu ermitteln. Im Folgenden wird ein Beprobungsprogramm für Option b beschrieben. Grundsätzlich ist ein analoges Beprobungsprogramm auch bei Option a anwendbar.

4.3.13 Erkundungsprogramm – Salzversatz im Ost-Teil

Wie in Kapitel 4.3.12 beschrieben, stellt der schraffierte Bereich in Abb. 12 den Teil der ELK 7/725 dar, in dem aufgrund der Einlagerungshistorie und der Extrapolation des Böschungsfußes keine eingelagerten Gebinde zu unterstellen sind. Diese Grundvoraussetzung ist im Rahmen der Erkundung zu bestätigen. Dies kann durch geeignete geowissenschaftliche Erkundungsmethoden (vgl. Kapitel 3.3) erfolgen. Aufgrund der unsicherheitsbehafteten Ermittlungsmethodik und zur Vermeidung eines ungewollten Kontaktes mit eingelagerten Gebinden im West-Teil wird ein zusätzlicher Sicherheitsabstand zur extrapolierten Böschungsfußkante von ca. 5 m festgelegt. Dieser ist im Rahmen der vorgenannten beschriebenen Nachweise zu verifizieren. Damit beträgt die Länge des zu verfestigenden Ost-Teils ca. 30 m. Grundsätzlich ist bei der Beprobung zu beachten,

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 60 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

dass die Wahrscheinlichkeit einer Direktkontamination des Salzgruses im Ost-Teil, durch z. B. Wegsamkeiten von im westlichen Bereich der ELK 7/725 eingelagerten ggf. nicht mehr intakten Gebinden in den Ost-Teil, von Osten nach Westen größer wird. Ein Messknotennetz ist dementsprechend von Osten nach Westen engmaschiger zu wählen bzw. die Anzahl an Probenahmen zu erhöhen. Diesem Sachverhalt wird mit einer Kategorisierung unterschiedlicher Bereiche in der ELK 7/725 Rechnung getragen. Unterschiedliche Volumenbereiche des Ost-Teils der ELK können wie folgt kategorisiert werden (siehe Abb. 13):

- Kategorie 1: Bereich eingelagerter Gebinde (keine Beprobung),
- Kategorie 2: Bereich höherer Beprobungsdichte, Mittelungsmasse bis zu 1 t zulässig und
- Kategorie 3: Bereich geringerer Beprobungsdichte, Mittelungsmasse bis zu 10 t zulässig.

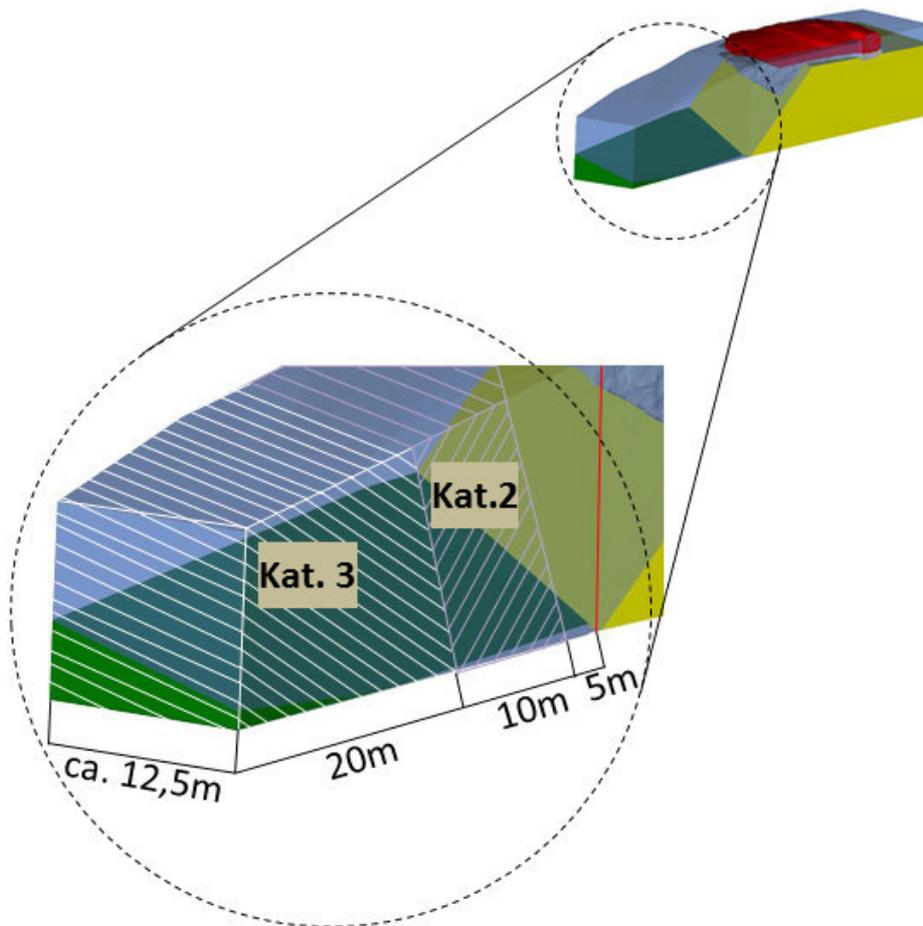


Abb. 13: Darstellung der Kategorien für eine Beprobung des Salzversatzes im Ost-Teil der ELK 7/725 [7].

<p align="center">Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm</p>						 <p>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</p>			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 61 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Die hier beschriebene Beprobungsdichte orientiert sich an der ESK-Empfehlung für die Herausgabe [79]. Ein Beprobungsprogramm für eine ggf. durchzuführende Freimessung könnte ähnlich aussehen, jedoch mit erhöhten Anforderungen an die Messdichte, Mittelungsmassen und Repräsentativität der Proben. Die nuklidspezifische Auswertung der Materialproben zur Bestimmung der Aktivität kann wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben unter Berücksichtigung des möglichen Nuklidspektrums erfolgen.

Die Probenahme kann auch im Zuge des Abteufens der Injektionsbohrungen erfolgen. Bei Option a, Beräumen des Salzversatzes im Ost-Teils, kann das Programm mit Anpassungen übertragen werden. Zusätzlich ist es bei dieser Option möglich, Proben vorlaufend und begleitend zum Beräumen des Salzversatzes zu gewinnen und auszuwerten.

4.4 Aktivitätskonzentration der Grubenwetter

4.4.1 Ist-Stand - Aktivitätskonzentration der Grubenwetter in der ELK 7/725

Die radiologische Überwachung der Grubenwetter und die Dokumentation der erfassten Messergebnisse erfolgt für die Schachanlage Asse II routinemäßig. Die Messung der Radionuklide in den Grubenwettern erfolgt im Rahmen der betrieblichen Strahlenschutzüberwachung. Durch das Messprogramm werden die Grubenwetter hinsichtlich der Aktivitätskonzentration von Radon und Tritium sowie der aerosolgetragenen Aktivität an verschiedenen Messstellen der Schachanlage Asse II überwacht.

In Bezug auf die vorgezogene Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 ist ein besonderer Fokus auf die Messstellen in der ELK 7/725 sowie an deren Zugang auf der 725-m - Sohle zu legen. Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen werden mit den in nachfolgender Tab. 7 dargestellten gültigen Schwellenwerten der Aktivitätskonzentration in den Grubenwettern für ständig begehbare Räume der Strahlenschutzordnung der Schachanlage Asse II [38] verglichen.

Tab. 7: Schwellenwerte der Aktivitätskonzentration in den Grubenwettern für ständig begehbare Räume der Strahlenschutzordnung nach [38].

Schwellenwert	Gültigkeitsbereich
5,0 mBq/m ³	Aerosole
120 Bq/m ³	Rn-222 ohne Töchter
1,0 kBq/m ³	Tritium (HTO)

Die Jahresberichte der radiologischen Überwachung der Grubenwetter der Schachanlage Asse II aus den Jahren 2015 – 2017 [59], [60], [61] weisen für die Messstelle in der ELK 7/725 (MP-RE-725 002) Überschreitungen des Schwellenwertes für Rn-222 aus. Der im vorgenannten Zeitraum mittels Elektret-Ionisationskammer gemessene maximale Monatsmittelwert der Luftaktivitätskonzentration für Rn-222 betragen am Messort MP-RE-725 002 377 Bq/m³. Am Zugang der ELK 7/725 (MP-RE-725 001) auf der 725 m Sohle sowie an allen anderen Messorten in der

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 62 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Schachtanlage Asse II wurden in diesem Zeitraum keinerlei Überschreitungen der oben genannten Schwellenwerte der Aktivitätskonzentration in den Grubenwettern detektiert.

Für Betrachtungen und Bewertungen der Rn-222-Aktivitätskonzentration ist das Ra-226-Inventar als Mutternuklid des gasförmigen Rn-222 von besonderer Bedeutung. Auch für ein Verständnis von Ablagerungsmechanismen im Salzversatz der ELK 7/725 etwaig vorhandener, nicht flüchtiger Folgeprodukte aus Rn-222 (z. B. Pb-210) ist das Ra-226 Inventar zu betrachten. Die Überschreitungen des Schwellenwertes für Rn-222 an der Messstelle MP-RE-725 002 kann ein Indiz dafür sein, dass die Schwebeteilchen zwischen der ELK 7/725 und der darunter liegenden ELK 2/750 Na2 gebräuchlich ist, da das Ra-226 Inventar der ELK 2/750 Na2 ca.30-fach über dem der ELK 7/725 liegt und die ELK 2/750 Na2 nicht an die Radonbohrung 1 wettertechnisch angeschlossen ist (vgl. Abb. 14).

Die gemessene Rn-222-Aktivitätskonzentration in der ELK 7/725 ist von der Radon-Bohrung 1 und der Betriebsweise des Hauptgrubenlüfters beeinflusst, da ein kontinuierlich laufender Hauptgrubenlüfter die Aktivitätskonzentration radioaktiver Edelgase reduziert. Durch eine gebräuchliche Schwebeteilchen zwischen der ELK 7/725 und der darunter liegenden ELK 2/750 Na2 besteht die Möglichkeit, dass das Ra-226 Inventar der ELK 2/750 Na2 einen Beitrag zur gemessenen Rn-222 Aktivitätskonzentration in der ELK 7/725 liefert. In der folgenden Tab. 8 ist das Ra-226 Inventar beider ELKs zum Stichtag 01.01.2028 angegeben. Ebenso sind die Aktivitätsinventare von Thoron (Rn-220) zu betrachten, dessen Diffusionskoeffizient identisch dem von Radon ist. Der Beitrag zur detektierten Aktivitätskonzentration sollte allerdings aufgrund der relativ kurzen Halbwertszeit ($HWZ_{Rn-220} \approx 55s$) deutlich kleiner ausfallen. Die Aktivitäten der Ausgangsnuklide sind in der nachfolgenden Tab. 8 für die ELK 2/750 Na2 sowie für die ELK 7/725 angegeben.

Tab. 8: Aktivitätsinventare der ELK 2/750 Na2 und 7/725 von Ra-226 als Mutternuklid von Rn-222 sowie Th-232 als Ausgangsnuklid von Rn-220 zum Zeitpunkt 2028.

Radionuklid	ELK 2/750 Na2 [Bq]	ELK 7/725 [Bq]
Ra-226	9,6E+10	3,1E+09
Th-232	1,85E+10	1,3E+10

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725

Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 63 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AAANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

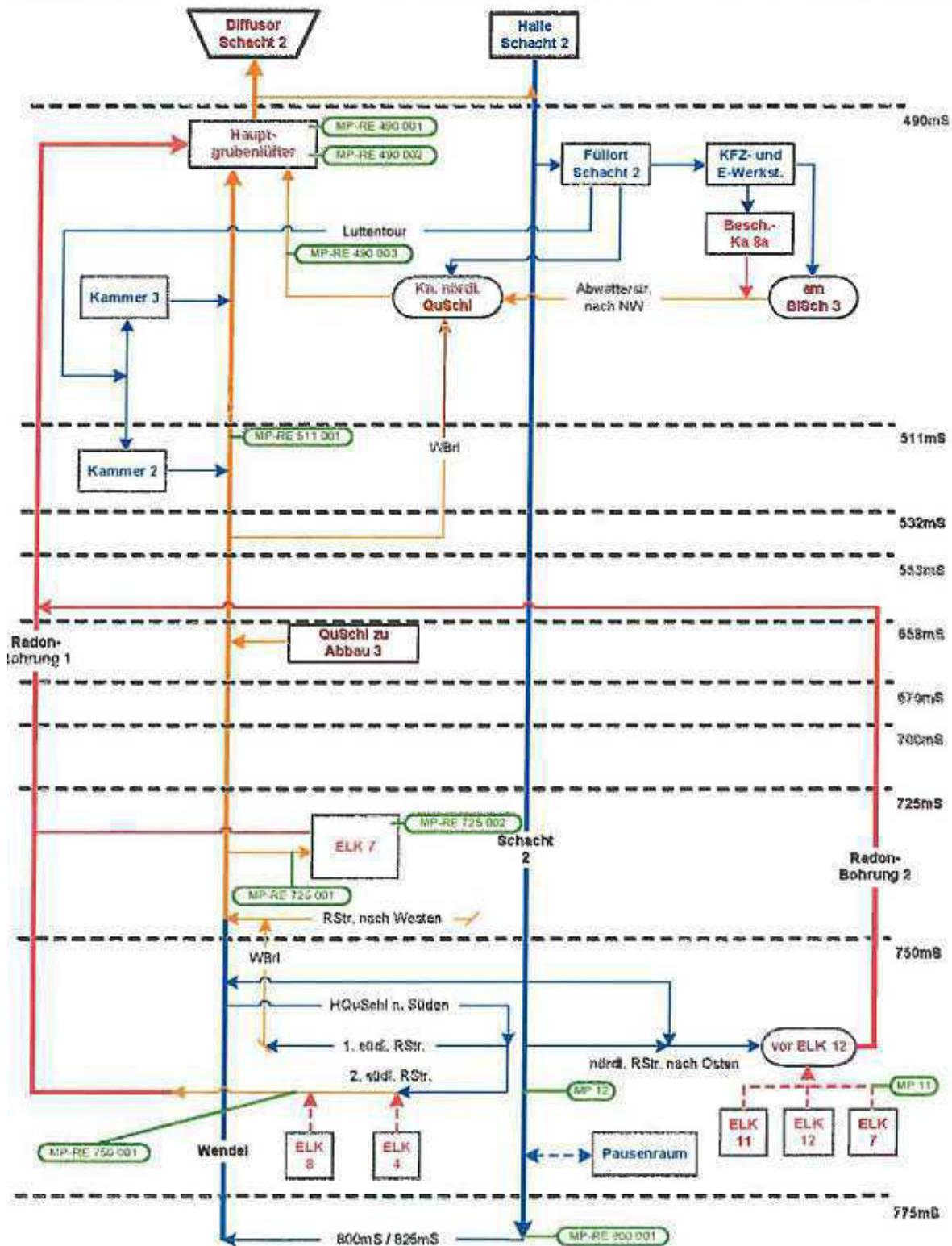


Abb. 14: Wetterstammbaum mit Radonbohrung und Messpunkten (MP), Stand 12/2016 [54].

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 64 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

4.4.2 Erkundungsbedarf - Aktivitätskonzentration der Grubenwetter in der ELK 7/725

Die möglichst genaue Kenntnis der Aktivitätskonzentration der Grubenwetter und insbesondere radioaktiver Edelgase dienen zur Absicherung der Rückholplanung bzgl. der zu genehmigenden und zu beherrschenden Ableitungen in die Umgebung der Anlage entsprechend dem Sicherheits- und Nachweiskonzept, vgl. [7].

Die einzigen Überschreitungen der Schwellenwerte der Aktivitätskonzentration in den Grubenwettern sind an der Messstelle MP-RE-725 002 in der ELK 7/725 für Rn-222 detektiert worden, sodass sich der nachfolgende Erkundungsbedarf ausschließlich auf die Aktivitätskonzentration von Radon und Thoron in den Grubenwettern der ELK 7/725 bezieht. Erkundungsbedarf für die Aktivitätskonzentrationen von H-3, C-14 und Kr-85 in den Grubenwettern der ELK 7/725 besteht nach aktueller Kenntnislage nicht.

Neben der Kenntnis, der in den ELK 7/725 und ELK 2/750 Na2 eingelagerten Aktivitätsinventare von Ra-226 als Mutternuklid von Rn-222 sowie Th-232 als Ausgangsnuklid von Rn-220, kann auch die Aufnahme und Auswertung von Messwerten der Radon/Thoron - Exhalationsrate einen Erkenntnisgewinn erbringen. Die Radon/Thoron - Exhalationsrate ist die Radon- bzw. Thoronaktivität, die pro Zeit- und Flächeneinheit vom Boden in die freie Atmosphäre abgegeben wird [gebräuchlichste Maßeinheiten: Bq/(m²·s) bzw. Bq/(m²·h)]. So können gegebenenfalls auf Basis erhöhter lokaler Messwerte der Radon/Thoron - Exhalationsrate Verdachtsrückschlüsse auf etwaige Beschädigungen von Gebinden mit Radiuminventar gezogen werden. Möglicherweise können auf Basis der Messwerte der Radon/Thoron - Exhalationsrate lokale Verdachtsbereiche für gebräuchlich Schwebenzustände infolge des geologischen Erkundungsprogramms (Mikroseismik, Georadar) verifiziert werden.

Sofern das geologische Erkundungsprogramm den Zustand der Schweben zwischen der ELK 7/725 und der ELK 2/750 Na2 umfasst (z. B. über Bohraufschluss), wird empfohlen, die Aktivitätskonzentration der Kammeratmosphäre in der ELK 2/750 Na2 umfänglich zu analysieren.

4.4.3 Erkundungsprogramm - Radon-/Thoronexhalation der Grubenwetter in der ELK 7/725

Um Informationen über Freisetzung und Transport von Thoron und Radon aus den Einlagerungsbereichen über Klüfte, Risse und ggf. Gebindeleckagen in die Kammeratmosphäre zu erhalten, kann im Rahmen des radiologischen Erkundungsprogramms die Ermittlung eines Radon-/Thoron - Exhalationsprofils dienlich sein.

Da die Radon-/Thoronkonzentration in der Sohle der ELK 7/725 höher ist als in der Atmosphäre der ELK, findet ein kontinuierlicher Gasfluss (Exhalation) aus der Sohle in die Kammeratmosphäre statt. Der Transport des Radons/Thorons im Salz bzw. in den Gebinden bis an die Oberfläche (Sohle der ELK) wird im Wesentlichen durch zwei Prozesse bestimmt:

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 65 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

- durch den Transport aufgrund von Konzentrationsunterschieden stattfindender Diffusionsprozesse,
- durch den Transport infolge von Druckdifferenzen (advektiver Gastransport) [106].

Die Ermittlung der Exhalationsrate von Radon/Thoron an der Oberfläche der ELK-Sohle kann mit Hilfe eines Radon/Thoron-Monitors¹¹ erfolgen, der über eine Pumpe an eine dem Messuntergrund gegenüber abgedichtete Exhalationshaube angeschlossen wird, sodass die vorhandene Innenluft zirkulieren kann. Die in dem Haubenvolumen zunehmende Radon-/Thoronkonzentration wird kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen gemessen. Aus dem Anstieg der Radonkonzentration in dem Haubenvolumen und der Aufstellfläche der Exhalationshaube kann die Exhalationsrate ermittelt werden [106]. Die Messung wird an diversen Bereichen der Oberfläche der ELK-Sohle wiederholt, sodass ein Radon-/Thoronexhalationsprofil abgeleitet werden kann (Abb. 15).

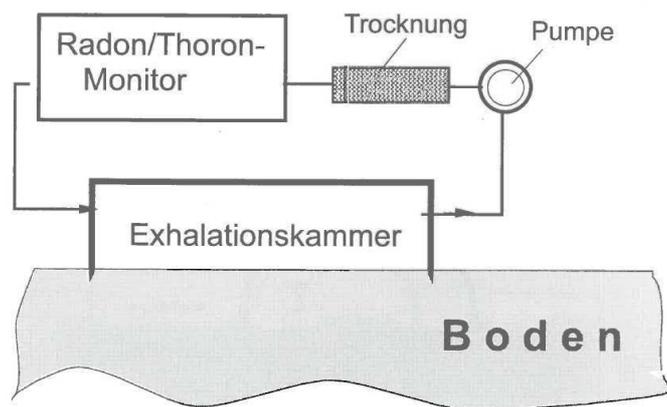


Abb. 15: Schematischer Messaufbau zur Erfassung der Radonexhalationsrate [106].

Um Erkenntnisse zum Freisetzungsverhalten und den Transportmechanismen von Thoron und Radon aus den oben beschriebenen Exhalationsmessungen generieren zu können, sind die Messumgebungsbedingungen (rel. Luftfeuchte, Luftdruck, Temperatur) begleitend zu erfassen. Ggf. sind die Messdaten der Radon-/Thoron-Freisetzungen aus der Sohle des zurzeit begehbaren Bereiches der ELK 7/725 bzw. der Schweben zwischen den Einlagerungskammern 7/725 und 2/750Na2 in einem Modell zur Bestimmung der Ableitung von radioaktiven Edelgasen zu verwenden. Weitere Messungen z. B. in geeigneten Tiefenprofilen im Ostbereich können sinnvoll unterstützend sein.

¹¹ Je nach Radonmessgerät und Größe der Exhalationshaube lassen sich Nachweisgrenzen von 0,01 – 0,03 Bq·m⁻²·s⁻¹ erreichen [106]

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 66 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

4.5 Zusammenfassung und Bewertung des radiologischen Erkundungsprogramms

In der nachfolgenden Tab. 9 werden die in Kapitel 4 beschriebenen Erkundungsmaßnahmen zusammenfassend aufgeführt. Die Abschätzungen der Relevanz der Umsetzung dieser Maßnahmen sowie des Arbeitsaufwandes, eines potentiellen Startzeitpunktes und eines qualitativ erwarteten Zeitaufwandes der Maßnahmenumsetzung basieren auf Erfahrungswerten aus atomrechtlichen Genehmigungsverfahren bzw. Rückbauprojekten. Insbesondere die abgeschätzte Zeitdauer der Maßnahmenumsetzung ist risikobehaftet und von der Zielorientiertheit aller involvierten Stakeholder abhängig.

Tab. 9: Zusammenfassung des radiologischen Erkundungsprogramms unter Abschätzung des Aufwandes, des Zeitpunktes, der Dauer und der Relevanz der Maßnahmen

Lfd. Nr. /Kapitel/	Erkundungs- maßnahme	Abschätzung Aufwand, Zeitpunkt und Dauer der Maßnahmenumsetzung	Relevanz
1 /4.2.1 - 4.2.3/	Recherche zur Beseitigung offener Punkte bei der Aktivitätsdeklaration einiger Gebinde in der Assekat Angabe zusätzlicher Daten zum Anreicherungsgrad und zur Dosisleistung am Bezugszeitpunkt	Arbeitsaufwand: gering Potentieller Start: sofort Zeitaufwand: sehr kurz bis kurz Arbeitsaufwand: gering Potentieller Start: sofort Zeitaufwand: sehr kurz bis kurz	Hoch: Unvollständige Datenbasis in Antragsunterlagen kann im Rahmen eines atomrechtl. Genehmigungsverfahrens zu Maßnahmen bzw. Auflagen führen Mittel bis niedrig: Widersprüche zwischen unterschiedl. erzeugten Datensätzen können vermieden werden, eine Bestimmung der Parameter ist aber immer auch außerhalb der Assekat möglich.
2 /4.3.2 - 4.3.4/	Bestimmung des ursprünglichen Kammer-Hohlraumvolumens der ELK 7/725	Arbeitsaufwand: gering - hoch Potentieller Start: sofort (ggf. anzeigespflichtig) Zeitaufwand: kurz bis lang (abhängig vom Messverfahren)	Hoch: Wenn ein aufwändiges Freigabeverfahren nach StrlSchV vermieden werden soll Mittel: Zur Planung des ggf. unter StrlSch-Aspekten zu behandelnden anfallenden Haufwerkvolumens

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 67 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Lfd. Nr. /Kapitel/	Erkundungs- maßnahme	Abschätzung Aufwand, Zeitpunkt und Dauer der Maßnahmenumsetzung	Relevanz
3 /4.3.5 - 4.3.7/	Ermittlung und Dokumentation des radiologischen Ist-Standes der Firste sowie der Stöße der ELK 7/725	Arbeitsaufwand: gering – mittel Potentieller Start: sofort (ggf. anzeigespflichtig) Zeitaufwand: kurz bis mittel (Beprobungsdichte und Beprobungsumfang abhängig von Zielstellung und gemessenen Kontaminationsniveau)	Hoch: Wenn Bestandteil eines Freigabeverfahrens nach StrlSchV Niedrig: Wenn ausschließlich orientierende Messung
4 /4.3.8 - 4.3.10/	Ermittlung und Dokumentation des radiologischen Ist-Standes der die Gebinde abdeckenden Salzgrusschicht der ELK 7/725 einschließlich der Bestimmung der Schichtdicke	Arbeitsaufwand: sehr hoch Potentieller Start: im Anschluss bzw. im Zusammenhang mit einer geol. Erkundung Zeitaufwand: mittel bis hoch (Beprobungsdichte und Beprobungsumfang abhängig von Zielstellung und gemessenen Kontaminationsniveau)	Hoch: Wenn Bestandteil eines Freigabeverfahrens nach StrlSchV Niedrig: Wenn ausschließlich orientierende Messung Hinweis: Eine vorlaufende Untersuchung erfolgt in jedem Fall spätestens mit der Rückholung selbst.
5 /4.3.11 - 4.3.13/	Ermittlung und Dokumentation des radiologischen Ist-Standes des Salzversatzes im Ost-Teil der ELK 7/725	Arbeitsaufwand: sehr hoch Potentieller Start: Abhängig von Umgangsoption Zeitaufwand: hoch bis sehr hoch (Beprobungsdichte und Beprobungsumfang abhängig von Zielstellung und gemessenen Kontaminationsniveau)	Hoch: Umsetzung in Voraussetzung für den Beginn der Rückholung der eingelagerten radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725
6 /4.4.1 - 4.4.3/	Ermittlung eines Radon /Thoron Exhalationsprofils im Sohlenbereich der ELK 7/725	Arbeitsaufwand: gering Potentieller Start: sofort (ggf. anzeigespflichtig) Zeitaufwand: kurz bis mittel	Hoch: Aufgrund der genehmigungsrelevanten Planung der Ableitungswerte sowie ggf. erforderlicher Maßnahmen zur Abdichtung der ELK 2/750Na2 gegen die ELK 7/725.

Der Aufwand zur Umsetzung der in obiger Tab. 9 mit der laufenden Nummer 1 gelisteten Maßnahmen wird als gering eingeschätzt, da diese Arbeiten sich auf Recherche- und Datenpflegearbeiten beschränken. Weitere Stakeholder sind zur Umsetzung nicht involviert.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 68 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Der Arbeits- und Zeitaufwand zur Umsetzung der in obiger Tab. 9 mit der laufenden Nummer 2 gelisteten Maßnahme ist gegenwärtig nur schwer einschätzbar und richtet sich danach, ob eine Datenanalyse bereits zielführend ist die identifizierten Inkonsistenzen auszuräumen oder ggf. eine messtechnische Erfassung notwendig wird.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird davon ausgegangen, dass die Tätigkeiten zu den in obiger Tab. 9 mit den laufenden Nummern 3 und 6 gelisteten Erkundungsmaßnahmen im Rahmen der betrieblichen Strahlenschutzüberwachung abgewickelt werden können. Die Zielstellung und die geplante Umsetzung eines geeigneten Messprogramms ist voraussichtlich der Aufsichtsbehörde anzuzeigen.

Die Tätigkeiten zu den in obiger Tab. 9 mit den laufenden Nummern 4 und 5 gelisteten Erkundungsmaßnahmen dienen direkt der Vorbereitung der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725, wodurch diese Arbeiten als atomrechtlich genehmigungsbedürftig eingestuft werden. Durch ein entsprechendes Genehmigungsverfahren wird der Zeitaufwand zur Maßnahmenumsetzung als vergleichsweise lang abgeschätzt.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 69 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

5 Zusammenfassung

Ziel des hier vorliegenden Berichts zum AP07 (Erkundungsprogramm) war die Darlegung eines Konzeptes zur Erhebung über bereits vorliegende Daten hinausgehender und für die weitere Planung und Genehmigung der vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 zu verwendender Daten. Fundament dessen ist die bestehende Datengrundlage, die durch weitergehende Erkundung und Datenerhebung ausgeweitet werden muss, was in diesem Bericht beschrieben wurde.

Aufgrund der unterschiedlichen geowissenschaftlichen/bergbaulichen und radiologischen Anforderungen an die Erkundungsbedarfe sind diese je Fachgebiet separat beschrieben worden. Eine generelle Übersicht des Ist-Standes der ELK 7/725 sowie deren Nahbereich zu Kenntnissen über

- Geologie, Hydrogeologie,
- radiologischem Zustand,
- den Dimensionierungen,
- der Zugänglichkeiten zur ELK 7/725 sowie
- deren Inventar und Auswirkung auf die Grubenwetter

wurde den jeweiligen Ausführungen vorangestellt. Entsprechend des Ist-Standes wurde die Qualität der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung eingeschätzt, um Themenschwerpunkte für die weitere Datenerhebung abzuleiten.

In einem weiteren Schritt erfolgte für den geowissenschaftlichen/bergbaulichen Teil die Darstellung von Erkundungsverfahren sowie Monitoringprogrammen im Kontext ihrer bisherigen Anwendung in der Schachanlage Asse II. Ein Abgleich der abgeleiteten Themenschwerpunkte für die weitere Erkundung und der jeweiligen Verfahren sowie Monitoringprogramme dient der Ermittlung von Potentialen zur weiterführenden Erkundung in Bezug zur vorgezogenen Rückholung von radioaktiven Abfällen aus der ELK 7/725.

Den identifizierten, konkreten Maßnahmen entsprechend wurde ein Erkundungsprogramm für die ELK 7/725 mit vorlaufend durchzuführenden Tätigkeiten erstellt. Für den geowissenschaftlichen/bergbaulichen Teil umfasst es die Kombination verschiedener Verfahren, die die besten Aussichten auf Erfolg haben, das günstigste Aufwand-Nutzen-Verhältnis aufweisen und bereits als Standardverfahren in der Schachanlage Asse II erprobt sind. Dabei wurden

- Vorgehensweisen für die geologische Erkundung des geplanten Infrastrukturbereichs (z. B. Kernbohrungen und Bohrlochgeoradar),
- die Erkundung und Datenerhebung gebirgsmechanischer Parameter im Nahbereich der ELK 7/725 und angrenzender Bereiche (z. B. Spannungs-, Permeabilitäts- und Konvergenzmessungen) sowie
- die Erkundung ELK-spezifischer Parameter für nicht zugängliche Bereiche der ELK 7/725 (z. B. Bohrung mit Gasbeprobung und Streckengeoradar) beschrieben.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 70 von 84
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Das radiologische Erkundungsprogramm umfasst die Themenkomplexe Kammerinventar der ELK 7/725, radiologische Situation des Salzversatzes in der ELK 7/725 sowie Aktivitätskonzentration der Grubenwetter der ELK 7/725. Hierfür wurden folgende wesentliche Erkundungsmaßnahmen zur Reduzierung der identifizierten offenen Themenschwerpunkte abgeleitet, um weitere Erkenntnisgewinne generieren zu können:

- Weitere Verbesserung der Daten der Assekat hinsichtlich Aktivitätsdeklaration, Dosisleistung und Kernbrennstoff,
- Bestimmung von Volumina, Mengen und radiologischem Zustand des Salzversatzes in der Sohle (insbesondere des Ost-Teils) sowie von Firste und Stößen,
- Ermittlung von lokalen Daten zur Emission von Radon und Thoron (Exhalationsmessungen).

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 71 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Literaturverzeichnis

- [1] ABBERG, V., Allgemeine Bundesbergverordnung vom 23. Oktober 1995 (BGBl. IS. 1466), die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. IS. 3584) geändert worden ist.
- [2] ADR, „Anlage zur Bekanntmachung der Neufassung der Anlagen A und B des Europäischen Übereinkommens vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR),“ in der ab dem 3. Januar 2018 geltenden Fassung.
- [3] AHMED, S. N., GAGNON, J. D., MAKHDOOM, M. N., NAEEM, R. & WANG, J. (2017): New methods and equipment for three-dimensional laser scanning, mapping and profiling underground mine cavities.- Underground Mining Technology 2017, Perth, 8 S.
- [4] ARGE KR (2015): Schachtanlage Asse II Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725-/750-m-Sohle. Arbeitspaket 01: Teilbericht zu den Planungsgrundlagen. - Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“, KZL:9A/23510000/GHB/RZ/0057/00, B2384054, Gelsenkirchen, 139 S.
- [5] ARGE KR (2017): Memo zur vorläufigen Einschätzung des Erkundungsbedarfs für die vorgezogene Rückholung der ELK 7/725. - Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“, 13.10.2017, 5 S.
- [6] ARGE KR (2018): AP05-VR – Technisches Konzept zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Einlagerungskammer 7/725. - Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“, PowerPoint Präsentation, 30.11.2018, 376 S.
- [7] ARGE KR (2019): Schachtanlage Asse II Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725. Arbeitspaket 05 Technisches Konzept und Arbeitspaket 06 Sicherheits- und Nachweiskonzept. - Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“, Berichtsentwurf, 12.04.2019, KZL:9A/23530000/GHB/RZ/0094, 370 S.
- [8] ASSE (2009): Beschreibung der Lagerbereiche der Abfälle, Remlingen, Stand: 27.03.2009, KZL:9A/13500000/BE/RA/0001/00: Asse-GmbH.
- [9] ASSE (2010): Sonderbetriebsplan 8/2010 – Bohrungen im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 (-Faktenerhebung-). - Asse-GmbH, 08.12.2010, KZL:9A/13223000/ZML/DB/EP/0003/00, 19 S., 8 Anh., 5 Anl.
- [10] ASSE (2011): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 8/2010 „Bohrungen im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 (-Faktenerhebung-), Asse-GmbH, 02.02.2011, KZL:9A/13223000/ZML/DB/EP/0003/01, 19 S., 8 Anh., 6 Anl.
- [11] ASSE (2012): Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen Geologischer Standortbericht, Südwestlicher Abschnitt des 2. westlichen Querschlages, Nordwestliche Verlängerung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle, Bauwerke, SB-750-1a und SB-750-16, WL-750-3 und WL-750-4, WL-750-4a und WL-750-6, Asse-GmbH, 26.01.2012, KZL:9A/64221000/BSB/HA/BN/005/00, 40 S.
- [12] ASSE (2013): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan 9/2013 „Bohrung vom Typ B im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 (-Faktenerhebung-), Asse-GmbH, Zeichenbuch-Nr. W5010.1.22.3, 24.07.2013, KLZ:9A/13223000/-/DB/EP/0121/00, 10 S., 6 Anl.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 72 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

- [13] ASSE (2014a). Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 3/2014 „Herstellen von Erkundungsbohrungen auf der 574-m-Sohle in Richtung der Erkundungsbohrung Remlingen 15“, Zechenbuch-Nr. W 5010.1.25. - Asse-GmbH, 10.03.2014, KZL:9A/13223000/VS5/DB/LA/0001/00, 19 S., 7 Anl.
- [14] ASSE (2014b): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 14/2014 „Erstellung geotechnischer Bauwerke im 2. westlichen Querschlag auf der 750-m-Sohle (SB-750-1a, SB-750-1c und WL-750-3)“. - Asse-GmbH, 16.10.2014, KZL:9A/13223000/BSB/DB/AB/0001/00, 5 S., 5 Anl.
- [15] ASSE (2014c): Standortspezifischer Qualitätssicherungs- und Prüfplan, Erstellung geotechnischer Bauwerke im 2. westlichen Querschlag auf der 750-m-Sohle (SB-750-1a; WB-750-1c; WL-750-3). - Asse-GmbH, 24.11.2014, KZL:9A/54214000/BSB/CD/FC/0008/00, 8 S.
- [16] ASSE (2015a): Sonderrisse – Bauwerke der Notfallvorsorge, Stand 2015, Remlingen, Asse-GmbH.
- [17] ASSE (2015b): Kalisalzbergwerk Asse, Schachtanlage Asse II, Speicherbergwerk, Geologischer Sohlenriss 725 m, Stand 30.03.2015, Remlingen, Asse-GmbH.
- [18] ASSE (2015c): Kalisalzbergwerk Asse, Schachtanlage Asse II, Speicherbergwerk, Geologischer Sohlenriss 750 m, Asse-GmbH, Stand 30.03.2015, Remlingen.
- [19] ASSE (2015d): Kurzanleitung/-einführung – Salzlösungskataster der Schachtanlage Asse II basierend auf der Access-MDB LKatFA_V1-5.mdb, Asse-GmbH, Stand April 2015, Remlingen.
- [20] ASSE (2015e): Strömungsbarrieren SB-750-1a und SB-750-1c, Bautechnischer Nachweis, Asse-GmbH, Ersteller: DBE Technology GmbH, 05.05.2015, KZL:9A/44214000/BSB/GH/LD/0006/00, 45 S.
- [21] ASSE (2015f): Geotechnische Standortbeschreibung und Auslegungsrechnung zur Festlegung der Nachschnitttiefe für die SB-750-1a, Asse-GmbH, Ersteller: Institut für Gebirgsmechanik, 26.01.2015, KZL:9A/44214000/BSB/GC/BW/0008/00, Leipzig, 31 S., 23 Anh.
- [22] ASSE (2015g): Geologischer Standortbericht, Geologische Aufnahme des 2. westlichen Querschlags auf der 750-m-Sohle vom Blindschacht 1 bis zum Widerlager WL-750-2, Asse-GmbH, 06.11.2015, KZL:9A/64221000/BSB/HA/BN/0016/00, 30 S.
- [23] ASSE (2016a): Risswerk, Stand: 31.03.2016, Remlingen, Asse-GmbH.
- [24] ASSE (2016b): Schachtanlage Asse II, Grundrissausschnitt der 725-m-Sohle ELK 7, Remlingen, Asse-GmbH, 02.11.2016, 1. S.
- [25] ASSE (2016c): Bericht über die Bildung von Gasen und potenziell zündfähigen Gasgemischen in den Einlagerungskammern (ELK) 1, 2 und 12 auf der 750-m-Sohle während der Betriebsphase. Asse-GmbH, 26.02.2016, KZL:9A/45110000/F+E/DA/BW/0001/00, 56 S.
- [26] ASSE (2016d): Kurzbericht – Messtechnische Untersuchung am Gesenk 10 auf der 700-m-Sohle. Asse GmbH, 30.03.2016, KZL:9A/55110000/01STS/LE/BW/0003/00, 39 S.
- [27] ATG, Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 10. Juli 2018 (BGBl. I S. 1122, 1124) geändert worden ist.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 73 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

- [28] BFS & ASSE (2015): Evaluierung der Faktenerhebung und der Vorgehensweise zur Rückholung. - Bundesamt für Strahlenschutz, Asse-GmbH, Salzgitter, 81 S.
- [29] BFS (2010a) Schachanlage Asse II, Faktenerhebung Schritt 1 Systembeschreibung Brand- und Explosionsschutz. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller DMT GmbH & Co.KG, 20.10.2010, KZL:9A/13236000/DA/AC/0047/00, B137659300U, 21 S.
- [30] BFS (2010b): Schachanlage Asse II, Faktenerhebung Schritt 1 Systembeschreibung Bohrtechnik. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller DMT GmbH & Co.KG, 29.10.2010, KZL:9A/13236000/DA/AC/0044/00, B137656200U, 22 S.
- [31] BFS (2011a): Kriterienbericht Faktenerhebung, Kriterien zur Bewertung der Ergebnisse der Faktenerhebung. - Bundesamt für Strahlenschutz, 01.12.2011, 36 S.
- [32] BFS (2011b): Erkenntnisse des BfS zum Abfallinventar der Schachanlage Asse II. – Bundesamt für Strahlenschutz, 15.07.2011, KZL:9A/25100000/M/RE/0002/00, B144529900U, 89 S.
- [33] BFS (2013): Untersuchungs-, Probenahme- und Messkampagne für die Erkundung des Gesenks 700/750 zwischen dem Kaliabbau 12 Ost und der Einlagerungskammer 1/750 der Schachanlage Asse II. – Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller DMT GmbH, GRS mbH, 06.02.2013, KZL:9A/65140000/LAD/RB/0003/00, 101 S.
- [34] BFS (2014a): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II. Hier: Auswertung vorhandener Unterlagen zur Einlagerung der Abfallgebinde in den ELK. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller DMT GmbH & Co.KG, 21.07.2014, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0009/01, B1955736, 245 S.
- [35] BFS (2014b): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II. Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 Hier: Dokumentation der Ergebnisse aus der Erkundungsbohrung B7/750-A3. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller DMT GmbH & Co.KG, Essen, 18.06.2014, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0020/00, 249 S.
- [36] BFS (2014c): Datenbearbeitung, Interpretation und Modellierungen einer 3D-seismischen Testmessung im Bereich der Schachanlage Asse II, Abschlußbericht. - Bundesamt für Strahlenschutz, Auftragnehmer DMT Petrologic GmbH, 04.06.2014, KZL:9A/22122000/HF/RB/0007/00, B2084237, 134 S.
- [37] BFS (2014d): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Schritt 1: Entwurfsplanung zum Anbohren der ELK 12/750 von der 700 m-Sohle. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller: DMT GmbH & Co KG, 05.12.2014, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0035/00, B2198958, 269 S.
- [38] BFS (2014e): Strahlenschutzordnung der Schachanlage Asse II. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller: SE 6.1, 05.02.2014, KZL:9A/65210000/LRA/JD/0001/03, B1158892, 25 S.
- [39] BFS (2014f): Messung der zeitlichen Entwicklung von Thoron und Radon im Gesenk 700/750 auf der 700-m-Sohle der Schachanlage Asse II. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller Asse-GmbH, 19.02.2014, KZL:9A/65140000/LAD/RB/0004/00, 57 S.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 74 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

- [40] BFS (2015a): Konvergenzmessungen in Grubenbauen der Schachanlage Asse II. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller Asse-GmbH, 04.03.2015, KZL:9A/64300000/GMÜ//GC/BT/0006/00, 87 S.
- [41] BFS (2015b): Hauptbetriebsplan für die Schachanlage Asse II für den Geltungszeitraum 01.10.2015 bis 30.09.2017. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller Asse-GmbH, 21.05.2015, KZL:9A/13222000/DB/GB/0010/00, 303 S.
- [42] BFS (2015c): 01. Monitoringbericht zu den Infrastrukturräumen auf der 700-m-Sohle. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller Asse-GmbH, 20.10.2015, KZL:9A/64320000/GC/RB/0043/00, B2422701 00 U, 56 S.
- [43] BFS (2015d): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammer 7/750 und 12/750 – Hier Untersuchungskonzept auf potentiell freisetzbare Stoffe aus den ELK 7/750 und 12/750. Bundesamt für Strahlenschutz. Ersteller: DMT GmbH & Co. KG, 05.06.2015, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0048/00, B2324203, 34 S.
- [44] BFS (2016a): Hauptbetriebsplan 2017/2019. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller Asse-GmbH, Stand: 01.02.2016, KZL:9A/13222000/BPL/DB/LA/0010/00, 102-104.
- [45] BFS (2016b): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochvermessungen in der Erkundungsbohrung B7/750-A1 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer (ELK) 7/750. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller: DMT GmbH & Co. KG, Bundesamt für Strahlenschutz, 30.09.2016, 25 S., 6 Anh., 3 Anl.
- [46] BFS (2016c): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochvermessungen in der Erkundungsbohrung B7/750-B1.2 auf der 750-m-Sohle zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725. - Bundesamt für Strahlenschutz, Ersteller: DMT GmbH & Co. KG, 17.10.2016, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0039/00, B2225944, 22 S., 4 Anh., 4 Anl.
- [47] BFS (2016d): Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 – Bericht zu den Planungsgrundlagen. - Bundesgesellschaft für Strahlenschutz, Stand: 15. Juli 2016, KLZ:9A/23530000/GHB/RZ/0068/00, B2518756, 90 S.
- [48] BFS (2016e): Ergebnisbericht Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer 7/750 – Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar. - Bundesgesellschaft für Strahlenschutz, Ersteller: DMT GmbH & Co. KG, 14.10.2016, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0075/00, B2604725, 27 S., 4 Anl.
- [49] BFS (2016f): Geotechnisches, Geophysikalisches Monitoringprogramm und Baustoffuntersuchungen – Jahresbericht 2015 des Teilbereiches Standortüberwachung. – Bundesgesellschaft für Strahlenschutz, Ersteller: Asse-GmbH, 29.04.2016, KZL:9A/64330000/GC/PF/0007/00, 404 S.
- [50] BFS (2017): Chemische Analyse salinärer Lösungen aus dem Grubengebäude der Schachanlage ASSE II – Qualitätssicherung und Kontrollanalytik. Bericht über den Zeitraum 01. Januar – 31. Dezember 2015. - Bundesamt für Strahlenschutz, Auftragnehmer ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH, 16.11.2017, KZL:9A/64222100/HG/RA/0007/00, 317 S.
- [51] BGE (2013): Qualitätssicherung Abschätzung der hydraulischen Widerstände für die Strömungsbarrieren SB-750-1b und SB-750-17 auf Grundlage von Permeabilitätsmessungen. -

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 75 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Ersteller Institut für Gebirgsmechanik GmbH, 15.11.2013, KZL:9A/54214000/BSB/CD/BW/0003/00, 19 S.

- [52] BGE (2017a): Konvergenzmessungen in Grubenbauen der Schachtanlage Asse II. - Bundesgesellschaft für Endlagerung. - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Ersteller Asse-GmbH, 23.02.2017, KZL:9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0012/00, 88 S.
- [53] BGE (2017b): Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 – Hier: 1. Teilbericht – Grobkonzepte. - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Stand 28.07.2017, KZL:9A/23530000/GHB/RZ/0092/00, B2721545, 79 S.
- [54] BGE (2017c): Radonexposition 2016. - Ersteller Asse-GmbH, 27.09.2017, KZL:9A/65122000/01STS/LD/BZ/0006/01, 16 S.
- [55] BGE (2017d): Strahlenschutz- und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse II – Jahresbericht 2015. - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Ersteller Asse-GmbH, 27.02.2017, KZL:9A/65131200/LQ/PF/0025/00, 68 S.
- [56] BGE (2017e): Strahlenschutz- und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse II – Jahresbericht 2016. - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Ersteller Asse-GmbH, 11.12.2017, KZL:9A/65131200/LQ/PF/0026/00, 68 S.
- [57] BGE (2018a) Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Salzlösungsmonitoring. – Online, https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Asse/Vortraege/2018/2018028_Vortrag_Gebirgsbeobachtungsgespraech_2017.pdf, Aufgerufen am 16.06.2019. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Remlingen, 28.06.2018, Vortrag auf dem Gebirgsbeobachtungsgespräch 2018, 289 Seiten.
- [58] BGE (2018b): Geotechnisches, geophysikalisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen – Jahresbericht 2017 der Standortüberwachung Asse. - Bundesgesellschaft für Endlagerung, Ersteller BGE-Asse, 08.05.2018, KZL:9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0016/00, 450 S.
- [59] BGE (2018c): Radiologische Überwachung der Grubenwetter der Schachtanlage Asse II – Berichtszeitraum Januar – Dezember 2015. - Bundesgesellschaft für Endlagerung, Ersteller BGE-Asse, 26.02.2018, KZL:9A/65152000/LG/RZ/0015/01, 72 S.
- [60] BGE (2018d): Radiologische Überwachung der Grubenwetter der Schachtanlage Asse II – Berichtszeitraum Januar – Dezember 2016. - Bundesgesellschaft für Endlagerung, Ersteller BGE-Asse, 14.02.2018, KZL:9A/65152000/LG/RZ/0021/01, 59 S.
- [61] BGE (2018e): Radiologische Überwachung der Grubenwetter der Schachtanlage Asse II – Berichtszeitraum Januar – Dezember 2017. - Bundesgesellschaft für Endlagerung, Ersteller BGE-Asse, 16.04.2018, KZL:9A/65152000/LG/RZ/0027/00, 54 S.
- [62] BGE (2018f): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 6/2014 „Herstellen von Erkundungsbohrungen auf der 700-m-Sohle in Richtung der Erkundungsbohrung Remlingen 15“. hier: Mitteilung über die Nichtverfüllung der EBr. 700-1, Zechenbuch-Nr. W5010.1.25, Remlingen, Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, 10.07.2018, KZL:9A/13223000/GEH/DB/EE/0006/00, 2 S.
- [63] BGE (2018g): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 6/2018 „Erprobung von Bohrtechniken und Arbeitsabläufen auf der 850-m-Sohle in Hinblick auf die geplante Erkundung

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 76 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

der Einlagerungskammer 12/750 (-Faktenerhebung, Kalterprobung-)", Zechenbuch-Nr. W 5010.1.22.3, Remlingen, Bundesgesellschaft für Endlagerungen mbH, 06.07.2018, KZL:9A/13223000/02FEK12/DB/EP/0001/00, 10 S., 4 Anl.

- [64] BGE (2018h): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 9/2013 „Bohrungen vom Typ B im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 (-Faktenerhebung-)“, hier: Mittelung über die Durchführung einer Feststoffprobenahme aus der Einlagerungskammer 7/750. - Zechenbuch-Nr. W5010.1.22.3, Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Remlingen, 25.05.2018, KZL:9A/13223000/DB/EV/0140/00, 8 S.
- [65] BGE (2018i): Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen in der Schachtanlage Asse II – Standorterkundungen – Ergebnisse der Kamerabefahrungen und der geotechnischen Messungen in den Erkundungsbohrungen im Bereich des geplanten Bauwerkes SB-750-11. - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Ersteller Institut für Gebirgsmechanik GmbH, 27.06.2018, KZL:9A/44214000/BSB/GC/BW/0024/00, 26 S.
- [66] BGE (2019): Schachtanlage Asse II. - Online, <https://www.bge.de/asse/>, Aufgerufen am 07.01.2019.
- [67] BGR (2016): Georadar-Messungen in Strecken des Grubengebäudes der Schachtanlage Asse II in 2016. - Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Zwischenbericht, Hannover, 19.12.2016, KZL:9A/56331100/HF/RB/0024/00, 70 S.
- [68] BLUM, J. R. (1860): Handbuch der Lithologie oder Gesteinslehre. - Erlangen, 356 S.
- [69] BS (2013): Stilllegung des ERA Morsleben. 8. Zwischenbericht zur Prüfung des Sicherheitskonzepts (geotechnische Aspekte). Prüfung des Verfüllkonzepts: Verfüllplan zur Stilllegung des ERAM nach Durchführung der bGZ [P220]. – Brenk Systemplanung GmbH, Aachen, 14.10.2013, 81. S.
- [70] DAHM, T. (2015): Lecture Notes. Grundlagen der Geophysik. - Potsdam, 332 S.
- [71] DBE (2016): Schachtanlage Asse: Strömungsbarrieren SB-750-1a und SB-750-1c. Nachweis der Funktionsfähigkeit – Abschlussdokumentation. - DBE Technology GmbH, 21.12.2016, KZL:A/AJ/HY/GH/FT/0014/00, 87 S.
- [72] DGGT (2010): Geophysikalische Standortuntersuchung. - Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Juli 2010, 9 S.
- [73] DMT (2010): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem Endlager Asse – Schritt 1: Untersuchungskonzept zum Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750. - DMT GmbH & Co KG, 14.04.2010, Untersuchungsbericht-Nr. U2248-BfS-G, 80 S.
- [74] DMT (2014a): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 hier: Dokumentation der Ergebnisse aus der Erkundungsbohrung b 7/750-A1. – Ersteller: DMT GmbH & Co KG, 28.05.2014, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0015/01, 282 S.
- [75] DMT (2014b): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Auswertung vorhandener Unterlagen zur Einlagerung der Abfallgebände in der ELK. - DMT GmbH & Co. KG, Essen, 21.07.2014, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0009/01, 245 S.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 77 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

- [76] DMT (2014c): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Schritt 1 - Untersuchungskonzept am Gesenk 10. - DMT GmbH & Co KG, 16.05.2014, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0021/00, B2129693, 18 S.
- [77] DMT (2015): Ergebnisbericht – Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 auf der 750 m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Einlagerungskammer 11/750 – Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar. - DMT GmbH & Co KG, Ergebnisbericht, 07.12.2015, KZL:9A/55110000/GEO/HF/BW/0012/00, 40 S., 4 Anl.
- [78] DMT (2016): Ergebnisbericht der Demonstrationsmessung. Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 auf der 750 m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer (ELK) 7/750. Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar. - DMT GmbH & Co KG, Ergebnisbericht, 14.10.2016, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0029/00, 15 S., 5 Anh.
- [79] ESK (2015): „Empfehlung der Entsorgungskommission - Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen,“ 16.03.2015.
- [80] FISCHER, A. (2011): Die Entwicklung der reflektorlosen Laser-Vermessungstechnik im Werk Werra. - In: Kali und Steinsalz, H. 2, 30-39.
- [81] GFZ (2007): Was ist die Magnitude und was ist die Intensität eines Erdbebens?. - Online, http://bib.gfz-potsdam.de/pub/schule/magnitude_0209.pdf, GeoForschungsZentrum Potsdam, 4 S., Abgerufen am 13.06.2019.
- [82] GIF (2004): Primärspannungsmessungen. - Online, http://www.gif-ettlingen.de/pdf/deutsch/Kap._13.pdf, Geotechnisches Ingenieurbüro Prof. Fecker & Partner GmbH, Aufgerufen am 28.01.2019.
- [83] GGU (2003): Der hochauflösende TEM-Metalldetektor. – Online, https://www.ggukarlsruhe.de/Messverfahren_Geophysik_zersto/GGU_Der_TEM-Metalldetektor_MD-94-C.pdf, Gesellschaft für Geophysikalische Untersuchungen mbH, Karlsruhe, 2 S, Aufgerufen am 14.12.2018.
- [84] GUNDELACH, V., BLINDOW, N., BUSCHMANN, U. & SALAT, CH. (2014): Underground GPR measurements for spatial investigations in the Gorleben salt dome. – In: Z. dt. Ges. Geowiss., Vol. 165, Nr. 1, 39-48.
- [85] HELMHOLTZ (2008): Bau von äußeren Barrieren, Geotechnische Standortbeschreibung und Gebirgsmechanische Auslegungsrechnung für die Strömungsbarrieren SBS-800-1a, SBS-800-1b, SB-750-1a und SBS-750-14. - HelmholtzZentrum München, Ersteller: Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig, 21.07.2008, KLZ:10/77725/BSB/GC/BW/0009/00, 119 S.
- [86] IFG (2016): Aktualisierte gebirgsmechanische Tragfähigkeits- und Zustandsanalyse der Schachtanlage Asse II in der Betriebsphase inklusive Vorlage einer neuen Prognose des Systemsverhaltens. - Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig, 17.05.2016, KZL:9A/64331000/GC/RB/0046/00, 144 S, 109 Anh.
- [87] IFG (2018): Gebirgsmechanische Bewertung des Gesamtsystems für das Jahr 2017. - Institut für Gebirgsmechanik, 28.06.2018, PowerPoint Präsentation, 21 S.
- [88] INGRAM, C. A. & MARSHALL, J. A. (2013): 3D time-of-flight Camera for Surveying remote cavities mined with a jet boring system. – In: ISARC, Proceedings of the International Symposium on

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 78 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Automation and Robotics in Construction, Vol. 30, IAARC Publications, Saskatoon, Kingston (Kanada), 11 S.

- [89] INGRAM, C. A. & MARSHALL, J. A. (2015): Evaluation of a ToF camera for remote surveying of underground cavities excavated by jet boring. – In: Automation Construction, Vol. 29, Saskatoon, Kingston (Kanada), 271-282.
- [90] IWO (2018): 3D-Laserscanning. - Online, <https://www.iwo-vermessung.de/index.php/vermessung/3d-laserscanning>, IWO Vermessungstechnik GmbH, Aufgerufen am 29.11.2018.
- [91] JUST, A, KRAUSE, Y., TUCH, A., KNIß, R., JACOBS, F., SCHUCK, A., SCHMIDT, V., ROST, F., LINDNER, U., SCHICHT, T., SCHWANDT, E., KURZ, G., IGEL, J., SCHULZ, R., SCHULZE, E. & KÜHNICKE, H. (2004): Abschlussbericht. Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien. - Forschungsvorhaben Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referenzen 02C0851; 02C0861, 02C0871, Leipzig, Juni 2004, 147 S.
- [92] KAISER, D. (2011): Mikroakustische Messungen in einem Salzbergwerk zur Bewertung von Rissprozessen. - 71. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Köln, 23. Februar 2011, 39-52.
- [93] KAISER, D., SPIES, T. & SCHMITZ, H. (2013): Mikroakustisches Monitoring in Bergwerken zur Bewertung aktueller Rissprozesse. - Tagungsband Geomonitoring 2013, Hannover, 2013, 39-55.
- [94] KAMLOT, P., STOCKMANN, N. & TEICHMANN, L. (2006): Stability Proof of the Asse Salt Mine and Geomechanical Assessment of the Planned Closing Measures. - SMRI Solution Mining Research Institute, Spring 2006 Conference 30 April – 3 May, Brussels, 199-223.
- [95] KLARR, K. (1981): Grundlagen zur Geologie der Asse, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF), Braunschweig, T117, 92 S.
- [96] KNÖDEL, K., KRUMMEL, H. & LANGE, G. (HRSG.) (2005): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien - Geophysik. - 2. Aufl., Bd. 3, Springer Verlag, 1102 S.
- [97] KURZ, G. & YARAMANCI, U., (1999): Geoelektrische Erkundung und Überwachung im Salzgestein. – In: Glückauf: Die Fachzeitschrift für Rohstoff, Bergbau und Energie, Vol. 135, 11.03.1999.
- [98] MANTHEI, G. & EISENBLÄTTER, J., (1993): Mikroakustische Messungen im Salzgestein. - In: Kali und Steinsalz, Bd. 11, H. 3/4, April 1993, 94–101.
- [99] MCCANN, T. & MANCHEGO, M. V. (2015): Geologie im Gelände – Das Outdoor-Handbuch. - Springer Verlag Berlin Heidelberg, 376 S.
- [100] MISSAL, C., DÖRING, I. & STAHLMANN, J. (2014): Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Steinsalz aus der flachen und steilen Lagerung. - Geotechnik, 37, H. 3, 177-184.
- [101] MURAWSKI, H., & MEYER, W. (2004): Geologisches Wörterbuch. - Aufl. 11, Spektrum Akademischer Verlag, München, 47-48.
- [102] RASCHICK, A. (2005): Untersuchungen von Böden mit hochauflösendem Georadar und Geoelektrik im Modelltrog. - Diplomarbeit, Technische Universität Berlin, Berlin, 74 S.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 79 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

- [103] SALZER, K, PHILIPP, J., POPP, T., WIEDEMANN, M., SCHLEINIG, J.-P. & TONN, F. (2017): In-situ-Messungen der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Bohrlochwellen zur Charakterisierung von Auflockerungszonen. – In: Kali & Steinsalz, 01, 28-37.
- [104] SCHÜTZE, C., JUST, A., RÜCKER, C., SERFLING, U., ZÖLLNER, H., MATTHES, K., JACOBS, F., EHRMANN, W., SCHICHT, T., SCHWANDT, A., UCHTMANN, S., EHRET, B., WONIK, T., ZIEKUR, R., SCHULZE, E. & KÜHNICKE, H. (2009): Abschlussbericht. Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswertinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar. - Forschungsvorhaben Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referenzen 02C1305; 02C1315, 02C1325, Leipzig, April 2009, 210 S.
- [105] SOCON (2018): Echometrische Hohlraumvermessung. - Online, <https://www.socon.com/index.php/de/dienstleistungen/hohlraumvermessungen/13-hohlraumvermessungen>, Aufgerufen am 29.11.2018.
- [106] SSK (2002): Leitfaden zur Messung von Radon und Thoron und ihren Zerfallsprodukten – Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Band 47, 162 S.
- [107] STRLSCHV, Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV), Berlin: Artikel 1 V. v. 20.07.2001 BGBl. I S. 1714, 2002 I S. 1459; aufgehoben durch Artikel 20 V. v. 29.11.2018 BGBl. I S. 2034, 01.08.2001.
- [108] SWISSENVIRONMENT (2017): Bohrlochscanner optisch (OPTV) und akustisch (BHTV). - Online, http://www.swissenvironment.ch/se-ch/wp-content/uploads/SE_Prosp_OPTV_BHTV_DE.pdf, 12.01.2017, 2 S., Aufgerufen am 12.12.2018.
- [109] TERRATEC (2011): Endbericht der Bohrlochgeophysik im Bergwerk Asse, in den Bohrungen BRG-1, BRG-2 8-Sep-2010 bis 15-Okt-2010. - terratec Geophysical Services, 22.02.2011, 20 S.
- [110] VOIGT, H. -D., GRAFE, F. & WILSNACK, T. (2011): Entwicklung eines Oberflächenpackers zur Bestimmung einer Permeabilität von Salz- und Festgestein. – In: Kali und Steinsalz, 2011, 3, 40-46.
- [111] WIECZOREK, K., FÖRSTER, B. & ROTHFUCHS, T. (2011): Entwicklung der Auflockerungszone um Endlagerhöhlräume im Steinsalz und ihre Behandlung in Sicherheitsanalysen – Neuere Ergebnisse eines EU-Projekts. – In: Glückauf, 147, 4/5, 188-193.
- [112] WINTER, U. & LINDNER, U. (1983): Zum Stand und zur Entwicklung der Nahseismik im Kali- und Steinsalzbergbau der DDR. – In: Z. geol. Wiss., Berlin, 11, 9, 1053-1066.
- [113] WITKE, B. (1999): Permeabilität von Steinsalz – Theorie und Experiment. - Hrsg. WBI Professor Dr.-Ing. W. Wittke Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau mbH, Essen, Verlag Glückauf GmbH, 166 S.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 80 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Glossar

Abfall, radioaktiver	Radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 und 2 AtG, die nach § 9a Abs. 1 Nr. 2 AtG geordnet beseitigt werden müssen.
Abbau	Ein planmäßig, bergmännisch hergestellter Hohlraum, in dem keine radioaktiven Abfälle endgelagert sind.
Auffahren	Herstellen einer söhligem oder geneigten Strecke oder eines anderen Grubenbaues.
Barrieren	Geologische Gegebenheit oder technische Maßnahme zur Be- oder Verhinderung der Freisetzung von Schadstoffen aus Abfällen in die Biosphäre.
Baufeld	Ein durch natürliche oder künstliche Begrenzung geschaffener Bereich, in dem Abbau betrieben wird oder betrieben wurde.
Bewetterung	Planmäßige Versorgung der Grubenbaue mit frischer Luft.
Blindschacht	Schacht, der nicht in Verbindung mit der Oberfläche steht.
Deckgebirge	Gesamtheit der anstehenden Schichten im Hangenden der Salzstruktur Asse bis zur Tagesoberfläche.
Einlagerungskammer	Planmäßig bergmännisch hergestellter Hohlraum in dem radioaktive Abfälle eingelagert sind.
Firste	Obere Begrenzung eines Grubenbaues.
Gebinde	Einheit aus eingelagerten Stoffen mit Fixierungsmittel und Behälter. Oberbegriff für VBA und nVBA.
Gebirgsmechanik	Lehre vom mechanischen Verhalten des Gebirges auf anthropogene Einwirkungen (Bergbau und Hohlraumprobleme).
Grubenbau	Planmäßig bergmännisch hergestellte Hohlräume unter Tage (z. B. Strecken, Schächte, Kavernen, Abbaue).
Grubengebäude	Gesamtheit aller hergestellten.
Haufwerk	Aus dem Gebirgsverband herausgelöstes Gestein.
Konvergenz	Natürlicher Prozess der Volumenreduzierung von untertägigen Hohlräumen infolge einer Verformung bzw. Auflockerung aufgrund des Gebirgsdruckes.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 81 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

- Lithologie** Gesteinskunde; Lehre von Gesteinen, Felsarten oder Gebirgsarten [68]

- Lösungsaustritt** Austritt wässriger Salzlösung in das Grubengebäude.

- Permeabilität** Durchlässigkeit eines Gesteines für Flüssigkeiten und Gase, abhängig von der Querschnittsgröße und -form der einzelnen Fließkanäle, deren räumlichem Verlauf und ihrer gegenseitigen Verknüpfung.

- Schacht** Hohlraum von der Oberfläche bis zu den Sohlen eines Bergwerkes; dient zur Beförderung von Personen, Materialien oder zur Belüftung.

- Schwebe** Horizontale Gebirgsschicht, die zwei übereinander angeordnete Grubenbaue voneinander abgrenzt.

- Seiger** Ist der bergmännisch-geologische Ausdruck für senkrecht, lotrecht oder vertikal.

- Sohle** Gesamtheit der annähernd in einem Höhenniveau aufgefahrenen Grubenbaue; auch untere Grenzfläche eines Grubenbaues.

- Söhlig** Ist der bergmännisch-geologische Ausdruck für waagrecht oder horizontal.

- Stilllegung** Begriff für die Gesamtheit der Maßnahmen zur Stilllegung der Schachanlage Asse II.

- Störung** Bruchhafte Verwerfung, entlang der Gesteinsblöcke versetzt werden.

- Stoß** Seitliche Begrenzung eines Grubenbaues (z. B. Strecken-Stoß, Schacht-Stoß); auch jede Angriffsfläche für die Gewinnung (Abbau-Stoß).

- Strecke** Tunnelartiger Grubenbau, der nahezu söhlig aufgefahren ist.

- Verfüllen** Einbringen von meist flüssigen Materialien in Grubenbaue zur Reduzierung der Hohlraumvolumina.

- Versetzen** Einbringen von festen Materialien in Grubenbaue zur Reduzierung der Hohlraumvolumina.

- Wendelstrecke,
Wendel** Im Grubengebäude angelegte Fahrstrecke, welche die verschiedenen Sohlen miteinander verbindet.

- Wetter** Bergmännischer Begriff für Luft im Bergwerk.

- Wetterführung** Planmäßige Lenkung der Wetter durch das Grubengebäude.

**Konzeptplanung zur vorgezogenen
Rückholung der radioaktiven Abfälle aus
der ELK 7/725
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 82 von 84
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Zutrittslösung

Lösungen, die im Grubengebäude austreten und die aufgrund ihrer geodätischen Lage und ihrer Position im Grubengebäude als die dem Speichervolumen oder Zutrittssystem am nächsten gelegene Zutrittsstelle identifiziert werden konnten.

Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725

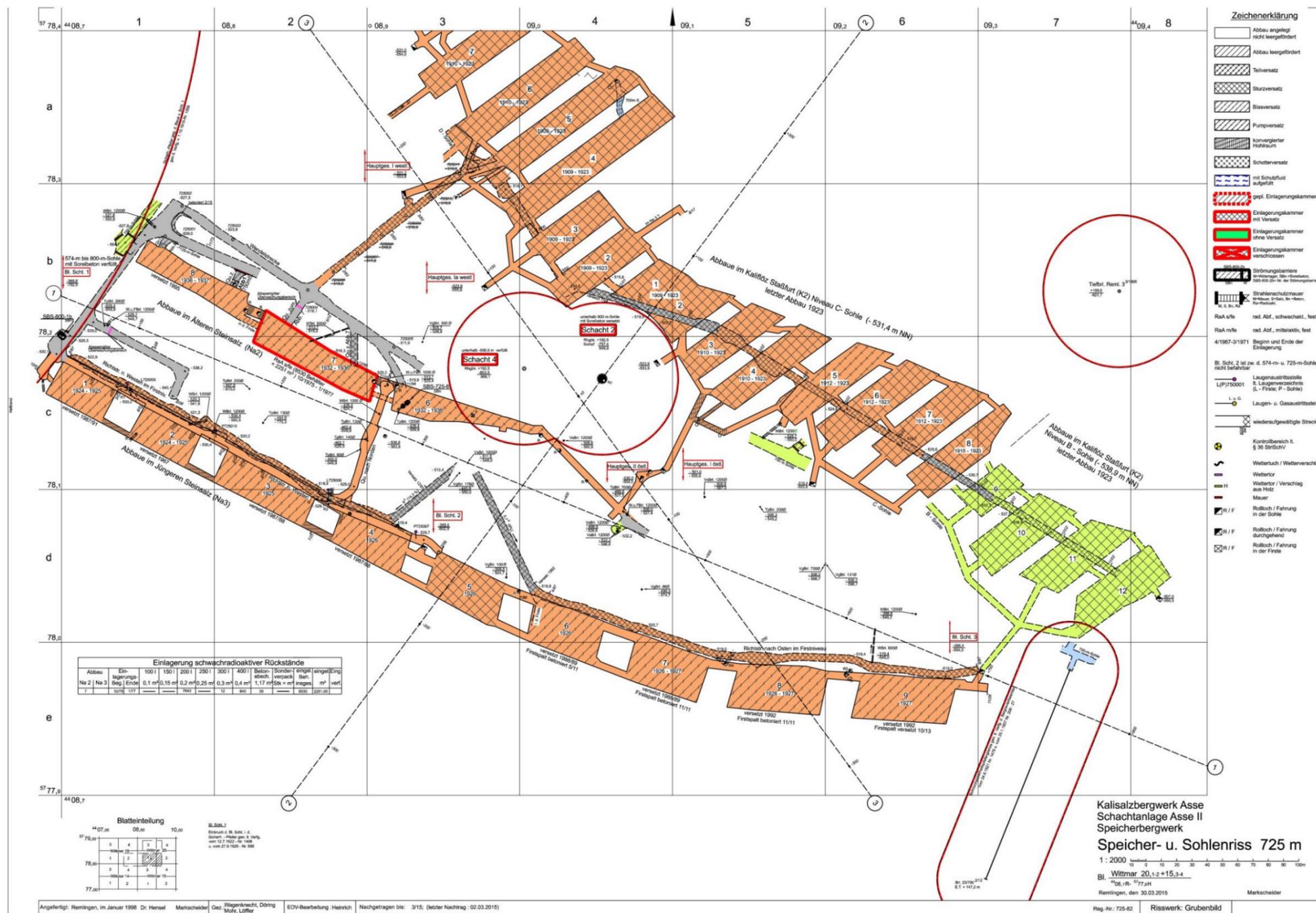
Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 83 von 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23530000	-	-	-	GHB	RZ	0117	00	Stand: 30.06.2019

Anhang

Anhang 1: Kalisalzbergwerk Asse Schachanlage Asse II Speicherbergwerk – Speicher- u. Sohlenriss 725 m, nicht maßstäblich [17].



Anhang 2: Kalisalzbergwerk Asse Schachtanlage Asse II Speicherbergwerk – Speicher- u. Sohlenriss 750 m, nicht maßstäblich [18].

