

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 1 von 80
		Stand: 14.04.2010

Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem Endlager Asse – Schritt 1: Untersuchungskonzept zum Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750

PSP-Element: 9A 2340

Untersuchungsbericht-Nr.: U2248-BfS-G

DMT GmbH & Co. KG

Unter Mitarbeit der TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG

Verfasser:

Dipl.-Ing. J. Christensen

Dr. R. Elsen

Dr. J. Feinhals

Dipl.- Geophys. T. Hänssler

Dr. A. Hücke

Dipl.-Ing. N. Kohl

Dr. R. Misiak

Dr. H.-J. Rübél

Dipl.-Ing. C. Scior

Dipl.-Ing. K. Siever

Dr. D. Walbrodt

Dipl.-Ing. D. Wittenberg

Projektleitung: Dr. A. Hücke

Stellvertretende Projektleitung: Dipl.-Ing. N. Kohl, Dr. J. Feinhals,

Dipl.-Ing. D. Wittenberg

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 2 von 80
		Stand: 14.04.2010

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) erstellt. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Das BfS behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des BfS zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Schlüsselwörter:

- Anbohren der Kammern
- Endlager Asse
- Faktenerhebung
- Rückholung
- Untersuchungskonzept

Impressum:

Auftraggeber: Bundesamt für Strahlenschutz
Willi-Brandt-Straße 5
38228 Salzgitter
Deutschland
Telefon: 030 18333-0
Telefax: 030 18333 – 1885
E-Mail: presse@bfs.de

Ersteller: DMT GmbH & Co. KG
Unter Mitarbeit der TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG

Datum 26.03.2010

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 3 von 80
		Stand: 14.04.2010

0 Zusammenfassung

Die dreistufige Faktenerhebung soll noch bestehende Unsicherheiten und Kenntnisdefizite für eine Rückholung des radioaktiven Abfalls aus der Schachtanlage Asse II beseitigen. Das vorgelegte Untersuchungskonzept ist Bestandteil des ersten Schrittes zur Faktenerhebung: Anbohren ausgewählter Einlagekammern.

Mit der Bohrerkundung wird der Zustand in den ausgewählten Kammern, des umgebenden Gebirges sowie des Kammerverschlusses untersucht. Die hieraus abgeleiteten Erkundungsziele können bei einer Umsetzung des Konzeptes auf Basis von Mehrfachbohrungen und dem Einsatz unterschiedlicher Erkundungsverfahren erreicht werden. Die vorgesehenen Verfahren lassen sich in die Bereiche: Radiologie, Chemotoxizität, bildgebende Verfahren, Bohrlochgeophysik und geotechnische Messungen einteilen.

Die sinngemäße Anwendung der Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke und die technische Konzeptionierung der Bohrerkundung vermeiden eine gesundheitliche Beeinträchtigung der unter Tage arbeitenden Menschen sowie der Bevölkerung. Das Sicherheitskonzept besteht aus zwei Maßnahmen. Die erste Maßnahme umfasst den Einsatz bohrtechnisch üblicher Hilfsmittel. Der Einbau von Preventern und Bohrlochschleusen führt zu einem gasdichten Bohrlochverschluss auch bei einem möglichen Überdruck in den Kammern. Auf diese Weise wird verhindert, dass eine Gefährdung von der Bohrung ausgeht. Im Sinne einer redundanten Auslegung der Sicherheitssysteme wird eine zweite Maßnahme mit Hilfe der Wettertechnik umgesetzt. Die Elemente Einhausung des Kontrollbereiches, Wetterabsaugung unmittelbar am Bohrlochmund, Filterung der abgesaugten Wetter sowie ihre messtechnische Überwachung, vermeiden eine Gefährdung bei Versagen des Bohrlochverschlusses.

Im Rahmen der Bohrlocherkundung werden keine Gebinde direkt angebohrt und beprobt, vielmehr werden Schutzmaßnahmen vorgesehen, die ein unbeabsichtigtes Anbohren der Fässer verhindern bzw. ausschließen.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 4 von 80
		Stand: 14.04.2010

Inhalt	Seite
0 Zusammenfassung	3
1 Aufgabenstellung	6
2 Einführung	8
2.1 Lage der Einlagerungskammern	8
2.2 Beschreibung der Einlagerungskammern und der relevanten Kammerzugänge	9
3 Erkundungsziele	13
3.1 Kammeratmosphäre / Luftkontamination	14
3.2 Gebindezustand	15
3.3 Bewertung von angetroffenen Lösungen	16
3.4 Aufbau der Verschlussbauwerke	16
3.5 Gebirgsmechanische Verifizierung	17
4 Erkundungsverfahren und zu bestimmende Parameter	17
4.1 Radiologische und chemische Untersuchungen	18
4.2 Bildgebende Verfahren	22
4.3 Bohrlochgeophysik	25
4.3.1 Bohrlochverlauf / -vermessung	25
4.3.2 Magnetfeldmessung	26
4.3.3 Seismikmessung	26
4.3.4 Radarmessung	31
4.4 Geotechnische Messungen	34
5 Sicherheitsleitlinien	35
5.1 Grundlagen	35
5.2 Sicherheitskonzept	36

	<p style="text-align: center;">Endlager Asse</p>	U2248-BfS-G
		Seite 5 von 80
		Stand: 14.04.2010

5.3	Verfahrenstechnische Sicherheit	38
5.4	Arbeitsschutz / Personenschutz	39
5.5	Organisation	40
5.6	Strahlenschutz	41
6	Technische Umsetzung	42
6.1	Konzeption der Erkundung	42
6.2	Prinzipieller Ablauf der Erkundung	42
6.3	Reihenfolge der Einzelerkundungsbohrungen	43
6.4	Bohrkonzept ELK 7/750	45
6.5	Bohrkonzept ELK 12/750	52
6.6	Bohrtechnik	57
6.7	Bewetterung der Arbeitsbereiche	60
6.8	Strahlenschutz	64
6.8.1	Strahlenschutzbereiche	64
6.8.2	Schutzmaßnahmen	64
6.8.3	Umgang mit kontaminiertem Material	66
6.9	Radiologische und chemotoxische Untersuchungen	66
6.10	Lösungszutritt	68
6.11	Gebirgsmechanische Überwachung	69
7	Konzeptionelle Zeitabschätzung	70
8	Literaturverzeichnis (Quellen)	76
9	Verzeichnis der Abbildungen	77
10	Abkürzungsverzeichnis	79

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 6 von 80
		Stand: 14.04.2010

1 Aufgabenstellung

Um das geeignete Stilllegungsverfahren zu ermitteln, hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Machbarkeitsuntersuchungen für die Optionen der Stilllegung in Auftrag gegeben und anschließend bewertet. Die vollständige Rückholung der radioaktiven Abfälle stellt dabei die beste Option dar. Allerdings bestehen noch Unsicherheiten und Kenntnisdefizite, die im Rahmen der Rückholung mit einer Faktenerhebung beseitigt werden sollen.

In Abstimmung zwischen dem BMU und dem BfS wurde für die Faktenerhebung eine dreistufige, aufeinander aufbauende Vorgehensweise festgelegt:

- Schritt 1: Anbohren ausgewählter Einlagerungskammern (ELK) sowie Ausführung der zu planenden Untersuchungen über die Bohrungen.
- Schritt 2: Öffnen dieser Kammern und Bewertung von Kammer- und Gebindezustand.
- Schritt 3: Erprobung der fernbedienbaren Techniken durch Bergen von Abfällen / Abfallgebinden.

Für die Durchführung der Faktenerhebung wurden die zwei Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 ausgewählt. DMT und TÜV Nord SysTec als Unterauftragnehmer wurden seitens BfS beauftragt, die Planungsarbeiten für die Schritte 1 bis 3 auszuführen.

Die in Schritt 1 der Faktenerhebung geplanten Erkundungsziele lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Bestimmung von Gasen und Aerosolen in den Einlagerungskammern und ggf. die Ausbreitung der Aktivität in den Stößen,
2. Gebindezustand in den Einlagerungskammern,
3. Vorkommen von Lösungen in den Einlagerungskammern,
4. Aufbau des Verschlussbauwerkes (als Vorbereitung für Schritt 2 Kammeröffnung),

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 7 von 80
		Stand: 14.04.2010

5. Gebirgsmechanische Verifizierung (u.a. Kammerzustand, Zustand der Schweben und Pfeiler).

Für den Schritt 1 sind die Arbeiten so zu planen, dass kein Kontakt oder Umgang mit den Abfallgebinden oder losen Abfällen in den Einlagerungskammern stattfindet.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingung sowie der hierfür erforderlichen Strahlenschutzmaßnahmen wird im vorliegenden Bericht ein technisches Untersuchungskonzept dargestellt.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 8 von 80
		Stand: 14.04.2010

2 Einführung

Zur Klärung der Ausgangslage werden im folgenden Kapitel 2 die ausgewählten Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 näher beschrieben.

2.1 Lage der Einlagerungskammern

Beide Einlagerungskammern liegen auf der 750-m-Sohle in der Südflanke der Schachtanlage Asse II. Die ELK 7/750 befindet sich in der gebirgsmechanisch stark beanspruchten Südflanke. Die ELK 12/750 dagegen liegt in dem gebirgsmechanisch weniger beanspruchten östlichen Teil des Grubengebäudes, sie ist nicht überbaut (Abbildung 2.1-1, Abbildung 2.2-1).

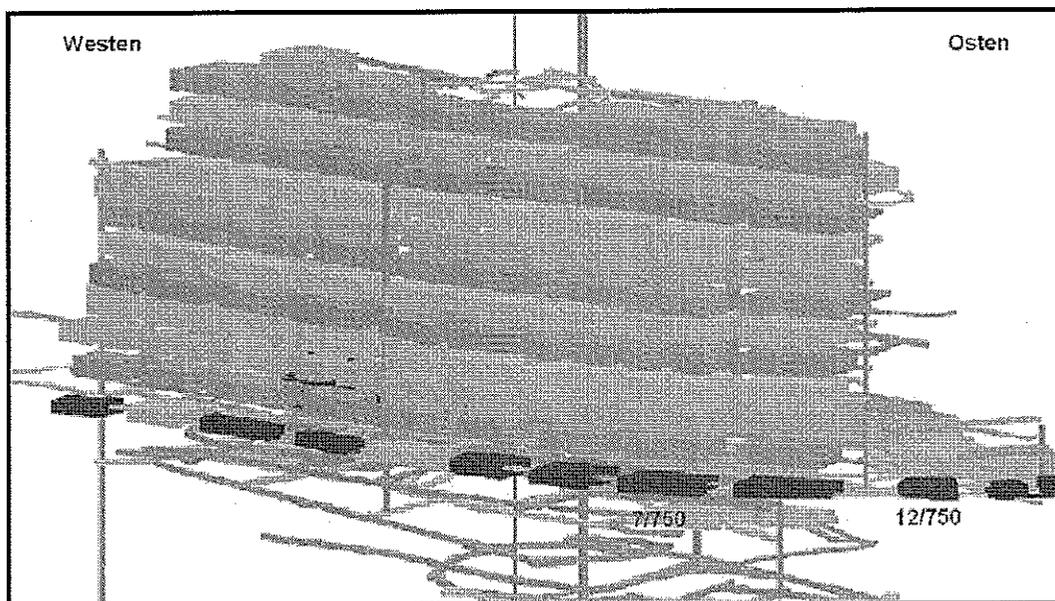


Abbildung 2.1-1: Grubengebäude Schachtanlage Asse II, 3D-Ansicht

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 9 von 80
		Stand: 14.04.2010

2.2 Beschreibung der Einlagerungskammern und der relevanten Kammerzugänge

Die in Kapitel 2.2 dargestellte Beschreibung der Einlagerungskammern und der für die Erkundung relevanten Kammerzugänge erfolgt auf Basis des Berichtes „Beschreibung der Lagerbereiche der Abfälle“ /1/.

ELK 7/750

Die Lage der Einlagerungskammer ist im Sohlenriss in Abbildung 2.2-1 zu erkennen.

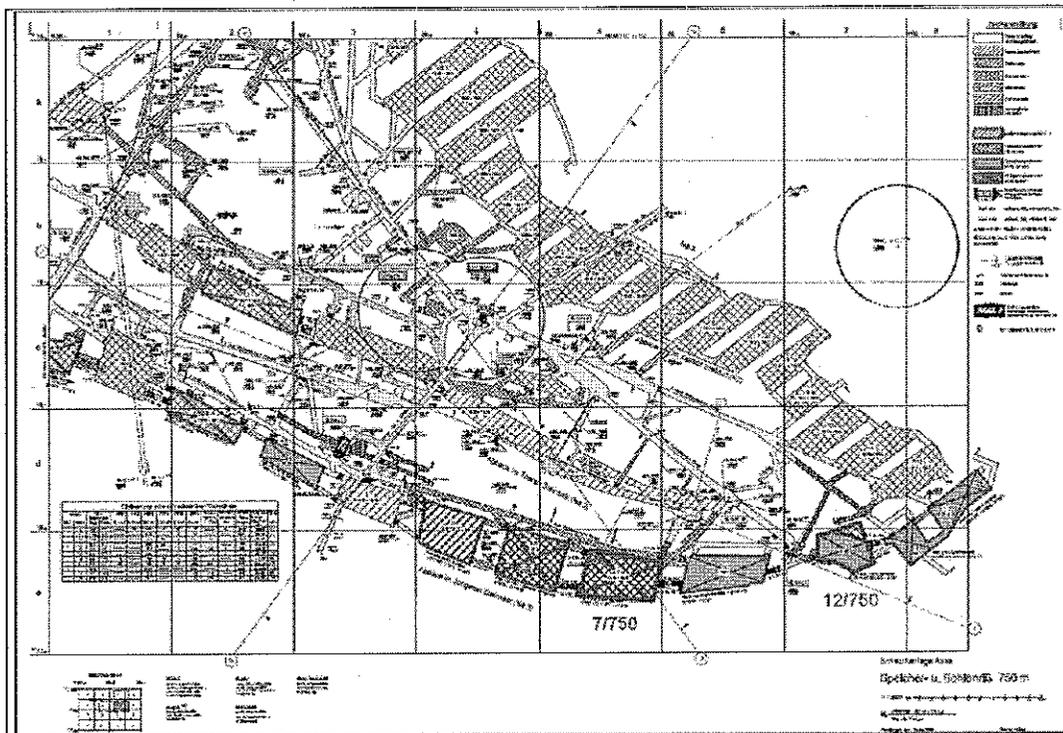


Abbildung 2.2-1: Grundriss 750-m-Sohle

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 10 von 80
		Stand: 14.04.2010

Von 1919 bis 1920 wurde in der Kammer 7/750 Abbau betrieben, die Einlagerung von Gebinden mit radioaktivem Inhalt erfolgte von 1977 bis 1978. Insgesamt wurden 4.356 Gebinde eingelagert, davon 200-l-Fässer: 1.079, 400-l-Fässer: 139 und VBA: 3.138.

Die Einlagerung der Gebinde erfolgte im unteren Teil der Kammer (hauptsächlich 200-l-Fässer und 400-l-Fässer) mit Abkipptechnik unter Zugabe von Salzgrus. Im oberen Bereich wurden die Gebinde (hauptsächlich VBA) liegend gestapelt. Dabei wurden auch Hohlräume zwischen den eingelagerten VBA und der Kammerfirste mit 200-l- bzw. 400-l-Fässern gefüllt (siehe Abbildung 2.2-2).

Resthohlräume wurden mit Steinsalz verblasen. Zur Staubbindung wurde dem Versatzmaterial Lösung zugegeben.

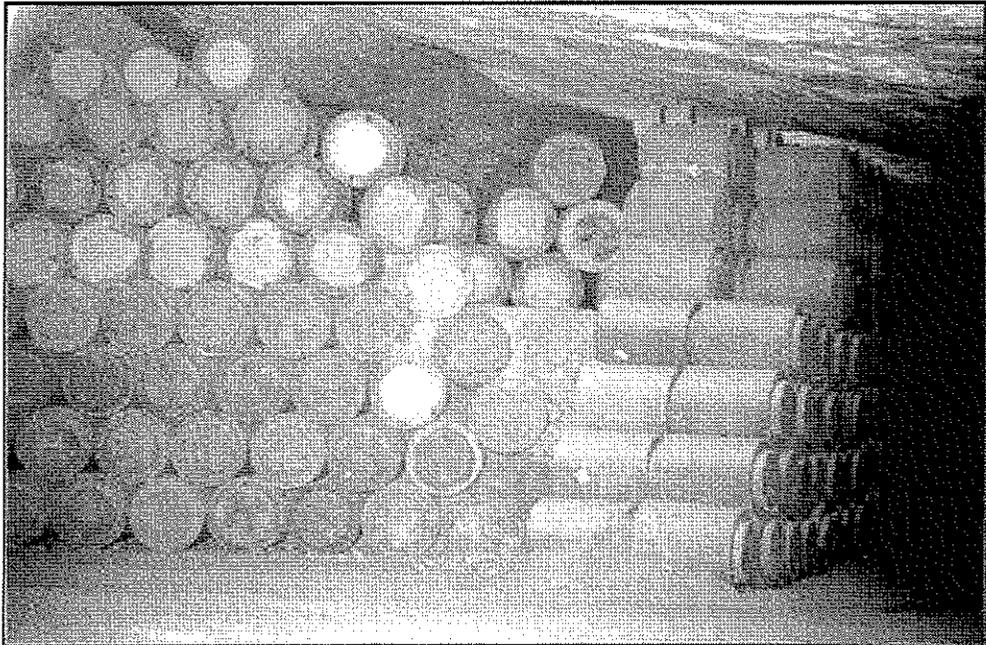


Abbildung 2.2-2: ELK 7/750, liegend gestapelte Lagerung von VBA-Gebinden, Aufnahme vom 27.10.1977 /1/

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 11 von 80
		Stand: 14.04.2010

Gemäß /1/ wird der Einlagerungskammer eine mittlere Kammerhöhe von 10 m zugrunde gelegt.

Wie vorab erwähnt, liegt die ELK 7/750 in der stark durchbauten Südflanke. Die mittlere Schwebenmächtigkeit zu der darüber liegenden Kammer auf der 725-m-Sohle wird mit 14 m angegeben. Im Bereich des Kammerzugangs über den Querschlag von Abbaukammer 5/750 (Na2) (nordöstlicher Bereich der ELK) wird aufgrund einer vermuteten ursprünglichen Kammerhöhe von 12,8 m von einer reduzierten Schwebenmächtigkeit ausgegangen.

Über den Querschlag zwischen Abbaukammer 5/750 (Na2) und ELK 7/750 erreicht man die Einlagerungskammer auf Firstniveau. Der Querschlag hatte ursprünglich eine Streckenhöhe von 3,8 m. Der Querschlag ist gebirgsmechanisch stark beansprucht. „Durch gebirgsmechanische Einflüsse haben sich in diesem Querschlag in den vergangenen Jahren immer wieder Auflockerungen und Abschalungen an den Stößen und der Firste - insbesondere im Übergangsbereich zum Abbau 5/750 im Älteren Steinsalz - gebildet. Aus Gründen der Arbeitssicherheit mussten diese wiederholt entfernt werden. Dadurch verkürzte sich der Zugang um 6 m gegenüber dem Jahre 2005. Bezogen auf den derzeit noch offenen Teil des Zuganges (ca. 23,2 m) führten die Beraubearbeiten zu einer Verkürzung der Streckenlänge um ca. 21 % bei einer gleichzeitigen Zunahme des Streckenquerschnittes um ca. 25 %.“ (Zitat aus /1/, S. 89).

Die Einlagerungskammer ist am Querschlag zwischen Kammer 5/750 (Na2) und ELK 7/750 über ein 5-teiliges Verschlussbauwerk vom restlichen Grubengebäude abgetrennt. Der Abschnitt des Querschlages vom Verschlussbauwerk bis zur Einlagerungskammer wurde mit Salzgrus verkippt. Die Resthohlräume wurden verblasen.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 12 von 80
		Stand: 14.04.2010

Das Verschlussbauwerk ist nach heutiger Kenntnis folgendermaßen aufgebaut:

Im Anschluss an die Einlagerungskammer befindet sich ein Bauteil aus gepumptem Salzbeton, danach wurde Bitumenemulsion eingebracht. Hieran schließt sich ein weiterer Abschnitt aus gepumptem Salzbeton an, danach wurde wieder Bitumenemulsion eingebracht. Abschließend wurde ein Bauteil aus geblasenem Salzbeton errichtet. Die Dichtungselemente bestehen aus Asphaltplatten, deren Zwischenräume mit Heißbitumen vergossen wurden. Der Salzbeton wurde mit Wasserüberschüssen erstellt und ein nicht quantifizierbarer Teil der Überschusslösung versickerte vermutlich in die Sohle.

Die Einlagerungskammer verfügt über insgesamt 8 Zugänge.

ELK 12/750

Die Lage der Einlagerungskammer ist ebenfalls in Abbildung 2.2-1 zu erkennen.

Abbau wurde in dieser Kammer im Jahr 1922 betrieben. Die Einlagerung schwachradioaktiver Gebinde erfolgte von 1973 bis 1974. Die Gebinde wurden ohne Zugabe von Salzgrus liegend gestapelt. Insgesamt umfasst das Inventar in dieser ELK 7.464 Gebinde, mit 200-l-Fässern: 6.080, 400-l-Fässern: 215, VBA: 717 und sonstige Gebinde: 452 (250-l- bzw. 300-l-Fässer).

Die mittlere Kammerhöhe wird mit 10 m angegeben. Für den nördlichen Bereich der Kammer ist die Höhe nur mit 3 m angegeben, hier wurden jedoch keine radioaktiven Gebinde eingelagert. Die ELK liegt außerhalb der stark durchbauten Südflanke. Es befinden sich keine Abbaukammern oberhalb und unterhalb.

Im Liegenden der Einlagerungskammer wurde eine 2,7 m mächtige Ausgleichsschicht aus Salzgrus eingebracht. Sie diente vermutlich dem Ziel, einen Abstand zur möglicherweise schon im Einlagerungszeitraum durchfeuchteten Sohle herzustellen.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 13 von 80
		Stand: 14.04.2010

Im südöstlichen Bereich der Einlagerungskammer befindet sich im Firstniveau ein nicht versetzter Durchhieb zur ELK 2/750. Analysen der Kammeratmosphäre müssen daher auch mit dem Inventar der Kammern 1/750 und 2/750 abgeglichen werden.

Im Rahmen der Standorterkundungen zum Bau von Strömungsbarrieren wurde der Pfeiler zwischen ELK 11/750 und 12/750 mit kleinkalibrigen Bohrungen erkundet.

Der Zugang zur ELK 12/750 erfolgte ausgehend von der nördlichen Richtstrecke nach Osten. In unmittelbarer Nähe dazu befindet sich der Blindschacht 3, über den die Abwetter des östlichen Bereiches der 750-m-Sohle abgeführt werden. Das Verschlussbauwerk, welches die Einlagerungskammer vom restlichen Grubengebäude abtrennt, besteht angrenzend an die Einlagerungskammer aus einem Bauteil aus Beton, danach wurde Salz eingebracht, abschließend wurde eine Abschlussmauer gestellt. Bis zum Beginn der nördlichen Richtstrecke nach Osten ist der Streckenbereich mit Salzhautwerk aufgefüllt, den Abschluss bildet eine Mauer aus Gasbetonsteinen.

Westlich der ELK sammelt sich in einer Sohlenvertiefung kontaminierte Salzlösung. Daher ist vom Kontakt der Abfälle mit Lösungen auszugehen.

Insgesamt hat die Kammer 12/750 drei Zugänge.

3 Erkundungsziele

Zur Bestimmung der Gase und Aerosole in den ELK ist es notwendig, einen Hohlraum im Innern der Kammer zu erschließen.

Die ELK 7/750 wurde nach der Einlagerung vollversetzt. Hohlräume sind hauptsächlich in den Zwickelbereichen zwischen den eingelagerten VBA zu erwarten. Vermutlich können diese Bereiche über Bohrungen in Schritt 1 nicht erreicht werden ohne die Gebinde zu beschädigen.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 14 von 80
		Stand: 14.04.2010

Aufgrund der Konvergenzbewegungen sind keine großräumigen Hohlräume in der ELK mehr zu erwarten, gegebenenfalls befinden sich kleinere Hohlräume im Firstbereich der ELK. Die Wahrscheinlichkeit einen Hohlraum in der ELK anzutreffen ist unmittelbar hinter dem Verschlussbauwerk am größten. Infolge der Konvergenz ist von einer gebirgsmechanischen Einspannung der Gebinde auszugehen.

Die ELK 12/750 wurde nach der Einlagerung nicht versetzt. Die freie Höhe nach der Einlagerung betrug 2 m. Trotz Konvergenzbewegungen und möglichen Abschaltungen im Firstbereich ist ein Hohlraum vorzugsweise im Bereich des Übergangs vom Stoß zur Firste zu erwarten.

3.1 Kammeratmosphäre / Luftkontamination

Aus der Einlagerungshistorie der Schachanlage Asse II (vgl. /2/) ist bekannt, dass die eingelagerten Abfälle neben den radioaktiven Stoffen auch verschiedene Mengen an chemischen Verbindungen enthalten, die ggf. in die Kammeratmosphäre freigesetzt worden sind.

Die Untersuchung der Kammeratmosphäre erfolgt durch eine Entnahme von Proben, die auf ihre explosionsgefährlichen, radiologischen, chemotoxischen und physikalischen Eigenschaften zu untersuchen sind:

1. Explosionsgefährliche Stoffe

In diese Kategorie fallen alle Stoffe, die in Verbindung mit anderen Gasen in der Lage sind, ein zündfähiges Gemisch zu bilden. Hierzu zählen beispielsweise Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe und Schwefelwasserstoff (H₂S).

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 15 von 80
		Stand: 14.04.2010

2. Radiologische Eigenschaften

Die aus den Einlagerungskammern erhaltenen Proben werden alle hinsichtlich ihrer radiologischen Eigenschaften untersucht. Hierzu zählen die Prüfung auf Aktivität, die Quantifizierung der Aktivität (absolute bzw. spezifische Aktivität), die Art der Strahlung und ggf. die Nuklidverteilung.

3. Chemotoxische Eigenschaften

Bei den chemotoxischen Stoffen handelt es sich um Stoffe, die eine Gefährdung der Gesundheit von Personen, die mit diesen Stoffen in Kontakt kommen, verursachen können. Hierzu zählen beispielsweise (halogenierte) Kohlenwasserstoffe, H₂S, CO (Kohlenmonoxid) und ätzende Stoffe.

4. Physikalische Eigenschaften

In den Einlagerungskammern werden der Druck, die Luftfeuchtigkeit und die Temperatur ermittelt. An den aus den Einlagerungskammern gewonnenen Gasproben wird ggf. der Aerosolgehalt bestimmt.

Aufgrund der Eigenschaften der zu erwartenden Gase ist zu gewährleisten, dass ein unkontrollierter Austritt beim Anbohren der Kammer verhindert wird.

3.2 Gebindezustand

Es liegen keine Informationen zum aktuellen Zustand der Gebinde vor. Die Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 sind seit mehr als 30 Jahren verschlossen und unzugänglich.

Hinweise, wie z.B. der Sumpf vor ELK 12/750 oder seismische Aktivitäten in ELK 7/750, lassen vermuten, dass die Gebinde möglicherweise nicht mehr in ihrem Einlagerungszustand vorliegen:

- ELK 7/750 wurde mit Salzgrus voll versetzt. Spannungsumlagerungen und daraus resultierende Bewegungen der Firste und der Stöße führen somit unmittelbar zu Krafteinwirkungen auf die Gebinde. Hieraus können sich Beschädigungen der Gebinde ergeben.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 16 von 80
		Stand: 14.04.2010

- ELK 12/750 wurde nicht versetzt. Aufgrund der langen Standzeit ist mit Löserbildung zu rechnen. Löserfälle auf die Gebinde können zu einer Beschädigung der Gebinde führen.
- Kontakt der Gebinde mit salinaren Lösungen in ELK 12/750.

In Schritt 1 der Faktenerhebung soll die visuelle Begutachtung mit Hilfe einer Kamerabefahrung durch das Bohrloch ggf. Informationen zum heutigen Zustand der Gebinde liefern.

So lässt sich ggf. erkennen, ob die Gebinde vollständig zerstört oder durch das Vorhandensein von Lösungen teilweise oder vollständig zersetzt sind. Diese Informationen geben Aufschluss über den physischen Zustand der Gebinde und liefern damit erste Erkenntnisse für die weiteren Schritte der Faktenerhebung.

3.3 Bewertung von angetroffenen Lösungen

Aufgrund der Ist-Situation auf der Schachanlage Asse II ist das Vorhandensein von Lösungen in den Einlagerungskammern anzunehmen. Durch Probenahmen sollen in den Bohrungen angetroffene Lösungen untersucht werden. Hierbei sollen Rückschlüsse auf die Kontaminationen der Lösungen sowie auf die Zusammensetzung des Abfallinventars gezogen werden. Des Weiteren soll die Ausbreitung der Lösung in den ELK abgeschätzt werden.

3.4 Aufbau der Verschlussbauwerke

Über den Aufbau der Verschlussbauwerke zu den Einlagerungskammern liegen nur begrenzte Informationen vor. Als Vorbereitung für Schritt 2 der Faktenerhebung (Öffnung der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750) soll die Geometrie und der Aufbau der Verschlussbauwerke sowie eine mögliche Auflockerung bzw. Zerstörung der Bestandteile erkundet werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 17 von 80
		Stand: 14.04.2010

Besonderheiten wie die Einbringung von Metall und Bitumen müssen ebenfalls quantifiziert werden. Die Informationserhebung erfolgt über die Befahrung des Bohrlochs mit bildgebenden Verfahren sowie die Beprobung einzelner Bestandteile.

3.5 Gebirgsmechanische Verifizierung

Über den gebirgsmechanischen Zustand des die Kammern umgebenden Gebirges liegen keine belastbaren Informationen vor. In Schritt 1 der Faktenerhebung sollen Erkundungen zur Aufklärung über Spannungszustände, Auflockerungs- und Bruchzustände von Schweben, Pfeilern und Kammerfirsten sowie zu Permeabilität und Durchlässigkeit durchgeführt werden.

Zur Datenerhebung sind u.a. geophysikalische Messungen, Spannungsmessungen, Inklinometer-, Extensometermessungen, Permeabilitätsmessungen sowie die Inaugenscheinnahme vorgesehen.

4 Erkundungsverfahren und zu bestimmende Parameter

Im Rahmen der Erkundung sind in Abhängigkeit der fünf in Kapitel 3 erläuterten Erkundungsziele verschiedene Untersuchungsverfahren notwendig. Die einzelnen Erkundungsverfahren lassen sich in die Bereiche: Radiologische Erkundungen, bildgebende Verfahren, Bohrlochgeophysik und geotechnische Messungen einteilen. Dabei sind verschiedene Verfahren auch für die Erkundung mehrerer Ziele geeignet.

Nachfolgend ist eine Gesamtübersicht der im Untersuchungskonzept geplanten Verfahren aufgeführt:

- Aktivitätsmessungen im Bohrloch
- Aktivitätsmessungen in der Kammeratmosphäre
- Gasdruckmessung der Kammeratmosphäre
- Analysen der Gaszusammensetzung

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 18 von 80
		Stand: 14.04.2010

- Lösungsanalysen (radio- und chemotoxisch)
- Bohrkernanalyse
- Bildgebende Verfahren im Bohrloch
- Kamerabefahrungen der Einlagerungskammern
- Laserscanning in der Einlagerungskammern
- Radar (sowohl in den Strecken als auch im Bohrloch)
- Magnetik
- Seismik (Crosshole- und Reflexionstomographie)
- Spannungsmessungen
- Verformungsmessungen
- Durchlässigkeits- bzw. Permeabilitätsmessungen.

4.1 Radiologische und chemische Untersuchungen

Die im Rahmen der in Schritt 1 der Faktenerhebung zu analysierenden Proben liegen in den drei Aggregatzuständen vor: Gasförmige, flüssige und feste Proben. Für die verschiedenen Probentypen ist hinsichtlich der Analyse der verschiedenen zu messenden Parametern ein angepasstes Untersuchungskonzept vorgesehen. Die Untersuchungen können zum einen mit Geräten vor Ort (unter Tage bzw. auf dem Gelände der Schachtanlage) und zum anderen in einem externen Labor durchgeführt werden.

Unabhängig vom Ort der Untersuchungen werden im Folgenden Messverfahren für die verschiedenen Probentypen vorgeschlagen. Eine detaillierte Darstellung der zu verwendenden Messverfahren für die qualitativen und quantitative Analyse der zu beprobenden Stoffe sowie der für die Messungen geeigneten Geräte erfolgt im Rahmen der Detailplanung. In den Detailplanungen wird desweiteren geprüft, welche Methoden aus technischer und wirtschaftlicher Sicht zu bevorzugen sind.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 19 von 80
		Stand: 14.04.2010

Gasproben

Für die Auswertung der Gasproben in Bezug auf die explosionsgefährlichen Eigenschaften sind verschiedene, dem Stand der Technik entsprechende Verfahren etabliert. Genannt seien hier folgende Messverfahren:

- Gaschromatographie (GC) / Flammenionisationsdetektor (FID)
- sensorgestützte Messverfahren

Die Verfahren sind geeignet, eine explosionsgefährliche Gaszusammensetzung in der Einlagerungskammer zu erkennen.

Die Messung der chemotoxischen Eigenschaften ist mit verschiedenen Verfahren möglich:

- Prüfung auf bekannte Gase mittels Prüfröhrchen (z. B. H₂S, Kohlenwasserstoffe, CO), kein kontinuierliches Verfahren,
- Prüfung auf bekannte Gase mittels Sensoren (z.B. H₂S, Kohlenwasserstoffe, CO), Online-Messung der Konzentrationen möglich,
- Vollanalyse des Gases mittels Gaschromatographie und Massenspektrometrie, Online-Messung der Konzentrationen und Gaszusammensetzung möglich.

Alle Methoden entsprechen dem Stand der Technik. Die radiologische Auswertung der Kammeratmosphäre kann über folgende Messverfahren erfolgen:

- Messung der Radon-Konzentration mittels eines Online-Messsystems,
- Abtrennung (Kondensation bzw. Ausfrieren) der Feuchtigkeit des Gases und anschließende Bestimmung der Tritiumkonzentration des Kondensats mittels Liquid Scintillation Counting,
- Prüfung des trockenen Gasstromes auf C-14 mittels eines geeigneten Messgerätes (z.B. Proportionalzähler mit Anstiegszeitdiskriminierung).

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 20 von 80
		Stand: 14.04.2010

Die Bestimmung der physikalischen Parameter der Kammeratmosphäre erfolgt über Sensoren an der Öffnung des Probeneinlassschlauches direkt in der Einlagerungskammer.

Seitens des alten Betreibers (HMGU) wurden in früheren Zeiten bereits einzelne betriebliche Messungen verschiedener Aktivitätskonzentrationen in der Kammeratmosphäre der ELK 12/750 ausgeführt. Hierbei wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

Ra-226: Das gasförmige Rn-222 steht in der unbelüfteten ELK 12/750 im radioaktiven Gleichgewicht mit dem langlebigen Ra-226. Die im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes durchgeführten Messungen zur Bestimmung der Rn-222-Aktivitätskonzentration in der Kammerluft ergaben eine maximale Rn-222-Konzentration von 0,3 MBq/m³.

H-3: Im Dezember 1984 wurde im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes Messungen zur Ermittlung der Tritium-Aktivitätskonzentration in der Kammerluft der ELK 12/750 durchgeführt. Hierbei konnte eine maximale Tritium-Konzentration von 0,5 MBq/m³ bestimmt werden.

C-14: Im Jahr 1979 wurde in der ELK 12/750 eine Kohlenstoff-14-Aktivitätskonzentration (CO₂) von 270 Bq/m³ gemessen.

Jod-129: Im Februar 2001 wurde die Kammerluft in der ELK 12/750 auf unterschiedliche stoffliche J-129-Verbindungen untersucht. Für gasförmiges elementares J-129 und auf Schwebstofffiltern abgeschiedenes Jod konnten nur Nachweisgrenzen ermittelt werden. Die ermittelte Aktivitätskonzentration bei gasförmigen Jodverbindungen in der Luft der ELK 12/750 betrug 1,75 mBq/m³.

Diese vom ehemaligen Betreiber ausgeführten Messungen weisen erhebliche Belastungen in der Kammeratmosphäre aus und liefern wichtige Anhaltspunkte für das Untersuchungskonzept.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 21 von 80
		Stand: 14.04.2010

Die aus der Kammeratmosphäre gewonnenen Gasproben werden daher auf nachfolgende Parameter untersucht und deren Aktivitätskonzentrationen bestimmt:

- CH₄, H₂, H₂S, weitere Kohlenwasserstoffe
- CO, CO₂, Cl
- Radon, Radium, Jod, H-3

Lösungsproben

Die gewonnenen flüssigen Proben werden in einem Labor in Bezug auf ihren pH-Wert und der chemischen Zusammensetzung untersucht. Zusätzlich werden die radiologischen Parameter wie Strahlungsart, Aktivität und Radionuklidkonzentration bestimmt. Die Untersuchung erfolgt mit Messgeräten und Verfahren nach dem Stand der Technik.

Die Lösungsproben werden hinsichtlich nachfolgender Parameter untersucht:

- Chemische Hauptkomponenten (Na, K, Mg, Ca, Cl, SO₄²⁻)
- Spurenelemente (B, Br, Li, Rb, Cs, Sr, Ba, Pb, U)
- γ -Spektrometrie: spezifische Aktivität aller Nuklide die γ -Quanten emittieren
- α -Spektrometrie: Am-241, Pu-238, Pu-239/240
- β -Spektrometrie: H-3, Sr-90
- Plasma-Massenspektrometrie: Th, U-235, U-238

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 22 von 80
		Stand: 14.04.2010

Feststoffproben

Die aus dem Bohrloch gewonnenen Feststoffe (Bohrklein) werden auf Kontaminationen geprüft. Die Messungen erfolgen dabei mit Geräten, die dem Stand der Technik entsprechen.

Die Feststoffproben werden hinsichtlich nachfolgender Parameter untersucht:

- Mineralbestand der Festkörper (Hauptkomponenten)
- Spurenelemente (B, Br, Li, Rb, Cs, Sr, Ba, Pb, U)
- γ -Spektrometrie: spezifische Aktivität aller Nuklide die γ -Quanten emittieren
- α -Spektrometrie: Am-241, Pu-238, Pu-239/240
- β -Spektrometrie: H-3, Sr-90
- Plasma-Massenspektrometrie: Th, U-235, U-238

4.2 Bildgebende Verfahren

Zur optischen bzw. räumlichen Erfassung der Bohrlochoberfläche und der durch die Bohrung erschlossenen Einlagerungskammer kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz. Hierbei sind neben lichtoptischen bzw. Laserscanning-Verfahren weitere bildgebende Techniken, die in einem nicht sichtbaren Bereich arbeiten, einsetzbar.

Laserscanning

Laserscanning (auch Laserabtastung) bezeichnet das zeilen- oder rasterartige Überstreichen von Oberflächen mit einem Laserstrahl, um diese zu vermessen und somit ein Bild zu erzeugen. Hierzu wird ein stabgeführtes Scannersystem in die Bohrung eingebracht. Ist das System im Bereich des Hohlraums in Position,

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 23 von 80
		Stand: 14.04.2010

rotiert der Kopf, bei gleichzeitiger Neigung des Scanners. Auf diese Weise kann der gesamte unverdeckte Hohlraum erfasst werden.

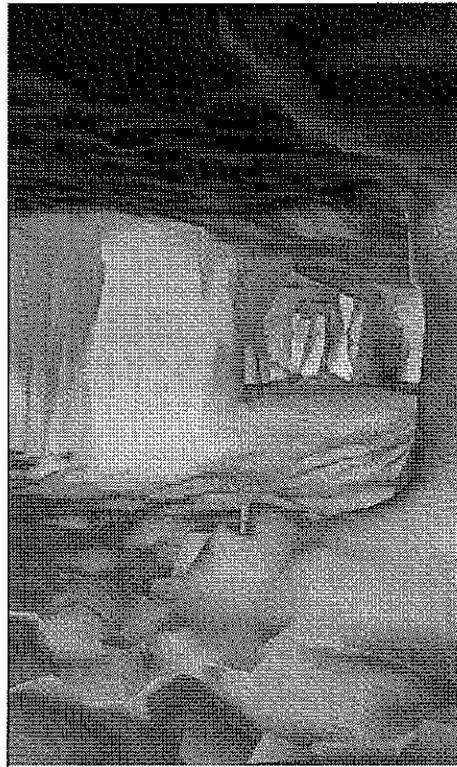


Abbildung 4.2-1: Beispiel für ein Untersuchungsergebnis mit einem bildgebenden Laserscan in einem Hohlraum. © MDL Laser Systems

Kamerabefahrung

Der Einsatz von konventionellen, lichteoptischen Kameras wie sie im Bereich der Bohrlochmessungen (Brunnen, Pegel) und in der Hohlraumerkundung (Altbergbau) eingesetzt werden, ist ebenfalls Bestandteil des Erkundungskonzeptes. Wichtig ist hierbei die Verwendung eines Systems mit Schwenkkopf und Selbststabilisierung.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 24 von 80
		Stand: 14.04.2010

Bohrlochscanning

Optische Scanner liefern ein orientiertes, optisches, abgerolltes Bild der Bohrlochoberfläche. Sie geben in-situ Bilder der Bohrlochwand in hoher Auflösung und liefern damit Informationen über den Aufbau, die Klüftigkeit, etc. des durchbohrten Materials. Die Ergebnisse können mit Bohrkernen abgeglichen werden, dies erlaubt eine Überprüfung der räumlichen Orientierung beispielsweise von Schichtflächen.

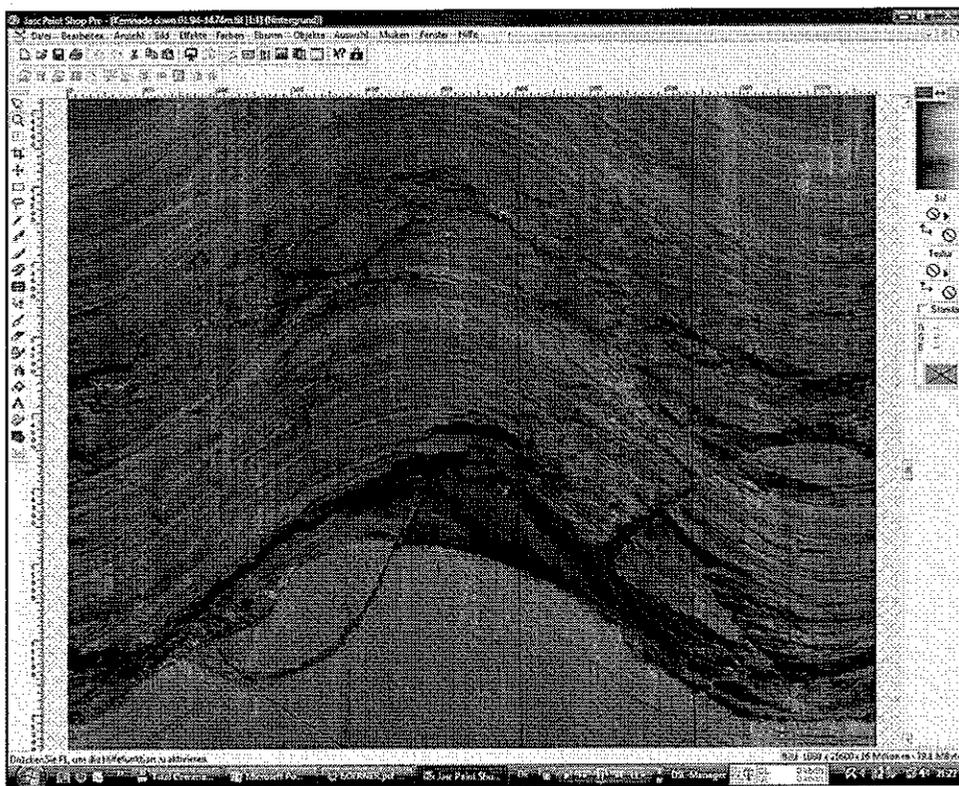


Abbildung 4.2-2: Beispiel für ein optisches, abgerolltes Bild der Bohrlochoberfläche mit Ton-Wechselagerung.
© DMT GmbH & Co. KG

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 25 von 80
		Stand: 14.04.2010

4.3 Bohrlochgeophysik

Bohrlochgeophysikalische Verfahren kommen bei der Aufnahme von lithologischen, tektonischen, strukturellen, petrophysikalischen, lagerstättentechnischen Eigenschaften der durchbohrten Gesteine, zur Bohrlochvermessung sowie zur Erkundung des Umfeldes der Bohrungen zur Erreichung der in Kapitel 3 genannten Ziele zur Anwendung. Die Verfahren basieren auf geoelektrischer, magnetischer, seismischer, akustischer, bzw. Radar oder Radioaktivität verwendender Sensorik.

Bohrlochsonden können hängend und schiebend und durch Preventer bzw. Schleusen geführt werden. Dazu werden die Schleusen an die Schubstangen und die Kabel angepasst (bzw. die Gestänge an die Schleuse).

4.3.1 Bohrlochverlauf / -vermessung

Das für die beiden zu untersuchenden Einlagerungskammern entwickelte Bohrkonzept (Kapitel 6.4 bis Kapitel 6.6) setzt die Einhaltung eines genau vorgegebenen Bohrlochverlaufs voraus. Neben einer hieraus resultierenden Verwendung der Richtbohrtechnik ist eine genaue Kenntnis des Bohrlochverlaufs auch für die Radar- und Seismikmessungen unumgänglich.

Anhand von Magnetfeld- und Neigungsdaten werden Richtung und Neigung der Bohrung berechnet und daraus die Koordinaten für den gesamten Verlauf der Bohrlochachse ermittelt. Da die Messungen im Vollraum erfolgen, können nur Verlaufssonden mit 3-Achs-Magnetfeld und 3-Achs-Neigungssensoren eingesetzt werden. Im Bereich stark gestörter Magnetfelder muss auf Gyrosonden zurückgegriffen werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 26 von 80
		Stand: 14.04.2010

4.3.2 Magnetfeldmessung

Bei Annäherung an ein metallisches Hindernis zeigen die Einzelkomponenten des Magnetfeldes schon in einigem Abstand Abweichungen vom bekannten Sollwert. Im Regelfall teilt man das Magnetfeld in eine Komponente in Richtung der Bohrung (Z-Komponente) und eine Komponente senkrecht zur Richtung der Bohrung auf (Hz-Komponente). Die Z-Komponente beginnt bei der Annäherung an Metall frühzeitig vom Sollwert abzuweichen.

Durch Testmessungen im Vorfeld der eigentlichen Messung müssen Kalibrierungen über die Veränderungen des Feldes bei Annäherung an Gebinde durchgeführt werden.

4.3.3 Seismikmessung

Bei seismischen Messungen werden mechanische Wellen je nach Aufgabenstellung mittels Luftschall, Handhämmern, Fallgewichten, Zündern, Sprengstoff etc. im Untergrund erzeugt. Aufgrund der vorliegenden gebirgsmechanischen Beanspruchung des Grubengebäudes kommt nur ein Verfahren mit minimaler Erregungsenergie in Frage. Erschütterungen sind so weit wie möglich zu minimieren, ggf. muss auf Messungen verzichtet werden.

Die Wellen laufen durch verschiedene Stoffe wie z.B. Gesteinsschichten, werden an Schichtgrenzen oder Inhomogenitäten reflektiert bzw. refraktiert und von den an der Oberfläche oder in Bohrlöchern als Linie oder Fläche aufgebauten seismischen Aufnehmern (Geophone) in Abhängigkeit von deren Entfernung zur Quelle zeitlich registriert. Teile der seismischen Energie werden von den durchdrungenen Gesteinsschichten etc. gedämpft. Dabei werden im Allgemeinen hohe Frequenzen stärker gedämpft als niedrige.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 27 von 80
		Stand: 14.04.2010

Große Unterschiede in den physikalischen Parametern (Dichte, Ausbreitungsgeschwindigkeit der seismischen Welle) benachbarter Schichten / Grenzen führen zu starken Reflexionen. Bei sehr starken Kontrasten (z.B. Salz / Luft) kommt es zur Totalreflexion der seismischen Energie. Ein solcher Übergang zeichnet sich in den Messdaten besonders deutlich ab. Über tieferliegende Schichten kann dann keine Aussage mehr gemacht werden.

Die Ausbreitung der seismischen Wellen erfolgt kugelförmig von ihrer Quelle aus. Der Ursprung einer Reflexion ist daher nicht sofort eindeutig zu bestimmen (nicht richtungssensitives Verfahren). Durch die Verwendung mehrerer Messlinien kann trotzdem eine Lokalisierung im Raum erfolgen. Diesem Sachverhalt entsprechend wurden die Bohrungsschemata festgelegt (siehe Kapitel 6.1).

In Abhängigkeit des Strahlenweges lassen sich Crosshole- und Reflexionsseismik unterscheiden (siehe Abbildung 4.3-3).

Crosshole-Tomographie

Die seismische Tomographie liefert ein flächenhaftes Abbild von der Verteilung der Kompressionswellen-Geschwindigkeit und der Amplitudendämpfung und damit indirekt ein Abbild von der Verteilung einzelner Materialeigenschaften.

Dabei wird der Raum zwischen den Quell- und Empfänger-Punkten möglichst gleichmäßig mit seismischen Strahlen durchschallt. Anomalien, die in ihren physikalischen Eigenschaften von der Umgebung abweichen, machen sich dabei durch Veränderungen in den Laufzeiten der seismischen Wellen bemerkbar (siehe Abbildung 4.3-1 für den Spezialfall der Durchschallung mit Parallelstrahlen).

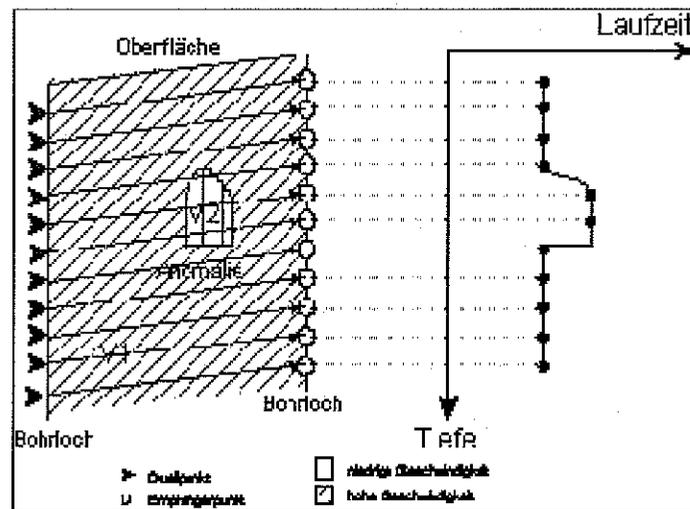


Abbildung 4.3-1: Geschwindigkeitsfeld einer Crosshole-Tomographie (Parallelstrahlen)

Durch die Verwendung zahlreicher, kreuzender Strahlen lassen sich die entsprechenden physikalischen Verhältnisse zwischen den Bohrungen ermitteln (Abbildung 4.3-2).

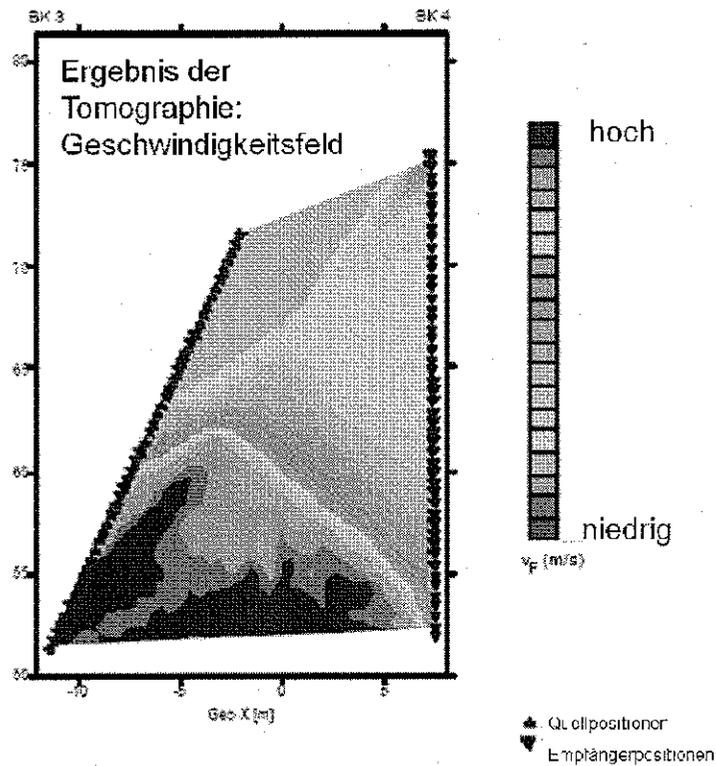


Abbildung 4.3-2: Geschwindigkeitsfeld einer Crosshole-Tomographie
© DMT GmbH & Co. KG

Für die zuverlässige Interpretation der Crosshole-Tomographie ist die genaue Kenntnis der Quell- und Empfängerpositionen erforderlich. Das Auflösungsvermögen der Crosshole-Tomographie liegt bei etwa 1/10 des Bohrungsabstandes.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 30 von 80
		Stand: 14.04.2010

Reflexionstomographie

An Grenzflächen werden seismische Wellen reflektiert (grüne Strahlenverläufe in Abbildung 4.3-3). Die Laufzeiten der reflektierten Signale werden verwendet, um den Abstand zur reflektierenden Schicht, dem Reflektor, zu ermitteln. Dabei lassen sich die Topographie des Reflektors sowie die durchschnittliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle im Medium oberhalb des Reflektors ermitteln.

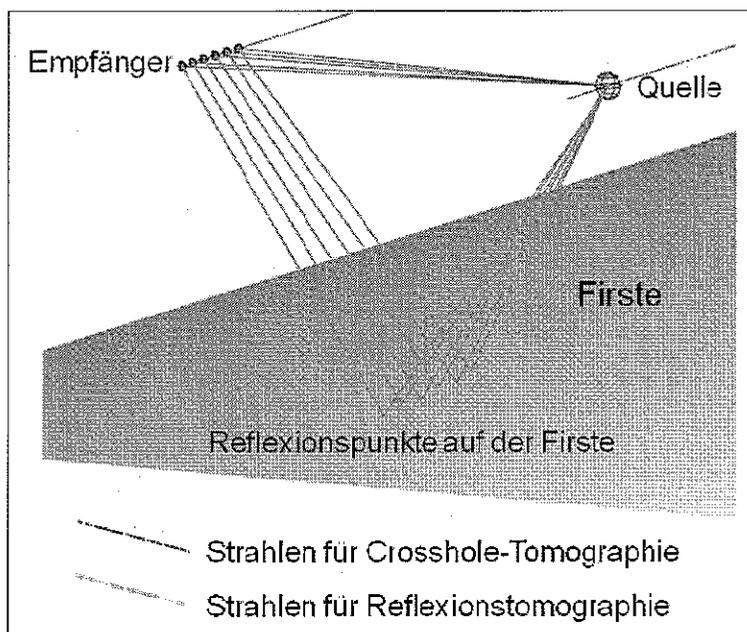


Abbildung 4.3-3: Strahlenwege in der Crosshole- und Reflexionsseismik

Zur Faktenerhebung werden Crosshole-Tomographien in Kombination mit Reflexionsseismik aus mehreren über den Einlagerungskammern gestoßenen Bohrungen durchgeführt (siehe Kapitel 6). Die Bohrungen müssen dazu im Verlauf mit einer Genauigkeit von mindestens 10 cm bekannt sein.

	Endlager Asse	U2248-BIS-G
		Seite 31 von 80
		Stand: 14.04.2010

Bei einem Abstand der Bohrungen zueinander von 10 m können Schwächezonen mit Durchmessern größer 1 m erkannt werden.

Für die gleichzeitige Durchführung einer Reflexionsseismik muss der Abstand der Bohrungen zur Firste, mindestens dem halben, besser jedoch dem ganzen Bohrungsabstand entsprechen. Der Abstand darf nicht zu klein werden, da sonst vermutlich die Reflexionen von der Firste nicht mehr sauber von den geraden Strahlen der Tomographie getrennt werden können. Unter der beschriebenen Voraussetzung ist die Reflexion an der Salz/Luft-Grenze erkennbar und lokalisierbar. So können die Hohlräume im Firstbereich der Einlagerungskammern detektiert werden.

4.3.4 Radarmessung

Radarverfahren basieren auf der Ausbreitung und Reflexion elektromagnetischer Wellen im Gestein. Steinsalz bietet sehr günstige Eigenschaften zur Anwendung dieses Messverfahrens. Aufgrund seiner geringen Leitfähigkeit und seiner kleinen Dielektrizitätskonstanten (DK) werden die Wellen kaum gedämpft, so dass große Reichweiten und hohe Auflösungen erzielt werden können.

Die Wellen werden an Schichtgrenzen reflektiert, die einen Wechsel der elektrischen Eigenschaften bedeuten, d.h. Leitfähigkeit und/oder DK. Solche Grenzen können einen Übergang von Salz nach Luft, Wasser, Sole, Anhydrit, Kali usw. darstellen.

Bei Radaruntersuchungen werden Frequenzen zwischen 10 MHz und 2 GHz eingesetzt. Allgemein gilt dabei, dass der Einsatz höherer Frequenzen im Gegensatz zu niedrigen Frequenzen eher geringere Reichweiten bei höherer Auflösung bedeuten. Die Auflösung beträgt nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten etwa $\frac{1}{4}$ der verwendeten Wellenlänge. Sehr leitfähige Strukturen, z.B. nur wenige Millimeter mächtige Tonlagen, können auch bei geringeren Dimensionen erkannt werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 32 von 80
		Stand: 14.04.2010

Oberflächenradar

Radarmessungen können mit Oberflächen-Apparaturen entlang von Strecken, Kammern oder Abbauen durchgeführt werden. Beispiel hierfür ist das sogenannte Firstradar (Oberflächenradarsystem mit kurzem Abstand zur Firste auf einem Fahrzeug montiert), welches im Salzbergbau regelmäßig für die Früherkennung von Lösern zum Einsatz kommt. Ziel des Einsatzes des Oberflächenradars im vorliegenden Fall ist eine Erkundung der Bereiche im Umfeld der späteren Bohrlochansatzpunkte und die Gewinnung erster Informationen zum Zustand der Pfeiler bzw. Stöße außerhalb der Einlagerungskammern.

Bohrlochradar

Radarmessungen können mit entsprechenden Gerätschaften auch aus einem Bohrloch heraus durchgeführt werden. Hierzu sind spezielle Antennen notwendig, die eine Richtungszuordnung der Reflexionen erlauben. Die Bohrungen müssen frei von leitfähigen Flüssigkeiten wie etwa Sole sein.

Primär wird das Verfahren im Schritt 1 der Faktenerhebung eingesetzt um Hohlräume in der Bohrlochumgebung zu ermitteln. Die Abstrahlung der Radarwellen erfolgt von der Sonde aus radialförmig.

Die detektierbaren Strukturen müssen Mächtigkeiten von mindestens 0,5 m aufweisen, damit sie mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen erkannt werden können. Eine Ausnahme bilden sehr leitfähige Materialien, wie etwa Ton, Metalle oder wassergesättigte Strukturen. Diese können auch bei deutlich geringen Dicken detektiert werden. Beim Auftreten von massiven leitfähigen Reflektoren, beispielsweise Metallen, werden eventuell vorhandene dahinter liegende Strukturen verdeckt, sie können damit nicht erkannt werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 33 von 80
		Stand: 14.04.2010

Offene Klüfte lassen sich ab einer Öffnungsweite von etwa 10 cm erkennen. Strukturen, die sich aus physikalischen Gründen schwer erkennen lassen, sind etwa der direkte Übergang (d.h. ohne Luftspalt) von festem Salz zu trockenem Salzversatz.

Für eine zuverlässige, räumliche Zuordnung von Reflexionen im 3D-Raum (siehe Abbildung 4.3-4) wird eine richtungssensitive Antenne eingesetzt.

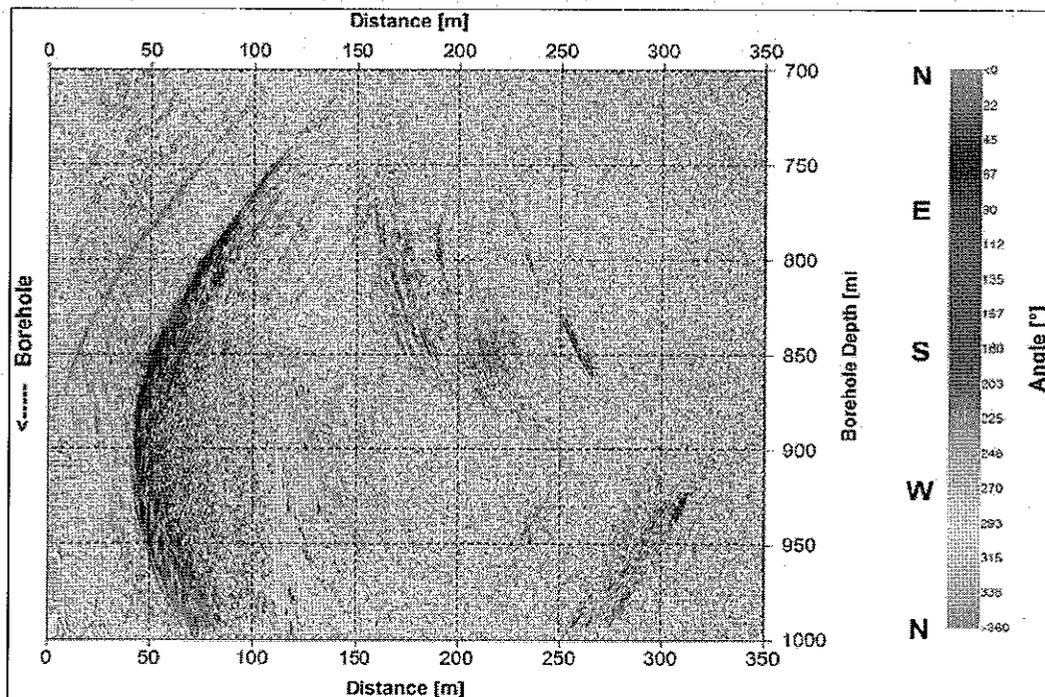


Abbildung 4.3-4: Beispiel-Radargramm in Winkeldarstellung. Das Beispiel zeigt die Daten einer Bohrlochradarmessung in einer Salzstockerkundungsbohrung.

© DMT GmbH & Co. KG

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 34 von 80
		Stand: 14.04.2010

4.4 Geotechnische Messungen

Zur Erkundung der gebirgsmechanischen Situation sind folgende Verfahren vorgesehen:

- Spannungsmessung mittels Hydraulic Fracturing
- Verformungsmessungen mit Extensometern
- Permeabilitätsmessung
- Spannungs(veränderungs)messung mit Permanent-Messsystemen.

Für die Erlangung geotechnischer Messdaten werden im Wesentlichen Spannungs- und Verformungsmessungen verwendet. Zur Spannungsmessung eignen sich Hydrofrac-Spannungssondierungen. Unter Hydraulic Fracturing (hydraulisches Aufreißen; kurz Hydrofrac) versteht sich das gezielte Herbeiführen eines Bruchereignisses im Umgebungsgestein einer Bohrung infolge der hydraulischen Einwirkung eines Flüssigkeits- oder Gasdrucks.

Die notwendigen Drücke und die Ausrichtung der induzierten Hydrofracs sind primär vom herrschenden Gebirgsspannungszustand bzw. den Gebirgseigenschaften abhängig und entsprechend auswertbar.

Zur Verformungsbeobachtung im Umfeld der Abbau- bzw. Einlagerungskammern mittels Bohrungen eignen sich vorwiegend Messungen mit Extensometern. Extensometermessungen bezeichnen als Überbegriff verschiedene Sensoren zur Messung von Längenänderungen. Hierzu sind zahlreiche Messmittel auf dem Markt erhältlich, die auf unterschiedlichen Messprinzipien basieren. Im Rahmen der Detailplanung erfolgt eine genaue Festlegung, z.B. der Einsatz von Mehrfach-Stangenextensometern zur Ermittlung der Pfeilerstauchung.

Ergänzend zu den Spannungs- und Verformungsmessungen kann mit Hilfe von Permeabilitätsmessungen in bereits als geschädigt eingestuftem Bohrlochabschnitten eine Aussage zu der vorhandenen Durchlässigkeit in diesen Gebirgsbereichen getroffen werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 35 von 80
		Stand: 14.04.2010

Spannungsänderungen werden mit in Bohrungen eingebrachten Permanentmesssystemen ermittelt. Diese in den Bohrungen installierten Druckaufnehmer benötigen allerdings 1 bis 2 Jahre, um einen Form- und Kraftschluss zu erreichen und somit verwertbare Messergebnisse zu liefern. Für Schritt 1 der Faktenerhebung werden hierdurch keine verwertbaren Daten zur Verfügung stehen. In den nachfolgenden Schritten der Faktenerhebung sind entsprechende Überwachungsmessungen jedoch unabdingbar, so dass der Einbau entsprechender Systeme bereits im Schritt 1 notwendig ist.

5 Sicherheitsleitlinien

5.1 Grundlagen

Ausgehend vom den „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ /3/ ist die Erstellung eines mehrstufigen Sicherheitskonzeptes vorgesehen, dass in allen Phasen, vom planmäßigen Betrieb bis zur Störung, ein Höchstmaß an Sicherheitsvorsorge gewährleistet.

Die bestehenden Sicherheitsstrukturen der Schachanlage Asse II (z.B. Betriebssicherheit, Notfallplanung) fließen in das Gesamtkonzept ein und werden um erforderliche Maßnahmen ergänzt.

Neben den technischen Sicherungsmaßnahmen (Schutzbereiche, Gerätesicherungen, Schutzeinrichtungen, Arbeitsschutz) sind auch die organisatorischen Maßnahmen (Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten, Entscheidungsgremien, Strukturen) Bestandteil eines Gesamtkonzeptes.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 36 von 80
		Stand: 14.04.2010

5.2 Sicherheitskonzept

Das mehrstufige Sicherheitskonzept wird in Anlehnung an die „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ /3/ erstellt. Im Sicherheitskonzept sind verschiedene Maßnahmen und Vorkehrungen zu treffen, die ein ungeplantes Austreten von Gasen und Flüssigkeiten aus den Einlagerungskammern in das Grubengebäude verhindern.

Im Rahmen dieses Sicherheitskonzeptes werden drei Sicherheitsebenen unterschieden. Die einzelnen Sicherheitsebenen sind technisch voneinander unabhängig.

Sicherheitsebene 1 (Normalbetrieb):

Der erste und vorrangige Grundsatz für die zu treffende Sicherheitsvorsorge wird durch hohe Anforderungen an die Auslegung und die Qualität der technischen Ausrüstung sowie an die Qualifikation (Fachkunde und Zuverlässigkeit) des Personals gebildet. Der Verschluss der Bohrung wird also technisch und qualitativ derart ausgeführt, dass kein Austritt von Gasen/Flüssigkeiten aus dem Bohrloch oberhalb der technisch realisierbaren Leckrate erfolgen kann. Bereits dadurch wird auch ohne Inanspruchnahme der Sicherheitseinrichtungen eine möglichst störfallfreie Erkundung der ELK 7/750 und 12/750 gewährleistet. Die Bestimmung der Leckrate des Preventers erfolgt vorab anhand dessen technischer Spezifikation.

Sicherheitsebene 2 (Anomaler Betrieb):

Nach allgemeiner technischer Erfahrung können während der Erkundung der Einlagerungskammern Fehlfunktionen des Preventers / Bohrlochverschlusses (anomale Betriebszustände) auftreten. Zur Beherrschung dieser anomalen Betriebszustände sind weitere Systeme vorgesehen.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 37 von 80
		Stand: 14.04.2010

Diese Systeme (Absaugung, Filterung, gerichtete Bewetterung, Kontrolle der Abluft auf Aktivität) sind so ausgelegt, dass Störfälle als Folge von anomalen Betriebszuständen mit ausreichender Zuverlässigkeit vermieden werden. Bei einem Austritt von Gasen/Flüssigkeiten aus dem Bohrloch oberhalb der technisch realisierbaren Leckrate infolge eines Versagens des Preventers werden die aus den Einlagerungskammern in die Arbeitsbereiche freigesetzten Gase über die Absaugung und die Filterstrecke zurückgehalten. Flüssigkeiten werden mit geeigneten Maßnahmen aufgefangen und zwischengelagert. Ein weiterer Bohrbetrieb ist möglich.

Sicherheitsebene 3 (Störfall):

Als zweiter Grundsatz für die zu treffende Sicherheitsvorsorge sind über die vorgenannten beiden Sicherheitsebenen hinaus Maßnahmen zur Beherrschung von Störfällen zu treffen. Hierfür sind ausreichend zuverlässige technische Sicherheitseinrichtungen vorgesehen. Diese Sicherheitseinrichtungen sind so ausgelegt, dass sie das Personal vor den Auswirkungen von Störfällen schützen. Bei einem Austritt von Gasen/Flüssigkeiten aus der Einlagerungskammer aufgrund von unerwünschten Wegsamkeiten wird der Übertritt von Gasen/Flüssigkeiten in das weitere Grubengebäude durch geeignete Maßnahmen wie Einhausungen und Vorhaltung von technischen Einrichtungen zum Verschließen von Wegsamkeiten verhindert. Eine Fortführung der Bohrtätigkeit in diesem Arbeitsbereich ist nicht möglich.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 38 von 80
		Stand: 14.04.2010

5.3 Verfahrenstechnische Sicherheit

Im Planungsprozess der Faktenerhebung werden Sicherheitsstrategien festgelegt, die ein hohes Maß an Sicherheit für die Mitarbeiter und die Umwelt gewährleisten.

Neben einer Verwendung von bohrtechnischen Sicherungsmitteln, wie Preventern und Schleusen beim eigentlichen Bohrprozess, sollen in den Bohrvorgang Vorerkundungsmaßnahmen integriert werden, die mit Hilfe einer Vorsekundierung eine unbeabsichtigte Beschädigung von Gebinden ausschließen.

Ständige Überwachung der radiologischen und chemotoxischen Belastung und klar definierte Handhabungsregeln für den Umgang mit kontaminiertem Gerät und kontaminierten Gesteinen vermeiden die Verschleppung von Kontaminationen. In diesem Sinne sind auch Schutzmaßnahmen zur Verhinderung von Emissionen ins restliche Grubengebäude (Wettertechnik, Einhausung in Verbindung mit saugender Bewetterung, etc.) und in die Umwelt (Filter) zu nennen.

Neben der strahlenschutztechnischen Vorsorge werden im Planungsprozess zusätzliche Maßnahmen gegen Antreffen und Ausbreitung toxischer Stoffe, bestehende Explosionsgefahr und Überdruck in angebohrten Hohlräumen vorgesehen. Dies wird ergänzt durch brandschutztechnische Maßnahmen.

Eine festgelegte Vorgehensweise bei Lösungsvorkommen und die ausreichende Vorhaltung von technischem Gerät zur Lösungsfassung, -förderung bzw. -lagerung werden im Rahmen der detaillierten Planung des Sicherheitskonzeptes ebenso berücksichtigt, wie die Maßnahmen und Vorkehrungen zur Vermeidung unerwünschter Wegsamkeiten (→kontaminierte Luft, Lösungszutritte) im Zusammenhang mit den Erkundungsarbeiten. Als unerwünschte Wegsamkeiten werden in diesem Zusammenhang durch die Bohrung erschlossene Wegsamkeiten in das Grubengebäude (außerhalb des Bohrlochs) bezeichnet.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 39 von 80
		Stand: 14.04.2010

5.4 Arbeitsschutz / Personenschutz

Der Schutz der Mitarbeiter vor Ort ist ein weiterer zentraler Bestandteil des Gesamtkonzeptes zur Sicherheitsvorsorge. Eine Reduzierung der Mitarbeiter vor Ort auf ein notwendiges Minimum ist dabei eine erste elementare Vorsorge-maßnahme.

Eindeutige Arbeitsunterweisungen nach dem Vorbild gängiger QS- / QM-Systeme in Kombination mit qualifiziertem Personal bilden die Basis für einen sicheren Arbeitsablauf im Gefährdungsbereich.

Die Sicherung der Arbeitsumgebung (→Bereiben des Gebirges, Ankern, abdichten gegen Gaszutritt), die Prävention durch die Schaffung anforderungsgerechter Arbeitsbedingungen unter Berücksichtigung von strahlen- und arbeitsschutztechnischen Anforderungen (→ebener Boden, keine Stolperfallen, etc.), sowie das Tragen geeigneter Schutzkleidung (Sicherheitsschuhe, Helm, fremd-belüftete Schutzanzüge) gewährleisten den Mitarbeitern auch in Störungssituationen ein hohes Maß an Sicherheit. Die Maßnahmen sind weiterhin an den strahlen- und arbeitsschutztechnischen Anforderungen auszurichten.

Auch bei der Einrichtung von Fluchtwegen (→1. und 2. Fluchtweg) sind die besonderen Anforderungen im Rahmen der Erkundungsmaßnahme zu berücksichtigen.

Für die Steuerung von Geräten im direkten Zusammenhang mit den Erkundungsmaßnahmen (z.B. Anbohren der ELK) sind ferngesteuerte Geräte zu bevorzugen oder die Steuerstände gesondert zu positionieren bzw. zu schützen.

In kritischen Prozessschritten, wie dem Durchschlag einer Bohrung in einen erwarteten Hohlraum, sollte die Anzahl der im Arbeitsumfeld und im sonstigen Grubengebäude befindlichen Personen auf ein mögliches Minimum reduziert werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 40 von 80
		Stand: 14.04.2010

Arbeitsabläufe, die eingeübt und den Mitarbeitern vertraut sind, tragen zu einer höheren Sicherheit wesentlich bei. Nicht gängige Arbeitsschritte sind unter vergleichbaren Bedingungen ausreichend zu erproben.

Zur Absicherung einer bestmöglichen Versorgung der Mitarbeiter in einem Schadensfall ist die Einrichtung eines Sofortmaßnahmenkatalogs (→ Rettungsplan Mitarbeiter, Ersthelfer, etc.) vorgesehen.

5.5 Organisation

Die organisatorischen Maßnahmen zur Gewährleistung eines Höchstmaßes an Sicherheit enthalten neben den eindeutigen Definitionen der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten auch eine klare Definition der Informationswege.

Die Aufgaben und Arbeiten sind über Arbeitsanweisungen (nach dem Vorbild der QS- / QM-Systeme) eindeutig aufzuteilen und zu beschreiben.

Die Bildung von Fachkreisen für eine schnelle und kompetente Bewertung und Entscheidung in wesentlichen Prozessschritten ist ebenso wie die Benennung einer eindeutigen Entscheidungshierarchie elementarer Bestandteil des Sicherheitskonzeptes.

Eine stetige Weiterbildung und Schulung der Mitarbeiter, sowie regelmäßige Unterweisungen und ein gut funktionierender Informationsaustausch in beiden Hierarchierichtungen bilden weitere Eckpunkte eines ganzheitlichen Sicherheitskonzeptes.

Unterstützt werden diese Maßnahmen durch regelmäßige Notfallübungen und eine klar strukturierte Dokumentation der Prozessschritte.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 41 von 80
		Stand: 14.04.2010

5.6 Strahlenschutz

Im Rahmen der Arbeiten, die in Schritt 1 der Faktenerhebung durchgeführt werden, ist zu gewährleisten, dass keine zusätzliche Strahlenexposition für das Personal auf der Schachanlage Asse II verursacht wird. Insbesondere ist das Personal, welches die Bohrung und die zugehörigen Arbeiten unter Tage durchführt, vor den Auswirkungen schädlicher Gase und Flüssigkeiten, die in den Einlagerungskammern vorhanden sein können, zu schützen.

Aus diesem Grund werden im Rahmen der Faktenerhebung verschiedene Maßnahmen ergriffen, um die Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus den zu untersuchenden Einlagerungskammern in das Grubengebäude zu vermeiden und durch Maßnahmen sicherzustellen, dass keine Inkorporation radioaktiver Stoffe auftritt. So wird als erstes Schutzziel der unkontrollierte Austritt von Aktivität aus den Bohrungen durch den Preventer bzw. einen geeigneten Bohrlochverschluss verhindert.

Die in Kapitel 5 genannten technischen, personellen und organisatorischen Sicherheitsvorkehrungen sind so gewählt, dass keine darüber hinausgehenden strahlenschutztechnischen Maßnahmen zum Schutz des Personals und der Bevölkerung notwendig sind. Unter Einhaltung der Sicherheitskonzeptes ist durch die Arbeiten unter Tage keine zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung zu besorgen.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 42 von 80
		Stand: 14.04.2010

6 Technische Umsetzung

6.1 Konzeption der Erkundung

Die nachfolgend dargelegte technische Umsetzung der in Schritt 1 der Faktenerhebung durchzuführenden bohrtechnischen Erkundung erreicht die in Kapitel 3 formulierten Ziele. Mit Hilfe unterschiedlich angeordneter Einzelbohrungen wird die in Kapitel 4 beschriebene Messtechnik eingesetzt. Anzahl und Anordnung der Einzelbohrungen sowie ihre zeitliche Abfolge hängen von den jeweils erreichten Erkundungszielen ab.

Diese konzeptionell entwickelte technische Umsetzung enthält zudem Maßnahmen zum Strahlenschutz der unter Tage arbeitenden Menschen und der Bevölkerung.

6.2 Prinzipieller Ablauf der Erkundung

Als erste, vorbereitende Maßnahme ist die Erkundung der Streckenstöße im Bereich der Bohrlochansatzpunkte durchzuführen. Dies wird neben der geologischen und geotechnischen Analyse (u.a. durch Aufnahme der erkennbaren Trennflächen) mittels Streckenradar erfolgen. Die Detektion von Trennflächensystemen zur Vermeidung unerwünschter Wegsamkeiten (vgl. Kapitel 5.2) ist hierbei ein wesentlicher Aspekt. Dem Befund entsprechend muss ggf. eine Abdichtung der Streckenstöße z.B. durch Injektions- oder Coating-Maßnahmen erfolgen.

In einem nächsten Schritt ist der bohrtechnische Arbeitsbereich vor ELK 7/750 vorzubereiten. Hierzu gehört eine gebirgsschonende Erweiterung des Grubengebäudes - sofern der vorgesehene Arbeitsbereich nicht ausreicht - genauso wie ggf. erforderliche Sicherungs- oder Sanierungsarbeiten. Außerdem muss die Infrastruktur den Anforderungen der Bohr- und Erkundungsarbeiten und dem Strahlenschutz angepasst werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 43 von 80
		Stand: 14.04.2010

Anschließend erfolgt die bohrungs- und messtechnische Erkundung der ELK 7/750 ausgehend von dem Querschlag zwischen Kammer 5/750 (Na2) und ELK 7/750 sowie der Kammer 5/750 (Na2).

Vor Erkundung der ELK 12/750 ist die Sanierung des Sumpfes vor ELK 12/750 erforderlich. Eine Erkundung der ELK 12/750 von einem alternativen Standort ist nicht sinnvoll möglich.

Nach Abschluss der Maßnahmen an der ELK 7/750 und der Sanierung des Sumpfes wird die bohrungs- und messtechnische Erkundung der ELK 12/750 ausgehend von der nördlichen Richtstrecke nach Osten und der Kammer 5/750 (Na2) durchgeführt.

6.3 Reihenfolge der Einzelerkundungsbohrungen

Nach heutigem Wissensstand sollte die Erkundung der ausgewählten Einlagerungskammern in folgender Reihenfolge durchgeführt werden:

1. Erkundung des Verschlussbauwerks und des potentiellen, unmittelbar dahinter bzw. darüber liegenden Hohlraumes (Typ A),
2. Ermittlung von Hohlräumen in der Einlagerungskammer durch Bohrungen in die Schwebe bzw. Firste (Typ B),
3. Erkundung der unter Punkt 2 detektierten Kammerhohlräume (Typ B_A),
4. Erkundung der Lösung im Kammersohlenbereich (Typ C),
5. Erkundung der Kammerpfeiler (Typ D).

Mit den unter Punkt 1 geplanten Erkundungsmaßnahmen sollen Informationen über die Geometrie und die Bestandteile des Verschlussbauwerks erlangt werden. Des Weiteren soll die Atmosphäre und eine mögliche Luftkontamination in der Einlagerungskammer ermittelt werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 44 von 80
		Stand: 14.04.2010

Mit den Bohrungen, die in Punkt 2 geplant sind, sollen mögliche Hohlräume detektiert werden, die unterhalb der Firste in den Einlagerungskammern anzutreffen sind. Außerdem soll die Auflockerung der Schwebelagen bzw. der Hangendschichten untersucht werden.

In der anschließenden Erkundung der zuvor lokalisierten Hohlräume wird die Kammeratmosphäre, der Kammerzustand, der Zustand der Gebinde sowie ggf. das Vorkommen von Lösung untersucht (Punkt 3).

In Punkt 4 soll erkundet werden, ob im Bereich der Kammersohle Lösung anzutreffen ist. Außerdem soll die Menge sowie die Zusammensetzung und Aktivität der Lösung untersucht werden.

Mit Hilfe der abschließenden Bohrungen in die Pfeiler (Punkt 5) soll untersucht werden, ob und wie weit sich die Aktivität in den Stößen ausgebreitet hat. Außerdem sollen die Pfeiler hinsichtlich der Stabilität und der Auflockerung erkundet werden.

Die in den folgenden Kapiteln 6.4 und 6.5 getroffenen Festlegungen zu Anordnung, Verlauf und Anzahl der Erkundungsbohrungen erfolgten auf Basis des heutigen Wissenstandes. Im Rahmen der Detailplanung können Modifikationen notwendig werden. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Anzahl der zum heutigen Zeitpunkt geplanten Erkundungsbohrungen den maximal erforderlichen Bohraufwand darstellen. Dieser kann sich ggf. deutlich reduzieren und hängt im Wesentlichen von den jeweiligen Erkundungsergebnissen der einzelnen Bohrungen ab. Das Stoßen der Bohrungen ist daher als iterativer Prozess zu verstehen, wobei nach jeder Erkundungsbohrung neu zu bewerten/entscheiden ist, ob weitere Bohrungen notwendig sind bzw. ein weiterer Erkenntnisgewinn zu erwarten ist.

	EndlagerASSE	U2248-BfS-G
		Seite 45 von 80
		Stand: 14.04.2010

6.4 Bohrkonzept ELK 7/750

In Abbildung 6.4-1 ist der Verlauf der Erkundungsbohrungen zur Erschließung der ELK 7/750 schematisch dargestellt.

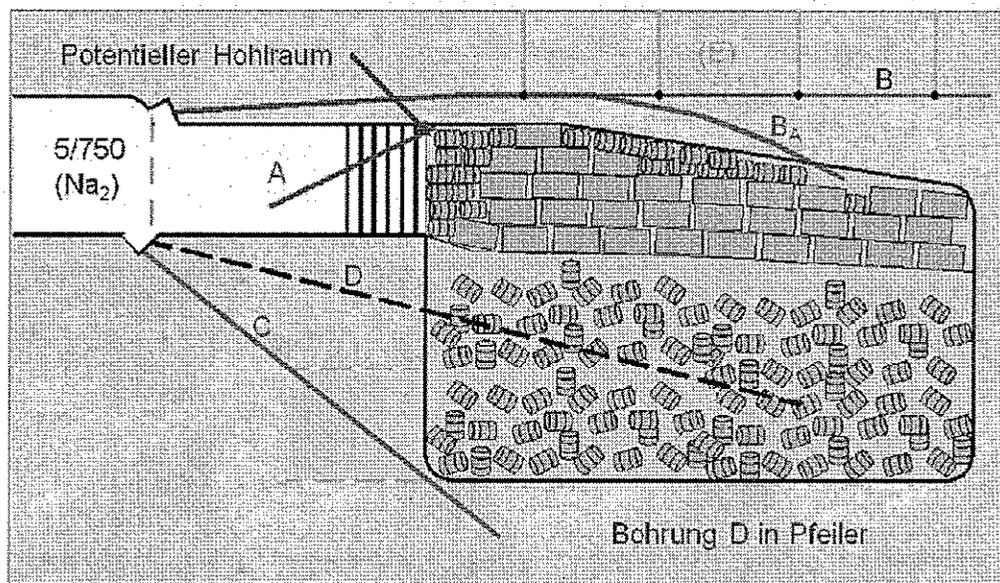


Abbildung 6.4-1: Prinzipielles Bohrschema ELK 7/750, Seitenansicht

Die Erkundung des Verschlussbauwerks und des potentiellen, unmittelbar dahinter liegenden Hohlraumes (siehe Kapitel 6.3, Punkt 1) erfolgt mit einer Bohrung vom **Typ A**, die ausgehend von dem Querschlag zwischen Kammer 5/750 (Na₂) und ELK 7/750 erstellt wird (siehe Abbildung 6.4-2). Die Bohrlochlänge wird mit ca. 35 m abgeschätzt.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 46 von 80
		Stand: 14.04.2010

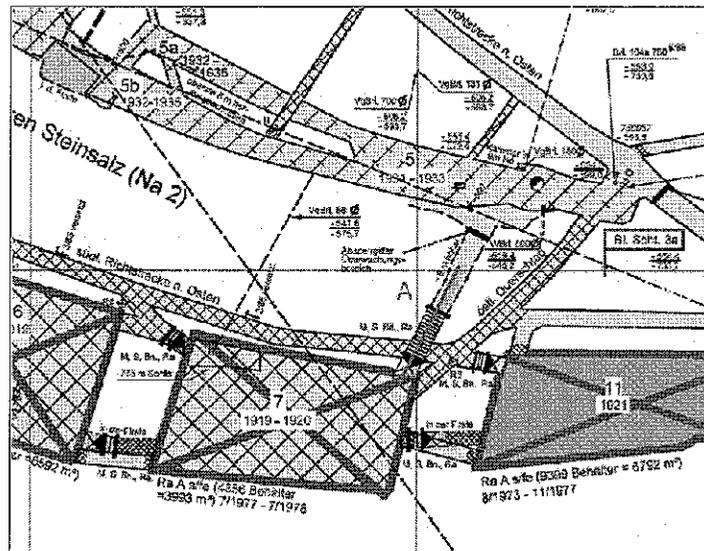


Abbildung 6.4-2: Bohransatzpunkt Bohrungstyp A, ELK 7/750

Mit Hilfe dieser Bohrung sollen folgende Untersuchungen durchgeführt werden:

- Bohrkernanalyse und Beprobung der Bohrlochatmosfera im Wechsel mit Vorfelderkundung durch
- Befahrung mit Magnetiksonde / Radar zur Bestimmung der Lage der Gebinde und der Verhinderung einer Gebindebeschädigung bei Durchstoß der Bohrung in die Einlagerungskammer,
- Befahrung mit Kamera / Laserscanning für die Analyse des Aufbaues des Verschlussbauwerks und zur Ermittlung des Gebindezustands in der Einlagerungskammer sowie
- Bohrloch-Scan zur Ermittlung des Auflockerungszustands,
- Beprobung der Atmosphäre und der Luftkontamination in der Einlagerungskammer.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 47 von 80
		Stand: 14.04.2010

Für die detaillierte Auswahl der hier notwendigen Bohrtechnik ist das Vorhandensein von Bitumen, Asphaltplatten im Verschlussbauwerk, o.ä. zu berücksichtigen. Sollte die hierfür notwendige Bohrtechnik nicht verfügbar sein, kann alternativ eine Bohrung parallel zum Verschlussbauwerk in die Einlagerungskammer geführt werden. In diesem Falle wird das Erkundungsziel zum Aufbau des Verschlussbauwerks nicht erreicht, die Bohrung dient lediglich der Auffindung eines Hohlraums und der anschließenden Beprobung der Kammeratmosphäre.

Nach Abschluss der Erkundungsarbeiten wird die Bohrung luft- und strahlungsdicht verschlossen. Je nach Ergebnis der Erkundung wird die Bohrung nur temporär verschlossen, um sie für die vorbereitenden Maßnahmen für Schritt 2 der Faktenerhebung (Öffnen der Einlagerungskammer) vorzuhalten. So kann z. B. vor Kammeröffnung eine Spülung der Einlagerungskammer mit einem geeigneten Medium notwendig sein.

Die Ermittlung von Hohlräumen in der Einlagerungskammer (siehe Kapitel 6.3, Punkt 2) erfolgt mit Bohrungen vom **Typ B**. Für die Messverfahren ist ein zum Firstverlauf möglichst paralleler Bohrlochverlauf erforderlich und bohrtechnisch sicherzustellen bzw. messtechnisch zu überwachen (Richtbohrtechnik). Laut Risswerk der Schachanlage Asse II liegt die Firste von Kammer 5/750 (Na2) höher als die Firste der ELK 7/750. Dies ermöglicht einen zum Firstverlauf ELK 7/750 möglichst parallelen Bohrlochverlauf. Die Höhe der Firste in Kammer 5/750 (Na2) soll entsprechend einer Rücksprache mit der Asse-GmbH eingemessen werden.

Die Bohransatzpunkte wurden in Kammer 5/750 (Na2), wie in Abbildung 6.4-3 dargestellt, festgelegt. Der westliche Bohransatzpunkt befindet sich nach heutigem Kenntnisstand in einem mit Salzgrus teilversetztem Bereich. Nach Rücksprache mit Mitarbeitern der Asse-GmbH besteht jedoch die Möglichkeit einen räumlich eng begrenzten Bereich aufzuwältigen und somit einen Arbeitsbereich für die Bohrungen zu schaffen. Dies ist in einer Detailplanung zu prüfen.

Die Bohrungen, ausgehend von den gewählten Bohransatzpunkten, werden Längen in der Größenordnung von ca. 70 m bis 90 m aufweisen.

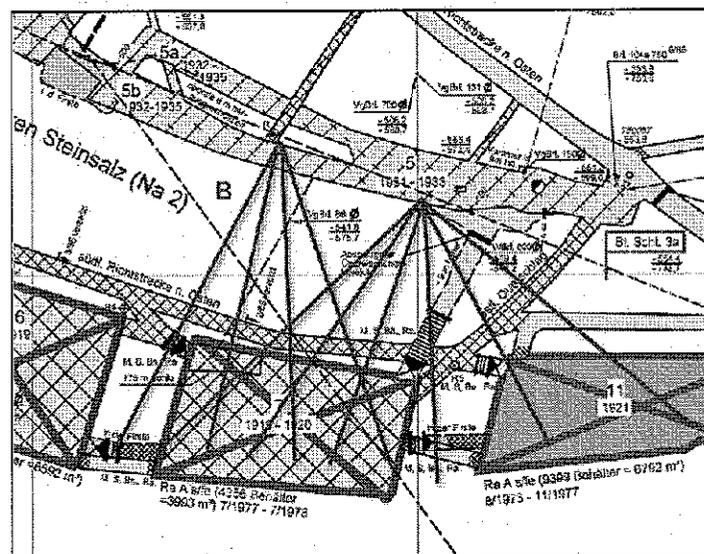


Abbildung 6.4-3: Mögliche Bohransatzpunkte Bohrungstyp B, ELK 7/750

Mit Hilfe der Bohrungen vom Typ B sollen folgende Erkundungsverfahren zum Einsatz kommen:

- Seismische Erkundung der Auflockerung mit Crosshole-Tomographie,
- Seismische Reflexionstomographie zur Detektion von Hohlräumen, Firstspalten sowie zur Erkundung des Schwebenzustands,
- Radar zur Bestimmung des Feuchtigkeitshorizonts, der Schwebenmächtigkeit, der Lage von Gebinden und Hohlräumen,
- Bohrkernanalyse zur Quantifizierung einer möglichen Durchfeuchtung, Ermittlung der Aktivitätsausbreitung sowie gebirgsmechanischer Kennwerte,

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 49 von 80
		Stand: 14.04.2010

- Beprobung der Bohrlochatmosfera,
- Bohrloch-Scan zur Ermittlung des Auflockerungszustands der Schwebelagerung,
- Gebirgsspannungsmessungen mit Hydrofrac sowie
- Permeabilitätsmessungen.

In Abhängigkeit der Erkundungsergebnisse erfolgt eine vollständige oder teilweise Verfüllung der Bohrungen. Ein abschnittsweises Offenhalten ist ggf. notwendig als vorbereitende Maßnahme für die weitere Erkundung durch die Schwebelagerung bzw. Firste (siehe Bohrungstyp B_A) oder auch zum Einbau von Permanentmesssystemen.

Die mit den vorherigen Erkundungsmaßnahmen detektierten Kammerhöhlräume werden anschließend über Bohrungen vom **Typ B_A** erkundet (siehe Kapitel 6.3, Punkt 3). Der Ansatzpunkt einer Bohrung vom Typ B_A liegt innerhalb einer Bohrung vom Typ B. Die Bohrung wird von dort in die Kammer abgelenkt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dem Ablenkungswinkel aus bohrtechnischer Sicht wie auch aus messtechnischer Sicht Grenzen gesetzt sind. Alternativ könnten auch Bohrungen von einer oberhalb liegenden Sohle geteuft werden (Bohrungstyp E). Diese Möglichkeit wird hier nachfolgend nicht näher betrachtet.

Über die Anzahl und die Länge der Bohrungen vom Typ B_A kann keine Abschätzung getroffen werden, da diese abhängig ist von den detektierten Höhlräumen (iterative Vorgehensweise).

Ziel der Bohrungen ist:

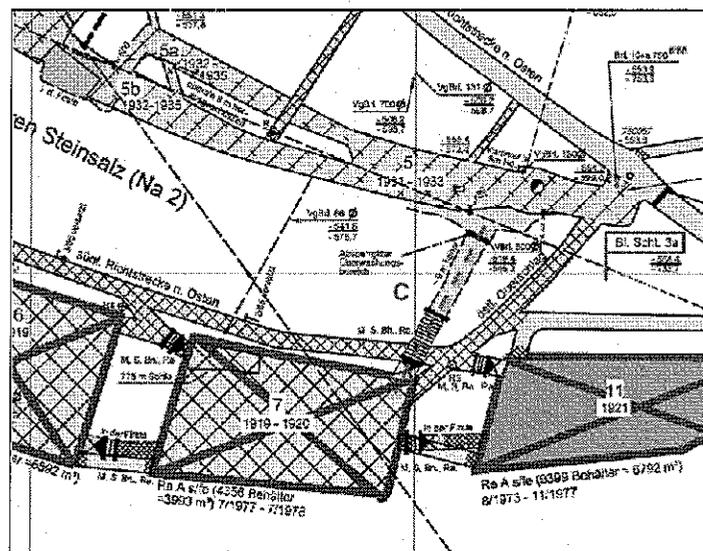
- die Bestimmung der Kammeratmosphäre und der Luftkontamination im oberen Bereich der Einlagerungskammer,
- eine Befahrung des Hohlraumes mit Kamera und Laserscanning zur Erkundung des Kammer- und Gebindezustands und zur Feststellung ob Lösung in der Einlagerungskammer sichtbar ist,

- Bohrlochscans zur Ermittlung der Auflockerung der Schwabe und potentieller Ablöseflächen,
- Beprobung der Bohrlochatmosferae.

Nach Beendigung der Erkundungsmaßnahmen wird das Bohrloch dauerhaft verschlossen.

Die Bohrungen des Typs BA entfallen, wenn anhand der Bohrungen vom Typ B keine Hohlräume detektiert werden konnten.

Mit Bohrungen vom **Typ C** soll festgestellt werden, ob in der Kammersohle Lösung anzutreffen ist (vgl. Kapitel 6.3, Punkt 4). Der Zugang zu ELK 7/750 über den Querschlag von Kammer 5/750 (Na2) befindet sich im Firstniveau von ELK 7/750. Um die Kammersohle ausgehend von diesem Niveau zu erreichen, muss ein Höhenunterschied von rd. 10 m überwunden werden. Um den steilen Winkel der Bohrung zu verringern, wurde der Bohransatzpunkt in Kammer 5/750 (Na2) am Abzweig zum Querschlag zwischen Kammer 5/750 (Na2) und ELK 7/750 festgelegt (siehe Abbildung 6.4-4). Die Länge des Bohrlochs wird mit ca. 55 m und einem Winkel von ca. 15° abgeschätzt.



	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 51 von 80
		Stand: 14.04.2010

Abbildung 6.4-4: Möglicher Bohransatzpunkt Bohrungstyp C, ELK 7/750

Folgende Untersuchungen sollen mit Hilfe der Bohrungen Typ C durchgeführt werden:

- Bohrkernanalyse zur Quantifizierung der Durchfeuchtung der Sohle und Aktivitätsausbreitung sowie gebirgsmechanischer Kennwerte,
- Bohrlochscans zur Ermittlung der Auflockerung,
- Beprobung der Bohrlochatmosfera,
- Beprobung der Lösung.

Anschließend wird das Bohrloch dauerhaft verschlossen.

Als abschließende Erkundungsmaßnahme in ELK 7/750 für den Schritt 1 der Faktenerhebung sollen die Pfeiler und Stöße erkundet werden (vgl. Kapitel 6.3, Punkt 5). Dies geschieht mit Bohrungen vom **Typ D**. Ein Bohransatzpunkt wurde in der Kammer 5/750 (Na2) festgelegt, ein weiterer Bohransatzpunkt im Querschlag zu ELK 7/750 (siehe Abbildung 6.4-5). Die Bohrungen werden ca. 10° fallend mit einer Länge von 75 m bzw. 20° fallend mit einer Länge von 35 m ausgeführt.

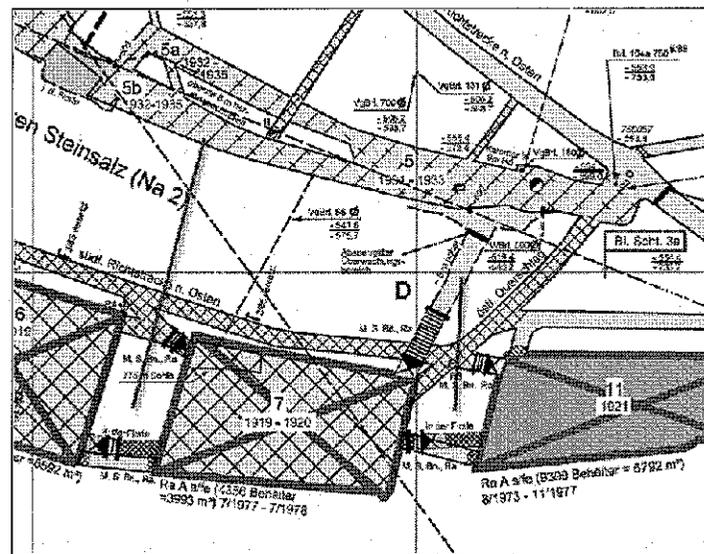


Abbildung 6.4-5: Mögliche Bohransatzpunkte Bohrungstyp D, ELK 7/750

Mit Hilfe dieser Bohrungen sollen folgende Untersuchungen durchgeführt werden:

- Bohrkernanalyse zur Feststellung der Auflockerung in den Pfeilern, einer Durchfeuchtung sowie der Ausbreitung der Aktivität in den Stößen,
- Bohrlochscan zur Feststellung der Auflockerung,
- Beprobung der Bohrlochatmosfera,
- Hydrofrac zur Analyse des Gebirgsspannungszustands,
- anschließend Ausstattung der Bohrung mit Extensometern für Verformungsmessungen.

Abschließend erfolgt der luft- und strahlungsdichte Verschluss des Bohrlochs.

6.5 Bohrkonzzept ELK 12/750

Das Bohrkonzzept für die Erkundungsmaßnahmen in ELK 12/750 entspricht in den Grundsätzen dem Bohrkonzzept der ELK 7/750. Aus diesem Grund werden

im folgenden Kapitel 6.5 lediglich die Unterschiede sowie die Lage der Bohrsatzpunkte und der Bohrungsverlauf des jeweiligen Bohrtyps erläutert.

Ein Großteil der Erkundungen soll ausgehend von der nördlichen Richtstrecke nach Osten erfolgen. Dafür ist eine vorausgehende Sanierung des Sumpfes vor ELK 12/750 notwendig.

Das prinzipielle Bohrschema ist in Abbildung 6.5-1 dargestellt.

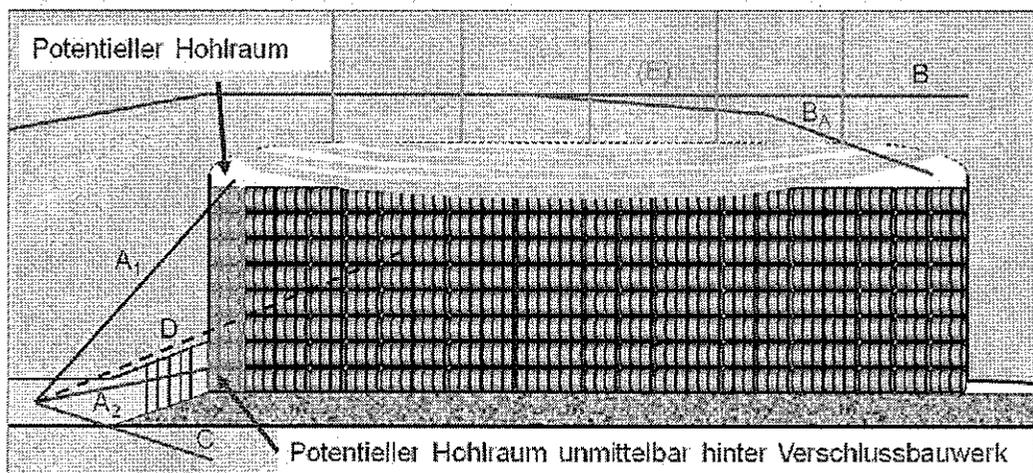
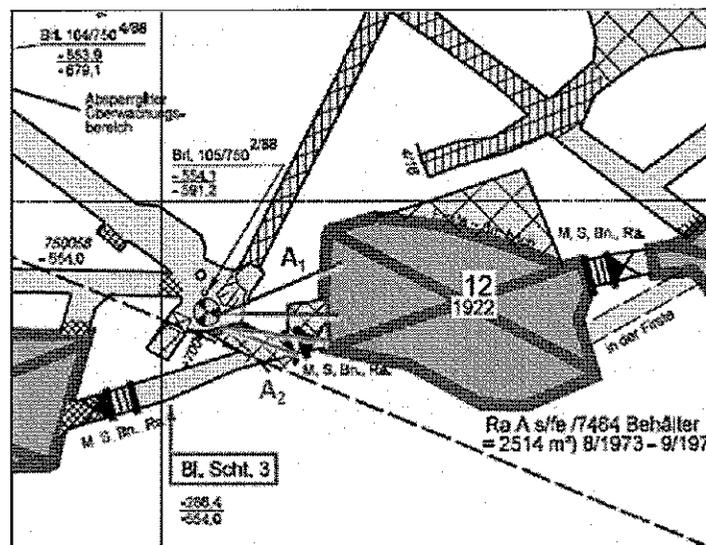


Abbildung 6.5-1: Prinzipielles Bohrschema ELK 12/750, Seitenansicht

In der ELK 12/750 werden Hohlräume im Zwickelbereich zwischen Stoß, Firste und den Gebinden vermutet. Die Erkundung dieser potentiellen Hohlräume erfolgt mit Hilfe von Bohrungen vom **Typ A₁**, ausgehend von der nördlichen Richtstrecke nach Osten (siehe Abbildung 6.5-2) in den Bereich oberhalb des Verschlussbauwerks. Die Bohrlänge wird mit ca. 25 m und ca. 10° ansteigend abgeschätzt.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 54 von 80
		Stand: 14.04.2010



**Abbildung 6.5-2: Mögliche Bohransatzpunkte Bohrungstyp A₁ und A₂,
ELK 12/750**

Des Weiteren wird erwartet, dass ein Hohlraum unmittelbar hinter dem Verschlussbauwerk anzutreffen ist. Die Entscheidung, ob eine Bohrung durch den Kammerverschluss in die ELK 12/750 gebohrt wird, ist abhängig von den Erkundungsergebnissen, die mit den Bohrungen vom Typ A₁ erzielt werden.

Die Erkundung des potentiellen hinter dem Verschlussbauwerk liegenden Hohlraums und des Aufbaus des Verschlussbauwerks erfolgt über Bohrungen vom **Typ A₂**, ausgehend von der nördlichen Richtstrecke nach Osten (vgl. Abbildung 6.5-2). Die Länge der Bohrungen wird mit ca. 15 m abgeschätzt.

Da die ELK 12/750 nicht versetzt wurde und sich oberhalb der Kammer keine Abbaue befinden, wird voraussichtlich keine Bohrung des Typs B zur Ermittlung von Hohlräumen notwendig sein, sondern nur zur Charakterisierung des Schwebenzustands. Diese Frage kann allerdings erst nach Auswertung der Bohrung des Typs A₁ abschließend beantwortet werden. An dieser Stelle werden der Vollständigkeit wegen trotzdem die Bohrungen vom Typ B beschrieben.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 55 von 80
		Stand: 14.04.2010

Sollten die Hangendschichten in der ELK 12/750 ähnlich wie bei der ELK 7/750 über Bohrungen vom **Typ B** erkundet werden, wären hierfür die Bohrlochansatzpunkte in der Kammer 5/750 (Na2) (siehe Abbildung 6.5-3) geeignet. Bei diesen Bohrungen ergeben sich ungünstige Längen in der Größenordnung von 120 m.

Die Erkundung der Schweben kann ggf. auch von den Bohransatzpunkten für die Bohrungen des Typs A von der nördlichen Richtstrecke nach Osten aus erkundet werden. Hierdurch verkürzt sich die Länge der Bohrungen erheblich, jedoch sind eingeschränkere Erkundungsergebnisse zu erwarten.

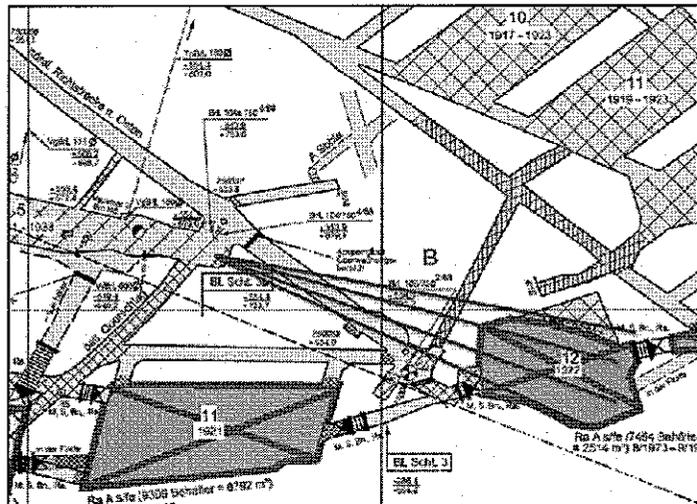


Abbildung 6.5-3: Mögliche Bohransatzpunkte Bohrungstyp B, ELK 12/750

Die Erkundung der zuvor detektierten Kammerhohlräume über die Hangendschichten erfolgt anhand von Bohrungen vom **Typ B_A**, ausgehend von einem Ansatzpunkt in den Bohrungen Typ B. Die Ansatz- und Endpunkte der Bohrun-

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 56 von 80
		Stand: 14.04.2010

gen sind abhängig von der Lage der festgestellten Hohlräume und können somit zum jetzigen Zeitpunkt nicht quantifiziert werden.

Es besteht ebenfalls die Möglichkeit mit Bohrungen vom Typ E ausgehend von einer oberhalb liegenden Sohle, z.B. der 700-m-Sohle, die Hohlräume zu erkunden. Diese Möglichkeit wird hier jedoch nicht weiter betrachtet.

Die Erkundung der Lösung in der Kammersohle erfolgt mit einer Bohrung vom **Typ C**, ausgehend von der nördlichen Richtstrecke nach Osten (siehe Abbildung 6.5-4). Die Länge beträgt ca. 20 m.

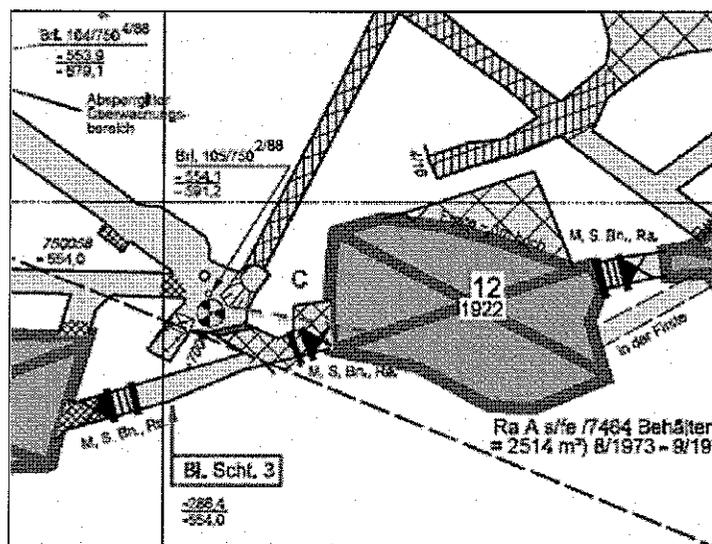


Abbildung 6.5-4: Bohransatzpunkt Bohrungstyp C, ELK 12/750

Abschließend erfolgt die Erkundung der Pfeiler und Stöße über Bohrungen vom **Typ D**, ausgehend von der nördlichen Richtstrecke nach Osten (siehe Abbildung 6.5-5). Die Länge der Bohrungen wird mit 20 m bis 25 m und ca. 15° ansteigend abgeschätzt.

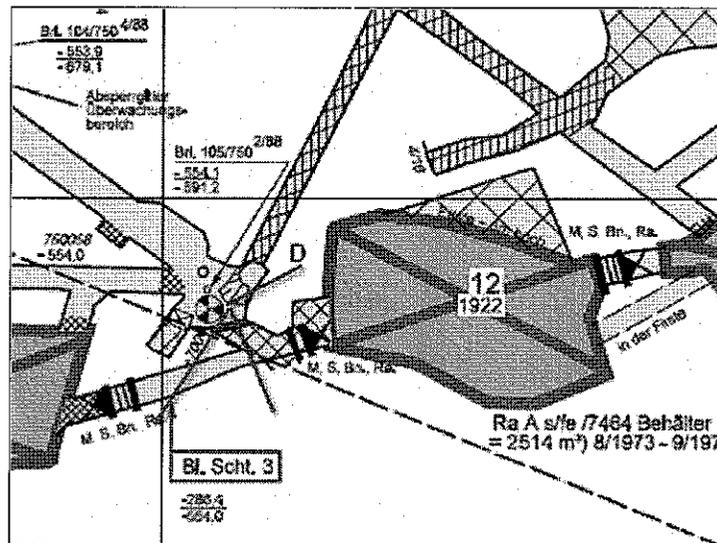


Abbildung 6.5-5: Bohransatzpunkte Bohrungstyp D, ELK 12/750

6.6 Bohrtechnik

Die speziellen Anforderungen bei der Erkundung erfordern insbesondere mit Blick auf die Genauigkeit des Bohrlochverlaufs den Einsatz spezialisierter Bohrtechnik. Beispielsweise ist hier die Zielbohr- und Ablenktechnik zu nennen. Die Ablenkung der Bohrungen kann mit konventionellen Richtbohrsystemen oder auch alternativen Technologien (RSS) erfolgen. Dies ist im Rahmen der Detailplanung zu entscheiden. Bei einem Einsatz dieser Technologien ist voraussichtlich auf externe Bohrunternehmen zurückzugreifen. Die Entscheidung zwischen Kern- oder Vollbohrung muss situativ erfolgen.

Grundsätzlich werden alle Bohrungen in der Form ausgeführt, dass ein gas-technischer Abschluss gewährleistet ist. Hierzu ist eine den Erfordernissen entsprechende Preventertechnik notwendig. Somit ist grundsätzlich auch ein Standrohr im Bereich des Bohrlochansatzpunktes vorzusehen.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 58 von 80
		Stand: 14.04.2010

Dabei sind folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Einsatz eines überlangen Standrohres,
- Durchführung eines Drucktests nach dem Setzen und
- Schaffung von sicheren Abspermmöglichkeiten zum temporären Verschießen des unverfüllten Bohrlochs.

Bei der Auswahl des Preventersystems ist auf die hohen Anforderungen an den Preventer im Hinblick auf technische Gasdichtheit hinzuweisen. Hierbei wird ggf. die Kombination von mehreren Einzelpreventern unterschiedlichen Bautyps erforderlich sein. Die Preventer werden mit entsprechenden Kontrollmöglichkeiten ausgerüstet (Bubble Detector, etc.). Auch die Abschiebermöglichkeit für den Auslass der Spülluft und des Bohrkleins etc. ist gemäß den zuvor genannten Anforderungen zu konfigurieren.

Da ein Luftaustausch bzw. ein Entweichen von Gasen aus den Kammern verhindert werden soll, ist über den Einsatz von Preventern hinaus zur Einbringung von Sonden etc. eine Schleuse vor dem Bohrloch geplant. Diese ist erforderlich, um die Abdichtung des Bohrlochs in jeder Betriebsphase zu gewährleisten. Das bedeutet, dass auch bei jedem Gestängewechsel, Wechsel Gestänge / bohrgeophysikalische Sonde oder Shuttle, etc. die Dichtigkeit zu gewährleisten ist. Da die Dimensionierung der Schleuse in Abhängigkeit von der Geometrie der einzusetzenden Messsysteme erfolgt, ist das Schleusensystem im Rahmen der Detailplanungen zu konzipieren.

Als Spülungsmedium kann nur Luft zum Einsatz kommen. Das Spülluftkonzept bietet die Möglichkeit der Filterung der Spülluft und ihre Wiederaufbereitung, so dass ggf. ein lufttechnisch geschlossener Kreislauf hergestellt werden kann. Für die Erzeugung der Spüldruckluft ist ein Kompressor vorgesehen. Durch die Einleitung des Spülluft-Bohrklein-Gemischs in Absetzbecken in Form eines austauschbaren, druckfest absperbaren Sammelcontainers, wird das Bohrklein bzw. die Feststoffe aus der Spülluft abgetrennt.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 59 von 80
		Stand: 14.04.2010

Begleitend hierzu finden regelmäßige Aktivitätsmessungen statt, die mögliche Kontaminationen aufzeigen sollen. Das Probenahmeintervall, die Messverfahren für die Aktivität sowie die Auswirkungen der Messungen auf den Bohrbetrieb werden im Rahmen der Detailplanung beschrieben.

Die Abführung der im Container befindlichen Luft erfolgt saugend. Abschließend erfolgt eine Filterung dieser Luft gemäß den Strahlenschutzerfordernissen. Die Anforderungen an die Ausführung der Filter werden im Rahmen der Detailplanung formuliert.

Beim Bohren – insbesondere bei drohendem Spülluftverlust – ist eine Verrohrung mit Linern vorzuhalten. Die Liner werden bei der Durchörterung von Klüften planmäßig vorgesehen. Alternativ kann auch eine Injektionsmaßnahme in Frage kommen. Näheres wird im Rahmen der Detailplanung festgelegt. Grundsätzlich ist bei diesbezüglichen Auffälligkeiten eine Kamerabefahrung des Bohrlochs vorzusehen. Die durch Liner bedingte, zwangsläufige Reduzierung des Durchmessers wird bei der Planung berücksichtigt. Das Kaliber der Bohrungen wird in Abhängigkeit der endgültig eingesetzten geophysikalischen Messsysteme, sowie einzuplanender Reserven für eine Verrohrung festgelegt.

Den hohen Anforderungen entsprechend ist eine umfassende Überwachung von Länge, Bohrfortschritt, Andruckkräften, etc. durchzuführen.

Das vorliegende Konzept sieht vor, dass ein Anbohren der Gebinde ausgeschlossen ist. Vorsorglich werden Schutzvorkehrungen bzw. -vorrichtungen zur Vermeidung einer versehentlichen Gebindebeschädigung beim Anbohren der Einlagerungskammer eingeplant.

Dies erfolgt durch regelmäßige Vorerkundungen während des Bohrfortschrittes. Die Vorerkundung bei der Annäherung an Gebinde bzw. der Vorfeld-Sondierung erfolgt mittels Magnetikmessungen oder Radar.

Bei zunehmender Annäherung an die Einlagerungskammer werden die Messintervalle entsprechend verdichtet.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 60 von 80
		Stand: 14.04.2010

Im Bereich der unmittelbaren Annäherung an eine Kammer wird auf eine Luftspülung verzichtet, sie würde die Atmosphäre in der Kammer beeinflussen. In diesem Längenabschnitt wird abschnittsweise (bis zum Durchschlag) mit einer kleinkalibrigen Schneckenbohrung spülluftfrei vorgebohrt. Nach dem Erstellen der Vorbohrung und ersten Erkundungsmaßnahmen wird das Bohrloch den Erfordernissen entsprechend aufgeweitet.

Nach dem Abschluss der Messungen erfolgt ein temporärer oder ggf. ein dauerhafter Verschluss der Bohrungen. Der dauerhafte Verschluss erfolgt mit Sorelbeton (z.B. der Rezeptur A1).

Auch beim Ablenken einer Bohrung aus einem bestehenden Bohrloch heraus ist im Vorfeld ein Teilverschluss der bestehenden Bohrung erforderlich.

Ein temporärer Verschluss wird dann erforderlich, wenn

- die Bohrungen mit geophysikalischen Sonden befahren werden müssen und / oder
- die Bohrungen für Schritt 2 (siehe Kapitel 1) offengehalten werden müssen.

Eine Sonderstellung nehmen Bohrungen ein, die für die dauerhafte Aufnahme von Messmitteln bzw. Sensorik vorgesehen sind. Hier erfolgt ein den Erfordernissen angepasstes Vorgehen.

6.7 Bewetterung der Arbeitsbereiche

Beim Anbohren der im südwestlichen Bereich der 750-m-Sohle gelegenen ELK 7/750 und ELK 12/750 muss durch geeignete wettertechnische Maßnahmen sichergestellt werden, dass auch im Falle eines Versagens der mehrstufigen Preventer kein kontaminiertes Gas unkontrolliert aus den Bohrlöchern in das Grubengebäude austreten kann.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 61 von 80
		Stand: 14.04.2010

Um mögliche Gasfreisetzungen beim Anbohren der Einlagerungskammer im Sinne eines zweiten, unabhängigen Schutzsystems kontrolliert abführen zu können, werden die Bohrstandorte jeweils vollständig eingehaust und die Abwetter mit einer entsprechend auszulegenden Technik gefiltert.

Die Wetterversorgung wird mit Hilfe einer saugenden Sonderbewetterungsanlage aus dem durchgehenden Wetterstrom in der nördlichen Richtstrecke nach Osten erreicht. Nach den monatlichen Kontrollmessungen der Asse-GmbH kann für diese Strecke ein durchgehender Wetterstrom von etwa 400 m³/min angenommen werden.

Eine schematische Darstellung der Wetterversorgung für die im Bereich der ELK 7/750 und ELK 12/750 vorgesehenen Bohrstandorte geht aus den Abbildung 6.7-1 und Abbildung 6.7-2 hervor.

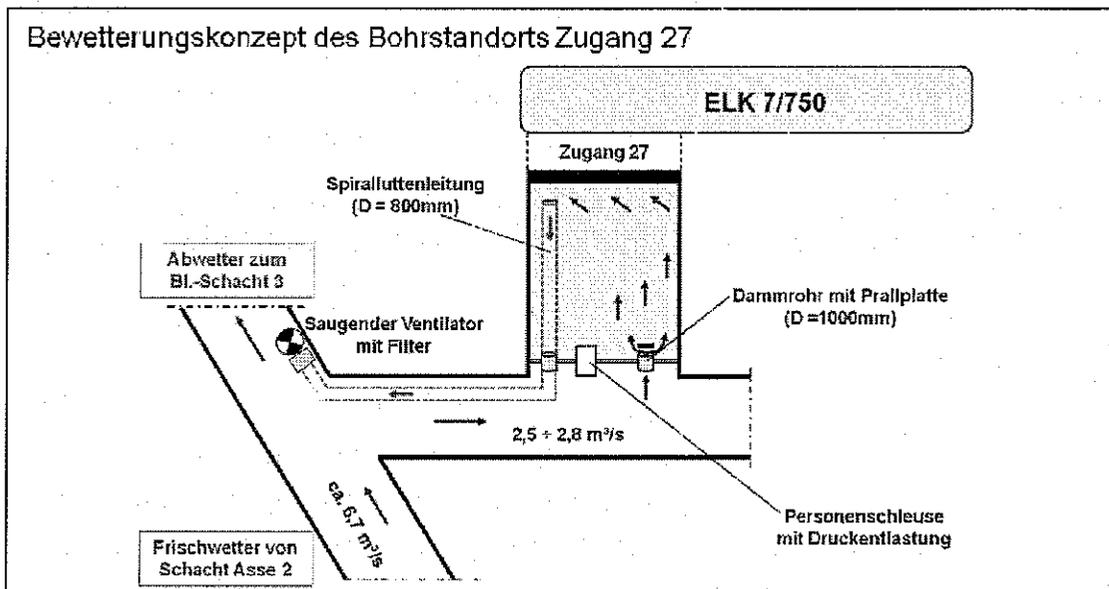


Abbildung 6.7-1: Schematische Darstellung der Wetterversorgung im Bereich der ELK 7/750

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 62 von 80
		Stand: 14.04.2010

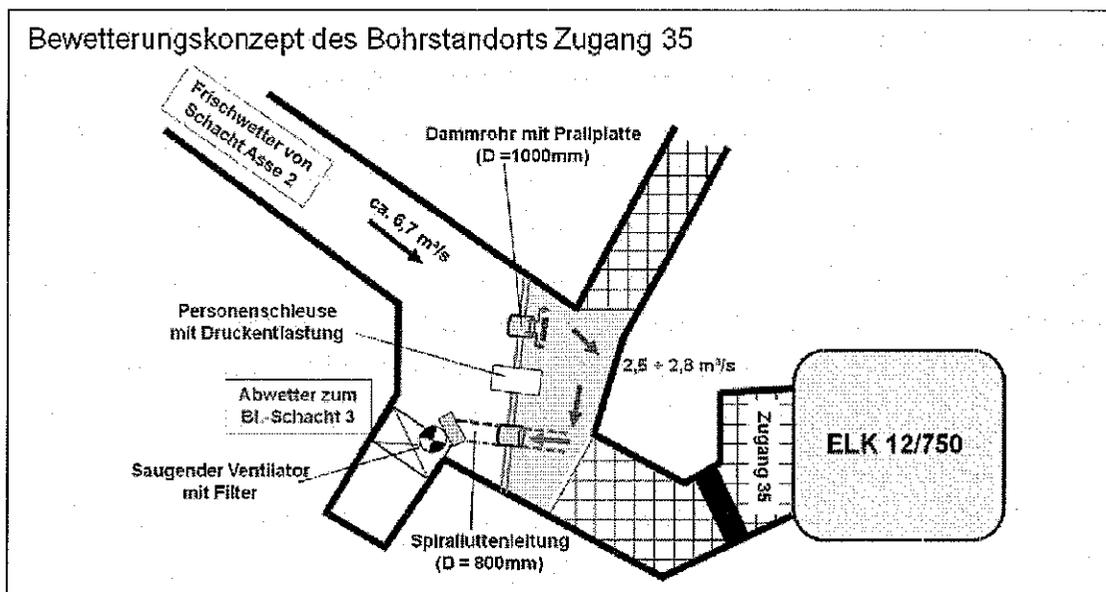


Abbildung 6.7-2: Schematische Darstellung der Wetterversorgung im Bereich der ELK 12/750

Der saugend betriebene Ventilator befindet sich jeweils in der nördlichen Richtstrecke nach Osten stromabwärts des Zugangs zu den Bohrstandorten. Über eine vorgeschaltete Filteranlage und Spiralluttenleitung saugt der Ventilator die Wetter in der Einhausung an. Die Frischwetter strömen somit vom durchgehenden Wetterstrom aus über eine Einströmöffnung in der Einschleusung zum Bohrbereich.

Durch den saugenden Ventilatorbetrieb wird verhindert, dass innerhalb des eingehausten Bohrstandortes kontaminierte Wetter als Teilkreislauf über Undichtigkeiten der Luttenleitung erneut in den Arbeitsbereich gelangen können.

Zur Vermeidung unnötiger Energieverluste sollte für die in der Einhausung erforderliche Einströmöffnung ein möglichst großer Durchmesser, z.B. 1,0 m vorgesehen werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 63 von 80
		Stand: 14.04.2010

Damit der Freistrahle aus der Einströmung nicht zu Staubaufwirbelungen führt, ist abstromseitig eine „Prallplatte“ vorzusehen, so dass die zuströmenden Frischwetter radial in den eingehausten Streckenbereich eintreten.

Die Ansaugöffnung der saugenden Luttenleitung ist bis unmittelbar an den Bohransatzpunkt heranzuführen. Unter dieser Voraussetzung befindet sich das Betriebspersonal ständig im Frischwetterbereich.

Eindeutige Kriterien zur Wetterstrombemessung erfolgen im Rahmen der Detailplanung, da sich zum jetzigen Zeitpunkt weder die Anzahl der am Bohrstandort beschäftigten Personen noch die Menge der im Falle des Preventerversagens aus der Einlagerungskammer abtretenden Gase genauer quantifizieren lassen.

Zur Vermeidung eines Rückstroms von Abwettern zum Bohrstandort ist der durchgehende Hauptwetterstrom mindestens 30 % größer auszulegen als der von der Ventilatoranlage abgesaugte Wetterstrom.

Für die absaugende Luttenleitung wird ein Durchmesser von 800 mm vorgesehen. Auf der Saugseite des Ventilators ist eine Filteranlage bestehend aus einem in Reihe geschalteten Vorfilter (Klasse F6 / F9) und einem Feinfilter (Klasse H13 / H14) zu installieren.

Der erforderliche Druckbedarf lässt sich nach ersten Abschätzungen mit einem Hochdruck-Axialventilator mit einem Durchmesser von 500 mm mit zwei Antriebsmotoren von jeweils 5,5 kW Leistung erreichen.

Eine Sonderbewetterung mit der vorstehend beschriebenen Auslegung kann aus dem eingehausten Bohrstandort einen Wetterstrom von etwa 150 bis 170 m³/min absaugen. Die o.g. Forderung bezüglich des erforderlichen Wetterüberschusses von mindestens 30 % würde somit eingehalten. Unter den genannten Voraussetzungen stellt sich in der Einhausung der Bohrstandorte ein Unterdruck von etwa 10 Pa gegenüber dem durchgehend bewetterten Grubengebäude ein.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 64 von 80
		Stand: 14.04.2010

6.8 Strahlenschutz

6.8.1 Strahlenschutzbereiche

Die Grubenbaue im Bohrbereich werden als Kontrollbereich ausgewiesen. Die Größe des Kontrollbereiches wird so gewählt, dass ausreichend Platz für benötigte Gerätschaften, Arbeitsmittel und Lagerfläche für z.B. Bohrkerns bzw. Material vorhanden ist und ein sicheres Arbeiten gewährleistet werden kann. Die aus Sicht des Strahlenschutzes erforderliche Personenüberwachung in den einzelnen Strahlenschutzbereichen sowie an den Übergängen von Kontroll- und Überwachungsbereichen sowie die notwendigen Maßnahmen zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen werden im Detailkonzept dargestellt.

6.8.2 Schutzmaßnahmen

Für den Schutz des Personals im Arbeitsbereich der Bohrlocherstellung sind Schutz- und Überwachungsmaßnahmen vorgesehen. Als Schutz vor der Inkorporation von radioaktiven Stoffen dient als erste Maßnahme ein sicherer Verschluss der Bohrlochöffnung durch einen Mehrfachpreventer bzw. einen geeigneten Bohrlochverschluss. Als zusätzliche Maßnahme wird gemäß wettertechnischem Konzept die Luft aus den Arbeitsbereichen direkt am Bohrloch abgesaugt, d.h. der Wetterstrom innerhalb des Kontrollbereiches bewegt sich in Richtung Bohrlochmund. So kann bei einem Versagen des Preventers / Bohrlochverschlusses sichergestellt werden, dass eine Inkorporation von radioaktiven Stoffen von Menschen im Arbeitsbereich verhindert wird.

Die abgesaugte Luft wird vor Austritt in das Grubengebäude außerhalb des Kontrollbereiches gefiltert. Dazu sind folgende radiologische Filter vorgesehen:

- Filter für Aerosole. Die Art und Dimensionierung der Filter wird im Rahmen der Detailplanung festgelegt.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 65 von 80
		Stand: 14.04.2010

- Aktivkohlefilter als Maßnahme gegen Radon (Verzögerungsstrecke) und gegen Tritium in Form von HTO (Adsorption). Die Auslegung der Filterstrecke wird in der Detailplanung anhand der Messwerte, die durch die HMGU ermittelt worden sind, festgelegt.

Eine Redundanz der Filterstrecken ist nicht erforderlich, da der Preventer bzw. der Bohrlochverschluss einen unkontrollierten Austritt von Aktivität aus dem Bohrloch verhindern soll und die hier beschriebene Absaugung bereits eine Redundanz darstellt.

Aus strahlenschutztechnischer Sicht ist eine Überwachung der Abwetter auf die Radon- und Tritiumaktivität erforderlich. Die technische Umsetzung der Überwachung sowie die sich aus den Messergebnissen ergebenden erforderlichen Schritte hinsichtlich des Strahlenschutzes werden im Detailkonzept beschrieben.

Weiterhin ist im Kontrollbereich vorsorglich eine Raumluftüberwachung vorgesehen. Aus Sicht des Strahlenschutzes ist die kontinuierliche Überwachung der Luft im Arbeitsbereich am Bohrloch hinsichtlich der Radon- und Tritiumkonzentration notwendig. Die für die Messung der Konzentrationen vorzusehenden Geräte werden im Rahmen der Detailplanungen diskutiert. Dort werden weiterhin die für die Konzentrationen von Radon, Tritium und anderen radiologisch relevanten Isotopen einzuhaltenden Grenzwerte in den Arbeitsbereichen unter Zugrundlegung des geltenden Regelwerkes dargestellt und diskutiert.

Ergänzend findet eine regelmäßige Überwachung der Raumluft auf schwebstoffgebundene Aktivität mittels eines Probensammlers statt. Der Umfang der Messungen der aerosolgebundenen Aktivität wird im Rahmen der Detailplanung beschrieben.

Bei Feststellung erhöhter Radioaktivität im Abluftstrom oder für die Durchführung bestimmter Arbeiten wie beispielsweise die Probenahme stehen geeignete persönliche Schutzausrüstungen (z.B. fremdbelüftete Anzüge) zur Verfügung.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 66 von 80
		Stand: 14.04.2010

6.8.3 Umgang mit kontaminiertem Material

Alle Geräte und Materialien, die sich im Kontrollbereich befinden und an denen eine Kontamination zu besorgen ist (Bohrgeräte, Probengefäße, Bohrkleincontainer, Bohrkerne etc.) werden regelmäßig auf Kontaminationen überprüft und erforderlichenfalls dekontaminiert. Die Oberflächen der Geräte sind so ausgelegt, dass sie leicht dekontaminierbar sind.

Geräte, die den Kontrollbereich verlassen sollen, werden durch den Strahlenschutz auf Kontaminationen überprüft und ggf. dekontaminiert. Die Kontaminationmessungen werden beispielsweise mittels Wischtests oder eines Kleinteilemonitors gemäß § 44 StrlSchV durchgeführt.

Gegenstände und Materialien, die nicht dekontaminiert werden können, werden als radioaktiver Abfall entsorgt. Bei Bedarf werden sie unter Tage temporär zwischengelagert und erst zu einem späteren Zeitpunkt einer anforderungsgerechten Entsorgung zugeführt.

Die Lagerung erfolgt in geeigneten Gebinden (Lagercontainer, Abdeckplane) in einem anforderungsgerechten Strahlenschutzbereich. Eine detaillierte strahlenschutztechnische Bewertung des Umganges mit kontaminierten radioaktiven Stoffen erfolgt im Rahmen der Detailplanung.

6.9 Radiologische und chemotoxische Untersuchungen

Für die Konzeption der Probenahme ist zu beachten, dass die Proben im gasförmigen, flüssigen und festen Zustand vorliegen. Für alle drei Probentypen ist daher ein geeigneter Aufbau der Probenahmeeinrichtung vorzusehen. Dabei werden die Belange des Arbeits- und Strahlenschutzes umfänglich berücksichtigt. Dies wird im Rahmen der Detailplanungen erfolgen. Die Proben werden über die Bohrung gezogen. Hierzu sind im Preventer bzw. Bohrlochverschluss geeignete Zugänge vorgesehen, über die die Probennahmen erfolgen können.

	EndlagerASSE	U2248-BfS-G
		Seite 67 von 80
		Stand: 14.04.2010

Gasproben

Zur Gewinnung von Gasproben wird durch das Bohrloch eine Schlauchleitung in die Einlagerungskammer geführt. Die Positionierung der Probenahmeöffnung wird mittels einer Kamera überwacht. Auf diese Weise kann die gezogene Gasprobe einem Kammerbereich zugeordnet werden. Dies ist insbesondere für die Höhe des Probenahmeortes über der Sohle von Bedeutung, da die Kammeratmosphäre in unterschiedlichen Höhen verschiedene Zusammensetzungen aufweisen kann.

Die Probe wird über die Leitung mittels eines Unterdrucksystems gezogen. Der Unterdruck wird beispielsweise über eine Vakuumpumpe oder einen Verdichter erzeugt. Der Verdichter überführt die Probe in eine Druckgasflasche und verhindert auf diese Weise, dass die aus der Einlagerungskammer erhaltenen Gase in den Arbeitsbereich und somit die Abwetter gelangen.

Lösungen

Die Entnahme von Proben aus der eventuell vorhandenen Lösung in der Kammer erfolgt über eine Bohrung. Über ein Unterdrucksystem wird die flüssige Probe in ein Probengefäß überführt und in einem Labor hinsichtlich der in Kapitel 3.1 beschriebenen Parameter untersucht.

Feststoffe

Feststoffproben werden aus Bohrkernen und Bohrklein entnommen, eine Probenahme an eingelagerten Gebinden ist nicht vorgesehen. Die Probenahme erfolgt bei Bohrkernen nach deren Entnahme aus dem Bohrloch. Bohrklein wird über das Spülmedium aus dem Bohrloch ausgetragen und kann zur Beprobung kontinuierlich aus dem Spülmedium entnommen werden.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 68 von 80
		Stand: 14.04.2010

6.10 Lösungszutritt

Für anfallende Lösungen während der Erkundungsmaßnahmen sind sowohl technische als auch organisatorische Vorsorgemaßnahmen vorgesehen.

Grundsätzlich sind zwei verschiedene Szenarien, mit unbekannter Art und Menge, eines Lösungszutrittes in kausalem Zusammenhang mit den Erkundungsmaßnahmen vorstellbar:

- a. Lösungsanfall beim Anbohren einer Einlagerungskammer (in der Kammer befinden sich Standwässer),
- b. Lösungsanfall durch die Erkundungsmaßnahme verursacht (z.B. Anbohren von Standwässern außerhalb der Kammer).

Zur Vermeidung einer Ausbreitung von Lösungen über neu geöffnete Lösungswegsamkeiten im Rahmen der Bohrarbeiten sind bereits technische Maßnahmen (Preventer, Schleusen) gegen einen Austritt aus dem Bohrloch vorgesehen. Zusätzliche Techniken zum Verschließen von Bohrungen und Wegsamkeiten, wie Injektionsmaßnahmen werden im Rahmen der Detailplanung zu konkretisiert. Für deren zeitnahe Umsetzung sind die benötigten Ausrüstungen vorzuhalten.

Wesentlicher Bestandteil einer zusätzlichen technischen Vorsorge sind ausreichende Kapazitäten von technischem Gerät für die Fassung, die Untersuchung, die Lagerung und den Transport eventuell anfallender Lösungen im direkten Umfeld der Erkundungsmaßnahmen, die ein schnelles Handeln ermöglichen. Im Rahmen eines Handlungskonzeptes wird die Vorgehensweise für unterschiedlich stark belastete Lösungen geregelt.

Unabhängig von der Menge und Ursache des Lösungszutrittes ist eine Untersuchung der radiologischen und chemotoxischen Belastung der Lösung erforderlich.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 69 von 80
		Stand: 14.04.2010

6.11 Gebirgsmechanische Überwachung

Das Institut für Gebirgsmechanik Leipzig (IfG) ist der gebirgsmechanische Gutachter für die Schachanlage Asse II. Das Ziel der gebirgsmechanischen Bewertung und die Verifizierung der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt in Absprache und in Zusammenarbeit mit dem IfG.

Das IfG wird Vorschläge zu Lage, Durchmesser, Länge und gebirgsmechanischer Zielstellung der Erkundungsbohrungen unterbreiten und gemeinsam mit der DMT den Zustand bewerten. Die Vorschläge umfassen hierbei Bohrkernentnahmen mit Bohrkernaufnahme, Bohrlochkamerabefahrungen, Permeabilitätsmessungen zur Bewertung aufgelockerter Bereiche, Hydrofrac-Spannungssondierungen und die Installation von Langzeitmesseinrichtungen für Spannungsmonitoring (6-Komponenten-Spannungsmonitorstationen) und Verformungsaufzeichnung (Mehrfach-Stangenextensometer) im direkten Umfeld der Einlagerungskammern.

Die im Rahmen der Faktenerhebung gewonnenen gebirgsmechanischen Messdaten ermöglichen ohne umfangreiche Untersuchungen seitens IfG (numerische Modelltechnik, etc.) keine direkte Neuinterpretation des Stabilitätszustandes der Kammerumgebungen. Sie bieten nur Anhaltspunkte und müssen anschließend in eine schlüssige gebirgsmechanische Gesamtbetrachtung integriert werden. Diese gebirgsmechanische Gesamtbetrachtung ist Bestandteil der von DMT durchzuführenden Gesamtbewertung der einzelnen Schritte der Faktenerhebung.

Aufgrund der hohen gebirgsmechanischen Beanspruchung des Grubengebäudes ist abschließend festzuhalten, dass die in der Faktenerhebung durchgeführten Maßnahmen nur eine geringstmögliche Beeinflussung der bestehenden Tragstrukturen bewirken. Hierfür ist ebenfalls eine enge Abstimmung mit der Asse-GmbH und dem IfG Leipzig vorgesehen.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 70 von 80
		Stand: 14.04.2010

7 Abschätzung des Zeitbedarfs

Der zeitliche Umfang der Maßnahmen in Schritt 1 der Faktenerhebung kann im Rahmen des Untersuchungskonzeptes nur abgeschätzt werden. Die erforderlichen Arbeiten im Umfeld der Bohrtätigkeit sowie die exakten Abläufe der Bohrungs- und Erkundungsmaßnahmen sind Bestandteil einer Detailplanung.

Für die geplanten Maßnahmen ist eine mehrstufige Vorgehensweise vorgesehen. Es ist beabsichtigt, zuerst die Detailplanung und Genehmigung der Erkundungsmaßnahmen mit den Bohrungen vom Typ A in der ELK 7/750 (vgl. Kapitel 6.4) durchzuführen. Die Detailplanung für ausschließlich einen Bohrtyp ermöglicht gegenüber der Detailplanung des gesamten Schrittes 1 der Faktenerhebung eine schnellere Umsetzung der Erkundungsmaßnahmen für eine Einlagerungskammer und somit einen frühzeitigen Erkenntnisgewinn zum Zustand der Gebinde und der Einlagerungskammer.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Dauer der Erkundungsmaßnahmen haben neben dem eigentlichen Bohr- und Messaufwand die Planungsarbeiten und die Genehmigungsprozesse. Zusätzlich ist für die Beschaffung von Geräten und Dienstleistungen von Fremdfirmen ein erheblicher Zeitbedarf vorzusehen.

Die Abschätzung des Zeitbedarfs erfolgte unter Festlegung folgender Randbedingungen und Annahmen:

- Mehrstufige Vorgehensweise (siehe oben).
- Die Freigabe der Detailplanung erfolgt binnen 1 Woche.
- Die Genehmigung des Sonderbetriebsplanes (SBPL) für die grundsätzliche Vorgehensweise in Schritt 1 der Faktenerhebung erfolgt innerhalb von 2 Monaten seitens LBEG.
- Die Genehmigungen der Nachträge zum SBPL durch das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) erfolgen jeweils binnen 1 Woche.
- Die Materialbestellung und Beauftragung erfolgt ausschließlich freihändig.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 71 von 80
		Stand: 14.04.2010

- Die Lieferzeit für Equipment wurde nach ersten Rücksprachen mit Herstellern und Lieferanten mit 12 Wochen abgeschätzt.
- Vorhandenes Personal und Equipment der Asse-GmbH steht bei Bedarf kurzfristig zur Verfügung.
- Die Arbeiten werden im 1-Schicht-Betrieb durchgeführt.

Bei der beschriebenen Zeitplanung sind folgende Terminrisiken zu beachten:

- Bestellungen und Lieferzeiten,
- Genehmigungsverzögerungen,
- Verzögerungen durch andere betriebliche Prozesse auf der Schachanlage Asse, die Personal, Equipment oder sonstige Ressourcen binden.

Aufgrund der Vorgabe in möglichst kurzer Zeit Erkundungsergebnisse zu erzielen und der iterativen Struktur des Untersuchungsprozesses – gewonnene Untersuchungsergebnisse entscheiden über die Notwendigkeit weiterer Bohrungen oder erfordern ggf. Anpassungen der Bohrlochverläufe und Erkundungsverfahren – ist einer gestaffelten Einreichung des Sonderbetriebsplanes der Vorrang zu geben. In einem ersten Arbeitsschritt wird die Genehmigung der grundsätzlichen Vorgehensweise, basierend auf dem vorliegenden Untersuchungskonzept mit Ergänzung technischer Erläuterungen, angestrebt. Anhand des Konzepts können alle wesentlichen genehmigungsrechtlichen Überlegungen beurteilt werden. Anschließend werden zu diesem Sonderbetriebsplan in weiteren Stufen bedarfsgesteuert die Detailplanungen einzelner Prozesse per Nachtrag zur Genehmigung eingereicht. Die Nachträge beinhalten lediglich technische Gerätespezifizierungen zu der im Sonderbetriebsplan bereits festgelegten technischen Vorgehensweise. Dies beschleunigt die Gewinnung erster Fakten und ermöglicht eine Berücksichtigung der iterativen Struktur der Faktenerhebung. Die vorgeschlagene Vorgehensweise zur Genehmigung von Schritt 1 der Faktenerhebung bedarf einer Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde.

In Abbildung 7-1 ist eine Abschätzung des Zeitbedarfs dargestellt. Die Zeitabschätzung umfasst die Detailplanungen sowie die Durchführung der Erkun-

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 72 von 80
		Stand: 14.04.2010

dungsmaßnahmen, die ausgehend von den Bohrungen vom Typ A in der ELK 7/750 geplant sind. Diese Bohrungen werden im Zeitplan als B 7/750-A bezeichnet. Graue Balken im Zeitplan stellen den Gesamtzeitbedarf eines Teilschrittes dar. Blaue Balken sind die abgeschätzten Zeiträume, die für die Bearbeitung eines Teilschrittes notwendig sind, rote Balken umfassen die geschätzten Genehmigungs- und Freigabefristen sowie die Ausschreibungsverfahren und Lieferfristen. Die helleren blauen und roten Balken stehen für Teilschritte, die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit den Erkundungsmaßnahmen B 7/750-A stehen und dienen zur Verdeutlichung der Zeiträume für die Detailplanung und Genehmigungen für Schritt 1. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Arbeiten für die weiteren Bohrungstypen nicht dargestellt.

Der Gesamtzeitraum für die Umsetzung aller Erkundungsmaßnahmen in Schritt 1 der Faktenerhebung kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht belastbar angegeben werden, da die detaillierte Festlegung der Lage und Anzahl der Bohrungen sowie der Erkundungsmaßnahmen erst in einer Detailplanung erfolgen kann.

Die Arbeiten, die nachfolgend zur Erstellung des vorliegenden Untersuchungskonzeptes durchgeführt werden, beginnen mit einem ersten Teil der technischen Detailplanung, die für die Erstellung und Genehmigung des Sonderbetriebsplanes notwendig sind. Nach der Einreichung des Sonderbetriebsplanes beim LBEG werden die Bohrungen B 7/750-A detailliert geplant und nach Freigabe per Nachtrag zum Sonderbetriebsplan beim LBEG eingereicht. Die Detailplanung der restlichen Arbeiten in Schritt 1 der Faktenerhebung erfolgt unmittelbar im Anschluss an die Detailplanungen zu den Maßnahmen für die Bohrungen B 7/750-A. Entsprechend des jeweils nächsten Erkundungsschrittes werden iterativ Nachträge zum Sonderbetriebsplan eingereicht.

Aufgrund der teilweise sehr langen Lieferzeiten erfolgt bereits während der Detailplanung B 7/750-A die Bestellung des notwendigen Equipments für die vorbereitenden Maßnahmen sowie für die Bohrlocherstellung und die Bohrlocherkundung.

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 73 von 80
		Stand: 14.04.2010

Nach der Genehmigung des 1. Nachtrages zum SBPL durch das LBEG erfolgt die Umsetzungsplanung für die Erkundungsmaßnahmen B 7/750-A.

Aufgrund der frühen Bestellung des notwendigen Equipments können die vorbereitenden Maßnahmen direkt im Anschluss an die Umsetzungsplanung erfolgen. Die vorbereitenden Maßnahmen umfassen u.a. die Sanierung des Arbeitsbereiches, die Errichtung wettertechnischer und strahlenschutztechnischer Einrichtungen, die Installation von Bohrgeräten sowie den Aufbau der Bohrungspreventer und -schleusen. Für eine effiziente zeitliche Gestaltung ist mit Blick auf die Dringlichkeit eine freihändige Vergabe zu prüfen; dies wurde in der vorliegenden Zeitabschätzung angenommen. Andernfalls ist mit einer zeitlichen Verzögerung der vorbereitenden Arbeiten und damit des Gesamtprojekts entsprechend der Dauer des Ausschreibungsverfahrens zu rechnen.

Der Zeitabschätzung in Abbildung 7-1 ist die Durchführung von zwei Bohrungen des Typs A zugrunde gelegt.

Der Zeitbedarf für die Erstellung einer Bohrung und der nachfolgenden Messungen kann in weiten Grenzen schwanken. Wesentliche Einflussfaktoren sind u.a. die Bohrlochlänge, der Bohrlochdurchmesser, das gewählte Equipment sowie die Messungen und Analysen, die während des Bohrens durchgeführt werden einschließlich der Zeiten, die für das Ziehen und Setzen des Bohrgestänges notwendig sind. Auf der Schachanlage Asse II wurden neue Bohrmaschinen angeschafft, die voraussichtlich in der 15. KW 2010 in Betrieb genommen werden. Diese Bohrmaschinen ermöglichen ein schnelleres Bohren und insbesondere einen schnelleren Gestängewechsel. Da es sich um Individualanfertigungen handelt, konnte bisher auch der Hersteller keine Angaben zu Zeitansätzen machen; diese werden sich erst mit Hilfe von Praxiseinsätzen ermitteln lassen. Eine Abschätzung der Bohrzeiten wird dadurch erschwert.

Die anschließende Dauer der Erkundungsmaßnahmen kann auf Basis des Untersuchungskonzeptes zurzeit nur geschätzt werden. Die bildgebenden Verfahren und geophysikalischen Messungen zum Beispiel unterscheiden sich vom

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 74 von 80
		Stand: 14.04.2010

Zeitbedarf erheblich. Während Bochlocherkundungen in einem Zeitraum von wenigen Stunden durchführbar sind, ist z.B. für eine Crosshole-Seismik von einem Zeitbedarf von mehreren Schichten auszugehen. Die genaue Planung der Untersuchungsbohrungen sowie der genaue Ablauf der Erkundungsmaßnahmen sind Bestandteil der Detailplanung.

Nach Beendigung der Erkundungsmaßnahmen erfolgt abschließend die Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse.

Die in der vorliegenden Zeitabschätzung gewählte mehrstufige Vorgehensweise zur Erhebung erster Fakten aus den Einlagerungskammern ermöglicht im Vergleich zu einer einstufigen Vorgehensweise eine Zeiteinsparung von mehreren Wochen. Diese Zeiteinsparung ergibt sich zum Einen daraus, dass für die detaillierte Planung lediglich eines Bohrtyps ein geringerer Planungsaufwand zu leisten ist wie bei der Detailplanung des gesamten Schritts 1 der Faktenerhebung. Zum anderen ermöglicht die frühzeitige Einreichung des Sonderbetriebsplanes auf Basis des Untersuchungskonzeptes einen frühzeitigen Start des Genehmigungsverfahrens seitens des LBEG. Im Nachtrag zum Sonderbetriebsplan müssen dann lediglich die technischen Spezifikationen für die Bohrungen B 7/750-A geprüft werden. Daraus ergibt sich ein zeitlich optimierter Gesamtprozess.

Mit der Durchführung der Detailplanung erfolgt auch eine Anpassung der Zeitabschätzung für Schritt 1 der Faktenerhebung.

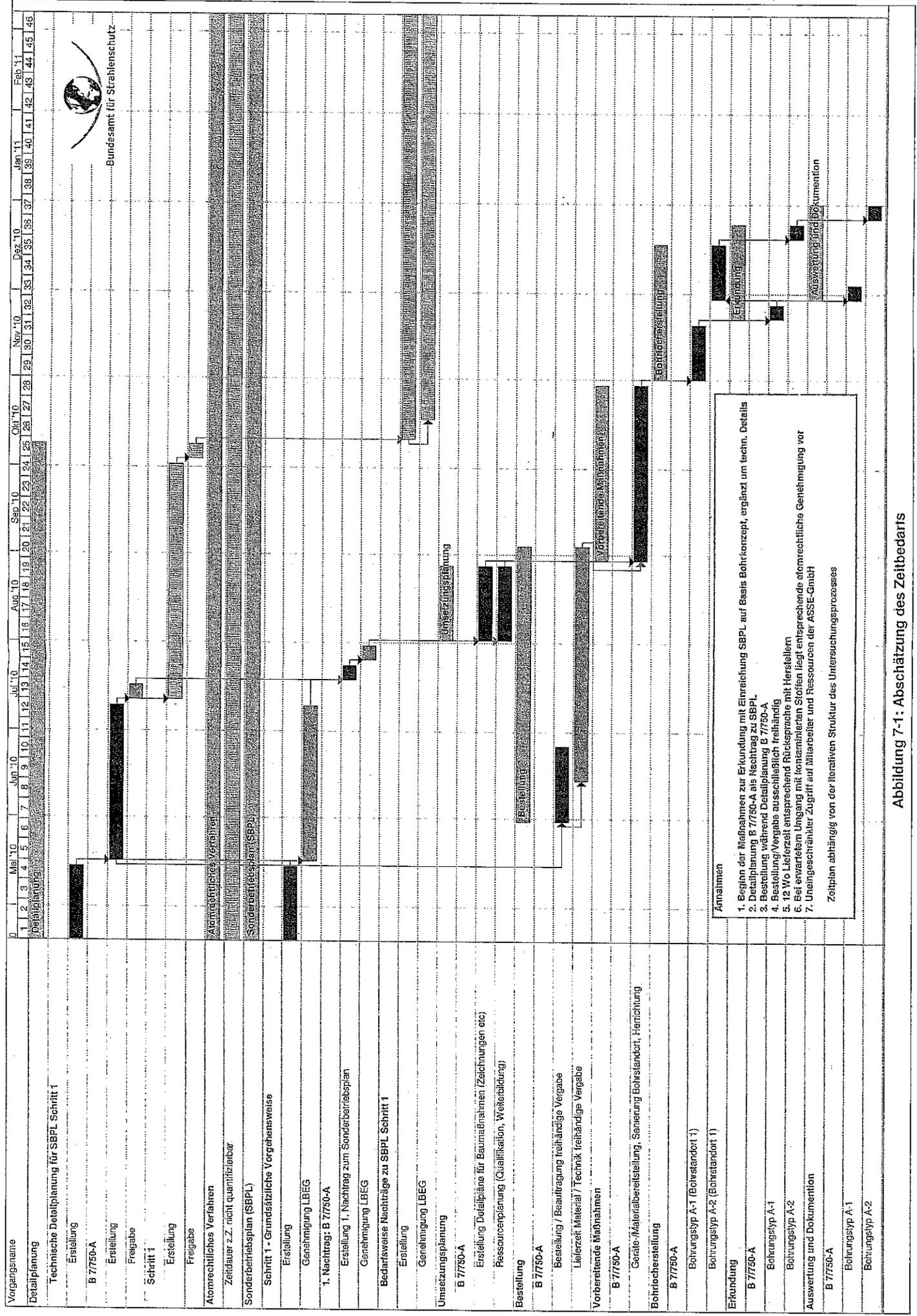


Abbildung 7-1: Abschätzung des Zeitbedarfs

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 76 von 80
		Stand: 14.04.2010

8 Literaturverzeichnis (Quellen)

- /1/ Asse-GmbH (27.03.2009): Beschreibung der Lagerbereiche der Abfälle
- /2/ ASSEKAT-Datenbank: ASSEKAT Endversion Entwurf mit ISS 8.0, erstellt am 29.03.2009
- /3/ Bundesministerium des Inneren: Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke vom 21.10.1977 (BAnz. 1977, Nr. 206)

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 77 von 80
		Stand: 14.04.2010

9 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2.1-1:	Grubengebäude Schachanlage Asse II, 3D-Ansicht.....	8
Abbildung 2.2-1:	Grundriss 750-m-Sohle.....	9
Abbildung 2.2-2:	ELK 7/750, liegend gestapelte Lagerung von VBA-Gebinden, Aufnahme vom 27.10.1977 /1/.....	10
Abbildung 4.2-1:	Beispiel für ein Untersuchungsergebnis mit einem bildgebenden Laserscan in einem Hohlraum. © MDL Laser Systems.....	23
Abbildung 4.2-2:	Beispiel für ein optisches, abgerolltes Bild der Bohrlochoberfläche mit Ton-Wechselagerung. © DMT GmbH & Co. KG.....	24
Abbildung 4.3-1:	Geschwindigkeitsfeld einer Crosshole-Tomographie (Parallelstrahlen).....	28
Abbildung 4.3-2:	Geschwindigkeitsfeld einer Crosshole-Tomographie © DMT GmbH & Co. KG.....	29
Abbildung 4.3-3:	Strahlenwege in der Crosshole- und Reflexionsseismik ...	30
Abbildung 4.3-4:	Beispiel-Radargramm in Winkeldarstellung. Das Beispiel zeigt die Daten einer Bohrlochradarmessung in einer Salzstockerkundungsbohrung. © DMT GmbH & Co. KG	33
Abbildung 6.4-1:	Prinzipielles Bohrschema ELK 7/750, Seitenansicht.....	45
Abbildung 6.4-2:	Bohransatzpunkt Bohrungstyp A, ELK 7/750.....	46
Abbildung 6.4-3:	Mögliche Bohransatzpunkte Bohrungstyp B, ELK 7/750....	48
Abbildung 6.4-4:	Möglicher Bohransatzpunkt Bohrungstyp C, ELK 7/750 ...	51
Abbildung 6.4-5:	Mögliche Bohransatzpunkte Bohrungstyp D, ELK 7/750...	52
Abbildung 6.5-1:	Prinzipielles Bohrschema ELK 12/750, Seitenansicht.....	53

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 78 von 80
		Stand: 14.04.2010

Abbildung 6.5-2:	Mögliche Bohransatzpunkte Bohrungstyp A ₁ und A ₂ , ELK 12/750	54
Abbildung 6.5-3:	Mögliche Bohransatzpunkte Bohrungstyp B, ELK 12/750	55
Abbildung 6.5-4:	Bohransatzpunkt Bohrungstyp C, ELK 12/750	56
Abbildung 6.5-5:	Bohransatzpunkte Bohrungstyp D, ELK 12/750	57
Abbildung 6.7-1:	Schematische Darstellung der Wetterversorgung im Bereich der ELK 7/750	61
Abbildung 6.7-2:	Schematische Darstellung der Wetterversorgung im Bereich der ELK 12/750	62
Abbildung 7-1:	Abschätzung des Zeitbedarfs	75

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 79 von 80
		Stand: 14.04.2010

10 Abkürzungsverzeichnis

Am-241	Americium-241
B	Bor
Ba	Barium
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Br	Brom
C-14	Kohlenstoff-14
Ca	Calcium
CH ₄	Methan
Cl	Chlor
CO	Kohlenmonoxid
Cs	Caesium
DMT	DMT GmbH & Co. KG
DK	Dielektrizitätskonstanten
ELK	Einlagerungskammer
FID	Flammenionisationsdetektor
GC	Gaschromatographie
GHz	Gigahertz
H-3	Wasserstoff-3 (Tritium)
H ₂	Wasserstoff
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
HMGU	Helmholtz Zentrum München
HTO	tritiiertes Wasser
IfG	Institut für Gebirgsmechanik Leipzig
K	Kalium
kW	Kilowatt
LAW	Low Active Waste (Schwach radioaktiver Abfall)
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

	Endlager Asse	U2248-BfS-G
		Seite 80 von 80
		Stand: 14.04.2010

Li	Lithium
Mg	Magnesium
MHz	Megahertz
Na	Natrium
Na2	jüngeres Steinsalz
Pa	Pascal
Pb	Blei
Pu-238	Plutonium-238
Pu-239/240	Plutonium-239/240
Rb	Rubidium
RSK	Reaktorsicherheitskommission
RSS	Rotary Steerable System
SO ₄ ²⁻	Sulfat-Anion
Sr	Strontium
Sr-90	Strontium-90
StriSchV	deutsche Strahlenschutzverordnung
Th	Thorium
U	Uran
U-235	Uran-235
U-238	Uran-238
VBA	Verlorene Betonabschirmung