

## STUDIE zur

# Beurteilung der Machbarkeit einer Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schacht- anlage Asse II

**Auftraggeber:** Bundesamt für Strahlenschutz  
PF 10 01 49  
38201 Salzgitter

**Auftragnehmer:** ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft  
Geotechnik und Bergbau mbH  
Arnstädter Straße 28  
99096 Erfurt

**TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG**  
Große Bahnstraße 31  
22525 Hamburg

**Projektnummer:** EGB 07-036.01

**Erfurt, den 30.09.2009**

**Dr. Henry Rauche**  
Geschäftsführer

# Zusammenfassung

*ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH*

*TÜV NORD Systec GmbH & Co. KG*

## **Beurteilung der Machbarkeit einer Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II**

Stichworte: Schachtanlage Asse II, Umlagerung, radioaktive Abfälle, Machbarkeitsstudie

ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH (ERCOSPLAN) und TÜV NORD Systec GmbH & Co. KG (TÜV NORD) wurden mit der „Beurteilung der Machbarkeit einer Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II“ beauftragt.

Diese Beurteilung stellt die Grundlage einer späteren Bewertung der von der „Arbeitsgruppe Optionenvergleich“ (AGO) vorgeschlagenen Option der Umlagerung der radioaktiven Abfälle hinsichtlich der bergbaulichen bzw. bergtechnischen Machbarkeit dar. Gegenstand der vorliegenden Machbarkeitsstudie sind die für die Umlagerung durchzuführenden bergtechnischen Arbeiten sowie mögliche Umlagerungstechnologien einschließlich der Betrachtung der Strahlenexposition während der Umlagerung.

Insgesamt wurden drei Varianten zur Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle betrachtet. Für jede dieser Varianten wurde die Umlagerung der Abfälle im Bereich zwischen der 511-m-Sohle und der 750-m-Sohle sowie die Umlagerung in tiefer liegende Gesteinsformationen unter besonderer Berücksichtigung der standortspezifischen geologischen, hydrogeologischen, gebirgsmechanischen und bergtechnischen Randbedingungen sowie der geltenden strahlenschutztechnischen und bergbausicherheitlichen Anforderungen untersucht.

Im Rahmen der Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in eine tiefer liegende Gesteinsformation wurden verschiedene Möglichkeiten zum Aufschluss dieses tiefer liegenden Bereiches sowie die Möglichkeiten der Auffahrung von geeigneten Einlagerungshohlräumen betrachtet.

Im Ergebnis kommen prinzipiell zwei Möglichkeiten des Aufschlusses der tiefer liegenden Gesteinsformation in Betracht:

- das Abteufen von zwei Blindschächten

bzw.

- das Abteufen eines Blindschachtes und die Auffahrung einer Schrägstrecke.

Die Grubenbaue und die Einlagerungshohlräume wurden so konzipiert, dass jeder einzelne Einlagerungshohlraum unmittelbar nach Beendigung der Umlagerung separat und die Zugänge (Blindschächte/Blindschacht und Schrägstrecke) zu dem Umlagerungshorizont nach Beendigung der gesamten Umlagerung als Ganzes langzeitsicher verschlossen werden können.

Im Ergebnis der Auswertung des derzeitigen Standes der Technik zum langzeitsicheren Verschluss von horizontalen bzw. vertikalen Grubenbauen im salinaren Gebirge wird eingeschätzt, dass die neu aufzufahrenden Blindschächte bzw. Blindschacht und Schrägstrecke langzeitsicher gegenüber dem bestehenden Grubenfeld der Schachtanlage Asse II abgetrennt werden können.

Die untersuchten Technologien zur Auffahrung geeigneter seigerer Grubenbaue bzw. geeigneter Einlagerungshohlräume entsprechen dem Stand der Technik im deutschen Kali- und Steinsalzbergbau.

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie wurde zudem gezeigt, dass die Umlagerung der Gebinde technisch möglich ist. Die Gewinnung, der Transport und die Einlagerung der Abfälle im Bereich der konzipierten 1.200-m-Sohle kann durch die Umsetzung des beschriebenen Konzeptes durchgeführt werden. Die hier vorgestellten technischen Einrichtungen und Maßnahmen basieren auf vorhandenen Entwicklungen und sind kurzfristig verfügbar.

Der für die Umlagerung erforderliche Zeitbedarf steht im engen Zusammenhang mit dem umzulagernden Aktivitätsinventar. Sollen 100 % des Aktivitätsinventars in tiefere Bereiche verbracht werden, so werden dafür in Abhängigkeit von der gewählten Aufschlusstechnologie ca. 15 bis 18 Jahre benötigt.

Aus strahlenschutztechnischer Sicht ist die Durchführung der Umlagerung nach den in dieser Studie beschriebenen Varianten möglich. Die gesetzlichen Vorgaben für die potentielle Strahlenexposition der Bevölkerung werden in allen betrachteten Varianten der Umlagerung eingehalten. Die für die Strahlenexposition des Personals geltenden Grenzwerte werden ebenso unterschritten.

## Bearbeiter

AdM Dipl.-Ing. Carsten Ackermann	ERCOSPLAN
Dipl.-Ing. Volker Herzog	ERCOSPLAN
Verm.-Techn. Steffi Hinrichs	ERCOSPLAN
Dipl.-Geologe Andreas Jockel	ERCOSPLAN
Dipl.-Ing. Jürgen Kaufmann	ERCOSPLAN
Dipl.-Ing. Thomas Teichert	ERCOSPLAN
Dr. Jörg Feinhals	TÜV NORD
Dipl.-Ing. Christina Löffler	TÜV NORD
Dr. Dirk Walbrodt	TÜV NORD

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>10</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>12</b>
<b>Anlagenverzeichnis</b>	<b>17</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>21</b>
<b>Glossar</b>	<b>24</b>
<b>1 Veranlassung</b>	<b>26</b>
<b>2 Aufgabenstellung und Schnittstellen</b>	<b>28</b>
<b>3 Vorgehensweise zur Machbarkeitsbewertung</b>	<b>30</b>
<b>4 Beschreibung der zur Erarbeitung der Machbarkeit der Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II erforderlichen Grundlagen/Basisdaten</b>	<b>32</b>
4.1 Übersicht zur Geologie und Hydrogeologie der Schachtanlage Asse II	32
4.1.1 Lithologische Ausbildung der Schichtenfolge	34
4.1.2 Gesteinsmechanische Parameter der potentiellen Einlagerungshorizonte	42
4.1.3 Struktureller Bau	44
4.1.4 Zusammenfassende Empfehlungen zu möglichen Einlagerungsbereichen	50
4.1.5 Hydrogeologie	52
4.1.5.1 Deckgebirge	52
4.1.5.2 Lösungsvorkommen im Salinar	53
4.2 Allgemeine Angaben zu den bergtechnischen Verhältnissen	56
4.2.1 Schächte	57
4.2.2 Baufelder	58
4.2.3 Hohlraumsituation und Fahrwege in den Einlagerungsniveaus	60
4.2.4 Wetternetz der Schachtanlage Asse II	64
4.3 Angaben zu den Low Active Waste (LAW) und Medium Active Waste (MAW)	65
4.3.1 Kammern mit schwach radioaktiven Abfällen	66
4.3.2 Kammer 8a mit mittelradioaktiven Abfällen	69
4.3.3 Weitere Lagerplätze radioaktiver Materialien	73

<b>5</b>	<b>Beschreibung und Bewertung technischer Lösungen für Auffahrungen und Verschlussmaßnahmen von Strecken, Umlagerungshohlräume (Kammern/Kavernen) bzw. Schächten</b>	<b>75</b>
5.1	Abteufen von Schächten	75
5.1.1	Abteufverfahren	75
5.1.1.1	Schachtabteufverfahren - bergmännisches Teufen aus dem Vollen	76
5.1.1.2	Schachtabteufverfahren - maschinelles Teufen auf Vorbohrloch	77
5.1.2	Schachtsicherheitspfeiler und Schachtausbau	79
5.1.3	Bauausführung	83
5.1.3.1	Vorbereitende Arbeiten (Baustelleneinrichtung, Hauptausrüstungen)	83
5.1.3.2	Wahl des Schachtansatzpunktes und des erforderlichen Durchmesser	83
5.1.3.3	Schachtausbau und Schachteinbauten	86
5.1.3.4	Sonderbewetterung beim Abteufen des Blindschachtes	87
5.1.3.5	Abschätzung der Mengen und der Teufzeiten	87
5.1.3.6	Nachbereitende Arbeiten (Baustellenräumung)	90
5.2	Auffahrung von Strecken	90
5.2.1	Streckenauffahrungen mittels Bohren und Sprengen	91
5.2.2	Streckenauffahrungen mittels maschineller Gewinnung	92
5.2.3	Bauausführung	93
5.2.3.1	Vorbereitende Arbeiten (Baustelleneinrichtung, Hauptausrüstungen)	93
5.2.3.2	Bewetterung/Sonderbewetterung	95
5.2.3.3	Streckenausbau	97
5.2.3.4	Abschätzung der Mengen und der Auffahrungszeiten	98
5.2.3.5	Nachbereitende Arbeiten (Baustellenräumung)	101
5.3	Auffahrung von Kammern/Kavernen (Umlagerungshohlräume)	101
5.3.1	Auffahrung von Kammern zur Umlagerung der LAW	102
5.3.2	Auffahrung von Kavernen zur Umlagerung der LAW und MAW	103
5.3.3	Bauausführung	107
5.3.3.1	Vorbereitende Arbeiten (Baustelleneinrichtung, Hauptausrüstungen)	107
5.3.3.2	Bewetterung/Sonderbewetterung	107
5.3.3.3	Ausbau	108
5.3.3.4	Abschätzung der notwendigen Zeiten	108
5.3.3.5	Nachbereitende Arbeiten (Baustellenräumung)	114
5.4	Zusammenfassung des Standes von Wissenschaft und Technik beim langzeitsicheren Verschluss von horizontalen und/oder vertikalen Grubenbauen im Salinar	114
5.4.1	Darstellung des Standes von Wissenschaft und Technik beim langzeitsicheren Verschluss von Strecken im Steinsalz	115
5.4.2	Darstellung des Standes von Wissenschaft und Technik beim langzeitsicheren Verschluss von Schächten	117

---

5.4.2.1	Ergebnisse der Untersuchungen zur Schottersäule als lastabtragendes Element	118
5.4.2.2	Ergebnisse der Untersuchungen zum Dichtelement	120
5.4.3	Schlussfolgerungen für die abschließende Verwahrung der Strecken und Schächte	121
<b>6</b>	<b>Entsorgungskonzept</b>	<b>125</b>
6.1	Randbedingungen	125
6.2	Gewinnung der Abfälle	125
6.3	Behälterauswahl/Verpackungen	129
6.4	Teilkonditionierung	129
6.4.1	Umverpackungs- und Teilkonditionierungskammer in der Variante I	132
6.4.2	Umverpackungs- und Teilkonditionierungskammer für die Varianten II und III	133
6.4.3	Umlagerung der MAW	135
6.4.4	Entsorgung von Reststoffen	135
6.5	Transport der Abfälle auf die 1.200-m-Sohle	135
6.5.1	Versturz	136
6.5.2	Transport der Abfälle über die Schrägstrecke	136
6.5.3	Schachttransport der Abfälle	137
6.6	Einlagerung	137
6.6.1	Einlagerung in Kammern	137
6.6.2	Einlagerung in Kavernen	138
6.6.3	Einlagerung der MAW	138
<b>7</b>	<b>Betrachtung der Strahlenexposition</b>	<b>139</b>
7.1	Strahlenexposition des Personals	139
7.1.1	Strahlenschutzbereiche	139
7.1.2	Weitere Strahlenschutzmaßnahmen	141
7.1.3	Dosis für das Personal	142
7.1.4	Maximale Personendosis	144
7.1.5	Dosis für das Personal bei der Umlagerung der MAW	145
7.1.6	Zeitbedarf für die Umlagerung	145
7.1.6.1	Umlagerung der LAW	145
7.1.6.2	Umlagerung der MAW	149
7.1.6.3	Zusammenfassung	149
7.2	Potentielle Strahlenexposition der Bevölkerung	150
7.2.1	Ableitungen mit den Abwettern im bestimmungsgemäßen Betrieb	150
7.2.1.1	Umlagerung der LAW	150

7.2.1.2	Umlagerung der MAW	161
7.2.2	Zusammenfassende Bewertung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Umlagerung von LAW und MAW	164
7.3	Radiologische Störfälle	165
7.3.1	Störfallanalyse und radiologisch relevante Störfälle	165
7.3.2	Festlegung der radiologisch relevanten Störfälle	167
7.3.3	Quelltermmittlung und Störfallrandbedingungen	168
7.3.3.1	Löserfall in Kavernen	168
7.3.3.2	Absturz von Gebinden in Kavernen	171
7.3.3.3	Absturz von Gebinden auf Strecken und in Einlagerungskammern	174
7.3.4	Ausbreitungs- und Dosisberechnungen	174
<b>8</b>	<b>Ableitung und Zusammenfassung relevanter Randbedingungen als Grundlage für die Variantenuntersuchungen</b>	<b>178</b>
<b>9</b>	<b>Variantenuntersuchung zur Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II</b>	<b>182</b>
9.1	Beschreibung der zu untersuchenden Varianten	182
9.2	Kriterien zur Beurteilung der zu untersuchenden Varianten	187
9.3	Abschätzung der Kosten für die untersuchten Varianten	187
9.3.1	Grundlagen zur Kostenschätzung	187
9.3.2	Beschreibung der Kostenschätzung	189
9.4	Darstellung der Untersuchungsergebnisse zu den Sub-Varianten zur Auffahrung der Einlagerungsräume und Gewährleistung ihrer Zugänglichkeit während der Betriebsphase	190
9.4.1	Variante I	190
9.4.1.1	Sub-Variante I.1 - Umlagerung innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus 511-m- und 725-m- bis 775-m-Sohle	194
9.4.1.2	Sub-Variante I.2 - Zwei Blindschächte mit zwei Kavernen unterhalb der Schächte im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	195
9.4.1.3	Sub-Variante I.3 - Zwei Blindschächte mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	196
9.4.1.4	Sub-Variante I.4 - Zwei Blindschächte mit bergmännischer Auffahrung von Einlagerungskammern im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	197
9.4.1.5	Sub-Variante I.5 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	199
9.4.1.6	Sub-Variante I.6 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kammern für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	200
9.4.2	Variante II	201
9.4.2.1	Sub-Variante II.1 - Umlagerung innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus 511-m- und 725-m- bis 775-m-Sohle	205
9.4.2.2	Sub-Variante II.2 - Zwei Blindschächte mit zwei Kavernen unterhalb der Schächte im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	205

---

9.4.2.3	Sub-Variante II.3 - Zwei Blindschächte mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	206
9.4.2.4	Sub-Variante II.4 - Zwei Blindschächte mit bergmännischer Auffahrung von Einlagerungskammern im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	207
9.4.2.5	Sub-Variante II.5 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	208
9.4.2.6	Sub-Variante II.6 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kammern für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	209
9.4.3	<b>Variante III</b>	<b>210</b>
9.4.3.1	Sub-Variante III.1 - Umlagerung innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus 511-m- und 725-m- bis 775-m-Sohle	215
9.4.3.2	Sub-Variante III.2 - Zwei Blindschächte mit zwei Kavernen unterhalb der Schächte im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	215
9.4.3.3	Sub-Variante III.3 - Zwei Blindschächte mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	216
9.4.3.4	Sub-Variante III.4 - Zwei Blindschächte mit bergmännischer Auffahrung von Einlagerungskammern im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	217
9.4.3.5	Sub-Variante III.5 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	218
9.4.3.6	Sub-Variante III.6 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kammern für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle	219
9.5	<b>Zusammenfassung der einzelnen Konzepte</b>	<b>221</b>
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>229</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>234</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Stratigraphie, Lithologie und hydrogeologische Charakteristik der Schichtenfolge in der Schöppenstedter Mulde, der Salzstruktur Asse und der Remlinger Mulde, (zusammengestellt nach BOIGK (1957, /10/); APPEL (1971, /3/); MICHAEL & PAPE (1971, /37/); KLARR (1981, /27/); PAUL & KLARR (1988, /40/); BATSCHKE ET AL. (1994, /6/)	36
Abbildung 2	Strukturelle Position der Struktur Asse am W-Rand der Subherzynen Scholle (ERCOSPLAN, 2004, /15/)	45
Abbildung 3	Hauptstörungsmuster der Struktur Asse nach einer Satellitenbild-Interpretation (Quelle: GOOGLE). Diagonalstörungen häufen sich am Westende der Struktur. Sie durchdringen wegen der geringen Verwurfsweiten nicht die Medianstörung auf dem Topp des Sattels	46
Abbildung 4	Strukturelle Entwicklung der Asse, abgeleitet aus Deckgebirgsaufschlüssen der Struktur Asse und aus Vergleichen mit benachbarten Strukturen einschließlich der Nordrandstörung des Harzblocks (FRANZKE & SCHWANDT, 2008, /17/)	47
Abbildung 5	Prinzipdarstellung - bergmännisches Teufen ohne Vorbohrloch	77
Abbildung 6	Prinzipdarstellung - mechanisches Teufen mit Vorbohrloch (Raisebohren) nach AHLBRECHT (2004, /1/)	78
Abbildung 7	Prinzipdarstellung - Streckenauffahrung mittels Bohren und Sprengen	91
Abbildung 8	Prinzipdarstellung - Streckenauffahrung mittels maschineller Gewinnung	92
Abbildung 9	Pokalausbau	97
Abbildung 10	Prinzipdarstellung zur Auffahrung der Einlagerungskammern am Beispiel der Variante III	102
Abbildung 11	Schematische Darstellung einer Solkaverne	105
Abbildung 12	Vereinfachter Schnitt Blindschacht mit Kaverne für MAW	106
Abbildung 13	Aufbau des Dammbauwerkes Immenrode nach SITZ U.A. (1999, /45/)	116
Abbildung 14	Eigenschaften von Füllgut nach Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau und Energie (2007, /8/)	123

Abbildung 15	Lage der Kammern und verwendete Einlagerungstechnik. Abbildung entnommen aus DMT & TÜV NORD (2009, /51/).	128
Abbildung 16	Schematische Darstellung der UTK für die Variante I	133
Abbildung 17	Schematische Darstellung der UTK für die Varianten II und III	134
Abbildung 18	Schematische Darstellung der Strahlenschutzbereiche im Rückholbereich bei einer geöffneten Einlagerungskammer	140
Abbildung 19	Landschaftsprofil vom Diffusor der Schachtanlage Asse II Richtung Nord-Nord-West	175

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Gliederung des Salinars im Bereich der Salzstruktur Asse (zusammengestellt nach: Schütte (1986, /44/); Essaid & Klarr (1982, /16/); Klarr, Richter-Bernburg & Rothfuchs (1987, /29/); Diem (1985, /12/))	37
Tabelle 2	Zusammenstellung teufenbezogener gesteinsmechanischer Parameter für die potentiellen Einlagerungshorizonte (nach: Zhang, 2000, /50/)	43
Tabelle 3	Übersicht der Zugangsstrecken zu den Einlagerungskammern (nach Asse GmbH, 2009, /4/)	62
Tabelle 4	Wetterwege zu den und Wettermengen für die Einlagerungskammern (nach Müller-Lyda et al., 2009, /38/)	65
Tabelle 5	Übersicht zu den Einlagerungskammern und eingelagerten Haufwerks- und Abfallvolumen (nach Asse GmbH, 2009, /4/; Heydorn, M.; Herrmann, F., 2009, /23/)	71
Tabelle 6	Übersicht zu den in der Schachtanlage Asse II eingelagerten Abfallgebinden (nach Asse GmbH, 2009, /4/; Heydorn, M.; Herrmann, F., 2009, /23/)	72
Tabelle 7	Referenzobjekte für Gleitschachtausbau	82
Tabelle 8	Darstellung der möglichen Schachtansatzpunkte in Bezug auf die Lage vorhandener Auffahrungen der einzelnen Sohlen	84
Tabelle 9	Parameter der Blindschächte	85
Tabelle 10	Theoretisch mögliche Wettermengen in Abhängigkeit vom Schachtquerschnitt und der Wettergeschwindigkeit	86
Tabelle 11	Mengenermittlung Abteufen von zwei Blindschächten	87
Tabelle 12	Abschätzung des erforderlichen Zeitbedarfs zur Umrüstung des Schachtes Asse 2 und zum Abteufen der Blindschächte (ohne Zeiten für das Genehmigungsverfahren)	88
Tabelle 13	Hauptausrüstung für die Streckenauffahrungen mittels Bohren und Sprengen (Gewinnung, Förderung und Transport sowie Elektroausrüstung)	94
Tabelle 14	Hauptausrüstung für die Streckenauffahrungen mittels Continuous Miner (Gewinnung, Förderung und Transport sowie Elektroausrüstung)	94

Tabelle 15	Theoretisch mögliche Wettermengen in Abhängigkeit vom Streckenquerschnitt und der Wettergeschwindigkeit	96
Tabelle 16	Mengendarstellung bei der Auffahrung der Schrägstrecke	98
Tabelle 17	Ermittlung des notwendigen Zeitbedarfes für einen Abschlag mit 7 m Länge bei maximaler Transportlänge	98
Tabelle 18	Abschätzung des erforderlichen Zeitbedarfs zu geologischer Vorerkundung, Planungsleistungen, Umrüstung des Schachtes Asse 2, der Auffahrung einer Schrägstrecke und der Verbindung zwischen Blindschacht und Schrägstrecke im Einlagerungsniveau (ohne Zeiten für das Genehmigungsverfahren)	99
Tabelle 19	Abbauparameter der Vorrichtung und der Einlagerungskammern am Beispiel der Variante III	103
Tabelle 20	Parameter der Kavernen mit Kavernenhälsen	104
Tabelle 21	Anfallenden Lösungsmengen durch Aussolen der Kavernen am Beispiel der Sub-Variante 3	106
Tabelle 22	Theoretisch mögliche Wettermengen in Abhängigkeit vom Kammerquerschnitt und der Wettergeschwindigkeit	107
Tabelle 23	Notwendige Auffahrungen im geplanten Einlagerungsbereich für Variante I bis III	109
Tabelle 24	Ermittlung des notwendigen Zeitbedarfes zur Auffahrung der Einlagerungskammern bei einer mittleren Fahrweglänge von 6.500 m und Förderung über die Schrägstrecke	110
Tabelle 25	Darstellung der anfallenden Haufwerksmengen bei den Varianten I.2, II.2 und III.2	111
Tabelle 26	Mengenermittlung für das Solen mehrerer Kavernen für LAW für die Varianten I bis III	112
Tabelle 27	Mengenermittlung für Auffahrungen beim Abteufen einer Kaverne für LAW mittels Bohren und Sprengen für die Variante III	112
Tabelle 28	Veranschlagte Zeiten für die Handhabungsschritte unter Tage	142
Tabelle 29	Mittlere Dosisleistung der VBA und Fässer in 3 m Abstand. Die Dosisleistung der Gebinde in Kammer 4/750 wurde aufgrund der geringen Aktivität des Inventars nicht dargestellt. Angaben in $\mu\text{Sv h}^{-1}$ .	143

Tabelle 30	Zusammenstellung der Strahlenexposition des Personals für die Rückholung der Gebinde in mSv	144
Tabelle 31	Zeitbedarf für die Gewinnung, den Transport und die Teilkonditionierung der Gebinde auf der 750-m-Sohle. Daten entnommen aus DMT & TÜV NORD (2009, /51/).	146
Tabelle 32	Darstellung der Schachttransportzeiten und des Zeitbedarfs der Gebindegewinnung. Der hochgestellte Index gibt die jeweilige Variante an. Hier wird berücksichtigt, dass in Variante II aus den entsprechend markierten Kammern nur VBA geborgen werden.	147
Tabelle 33	Variantenspezifischer Zeitbedarf für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle auf die 1.200-m-Sohle.	150
Tabelle 34	Belastungsklassen nach der Transportstudie Konrad (LANGE, GRÜNDLER & SCHWARZ, 1991, /55/)	152
Tabelle 35	Nuklidinventar der Kammer 7/750 zum 01.01.2010, freigesetzte Aktivität in die Kaverne, in die Umgebung abgeleitete Aktivität, Quellterm für die Dosisberechnung (Variante I)	154
Tabelle 36	Nuklidinventar aller LAW-Kammern zum 01.01.2010, freigesetzte Aktivität in die Kaverne, in die Umgebung abgeleitete Aktivität, Quellterm für die Dosisberechnung (Varianten II bis III)	155
Tabelle 37	Ausbreitungsfaktoren aus BRENK SYSTEMPLANUNG (2001, /58/) für die Ausbreitungsrechnung	157
Tabelle 38	mögliche Strahlenexposition durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe während der Umlagerung der LAW (Variante I) an der ungünstigsten Einwirkungsstelle	158
Tabelle 39	mögliche Strahlenexposition durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe während der Umlagerung der LAW aus allen LAW-Kammern an der ungünstigsten Einwirkungsstelle	158
Tabelle 40	Summe der Strahlenexposition durch den bestimmungsgemäßen Betrieb der Umlagerung (Variante I) unter Berücksichtigung der Gebindegewinnung (Variante I) und den bisherigen Betrieb der Schachtanlage Asse II	159
Tabelle 41	Summe der Strahlenexposition durch den bestimmungsgemäßen Betrieb der Umlagerung (Varianten II bis III) unter Berücksichtigung der	

	Gebindegewinnung (Varianten II bis III) und des bisherigen Betriebes der Schachtanlage Asse II	160
Tabelle 42	Nuklidinventar der MAW (Kammer 8a/511) zum 01.01.2010, freigesetzte Aktivität in die Kaverne, in die Umgebung abgeleitete Aktivität, Quellterm für die Dosisberechnung	162
Tabelle 43	mögliche Strahlenexposition durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe während der Umlagerung der MAW an der ungünstigsten Einwirkungsstelle	163
Tabelle 44	Mögliche radiologische Störfälle bei der Umlagerung der LAW und MAW	165
Tabelle 45	Fallhöhen, Fallgeschwindigkeit und kinetische Energie des Löser	169
Tabelle 46	Löserfall in der größten Kaverne: betroffene Gesamtaktivität und in die Umgebung abgeleitete Aktivität	171
Tabelle 47	Höhe der Kavernen einschließlich Kavernenhals und Fallgeschwindigkeiten	172
Tabelle 48	Gebindeabsturz in der höchsten Kaverne: betroffene Gesamtaktivität (LAW) und in die Umgebung abgeleitete Aktivität.	173
Tabelle 49	Ergebnisse der Dosisberechnung	176
Tabelle 50	Gesamtvolumen-Bedarf für die Einlagerung der LAW und MAW sowie des anfallenden Salzhautwerkes für die Varianten I bis III	179
Tabelle 51	Matrix der untersuchten Umlagerungsvarianten	186
Tabelle 52	Übersicht zur Mengenermittlung für die Varianten I.1 – I.6	191
Tabelle 53	Übersicht zur Zeitschätzung für die Varianten I.1 – I.6	192
Tabelle 54	Übersicht zur Kostenschätzung für die Varianten I.1 – I.6	193
Tabelle 55	Übersicht zur Mengenermittlung für die Varianten II.1 – II.6	202
Tabelle 56	Übersicht zur Zeitschätzung für die Varianten II.1 – II.6	203
Tabelle 57	Übersicht zur Kostenschätzung für die Varianten II.1 – II.6	204
Tabelle 58	Übersicht zur Mengenermittlung für die Varianten III.1 – III.6	212
Tabelle 59	Übersicht zur Zeitschätzung für die Varianten III.1 – III.6	213

Tabelle 60	Übersicht zur Kostenschätzung für die Varianten III.1 – III.6	214
Tabelle 61	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse zu den einzelnen Subvarianten	225

---

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtskarte mit Darstellung der am Assesattel gelegenen Schachtanlagen
Anlage 2	Geologische Schnitte durch das Grubengebäude
Anlage 3	Geologischer Schnitt mit Darstellung der Lösungszutrittsstellen
Anlage 4	Grubenrisse mit Darstellung des Grubengebäudes der Schachtanlage Asse II einschließlich der Lage der Schächte sowie der neuen Schachtansatzpunkte
Anlage 5	Schnitte durch das Bergwerk Asse II mit Darstellung der Sohlen und des jeweiligen Verfüllstandes
Anlage 6	Grubenbild mit Darstellung des Wetterführungs- und Feuerlöschplanes
Anlage 7	Schnitt mit Darstellung der als potentiell geeignet identifizierten Einlagerungshorizonte
Anlage 8	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante I.2
Anlage 9	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante I.3
Anlage 10	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskaverne und -kammern, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante I.4
Anlage 11	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante I.5
Anlage 12	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskaverne und -kammern, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante I.6
Anlage 13	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante I.2
Anlage 14	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante I.3
Anlage 15	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante I.4

---

Anlage 16	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante I.5
Anlage 17	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante I.6
Anlage 18	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante I.2
Anlage 19	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante I.3
Anlage 20	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante I.4
Anlage 21	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante I.5
Anlage 22	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante I.6
Anlage 23	Bauzeitenplan für Variante I.2
Anlage 24	Bauzeitenplan für Variante I.3
Anlage 25	Bauzeitenplan für Variante I.4
Anlage 26	Bauzeitenplan für Variante I.5
Anlage 27	Bauzeitenplan für Variante I.6
Anlage 28	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante II.2
Anlage 29	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante II.3
Anlage 30	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskaverne und -kammern, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante II.4
Anlage 31	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante II.5
Anlage 32	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskaverne und -kammern, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante II.6
Anlage 33	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante II.2
Anlage 34	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante II.3

---

Anlage 35	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante II.4
Anlage 36	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante II.5
Anlage 37	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante II.6
Anlage 38	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante II.2
Anlage 39	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante II.3
Anlage 40	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante II.4
Anlage 41	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante II.5
Anlage 42	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante II.6
Anlage 43	Bauzeitenplan für Variante II.2
Anlage 44	Bauzeitenplan für Variante II.3
Anlage 45	Bauzeitenplan für Variante II.4
Anlage 46	Bauzeitenplan für Variante II.5
Anlage 47	Bauzeitenplan für Variante II.6
Anlage 48	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante III.2
Anlage 49	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante III.3
Anlage 50	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskaverne und -kammern, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante III.4
Anlage 51	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskavernen, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante III.5
Anlage 52	Grubenriss mit Darstellung der Einlagerungskaverne und -kammern, der erforderlichen Auffahrungen zur Gewährleistung der Zugänglichkeit sowie der Anbindung an das bestehende Wetternetz für die Variante III.6
Anlage 53	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante III.2

Anlage 54	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante III.3
Anlage 55	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante III.4
Anlage 56	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante III.5
Anlage 57	Grubenriss mit Darstellung der Lokation der Absperrbauwerke für Variante III.6
Anlage 58	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante III.2
Anlage 59	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante III.3
Anlage 60	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante III.4
Anlage 61	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante III.5
Anlage 62	Überschlägiges Massen-Leistungsverzeichnis einschließlich Kostenschätzung für Variante III.6
Anlage 63	Bauzeitenplan für Variante III.2
Anlage 64	Bauzeitenplan für Variante III.3
Anlage 65	Bauzeitenplan für Variante III.4
Anlage 66	Bauzeitenplan für Variante III.5
Anlage 67	Bauzeitenplan für Variante III.6

## Abkürzungsverzeichnis

ABBergV	Allgemeinen Bundesbergverordnung
ABVO	Allgemeine Bergverordnung
Abwetterstr.	Abwetterstrecke
AED	aerodynamisch äquivalenter Durchmesser
AGG	Abfallgebindegruppen
AGO	Arbeitsgruppe Optionenvergleich
ASSEKAT	Datenbank zur Erfassung der Informationen aus den Einlagerungsdokumenten Asse
AT	Arbeitstage
AtG	Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
BBergG	Bundesberggesetz
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BK	Belastungsklasse
BM	Bundesminister
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Bq	Becquerel (SI-Einheit der Aktivität eines radioaktiven Stoffes)
BVOS	Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
DepV	Deponieverordnung
DMT	Deutsche Montan Technologie (Unternehmen der TÜV NORD Gruppe)
E	Osten; östlich
ELK	Einlagerungskammer
ELO	Einlagerungsort

---

ENE	Ostnordost; ostnordöstlich
ESE	Ostsüdost; ostsüdöstlich
EWN	Energiewerke Nord
FZK-INE	Forschungszentrum Karlsruhe - Institut für Nukleare Entsorgung
GOK	Geländeoberkante
GSF	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung
HMGU	Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt
Kap.	Kapitel
LAW	Low Active Waste (schwachradioaktive Abfallstoffe)
LTF	Lade-Transport-Fahrzeug
MAW	Medium Active Waste (mittelradioaktive Abfallstoffe)
mSv	Millisievert
MwSt.	Mehrwertsteuer
N	Norden; nördlich
NE	Nordosten; nordöstlich
NMU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz
NNE	Nordnordost; nordnordöstlich
NNW	Nordnordwest; nordnordwestlich
NW	Nordwesten; nordwestlich
OT	übertägige Bohrung
Richtstr.	Richtstrecke
Rx-Seismik	Reflexionsseismik
S	Süden; südlich
s.	siehe
s. a.	siehe auch
SC	Spezialcontainer
SE	Südosten; südöstlich
SSE	Südsüdost; südsüdöstlich
SSW	Südsüdwest; südsüdwestlich
StrlSchV	Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung)

SW	Südwesten; südwestlich
TA	Technische Anleitung
TAS	Technische Anforderungen an Schacht und Schrägförderanlagen
TF	Transportfahrzeug
TG	Transportgestell
TU	Technische Universität
UT	untertägige Bohrung
UTD	Untertagedeponie
UTK	Umverpackungs- bzw. Teilkonditionierungskammer
UTV	Untertage-Verwertung
VBA	Verlorene Betonabschirmung
vgl.	vergleiche
W	Westen; westlich
WBrl.	Wetterbohrloch
Wendelstr.	Wendelstrecke
WNW	Westnordwest; westnordwestlich
WSW	Westsüdwest; westsüdwestlich
z2	Zechstein, Staßfurtfolge
z3	Zechstein, Leinefolge
z4	Zechstein, Allerfolge
z5	Zechstein, Ohrefolge
z6	Zechstein, Frieslandfolge
z7	Zechstein, Fuldafolge
$\sigma_{hmax}$	maximale Hauptspannung
$\sigma_{hmin}$	minimale Hauptspannung

## Glossar

Abwetter	Wetter, die bereits ein Ort bestrichen und in der Regel gas- und staubförmige oder klimatische Veränderungen erfahren haben
Anhydrit	$\text{CaSO}_4$ (Sulfat)
Bentonit	Mischung aus verschiedenen Tonmineralien (hauptsächlich Montmorillonit)
Blindschacht	ein nicht zu Tage ausgehender Schacht dient der Verbindung von zwei oder mehr Sohlen
Carnallit	$\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Halogenid)
Firste	Decke eines Grubenbaus
Flansch	Bauteil zur Verbindung einer Rohrleitung
Frischwetter	Gasgemisch, dessen Zusammensetzung annähernd atmosphärischer Luft entspricht
Füllort	Grubenbau am Schnittpunkt eines Schachtes mit einer Sohle Hauptfunktion: Beschickung der Schachtfördereinrichtung unter Tage bildet den Übergang vom Schacht zum übrigen Grubengebäude Umschlag von der horizontalen in die vertikale Förderung wird vorgenommen stellt bei Gestellförderung infolge seiner größeren Aufnahmefähigkeit einen „Puffer“ zwischen Strecken- und Schachtförderung dar
Halit (= Steinsalz)	$\text{NaCl}$ (Halogenid)
Haufwerk	aus dem Gebirgsverband herausgelöstes, zertrümmertes Material
Kaverne	größerer künstlich geschaffener unterirdischer Hohlraum
Kieserit	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Sulfat)
Kornband	Korngrößenverteilung
Luttentour	Lutten: dünnwandige Rohre zum Transport von Grubenwetter Luttentour: zu einer Luttenleitung zusammengesteckte Einzel-lutten

Magnesiummörtel	Sorelzement Gemisch aus Magnesiumoxid und meist organischen Füllstoffen (Holz), das mit einer Lösung von Anregersalzen (meist Magnesiumchlorid) steinartig erhärtet
Polyhalit	$K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$ (Sulfat)
Querschlag	horizontale Strecke, die quer zum Streichen einer Lagerstätte verläuft geht ungefähr im rechten Winkel von einer Richtstrecke ab
Richtstrecke	parallel zu einer Lagerstätte oder einem Gang im Nebengestein aufgefahrene Strecke dient der Erschließung der Lagerstätte und folgt dem Verlauf der Gebirgsschichten
Rollloch	Seigerer oder geneigter Grubenbau oder Trum eines solchen, durch den Haufwerk oder Versatz unter Nutzung der Schwerkraft gefördert wird
Skipförderung	Gefäßförderung Schachtförderanlage zum Transport des Fördergutes in Fördergefäßen nach über Tage oder zu einem Schachtbunker unter Tage
Sohle	1 untereinander angeordnete Horizonte eines Grubengebäudes 2 untere Begrenzung von Hohlräumen
Sorelbeton	Bergbaubeton, der auf Magnesiumoxidbasis besteht
Stoß	Seitliche oder frontale Begrenzungsfläche der Hohlraumkontur eines Grubenbaus
Tritium	natürliches Isotop des Wasserstoffs „Überschwerer“ oder „Superschwerer Wasserstoff“ radioaktiv
Trum	bergmännische Bezeichnung für die Abteilung eines Schachtes (Wetter-, Material-, Fahrzentrum...)
Tübbing	Wasserdichtes Bauteil des Schachtausbaus Bauteile der Innenschale eines Schachtes oder Tunnels
Versatz	die aus Versatzmaterial bestehende, planmäßige Wiederausfüllung von Hohlräumen, welche durch den Abbau entstehen
Wetter	alle unter Tage vorkommenden Luft-Gas-Gemische
Ytong	Markenname für Wandbausteine aus Porenbeton

## 1 Veranlassung

Nach dem „Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren“ (Atomgesetz; AtG) hat der Bund u. a. Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle einzurichten. Für die Errichtung und den Betrieb dieser Anlagen ist nach dem AtG das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) zuständig.

Die Schachtanlage Asse II bei Wolfenbüttel wurde von 1909 bis 1964 für die Gewinnung von Kali- und Steinsalz genutzt. Hierbei wurden ein Carnallitbaufeld und zwei Steinsalzbaufelder aufgefahren. Im Zeitraum von 1966 bis 2008 wurde die Schachtanlage vom heutigen Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU), ehemals Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF), als Forschungsbergwerk für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Salzformationen genutzt. Seit 1992 wird die Schließung des Forschungsbergwerks vorbereitet und ist bereits in einigen Teilen umgesetzt.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurden im Zeitraum von 1967 bis 1978 schwach- und mittelradioaktive Abfälle in der Schachtanlage Asse II eingelagert. Die Einlagerung von radioaktiven Abfällen wurde am 31.12.1978 beendet. Insgesamt wurden im Rahmen der Versuchs- und Demonstrationsprogramme rund 124.500 Fässer mit schwachradioaktiven Abfällen (LAW) auf der 725-m- und 750-m-Sohle sowie etwa 1.300 Fässer mit mittelradioaktiven Abfällen (MAW) auf der 511-m-Sohle eingelagert.

Mit der Schachtanlage Asse II wurde ein Bergwerk zur Einlagerung von radioaktiven Abfällen genutzt, das ursprünglich zur Salzgewinnung errichtet worden war. Insbesondere resultierte aus der Steinsalzgewinnung ein hoher Durchbauungsgrad an der Südflanke des Asse-Sattels. Da die Südflanke bis Mitte der 90er Jahre weitgehend unversetzt blieb, konnte das angrenzende bzw. anstehende Nebengebirge um mehrere Meter in das Grubengebäude konvergieren. Die starke Konvergenzbewegung führte zu einer Schädigung des Nebengebirges und den Verlust der Barriereintegrität. Nach einzelnen begrenzten Lösungszutritten in früheren Jahrzehnten werden seit 1988 kontinuierliche Lösungszutritte aus dem Nebengebirge beobachtet. Diese betragen aktuell etwa 12 m<sup>3</sup> pro Tag.

Da die Genehmigung zur Einlagerung radioaktiver Abfälle bis Ende 1978 befristet gewesen und die weitere Nutzung des Bergwerks ungeklärt war, hat das damals zuständige Bergamt Goslar zur Fortführung der Umgebungsüberwachung sowie des betrieblichen Strahlenschutzes eine Anordnung nach § 19 AtG erlassen, die in der Folgezeit, zuletzt 2002, noch dreimal aktualisiert worden ist. Der bisherige Betreiber HMGU hat beim zuständigen Bergamt einen Antrag auf Stilllegung des Forschungs-

bergwerks Asse nach Bergrecht gestellt und hierfür ein Schließungskonzept entwickelt.

Im Rahmen eines Übereinkommens zwischen Herrn Bundesminister Gabriel (BMU), Frau Bundesministerin Schavan (BMBF) und dem niedersächsischen Umweltminister Herrn Sander (NMU) wurde am 04.09.2008 entschieden, dass die Stilllegung der Asse verfahrensrechtlich wie ein Endlager für radioaktive Abfälle zu behandeln ist und dass der weitere Betrieb der Asse in der Verantwortung des BfS erfolgen soll.

Gemäß dem Kabinettsbeschluss vom 05.11.2008 erfolgte der Übergang der Verantwortung für die Schachtanlage Asse II vom HMGU auf das BfS am 01.01.2009. Seit diesem Zeitpunkt wird die Schachtanlage als Endlager des Bundes vom BfS betrieben. Für den Betrieb der Anlage bedient sich das BfS eines Dritten, der Asse-GmbH - Gesellschaft für Betriebsführung und Schließung der Schachtanlage Asse II.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie das Niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (NMU) haben sich bereits 2007 auf ein gemeinsames Vorgehen im Zusammenhang mit der Schachtanlage Asse II verständigt. Übergeordnetes Ziel ist es „... weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitssituation der Asse ...“ zu prüfen und bei Bedarf durchzuführen (Presseerklärung der Ministerien vom 21.11.2007). Dabei steht die Prüfung ergänzender bzw. alternativer Stilllegungsmaßnahmen im Mittelpunkt. Zur Realisierung dieser Zielstellung wurde die „Arbeitsgruppe Optionenvergleich“ (AGO) gegründet, in der neben den Ministerien drei von der zwischenzeitlich konstituierten „Begleitgruppe Asse II“ des Landkreises Wolfenbüttel ausgewählte Experten vertreten sind.

Mit Stand vom 12.02.2009 hat die AGO den Abschlussbericht der Phase 1 „Bewertung von Optionen zur Verbesserung der Sicherheitssituation im Rahmen der Stilllegung der Schachtanlage Asse II“ vorgelegt. In diesem Bericht wird unter anderem die Option der Umlagerung der radioaktiven Abfälle diskutiert und in der Anlage 2 des Berichts eine Konzeptskizze für einen tiefen Endlagerbereich in der Schachtanlage Asse II vorgestellt.

Die ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH (ERCOSPLAN) und die TÜV NORD System GmbH & Co. KG (TÜV NORD) wurden von Seiten des BfS mit der *Beurteilung der Machbarkeit einer Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II* zur Bewertung der von der AGO vorgeschlagenen Optionen der Umlagerung der radioaktiven Abfälle hinsichtlich der bergbaulichen bzw. bergtechnischen Machbarkeit, der für die Umlagerung durchzuführenden bergtechnischen Arbeiten sowie möglicher Umlagerungstechnologien einschließlich der Strahlenexposition während der Umlagerung beauftragt.

## 2 Aufgabenstellung und Schnittstellen

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie erfolgt einerseits die Beurteilung der bergtechnischen sowie der technologischen Machbarkeit der Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle unter Berücksichtigung der auf der Schachtanlage Asse II vorhandenen Randbedingungen. Andererseits werden die möglichen Umlagerungstechnologien sowie die Strahlenexposition während der Umlagerung untersucht. Dabei sind Aussagen zur Gewinnung und Handhabung der eingelagerten Abfallgebände zu treffen und mögliche Transport- sowie ggf. Konditionierungssysteme zu konzipieren. Diese sind mit dem Ziel einer geringstmöglichen Strahlenexposition sowie der Einhaltung strahlenschutzrechtlicher Vorschriften zu entwerfen.

Insbesondere werden dabei die Machbarkeit der Auffahrung geeigneter Grubenräume in geeigneten Steinsalzformationen, deren ggf. notwendige wettertechnische Anbindung unter Berücksichtigung des Strahlenschutzes und deren langzeitsicherer Abschluss gegenüber dem heutigen Grubengebäude betrachtet. Bei der Ausarbeitung werden die im Folgenden aufgeführten Sachverhalte/Fragestellungen beachtet:

- Prüfung, ob neben der in ARBEITSGRUPPE OPTIONENVERGLEICH (2009, /2/) vorgeschlagenen sprengtechnischen Auffahrung von Kavernen auch andere Auffahrungsmöglichkeiten und/oder Abbaugeometrien in Betracht kommen, die einfacher und schneller realisierbar sind,
- Bewertung der vorhandenen geologischen Voraussetzungen für die Auffahrung tiefer liegender Grubenbaue zur Umlagerung der radioaktiven Abfälle,
- Betrachtung möglicher Auffahrungstechniken,
- Betrachtungen zum notwendigen Volumen der neu aufzufahrenden Umlagerungsgrubenbaue, zu den Auffahrungszeiten sowie zu den Verbringungsmöglichkeiten für das Haufwerk,
- Bewertung der Machbarkeit des langzeitsicheren Verschlusses der neu aufzufahrenen Grubenbaue einschließlich der in diese Grubenbaue umgelagerten Abfälle,
- Prüfung, ob die Auffahrung bzw. Umlagerung derart gestaltet werden kann, dass bei einem unvorhergesehenen und unkontrollierbaren Lösungszutritt während der Umlagerung der bereits umgelagerte Teil der Abfälle langzeitsicher verbracht ist,
- Untersuchung von Möglichkeiten der Rückgewinnung sowie der Konditionierung der Abfallgebände, Vorschläge für Transportsysteme oder Transportmöglichkeiten, mit denen die rückgeholten Abfälle im Grubengebäude bewegt werden können,

- Betrachtung der Strahlenexposition im Zuge der Umlagerung,
- Wettertechnische Überlegungen hinsichtlich des Auffahrungs- und Umlagerungsbetriebs,

und

- Kostenschätzung.

Im Ergebnis müssen die bergtechnische Machbarkeit der Umlagerung bewertet und mögliche Risiken identifiziert werden.

Schnittstellen der Beurteilung der Machbarkeit einer Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II sind auf der jeweiligen Sohle der

- MAW: 511-m-Sohle das Abteufen des Blindschachtes

und

- LAW: 750-m-Sohle das Abteufen des Blindschachtes bzw. die Auffahrung der Schrägstrecke.

### 3 Vorgehensweise zur Machbarkeitsbewertung

Die Beurteilung der bergtechnischen Machbarkeit der Umlagerung erfordert die komplexe Betrachtung und Bewertung der in Kapitel 2 aufgelisteten Sachverhalte. Die Umsetzung der Betrachtung und Bewertung der verschiedenen zu berücksichtigenden Aspekte erfolgt nach der hier vorgestellten Vorgehensweise in acht Schritten. Im Einzelnen sind dies:

- 1) Erfassung, Auswertung und Beschreibung/Darstellung der derzeitigen Verhältnisse in der Schachtanlage Asse II hinsichtlich
  - Geologie,
  - Hydrologie,
  - Bergtechnikund
  - Abfallinventarzur Ableitung von Rahmenbedingungen für eine Umlagerung. Das Ziel ist die Erfassung und Beschreibung der Ausgangssituation, auf welcher die Machbarkeitsstudie aufbaut.
- 2) Identifizierung möglicher Einlagerungshorizonte für die Auffahrung ggf. tiefer liegender Umlagerungsgrubenbaue und Bewertung der vorherrschenden geologischen Verhältnisse. Falls erforderlich, sind weitere Erkundungsmaßnahmen auszuweisen. Im Ergebnis dieses Schrittes sind prinzipiell geeignete geologische Einlagerungshorizonte begründet auszuweisen und darzustellen.
- 3) Kurze Beschreibung bzw. Darstellung der relevanten Verfahren zum Abteufen der Rolllöcher/Blindschächte, zu den Streckenauffahrungen sowie zu der Auffahrung der Einlagerungshohlräume. Diese Beschreibungen bilden die Grundlage für die Variantenuntersuchungen.
- 4) Ableitung eines Entsorgungskonzeptes zur Rückgewinnung, zum Transport und zur Konditionierung der Abfälle, Auswahl von geeigneten Behältern zum Transport der konditionierten Abfälle, Einlagerung der konditionierten Abfälle
- 5) Betrachtung der Strahlenexposition des Personals und der Bevölkerung im bestimmungsgemäßen Betrieb sowie im Störfall
- 6) Ableitung, Ermittlung und Beschreibung von Randbedingungen, welche einen Einfluss auf die durchzuführenden Variantenuntersuchungen haben. Es sind Schnittstellen für die Varianten und Randbedingungen für die Validierung der Variantenuntersuchung zu definieren.

- 7) Variantenuntersuchungen und -bewertung hinsichtlich der aufgestellten Bewertungskriterien und einzuhaltenden Randbedingungen.
- 8) Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung als Grundlage für die Auswahl einer geeigneten Option durch den AGO.

## 4 Beschreibung der zur Erarbeitung der Machbarkeit der Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II erforderlichen Grundlagen/Basisdaten

Die Schachtanlage Asse II befindet sich nördlich der Ortschaft Remlingen auf dem Höhenzug Asse etwa 10 km südöstlich der Stadt Wolfenbüttel in Niedersachsen. Sie ist die mittlere von drei auf der Salzstruktur Asse zwischen Wittmar und Klein Vahlberg abgeteuften Schachtanlagen. Das Grubengebäude ist von über Tage durch die Schächte Asse 2 und Asse 4 erschlossen. Es hat eine Ausdehnung von etwa 800 m in Richtung des Streichens und etwa 400 m in Richtung des Einfallens. Vertikal erstreckt es sich über 22 Sohlen zwischen 490 m Teufe und 975 m Teufe.

Die Entwicklung der Schachtanlagen auf der Salzstruktur Asse kann in fünf Phasen unterteilt werden:

- |           |           |                             |
|-----------|-----------|-----------------------------|
| ▪ Phase 1 | 1899-1900 | Teuf- und Ausrichtungsphase |
| ▪ Phase 2 | 1900-1964 | Gewinnung                   |
| ▪ Phase 3 | 1965-1978 | Einlagerung und Forschung   |
| ▪ Phase 4 | 1979-1995 | Forschung                   |
| ▪ Phase 5 | seit 1995 | Schließung.                 |

Dabei beziehen sich die Phasen 1 und 2 auf die jeweils ersten Teuf- bzw. Gewinnungsarbeiten auf der Salzstruktur Asse, während die Phasen 3 bis 5 explizit für die Schachtanlage Asse II gelten. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf diese Unterteilung.

### 4.1 Übersicht zur Geologie und Hydrogeologie der Schachtanlage Asse II

Als Einlagerungshorizonte für radioaktive Abfälle kommen nur die Abschnitte der Schichtenfolge in Frage, deren Eignung im Hinblick auf einen vollständigen und dauerhaften Einschluss der Abfälle prinzipiell möglich erscheint. Von vornherein scheidet dabei die Abschnitte aus, für welche eine Wasser- und/oder Lösungsführung mit möglicher Verbindung zur Biosphäre nachgewiesen ist (z. B. postsalinare Deckgebirge). Da der auszuwählende Einlagerungshorizont gleichzeitig die Funktion einer geologischen Barriere übernimmt, muss dieser über eine ausreichende Mächtigkeit ver-

fügen und gleichzeitig eine weitgehend homogene lithologische Ausbildung aufweisen. Unter Berücksichtigung der Kenntnisse zur lithologischen und strukturellen Ausbildung der Schichtenfolge im Bereich der Salzstruktur Asse kommen nach Auffassung der Autoren als Einlagerungshorizonte somit nur das Leinsteinsalz oder das Staßfurtsteinsalz in Frage.

Es ist zu prüfen, ob mit Hilfe der vorliegenden Kenntnisse diese generelle Einschätzung durch geowissenschaftliche Fakten zu bestätigen ist oder verworfen werden muss. Hierfür sind alle verfügbaren Informationen dahingehend zu prüfen, ob:

- ausreichende Kenntnisse für eine umfassende Charakterisierung der lithologischen Ausbildung der Einlagerungshorizonte insbesondere in dem vorgesehenen Einlagerungsbereich vorhanden sind

und

- hinreichende Kenntnisse für die Auswahl eines möglichen Einlagerungsbereiches vorliegen, wobei dessen Eignung in einer geomechanisch begründbaren Position innerhalb des komplizierten strukturellen Baus der Salzstruktur Asse von entscheidender Bedeutung ist.

Grundlage aller Ausarbeitungen zur Geologie und Hydrogeologie im Bereich der Salzstruktur Asse sind die in der Vergangenheit durchgeführten Arbeiten zur Erkundung der zechsteinzeitlichen und mesozoischen Schichtenfolge. Hierfür standen Ergebnisse von Untersuchungen an direkten Aufschlüssen

- an der Tagesoberfläche,
- in den Schächten,
- in den Grubengebäuden,
- durch UT- und OT-Bohrungen

sowie die Ergebnisse von geophysikalischen Untersuchungen zur Verfügung. Bedingt durch die mehr als 110-jährige Geschichte bergbaulicher Aktivitäten im Bereich der Salzstruktur ist der Umfang der zur Verfügung stehenden geowissenschaftlichen Dokumentationen, wissenschaftlichen Bearbeitungen und zusammenfassenden Beschreibungen der Bedingungen erheblich.

Während der Phasen 1 und 2 wurden insbesondere solche Kenntnisse gewonnen, welche eine planmäßige Gewinnung ermöglichten oder für die Auffahrung von Strecken der Aus- und Vorrichtung notwendig waren. Mit Ausnahme weniger OT-Bohrungen konzentrierte sich die Erkundung bzw. der darauf basierende Kenntnisstand auf die für eine Gewinnung in Frage kommende salinare Schichtenfolge in den Flankenbereichen der Salzstruktur. Bergmännische Auffahrungen erfolgten ausschließlich im zentralen und westlichen Teil der Salzstruktur, die auch als die eigentliche Salzstruktur Asse im engeren Sinne aufgefasst wird. Dieser von Auffahrungen erfasste Bereich zwischen den Schächten Asse 1 NE von Wittmar und Asse 3 S von Klein Vahlberg umfasst ein Segment von 4,8 km längs der Struktur.

Während der Phasen 3 und 4 wurden dagegen vor allem Kenntnisse zur geologischen und hydrogeologischen Situation im Deckgebirge sowie zum strukturellen Bau der Flanken gewonnen. Ziel war es, belastbare Aussagen für die Nachweisführung eines sicheren Einschlusses der Abfälle bzw. zur Planung geotechnischer Maßnahmen zur Ertüchtigung geschwächter geologischer Barrieren zu erhalten. Nur ausnahmsweise wurden diese Untersuchungen auch auf den unterhalb des bestehenden Grubengebäudes befindlichen Teil der Salzstruktur ausgeweitet.

Die nachfolgenden Darstellungen zur Geologie und Hydrogeologie der Salzstruktur Asse sind auf die potentiellen Einlagerungshorizonte sowie auf die für Angaben zum Einlagerungsbereich erforderlichen Informationen zum strukturellen Bau fokussiert und nur so umfänglich, dass eine begründete Vorauswahl des Einlagerungsbereiches möglich ist. Detaillierte Ausführungen zum derzeitigen Stand der geologischen Erkundung und Modellbildung sowie der verfügbaren quantitativen Daten sind u. a. in KLARR (1981, /27/), BATSCHKE ET AL. (1994, /6/) und ERCOSPLAN (2004, /15/) enthalten.

#### 4.1.1 Lithologische Ausbildung der Schichtenfolge

Die Schichtenfolge im Bereich der Salzstruktur umfasst, neben salinaren Gesteinen des Zechsteins (=Salinar) im Kern, Sedimente der Trias (Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper) sowie des Jura und der Kreide als Deckgebirge (=suprasalinales Deckgebirge). In Folge des Salzaufstieges und der damit verbundenen Verformung des Deckgebirges wurden die salinare Horizonte führenden Schichten des Oberen Buntsandsteins (Südflanke) und des Mittleren Muschelkalks, aber auch des Zechsteins für gering mineralisierte Oberflächenwässer zugänglich. Die daraufhin einsetzenden Subrosionsprozesse führten zur Bildung eines Gipshutes auf dem Top des Sattels und eines darüber lagernden verstürzten Deckgebirges über dem Zechsteinsalinar sowie von Karstsenken mit Residualgesteinen im Niveau der Salzlager des Oberen Buntsandsteins und des Mittleren Muschelkalks.

Eine zusammenfassende Übersicht zur Schichtfolgen des Zechsteins und des suprasalinalen Deckgebirges im Bereich der Salzstruktur Asse ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Gesteine des suprasalinalen Deckgebirges im unmittelbaren Bereich der Salzstruktur können zusammenfassend wie folgt beschrieben werden:

- Buntsandstein

Der Buntsandstein bildet mit einer Gesamtmächtigkeit von etwa 550 m den mächtigsten Teil des postsalinalen Deckgebirges. Durch Bohrungen ist die typische lithostratigraphische Ausbildung belegt, die eine Untergliederung in einen aus vorwiegend Ton- und Schluffsteinen mit eingelagerten oolithischen Kalksteinen bestehenden Unteren Buntsandstein, einen aus zyklisch sedimentierten Ton- bzw. Schluff-/Sandsteinwechsellagerungen aufgebauten Middle-

ren Buntsandstein und den vorwiegend durch evaporitische Sedimente und ihre Residualgesteine repräsentierten Oberen Buntsandstein (Röt) ermöglicht.

- Muschelkalk

Der Muschelkalk weist eine primäre Gesamtmächtigkeit von etwa 280 m auf und zeigt die aus der Germanischen Trias bekannte Untergliederung in den aus Bankkalkhorizonten mit Mergelsteinlagen aufgebauten Unteren Muschelkalk, die evaporitische Abfolge des Mittleren Muschelkalkes und den ebenfalls aus Mergel- und Kalksteinen bestehenden Oberen Muschelkalk (PHILLIPPI, 1899, /41/; WOLDSTEDT ET AL., 1931, /48/; WOLDSTEDT & HARBORT, 1931, /49/; KLARR ET AL., 1991, /28/).

- Keuper

Die Gesteine des Keupers treten vor allem in der südlich gelegenen Remlinger Mulde sowie der nördlich gelegenen Schöppenstedter Mulde auf. Die Gesamtmächtigkeit beträgt ca. 360 m, wobei eine Untergliederung in den aus Ton- und Schluffsteinen bestehenden Unteren Keuper, den von Tonsteinen beherrschten Mittleren Keuper und den vorwiegend von Sandsteinen aufgebauten Oberen Keuper möglich ist (WOLDSTEDT ET AL., 1931, /48/; WOLDSTEDT & HARBORT, 1931, /49/; KLARR ET AL., 1991, /28/).

Die Gesteinsabfolgen des Jura sowie der Kreide sind in den nördlich und südlich angrenzenden Muldenstrukturen verbreitet. Es handelt sich um Wechselfolgen von Tonsteinen, Sandsteinen sowie zwischengeschalteten Kalk- oder Mergelsteinen. Die Mächtigkeit beträgt mehr als 250 m (Jura) bzw. nahezu 200 m (Kreide). Die mesozoische Schichtenfolge wird in weiten Bereichen von meist geringmächtigen tertiären und quartären Lockergesteinen überlagert.

Beurteilung der Machbarkeit einer Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachanlage Asse II

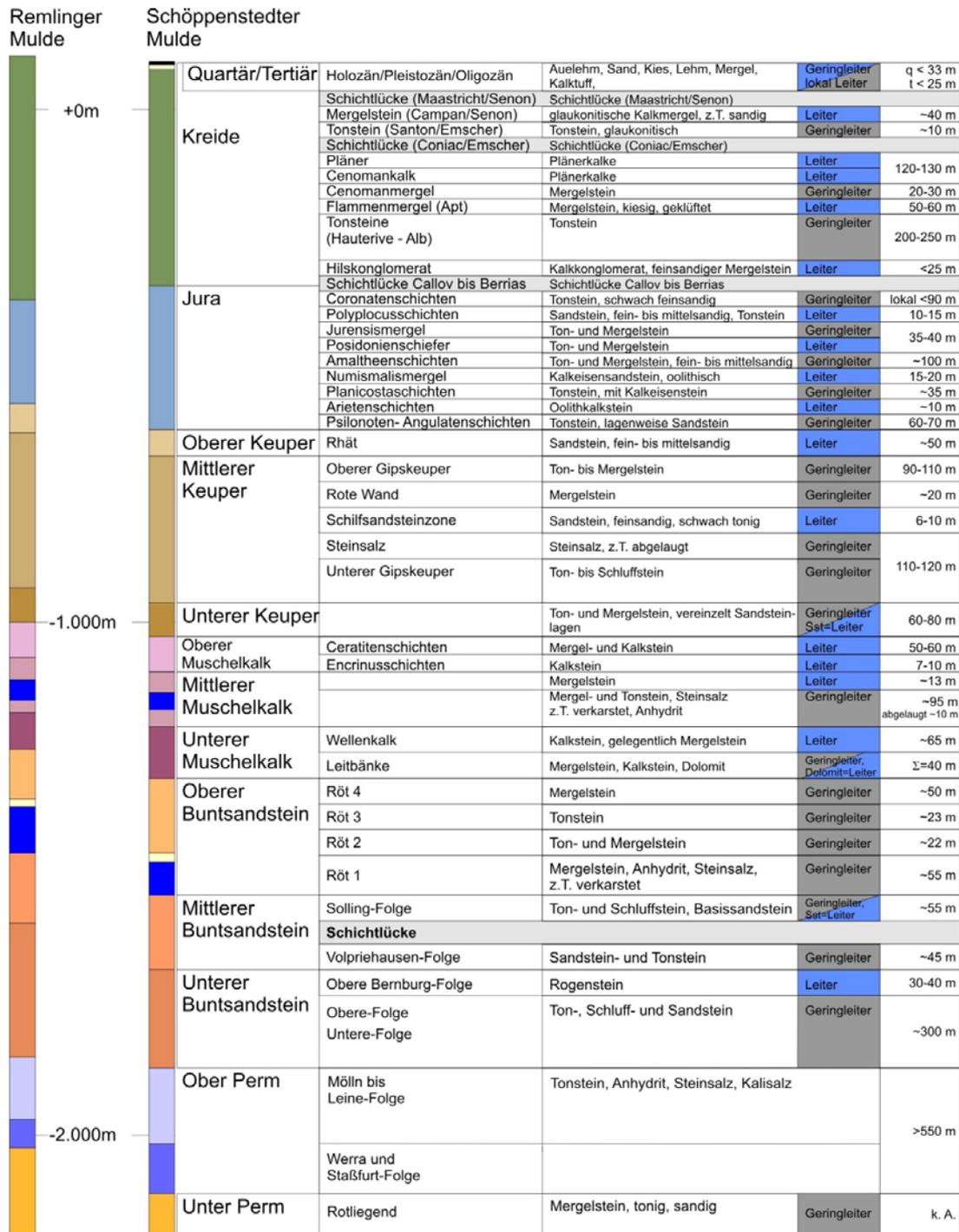


Abbildung 1 Stratigraphie, Lithologie und hydrogeologische Charakteristik der Schichtenfolge in der Schöppenstedter Mulde, der Salzstruktur Asse und der Remlinger Mulde, (zusammengestellt nach BOIGK (1957, /10/); APPEL (1971, /3/); MICHAEL & PAPE (1971, /37/); KLARR (1981, /27/); PAUL & KLARR (1988, /40/); BATSCHE ET AL. (1994, /6/))

Die durch Grubenbaue und Bohrungen aufgeschlossene saline Schichtenfolge umfasst Gesteine der Zechsteinfolgen 2 (Staßfurt-Folge) bis 7 (Fulda-Folge) (Tabelle 1).

Tabelle 1 Gliederung des Salinars im Bereich der Salzstruktur Asse (zusammengestellt nach: Schütte (1986, /44/); Essaid & Klarr (1982, /16/); Klarr, Richter-Bernburg & Rothfuchs (1987, /29/); Diem (1985, /12/))

	Zechstein	Symbol	Asse-Nomenklatur	Mächtigkeit	
z5 – z7	Fulda-Folge	z7	Bröckelschiefer (T7)	17 m	
	Friesland-Folge	z6	Friesland-Ton (T6)	4,0 m	
	Ohre-Folge	z5	Ohre-Anhydrit/Salzbrockenton (A5/T5)	4,1 m	
z4	Grenzanhydrit	z4ANb	Aller-Grenzanhydrit (A4r)	bis 16 m	
	Aller-Salz	z4NA	Tonbanksalz (Na4tm)	7,0 m	
			Schneesalz / Rosensalz (Na4β+γ)	16,0 m	
			Aller-Basissalz (Na4α)	5,0 m	
	Pegmatitanhydrit	z4ANa	Pegmatitanhydrit (A4)	1,3 m	
	Roter Salzton	z4T	Roter Salzton (T4)	13,0 m	
Tonmittelsalz		Tonmittelsalz (Na3tm)	ca. 23 m		
z3	Schwadensalz	z3NAh	Schwadensalz (Na3ϑ)	ca. 12 m	
	Anhydritmittelsalz	z3NAg	Anhydritmittelsalz (Na3η)	35,0 m	
	Buntes Salz	z3NAf	Buntes Salz (Na3ζ)	7,0 m	
	Bändersalz	z3NAe	Bändersalz (Na3ε)	ca. 10 m	
	Kalisalzflöz Ronnenberg	z3KRo	Ronnenberg-Horizont Na3Ro-δ	ca. 10 m	
	Orangesalz	z3NAc	Gamma-Liniensalz (Na3γ)	ca. 5 m	
	Liniensalz	z3NAb	Beta-Liniensalz (Na3β)	ca. 30 m	
	Basissalz	z3NAa	Leinebasissalz (Na3α)	ca. 16 m	
	Hauptanhydrit	z3AN	Hauptanhydrit (A3)	ca. 30 m	
	Grauer Salzton	z3T	Grauer Salzton (T3)	ca. 6 m	
z2	Deckanhydrit	z2ANb	nur selten lokal erhalten Gebänderter Deckanhydrit (A2r)	ca. 1,5 m	
	Decksteinsalz	z2NAd	Decksteinsalz (Na2r)	ca. 1 m	
	Kalisalzflöz Staßfurt	z2KSt	Hartsalz (K2H) Carnallit (K2C)	ca. 40 m	
	Kieserit. Übergangssalz	z2UE	Kieserit. Übergangssalz (Na2K)	1 m – 5 m	
	Hangendsalz	z2NAc	Tonliniensalz (Na2T)	0 m – 25 m	
			Polyhalitbänkchensalz (Na2P)	3 m – 16 m	
			Speisesalz (Na2S)	ca. 10 m	
	Hauptsalz	z2NAb	Hauptsalz (Na2β)	Polyhalitisches	ca. 450 m
				Anhydritisches	
Basissalz	z2NAa	Basissalz (Na2α)	-		
Basalanhydrit	z2ANa	Basalanhydrit (A2)	3,0 m		
Stinkschiefer	z2Ca	Stinkschiefer (Ca2)	2,1 m		

Die nachfolgend detailliert beschriebenen Einlagerungshorizonte werden der Staßfurtfolge (z2) bzw. der Leinefolge (z3) zu geordnet.

Anhand lithologischer Merkmale wird der potentielle Einlagerungshorizont des Staßfurtsteinsalz vom Liegenden zum Hangenden wie folgt gegliedert (APPEL, 1971, /3/; DIEM, 1985, /12/; SCHÜTTE 1986, /44/):

- Basissalz (ca. 10 m),
- Hauptsalz,
  - Anhydritisches Hauptsalz (bis zu 450 m),
  - Polyhalitisches Hauptsalz (ca. 10 m),
- Hangendsalz,
  - Speisesalz (bis zu 25 m),
  - Polyhalitbänkchensalz (bis zu 16 m),
  - Tonliniensalz (ca. 10 m),
- Kieseritisches Übergangssalz (bis zu 5 m).

Den größten Anteil an der belegten Gesamtmächtigkeit des Staßfurtsteinsalz hat das im Kern des Sattels bis zu 450 m angeschwollene *anhydritische Hauptsalz*. Es besteht aus farblos-glasklarem bis milchig-getrübtem, grobkristallinem Steinsalz mit 1 bis 3 mm starken Anhydritlagen, die im Abstand von durchschnittlich 10 cm folgen. Im Steinsalz treten zahlreiche Kristallsalzbrocken, teils mit eingeregelt, lagenweise angeordneten Halitkristallen, auf. Der Anhydrit liegt in Korngrößenbereichen zwischen 0,1 mm und 1,1 mm, selten bis 5 mm vor. Größere Anhydritkristalle bilden eine Verzahnung zwischen Sulfatlagen und Halitlagen. Die einzelnen Anhydritlagen zeigen single-layer-Falten, teils auch Boudinageerscheinungen, was auf den hohen Viskositätskontrast zur Steinsalzmatrix hinweist. Die gesamte Folge ist durch geringe Tongehalte verunreinigt, die meist als diffuser Saum an der Hangend- und Liegendgrenze lokalisiert sind.

Das *polyhalitische Hauptsalz* besteht aus weißem, lagenweise Polyhalit führendem Steinsalz. Die Verteilung der sulfatreichen Steinsalzlagen verleiht dem Horizont eine charakteristische Schichtung. Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten liegt dabei zwischen wenigen Dezimetern und mehreren Metern. Die Korngrößen des Halits variieren zwischen <1 cm bis >5 cm, wobei zum Hangenden hin eine Tendenz zur Korngrößenminderung zu erkennen ist.

Die Mineralverteilung zeigt für das polyhalitische Hauptsalz wechselnde Halit-Gehalte und zum Teil erhebliche Polyhalit-Gehalte: Halit 88,8 Gew.-% bis 98,5 Gew.-%, Polyhalit 0,1 Gew.-% bis 8,0 Gew.-%, Anhydrit 0,1 Gew.-% bis 8,4 Gew.-%, in Ausnahmefällen bis 13,1 Gew.-% Polyhalit.

Charakteristisch sind häufig auftretende Sulfatbänkchen, die aus feinkörnigem Halit, Polyhalit und Anhydrit bestehen und 1 cm bis 5 cm Mächtigkeit erreichen. Auch diese Lagen zeigen single-layer-Falten, worin wiederum der hohe Viskositätskontrast zur Steinsalzmatrix zum Ausdruck kommt. Zum Hangenden hin nehmen die Sulfatlagen

zu. Sowohl an der Hangend- als auch an der Liegendgrenze treten tonige Verunreinigungen auf.

Über dem Hauptsalz lagert das *Hangendsalz*, dessen feinstratigraphischer Aufbau ebenfalls durch die Grubenaufschlüsse im Bergwerk Asse II sehr gut bekannt ist:

Der liegende Teil des Hangendsalzes wird durch das *Speisesalz* repräsentiert. Dieses fein- bis mittelkristalline, rein weiße Steinsalz weist vereinzelt Kristallsalzeinschlüsse von mehreren Metern Durchmesser und vielfach Einschlüsse von feinsten Laugentröpfchen auf. Es ist nahezu monomineralisch aus Halit aufgebaut, wobei jedoch durchschnittlich 1,4 Gew.-% Polyhalit (schwankend von 0,3 Gew.-% bis 3,0 Gew.-%) auftritt. Die Anhydritgehalte liegen zwischen 0 Gew.-% und 4 Gew.-%, im Durchschnitt bei 0,7 Gew.-%. Der Lagenbau wird durch 1 cm bis 3 cm dicke, gelblich-weiße Lagen markiert, was auf polyhalitische und/oder anhydritisch-polyhalitische Anteile zurückgeht. Das Speisesalz lässt sich im NW-Feld des Bergwerkes Asse II intern in drei Subeinheiten gliedern: ein ca. 3 m rotbräunlich gefärbter Abschnitt, ein 1 m kräftig rot gefärbter Abschnitt (im Bereich der 750-m-Sohle horizontbeständig) und 4 m bis 5 m bräunlich gefärbtes Steinsalz. Die Mächtigkeit des Speisesalzes liegt bei durchschnittlich 10 m schwankt jedoch zwischen 8 m und max. 22 m (APPEL, 1971, /3/).

Über dem Speisesalz lagert das zwischen 3 m und 16 m mächtige *Polyhalitbänkchensalz*, das aus fein- bis mittelkristallinem Steinsalz mit gelblichen, rötlichen oder grauen Polyhalitbänken (mm bis dm, max. 60 cm) aufgebaut wird. Sein Mineralbestand umfasst Halit mit 97,6 Gew.-% bis 99,8 Gew.-% und Polyhalit mit 0,2 Gew.-% bis 2,4 Gew.-%). Die Polyhalitbänke sind nahe dem Liegenden rein weiß, im mittleren Abschnitt cremefarben, im hangenden Abschnitt schwach bräunlich. Die Polyhalitbänke sind offenbar nicht horizontbeständig, gliedern sich auf und keilen aus. Auch diese Sulfatlagen zeigen intensive single-layer-Falten, was den hohen Viskositätskontrast zur Steinsalzmatrix dokumentiert.

Das Polyhalitbänkchensalz wird vom *Tonliniensalz* überlagert, das eine gewisse fazielle Besonderheit der Salzstruktur Asse repräsentiert. Dieses fein- bis mittelkristalline Steinsalz ist grau bis tiefrot gefärbt und durch einzelne, dünne Bänkchen aus Tonmineralen und wenig Anhydrit, den sog. Tonlinien charakterisiert. Die Tonlinien treten im Wechsel mit Steinsalz, mit einem durchschnittlichen Abstand von ca. 6 cm in der gesamten max. 25 m mächtigen Abfolge auf.

Das Hangendsalz wird von den etwa 1 m bis 5 m mächtigen *Kieseritischen Übergangsschichten* überlagert, die aus feinkristallinem Steinsalz, hellgrauem, gelblichem bis rötlichem Steinsalz mit einigen Polyhalitlagen und zahlreichen Kieseritlagen bestehen. Vereinzelt treten hier bereits unregelmäßig verteilte Nester oder Einzelkörner von Carnallit auf.

Für den potentiellen Einlagerungshorizont des *Leinsteinsalz* wird folgende Gliederung angegeben:

- Basissalz (ca. 16 m),
- Beta-Liniensalz (ca. 30 m),
- Gamma-Liniensalz (ca. 5 m),
- Banksalz (ca. 10 m),
- Bändersalz (ca. 10 m),
- Buntes Salz (ca. 7 m),
- Anhydritmittelsalz (ca. 35 m),
- Schwadensalz (ca. 12 m).

Das *Basissalz* erreicht eine Mächtigkeit von ca. 16 m. Der Horizont wird als Übergangsbereich zwischen dem sulfatisch ausgebildeten Hauptanhydrit und der chloridischen Abfolge des Liniensalzes beschrieben. Detailliertere Angaben liegen nicht vor. Die Mächtigkeit des *Liniensalzes* beträgt bis ca. 30 m. Es handelt sich um eine feinkristalline, weiße Halitfolge, mit Korngrößen von ca. 2 mm und einzelnen grauen flockig-flaserigen, meist 1 mm bis 2 mm, seltener bis 5 cm mächtigen Anhydrit- bzw. Tonlagen (APPEL, 1971, /3/). Darüber lagert das *Gamma-Liniensalz* (Orangesalz), das einen bis 5 m mächtigen, meist durch Anhydritbeimengungen auffällig orange gefärbten, feinkristallinen Steinsalzhorizont darstellt und in das ca. 10 m mächtige *Banksalz* übergeht. Das Kalisalzflöz Ronnenberg ist nicht entwickelt (APPEL, 1971, /3/). Sowohl das *Banksalz* als auch das darüber lagernde, ebenfalls etwa 10 m mächtige *Bändersalz*, stellen Wechsellagerungen von orangefarbigem Steinsalz und deutlich grobkörnigerem, weißem Steinsalz dar, die sich nur durch verschiedene Mächtigkeiten der einzelnen Lagen unterscheiden. Im Hangenden folgt das *Bunte Salz*, ein kräftig orange gefärbtes Steinsalz, das einzelne graue Anhydritlagen enthält und bis zu 7 m mächtig wird. Darüber lagert das *Anhydritmittelsalz*, das einen etwa 35 m mächtigen, durch Anhydritbänke weiter untergliederten orangefarbenen Steinsalzhorizont aufbaut. Die mächtigeren Anhydritbänke zeigen an der Basis tonige Lagen und intensive unregelmäßige Verwachsungen mit sekundärem grob-kristallinem Halit, eine sog. pegmatitische Ausbildung (APPEL, 1971, /3/; KLARR ET AL., 1991, /28/). Die mit einem Abstand von etwa 10 m aufeinanderfolgenden 4., 6. und 7. Anhydritmittelbänke erreichen Mächtigkeiten zwischen 1 m und 3 m und werden als Anhydritmittelhauptbänke bezeichnet. Die Anhydritmittelbänke sind als Folge der Fließverformung der mächtigen Steinsalzpakete ruptuell in Klufkörper zerteilt, teils auch boudiniert. Die Boudinhälse bzw. die bankrechten Frakturen sind mit sekundärem, zum Teil faserig ausgebildetem Carnallit mineralisiert.

Oberhalb der 4. Anhydritbank setzt sukzessive eine sog. Schwadensalzfazies ein, die durch einen stärkeren Eintrag von pelitischem Detritus in den Sedimentationsraum den lithostratigraphischen Abschluss der Leine-Folge kennzeichnet. Im Umfeld der Salzstruktur Asse-Heeseberg bildet das *Schwadensalz* mit dem *Tonmittelsalz* eine fazielle Einheit, in der insgesamt 16 unreine schwadig-tonige Zonen sowie 16 reinere Steinsalzpartien in einer etwa 35 m mächtigen Wechselfolge auftreten. Die reineren

Steinsalzabschnitte bestehen aus überwiegend orange- oder rosafarbigem, seltener auch gelblichem und glasklarem Halit. Die verunreinigten Partien (Tonschwaden) enthalten neben Steinsalz dunkelrotbraune anhydritische Tonflocken, -brocken, -schmitzen und -lagen.

Die oberhalb des *Leine-Steinsalz* ausgebildeten Gesteine der *Aller- bis Fulda-Folge* werden nicht weiter betrachtet.

Zusammenfassend wird eingeschätzt, dass der aktuelle Kenntnisstand zur lithostratigraphischen Gliederung des Salinars den bislang durch bergmännische Auf-fahrungen zugänglichen Bereich zwischen der Unterkante des Hutgesteins und der 975-m-Sohle in ausreichendem Umfang beschreibt. Unter Berücksichtigung dieser Kenntnisse kommt nach Auffassung der Bearbeiter lediglich der Horizont des Staßfurtsteinsalz als Einlagerungshorizont in Frage. Dabei scheint insbesondere das *Hauptsalz* auf Grund seiner gleichförmigen Ausbildung, seines begrenzten Mineralbestandes sowie der Mächtigkeit geeignet. Der Horizont des Leinsteinsalzes zeigt im Vergleich dazu eine wesentlich höhere Variabilität der lithologischen Ausbildung und eine deutlich geringere Mächtigkeit. Eine Übertragung dieser Aussagen auf die außerhalb des Grubengebäudes bzw. abseits der vorliegenden Erkundungsbohrungen gelegenen Bereiche wäre mit Unsicherheiten behaftet, da

- die Bohrungen R1 bis R3 (Altbohrungen der Phase 1) im Hinblick auf Detailangaben zur Lithologie nur unzureichend beschrieben sind,
- von den Bohrungen der späteren Erkundungsphasen lediglich die Bohrung R5 das Salinar vollständig durchörterte,
- die Bohrungen R6 bis R8 das Zechsteinsalinar gar nicht erreicht haben und die Bohrung R9 lediglich gestörtes Leinsteinsalz erbohrte,
- die auf unterschiedlichen Sohlen geteuften UT-Bohrungen vor allem zur Erkundung der nördlichen Flanke dienten, eine planmäßige Erkundung unterhalb der 975-m-Sohle an keiner Stelle erfolgte,
- für die Salzstruktur ein komplizierter geologischer Bau im bereits zugänglichen Teufenabschnitt belegt ist und eine gleichartige Komplexität auch in größerer Teufe anzunehmen ist,
- in östlicher Richtung eine Übertragbarkeit der geologischen Daten nicht mehr gegeben ist, da eine wesentliche Einengung der Struktur erfolgt.

Die Kenntnisdefizite sind durch gezielte Erkundungsmaßnahmen im vorgesehenen Einlagerungsbereich zu minimieren.

#### 4.1.2 Gesteinsmechanische Parameter der potentiellen Einlagerungshorizonte

Untersuchungen zu gesteinsmechanischen Parametern der salinaren Gesteine wurden während mehrerer Untersuchungskampagnen durchgeführt und zusammenfassend im Jahr 2000 ausgewertet (ZHANG, 2000, /50/). Eine Zusammenstellung der dabei erzielten Ergebnisse für die potentiellen Einlagerungsgesteine gibt Tabelle 2.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass Ergebnisse gesteinsmechanischer Untersuchungen für das Leine- und das Staßfurtsteinsalz aus dem Teufenbereich von 324 m bis 975 m vorliegen. Die maßgeblichen Horizonte beider Steinsalzhorizonte sind untersucht, wobei der Untersuchungsumfang für den genannten Abschnitt mit mehr als 2.300 Versuchen als ausreichend bewertet wird.

Die Ergebnisse belegen, dass die Veränderungen der gesteinsmechanischen Eigenschaften mit zunehmender Teufe nur gering sind. Dabei liegen keine Proben aus ungestörten, bergbaulich nicht beeinflussten Bereichen vor. Untersuchungen von Proben aus tiefer gelegenen Bereichen der Salzstruktur sowie den unverritzten Abschnitten östlich, westlich und nördlich des bestehenden Grubengebäudes wurden bislang nicht durchgeführt, so dass letztlich Aussagen zur erforderlichen Mächtigkeit des bergbaulich beeinflussten Salinars (vertikal und horizontal) nicht getroffen werden können. Ergebnisse entsprechender Untersuchungen an anderen Standorten zeigen, dass dieser Einwirkungsbereich mehrere Dekameter mächtig sein kann (u.a. bergsmechanische Bewertungen von Markscheidpfeilern im Südharzkalirevier bzw. im Werra-Kalirevier). Eine direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser Bewertungen ist in Anbetracht des komplexen strukturellen Baus der Salzstruktur sowie der höheren Anforderungen an die Barriere nicht möglich. Es wird erwartet, dass eine vertikale und horizontale Barrieremächtigkeit von 200 m ausreicht, um diesen Aspekten ausreichend Rechnung zu tragen.

Im Rahmen weiterer Untersuchungen ist zu belegen, dass der gewählte Ansatz hinreichende Sicherheit bietet.

Tabelle 2 Zusammenstellung teufenbezogener gesteinsmechanischer Parameter für die potentiellen Einlagerungshorizonte (nach: Zhang, 2000, /50/)

Probenahmeort	Horizont	Dichte $\rho$ in g/cm <sup>3</sup>	Elastizitätsmodul $E_{DYN}$ in GPa	Querdehnungszahl $\nu$	Einaxiale Druckfestigkeit $\sigma_B$ in MPa	Einaxiale Bruchdehnung $\epsilon_B$ in %	Spaltzugfestigkeit $\sigma_z$ in MPa
324-m-Schacht 2, Fundament	Steinsalz Na3 $\theta$	-	-	-	24 - 30	-	-
490-m-Sohle, Versuchspfeiler	Steinsalz Na3 $\chi$	2,16	25 - 30	-	-	-	-
511-m-Sohle, Pfeiler 4/5	Steinsalz Na3 $\chi$	2,16	-	-	30 - 34	-	-
511-m-Sohle, Schwebe Ka 7	Steinsalz Na3 $\chi$	2,16	-	-	30 - 34	-	-
511-m-Sohle, Blindschacht 3	Steinsalz Na3 Ro- $\delta$	2,16	-	-	30 - 34	-	-
532-m-Sohle, Pfeiler 4/5	Steinsalz Na3 $\chi$	2,16	-	-	30 - 34	-	-
574-m-Sohle, Pfeiler 3/4	Steinsalz Na3 $\beta$	2,16	-	-	22 - 35	2,3 - 11,8	-
574-m-Sohle, Pfeiler 6/7	Steinsalz Na3 $\chi$	2,15	-	-	28 - 33	3,1 - 4,9	-
574-m-Sohle, Pfeiler 8/9	Steinsalz Na3 $\chi$	2,15	-	-	29 - 35	2,8 - 4,8	-
595-m-Sohle, Pfeiler 7/8	Steinsalz Na3 $\chi$	2,14	-	-	26 - 33	2,5 - 5,1	-
595-m-Sohle, Wendelstrecke	Steinsalz Na3 $\beta+\chi$	2,17	-	-	26 - 36	2,2 - 5,4	-
595-m-Sohle, Wendelstrecke	Carnallitit K2C	1,88	-	-	-	-	-
616-m-Sohle, Kammer 1	Steinsalz Na3 $\chi$	2,16	20 - 32	0,26 - 0,28	27 - 29	4,4 - 5,3	-
616-m-Sohle, Kammer 2	Carnallitit K2C	1,91	27,4	0,23	18 - 19	0,7 - 1,0	-
616-m-Sohle, Pfeiler 4/5	Steinsalz Na3 $\chi$	2,15	-	-	22 - 32	2,0 - 4,1	0,5 - 2,0
658-m-Sohle, Pfeiler 1/2	Steinsalz Na3 $\beta$	2,13	-	-	20 - 27	0,9 - 3,3	-
700-m-Sohle, Pfeiler 8/(9+10)	Steinsalz Na3 $\beta$	2,16	-	-	30 - 34	-	-
750-m-Sohle, TVF 4	Steinsalz Na2 $\beta$	2,20	-	-	-	-	-
750-m-Sohle, AVR-Strecke	Steinsalz Na2 S	2,20	35,5 $\pm$ 1,0	0,26 $\pm$ 0,02	21 - 24	-	1,5 - 1,7
750-m-Sohle, Versuchspfeiler	Steinsalz Na2 T	2,16	-	-	-	-	-
775-m-Sohle, TVF 5	Steinsalz Na2 K+P	2,17	35,8 $\pm$ 2,2	0,31 $\pm$ 0,01	28 - 35	3,0 - 3,2	-
775-m-Sohle, BGR-V.Feld	Steinsalz Na3 $\beta$	2,17	34,3 $\pm$ 1,6	0,26 $\pm$ 0,02	23 - 35	2,3 - 4,8	1,3 - 2,3
775-m-Sohle, Blindschacht 2	Steinsalz Na3 $\beta$	2,16	31,4 $\pm$ 1,3	0,27 $\pm$ 0,01	-	-	-
775-m-Sohle, Belgier-Str.	Steinsalz Na3 $\beta$	2,17	-	-	22 - 30	0,6 - 5,4	-
775-m-Sohle, Belgier-Str.	Carnallitit K2C	1,81	21,3 $\pm$ 2,0	0,28 $\pm$ 0,02	13 - 18	-	0,6 - 1,6
800-m-Sohle, HAW-Feld	Steinsalz Na2 $\beta$	2,17	36,1 $\pm$ 2,1	0,25 $\pm$ 0,01	-	-	-
800-m-Sohle, Wendelstrecke	Steinsalz Na3 $\beta$	2,17	-	-	-	-	-
800-m-Sohle, Hpt. Querschlag	Steinsalz Na2 $\beta+S$	2,17	-	-	-	-	-
925-m-Sohle, Entladeanlage	Steinsalz Na2 $\beta$	2,19	34,6 $\pm$ 0,8	0,26 $\pm$ 0,01	23 - 27	-	1,4 - 1,8
975-m-Sohle, Kaverne	Steinsalz Na2 $\beta$	2,19	35,0 $\pm$ 1,0	0,26 $\pm$ 0,01	23 - 27	-	1,4 - 1,8

### 4.1.3 Struktureller Bau

Aus Sicht der Autoren kommt dem strukturellen Bau der Salzstruktur maßgebliche Bedeutung bei der Auswahl geeigneter Einlagerungsbereiche zu. Aus diesem Grund wird nachfolgend der bislang vorliegende Kenntnisstand synoptisch dargestellt.

Die Norddeutsch-Polnische Senke und eine ihrer Ausbuchtungen, das Subherzyne Becken, werden durch zahlreiche Salinarstrukturen untergliedert. In vielen dieser Strukturen ist das mächtige Salinalgewölbe des Zechsteins nur aufgewölbt und hat seine Konkordanz zum mesozoischen Deckgebirge bewahrt („Breitsättel“). In anderen Fällen ist es über steile Kluft- und Störungszonen diskonform in das mesozoische Deckgebirge eingedrungen und hat linear gestreckte diapirische Körper bzw. Spaltenintrusionen erzeugt („Schmalsättel“). Letzteres gilt auch für die Struktur Asse.

Die Ergebnisse von sedimentologischen (VOIGT ET AL., 2008, /47/) und strukturellen Untersuchungen der letzten Jahre, für den Bereich der Asse zusammengefasst bei FRANZKE & SCHWANDT (2008, /17/), haben die Erkenntnis gefestigt, dass sich das Schollensegment des Harzes erst seit der Oberkreide (ca. 85 Ma, Coniac) aus seiner Umgebung herauszuheben begann. Aufsteigender Harzblock und einsinkende Subherzyne Senke wurden an der N-Randstörung des Harzes gegeneinander abgegrenzt. Diese Störung repräsentiert durch 4-5 km Hebung der Harzscholle und ca. 2,5 km Einsenkung mit synchron dazu erfolgter oberkretazischer Sedimenteinfüllung eine additive Vertikalverschiebung von ca. 7 km seit der Oberkreide. Die Blockeinheiten des Harzes und der Subherzynen Senke werden durch Brüche niedriger Ordnung intern weiter zerteilt (Abbildung 2).

Dies kann im variszischen Fundament des tief erodierten Harzblocks anhand der zahlreichen mesozoisch aktivierten, dominierend WNW-ESE verlaufenden Mineralgänge und weiterer Bruchzonen (SSW-NNE) studiert werden. Dieses Bruchmuster ist, trotz des bis zu 3 km mächtigen postsalinaren Deckgebirges, auch in der Subherzynen Scholle erkennbar. Anhand von NW-SE- und außerdem von SSW-NNE-Strukturen können so weitere interne Unterteilungen der Subherzynen Scholle vorgenommen worden („Geotektonischer Atlas NW-Deutschland“, BALDSCHUHN ET AL. 1996, /5/; Tektonische Übersichtskarte von Sachsen-Anhalt, BEUTLER, 2002, /7/).

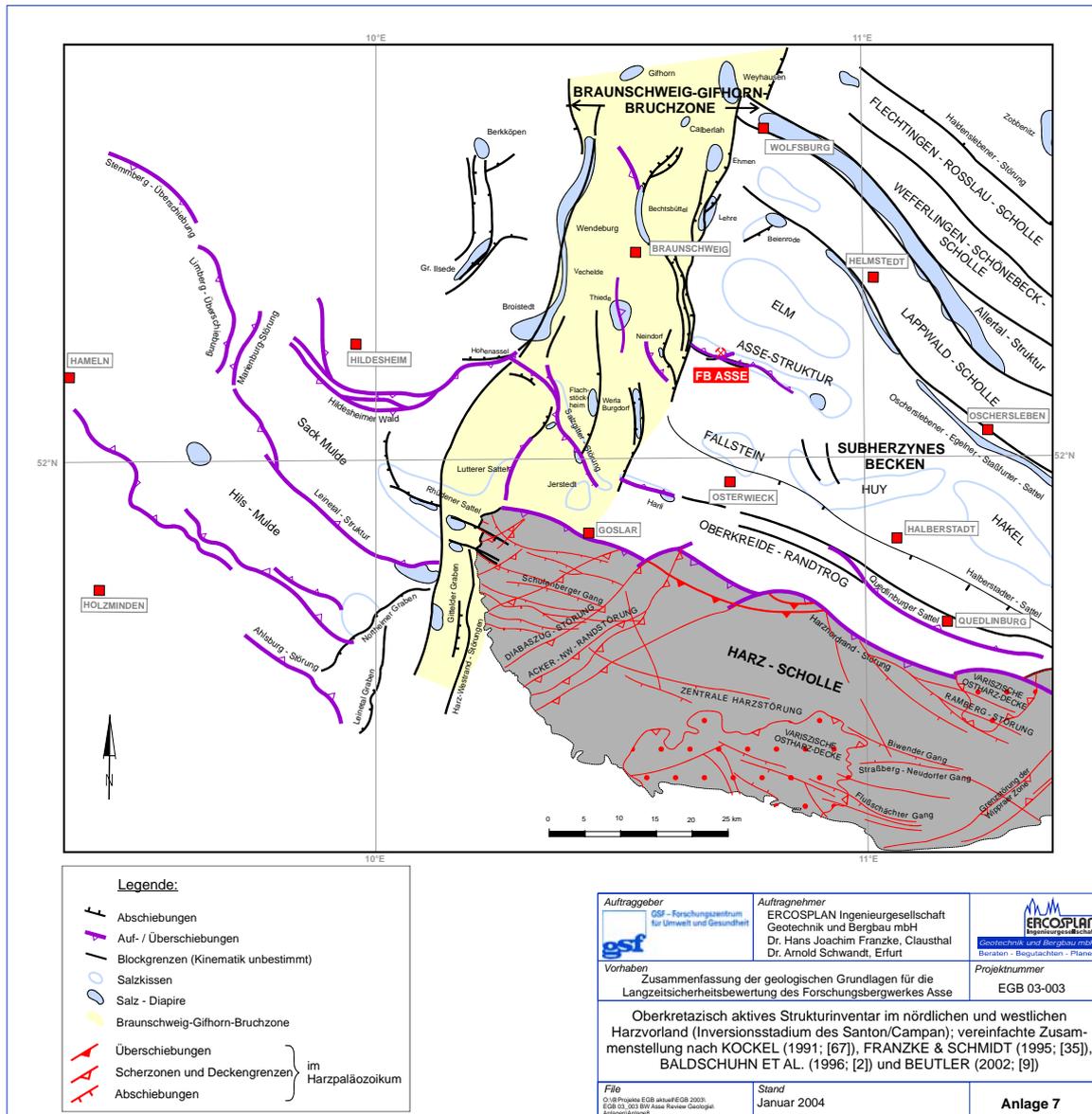


Abbildung 2 Strukturelle Position der Struktur Asse am W-Rand der Subherzynen Scholle (ERCOSPLAN, 2004, /15/)

Die WNW-ESE streichende Salzstruktur Asse liegt unmittelbar an der W-Schollenkante der Subherzynen Scholle und grenzt direkt an die NNE-SSW verlaufende Braunschweig-Gifhorn-Scholle (Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone). Dies äußert sich u.a. darin, dass die Struktur Asse abrupt an den NNE-SSW streichenden Salzstrukturen Neindorf und Salzdahlum endet. Im westlichen Bereich der Struktur Asse bis etwa zum Schacht Asse 2 vergittern sich beide Bruchrichtungen, nachweisbar an Störungen, welche diagonal bis quer zur Struktur Asse verlaufen (Abbildung 3).

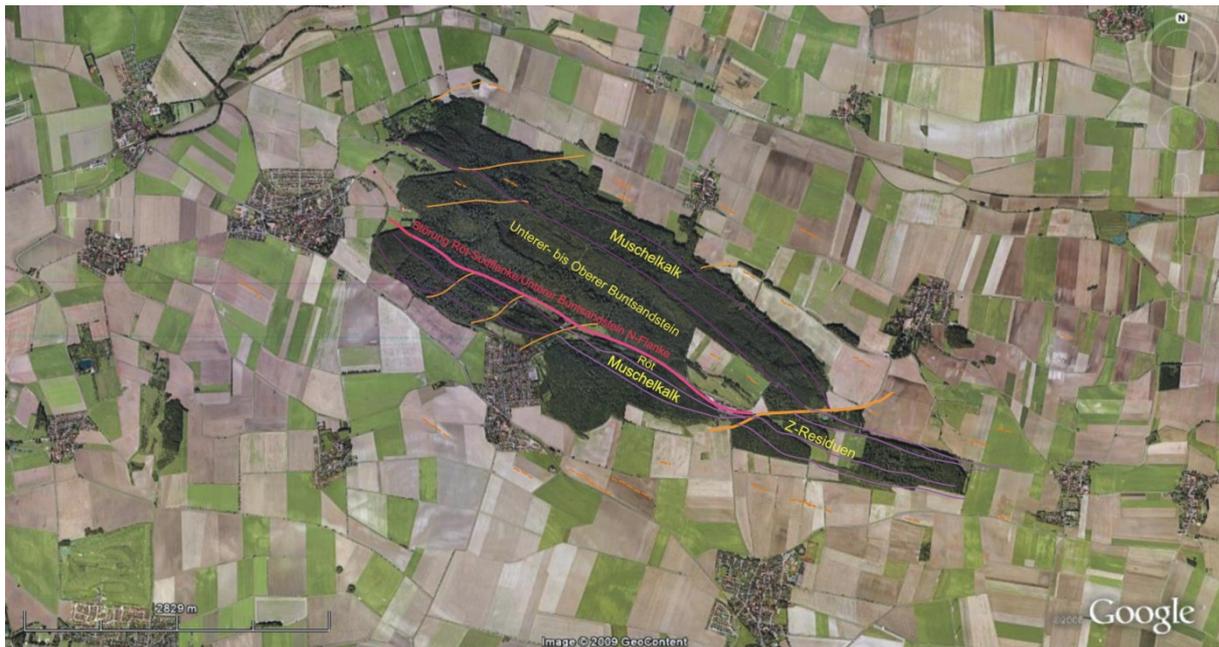


Abbildung 3 Hauptstörungsmuster der Struktur Asse nach einer Satellitenbild-Interpretation (Quelle: GOOGLE). Diagonalstörungen häufen sich am Westende der Struktur. Sie durchdringen wegen der geringen Verwurfsweiten nicht die Medianstörung auf dem Topp des Sattels

Nach Hinweisen aus der Rx-Seismik existiert an der Struktur Asse eine „Basalfraktur“ im subsalinaren Unterbau, über deren Entstehung wenig bekannt ist. Deren Versatz von maximal einigen Dekametern Vertikalverschiebung war bei Sondierungen mit der Rx-Seismik nur noch bedingt auflösbar. Dennoch richtete sich die Strukturbildung der Asse nach dieser WNW-ESE streichenden Vorzeichnung der Basalfraktur.

Die triassischen Sedimente des Deckgebirges der Subherzynen Senke wurden während der in der Obertrias/Jura beginnenden Kompaktion/Diagenese (Stadium I, Vorphase) intensiv zerklüftet (Primärklüfte). Eine stärkere Zerklüftung des Deckgebirges im Bereich der später entstehenden Salinarstrukturen ist nach Untersuchung der Kluftdichten im Umfeld der Asse nicht zu erkennen. Während der primären Zerklüftung des postsalinaren Deckgebirges ist die Basalfraktur demzufolge noch als inaktive strukturelle Vorzeichnung anzusehen. Vor dem Oberjura gibt es auch keine weiteren Hinweise auf strukturbildende Prozesse an der Asse. Trotz geringer Versatzbeträge an der Basalfraktur orientierten sich aber die späteren Durchrisse an der Struktur Asse entlang einer der Hauptkluftrichtungen (WNW-ESE) des postsalinaren Deckgebirges (Abbildung 4).

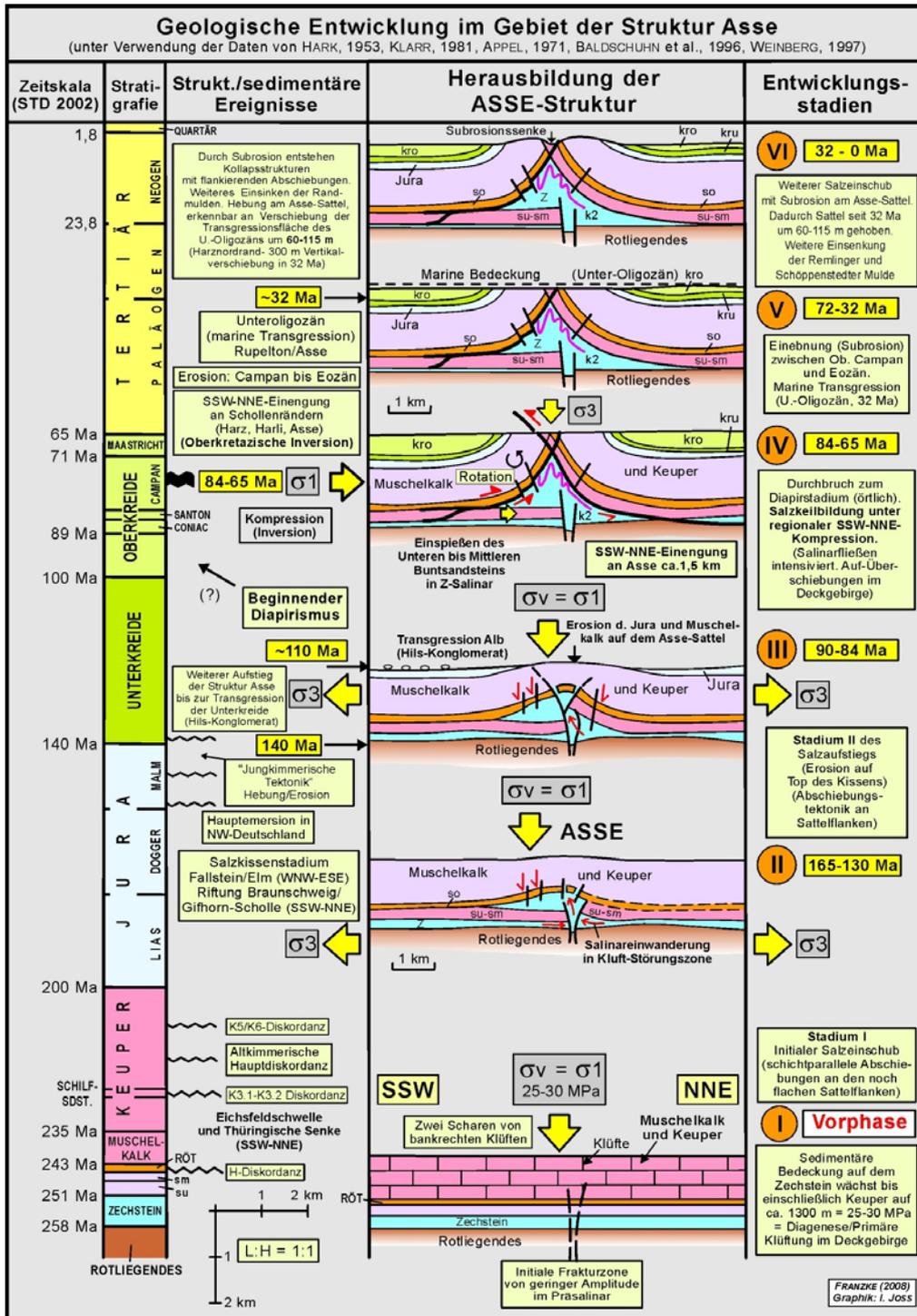


Abbildung 4 Strukturelle Entwicklung der Asse, abgeleitet aus Deckgebirgsaufschlüssen der Struktur Asse und aus Vergleichen mit benachbarten Strukturen einschließlich der Nordrandstörung des Harzblocks (FRANZKE & SCHWANDT, 2008, /17/)

Die Entwicklungsstadien II und III (Oberjura–Oberkreide) waren in der Subherzynen Scholle durch SSW–NNE–Extension ( $\sigma_{\text{hmin}}$  in NNE–SSW) gekennzeichnet. Über der Basalfrakturzone konnte sich unter diesen Stressbedingungen eine initiale Anstauung des Salinars bilden und durch die Dehnung des Daches eine Kluft- und Abschiebungszone in das Deckgebirge hinein ausweiten. Diese Aufrichtung des Deckgebirges über der Salinaranstauung war mit der Bildung von schichtparallelen und flach-diskordant die Schichtgefüge schneidenden Abschiebungen an den Flanken verknüpft. Auf dem Topp des Sattels entstanden durch die starke Biegebeanspruchung Bündel von Scheitelstörungen und möglicherweise kleinere keilförmige Grabeneinbrüche. Aus diesen entwickelte sich die Scheitelstörung. Das Eindringen des unter der Sedimentbelastung von ca. 2 km kriechfähigen, mit Ausnahme der Anhydriteinlagerungen auch spezifisch leichten Salinars in die aufreißende Spaltenzone des Deckgebirges wurde durch hydraulische Gradienten gefördert. Diese entwickelten sich zwischen den unter noch höherer Sedimentlast stehenden Flankenbecken von Remlingen und Schöppenstedt und der Auflockerungszone des sich aufwölbenden Salinarsattels. Der weitere Aufstieg und das Durchbrechen des Zechstein-Salinars in die Weitungstrukturen des Deckgebirges erfolgten im Scheitelbereich der Asse. Das für die Strukturbildung benötigte Salinarvolumen wanderte aus den einsinkenden Becken von Remlingen und Schöppenstedt in die Strukturzone der Asse ein.

Im Stadium IV (oberkretazische Inversion, späte Oberkreide–Alttertiär, ca. 80–60 Ma) haben sich durch regional einwirkenden kompressiven Stress aus S bis SSW u. a. die N-Aufschubung des Harzblocks und die partielle Überkipfung und Stauchung der S-Flanke der Asse ereignet. Die bereits steil aufgerichtete Südflanke wurde hierbei partiell nach S, auf den Harzblock zu, eingekippt. Dabei wurde das Schichtprofil der Südflanke tektonisch weiter ausgedünnt und es bildeten sich streichende S–Überschiebungen und gleichzeitig linksdrehende Quer- bis Diagonalstörungen an SSW–NNE- und SW–NE-Brüchen, welche mit diesem Stressfeld ebenfalls kompatibel sind.

Die vorangegangene Weitungstektonik (Stadien I bis III) an der Salzstruktur Asse wurde durch die Quereinengung des Stadium IV deutlich überkompensiert. Aus den Profilschnitten lassen sich additiv ca. 1,5 km Quereinengung im Deckgebirge entnehmen. Da keine nennenswerten Versatzbeträge im Präsalinar festzustellen sind, ist dies als vom Untergrund abgekoppelte Gleitung des Deckgebirgsstockwerks auf der nach SSW geneigten Unterlage des basalen Zechsteins anzusehen (thin-skinned tectonics). In der Inversionsphase der „Saxonischen Tektonik“ war die maximale horizontale Hauptspannung ( $\sigma_{\text{hmax}}$ ) in SSW–NNE ausgerichtet. Das kompressive Stressfeld erzeugte im fließfähigen Salinarkörper hydraulische Überdrücke und ermöglichte so die laterale Injektion von Zechstein-Salinar in die aufreißende Ablösefläche des Rötosalinars („Salzkeil“ im Sinne von KOCKEL (2003, /33/)) und das N-gerichtete subhorizontale Einspießen der in subhorizontaler Lage verbleibenden starren Unterplatte des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in das angestaute Zechstein-Salinar des Kerns des Asse-Sattels.

Auf dem Topp des Sattels zeigt die Überlagerung von marinen Sedimenten der Oberkreide (Obersanton bis Untercampan) auf ältere Residualbildungen des Salinars, dass das Zechstein-Salinar vor der Transgression des Obersanton an der Scheitelstörung zur damaligen Landoberfläche durchgebrochen sein muss („Salzgletscher“). Im Bereich der Scheitelstörung entstand seit der Oberkreide durch Subrosion auch die zentrale Subrosionssenke, in welcher sich Sedimente der Oberkreide und des Oligozäns sowie des Quartärs erhalten haben.

In den Stadien V und VI (Tertiär/Quartär) setzte sich die differentielle Hebung des Sattelkerns fort, die zu einem nochmaligen Salzdurchbruch im Tertiär (Eozän/Oligozän) führte. Dies wird dadurch belegt, dass Sedimente des Unteroligozäns (glaukonitische Grünsande) wiederum Residualbildungen überlagern. Heute unterschiedliche Höhenlagen des Tertiärs am Topp des Sattels (bis ca. 80 m) und zu den benachbarten Mulden von Remlingen und Schöppenstedt zeigen, dass der Salzauftrieb sich auch im jüngeren Tertiär/Quartär noch fortsetzte. Die Fließbewegungen des Salinars und die Subrosionsvorgänge lösten im Deckgebirge gravitative Gleitbewegungen und Kollapseinbrüche aus.

Weitere Schlüsse zur Entstehung und zur mechanischen Funktion der Strukturelemente des Deckgebirges sind aus den gegenwärtig zu erarbeitenden Berichten zu den Bohrungen PN1 bis PN3 an der Südflanke der Asse zu entnehmen (JOCKEL ET AL., 2009; FRANZKE, 2009).

In der Ergänzung bzw. Bestätigung zu den Übertagearbeiten zur Tektonik des Deckgebirges ergaben sich die nachfolgenden Gesichtspunkte.

Alle in Tagesaufschlüssen dokumentierten Strukturelemente des Deckgebirges traten auch in den Bohrungen auf. Wegen der kontinuierlich vorliegenden Kernmärsche lieferten sie z. T. sogar bessere Einblicke in die Struktur des Deckgebirges der Asse als die wenigen verfügbaren Übertageaufschlüsse. Ein Nachteil war die fehlende Kernorientierung. Mit der allgegenwärtig vorhandenen Schichtung der Sedimente war jedoch eine Referenz gegeben, mit deren Hilfe die Gefügeelemente halbquantitativ räumlich eingeordnet werden konnten.

Ein wesentliches Strukturelement der Bohrungen an der Südflanke der Struktur Asse sind in der Ebene der Schichtflächen verlaufende Störungen mit scherbedingt entstandenen Störungsbelegen (fein- und wechsellörnige Störungsbrekzien). Dieser Typ der Störungen ist durch Schichtgleitung beim Aufbiegen der Schichtfolge entstanden und stellt mit seinen abdichtenden Flächenauskleidungen ein zusätzliches Schutzelement dar. Dies erhöhte die bereits primär vorhandene abschirmende Wirkung des wechselschichtigen Deckgebirgsstapels mit den zahlreich eingelagerten pelitischen und salinaren Horizonten.

So lange in der geologischen Geschichte der Struktur Asse diese Schutzhülle nicht verletzt wurde, etwa bis zum Santon (Oberkreide), waren Infiltrationen definitiv nur kurzzeitig dann möglich, als das Salinar im Santon und im Alttertiär (Eozän-Oligozän) in einzelnen Abschnitten der Struktur zur Erdoberfläche durchbrach, da sich abdich-

tende Caprocks durch Subrosion eines Teils des Salinars erst allmählich ausbilden konnten.

Die geomechanische Wirksamkeit dieser sehr effektiven Schutzhülle wurde jedoch durch weitere Bruchformen beeinträchtigt. Diese entstanden teilweise schon bei der Hochbewegung des Salinarsattels oder während der oberkretazisch-tertiären Tektonik. Dabei handelt es sich um:

- 1) Bergbauliche Eingriffe (hier nicht zu diskutieren),
- 2) die Bildung von Diagonal- und Querstörungen/Kluftzonen,
- 3) mit der Sattelwölbung an den Flanken entstandene, steil einfallende, die Schichtfolge schneidende (diskonforme) Abschiebungen,
- 4) die gegenseitige Verschneidung von Störungen verschiedener Raumlage initiierten ein erhöhtes Infiltrationspotential in Scharungs- bzw. Durchdringungsbereichen von verschiedenen streichenden Störungen/Kluftzonen

und

- 5) parallel zur Struktur Asse streichende, flach einfallende Störungen (Auf- und Überschiebungen der höheren Oberkreide).

Diese Trenn- und Scherflächen durchsetzen das Schichtgefüge der Struktur Asse und konnten durch Verschneidung von Flächen und durch Störungsbewegungen zu lokalen Perforationen der einhüllenden Schutzschicht des Deckgebirges führen.

#### **4.1.4 Zusammenfassende Empfehlungen zu möglichen Einlagebereichen**

Die Umlagerung der radioaktiven Abfälle aus dem bisherigen Grubengebäude in neu aufzufahrende Grubenbaue sollte in den Bereich der Salzstruktur erfolgen, in welchem das Salinar außerhalb bestehender Grubenbaue ausreichend mächtig und geomechanisch homogen ausgebildet ist.

Dafür kommt an der Struktur Asse nur das Staßfurtsteinsalz in Frage, da es im Kern des Salzstocks erheblich angestaut ist. Durch die Bohrung Remlingen 5 ist nachgewiesen, dass Unterer und Mittlerer Buntsandstein der Südflanke bei der Sattelbildung nicht mit aufgerichtet wurden, sondern in nahezu horizontaler Lage in einer Teufe von ca. 1.500 m verblieben sind. Hierdurch ist der Salzkeil der Südflanke entstanden, wobei das aufsteigende Zechstein-Salinar in die Ablösefläche des Rötosalinars der Südflanke eingedrungen ist. Daraus folgend hat sich eine asymmetrische Sattelstruktur ergeben. Nach dem Ergebnis der Bohrung Remlingen 5 sind noch ca. 700 m angestautes Zechstein-Salinar, hauptsächlich Staßfurtsteinsalz, unterhalb der 975-m-Sohle zu erwarten.

Der Bereich der Südflanke der Struktur Asse kommt als Einlagerungsbereich nicht in Frage. Neben der Konzentration von Grubenbauen im Bereich des Leinsteinsalzes der Südflanke und dadurch verursachte geomechanische Probleme sprechen auch geologische Faktoren, vor allem die verminderten Mächtigkeiten der Salinarhorizonte und das unmittelbare Angrenzen des Oberen Buntsandsteins, dagegen.

Durch die steile Aufrichtung bis Überkipfung der Südflanke mit partieller Ausdünnung leicht verformbarer Einlagerungen (Mergel, Sulfatgesteine, Tonsteine) oder der bruchhaften Fragmentierung kompakter Horizonte (Teile des Wellenkalks, Trochitenkalk) des Deckgebirges sowie durch den kompletten Ausfall des Unteren und Mittleren Buntsandsteins als wichtige Teile des Schutzschirms des Deckgebirges ist die Südflanke als Umlagerungsareal nicht geeignet. Hinzu kommt innerhalb des Salinars der Südflanke ein komplizierter interner Sattel- und Muldenbau („Südmulde“ und weitere Unterstrukturen), welcher einem Umlagerungskonzept ebenfalls abträglich ist.

Nach Auswertung der zur Verfügung stehenden Unterlagen kommen prinzipiell zwei Einlagerungsbereiche innerhalb des Hauptsalzes des Staßfurtsteinsalz in Frage:

- 1) Nordflanke des Salinarsattels im bisherigen Teufenniveau der Grubenbaue (bis ca. 1.000 m) mit möglichst großem Abstand des Umlagerungsbereiches zu den vorhandenen Grubenbauen und zum Deckgebirge der Nordflanke. Dies ist nur WNW von Schacht Asse 2 möglich, da nur dort im Bereich ab der 900-m-Sohle ausreichende Mächtigkeiten des Älteren Steinsalzes, speziell des Staßfurt-Hauptsalzes, gegeben und relativ große Abstände von Neuauffahrungen (200 m) zu vorhandenen Grubenbauen und zum Deckgebirge der Nordflanke vorhanden sind. Wegen der drastischen Verschmälerung des Sattels und der Fortsetzung der „Südmulde“ nach Osten, im Deckgebirge und über Tage wahrscheinlich als Störung von Gr. Vahlberg bekannt, kommt der Bereich östlich von Schacht Asse 2 nicht in Frage (östlich der Straße von Remlingen nach Gr. Vahlberg, Kreisstraße 513), da in diesem Abschnitt wegen der drastischen Querverengung des Salinarsattels nicht mehr genügend Pufferraum im Salinarkörper zur Verfügung steht. Außerdem ist östlich der Straße Remlingen - Gr. Vahlberg das Zechstein-Salinar bis zur Erdoberfläche durchgestoßen und wird nur von einem dünnen Schleier von Quartär bedeckt.
- 2) Kern des Sattels unterhalb des bisherigen Grubenfeldes. Diese Auffahrungen müssen ausreichend weit entfernt vom bisherigen Grubengebäude vorgenommen werden, um mit Sicherheit außerhalb des durch die bisherigen bergmännischen Arbeiten gebirgsmechanisch beeinflussten Bereichs zu bleiben. Um die Gefahr des Einsickerns der gegenwärtig in die Grube eindringenden Laugen aus dem bisherigen Grubenfeld zu vermeiden, sollten die für die Umlagerung neu aufzufahrenden Grubenbaue seitlich versetzt zum existierenden Grubenfeld aufgefahren werden.

Da die vorgeschlagenen Bereiche bisher nicht in die Erkundung einbezogen waren, wird vor Auffahrung von Umlagerungsgrubenbauen der Nachweis der Eignung zur Einlagerung durch geeignete Erkundungsmaßnahmen empfohlen.

## 4.1.5 Hydrogeologie

### 4.1.5.1 Deckgebirge

Die hydrogeologischen Verhältnisse im suprasalinaren Deckgebirge sind bei der Auswahl von möglichen Einlagerungshorizonten und –bereichen insoweit von Interesse, als die hier zirkulierenden Grundwässer Bestandteil der zu schützenden Biosphäre sind. Aufgrund der Mineralisation dieser Wässer besteht gegenüber den salinaren Gesteinen ein Lösepotential, was für den Fall eines Übertritts in das Zechsteinsalinar zu einer nicht zulässigen Beanspruchung der geologischen Barrieren führen könnte.

Eine detaillierte Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse im Umfeld des Bergwerkes Asse II ist u.a. in den Arbeiten von SCHÖNFELD (1986, /43/) und von BATSCHKE, KLARR U. V. STEMPEL (1994, /6/) enthalten. Aufgrund seiner Nähe zum Zechsteinsalinar sowie seiner exponierten Lage im Zentralbereich der Salzstruktur sind dabei die Grundwasserleiter bzw. -geringleiter des Buntsandsteins von besonderem Interesse (vgl. Abbildung 1).

Der Buntsandstein ist im Untersuchungsraum durch eine zyklisch gegliederte Wechsellagerung von Sandsteinen mit Ton- bzw. Mergelsteinen vertreten. Die Grundwasserführung im Buntsandstein ist vor allem an intensiv geklüftete Gesteine gebunden (Abbildung 1, blau hinterlegte Felder). Wichtige Grundwasserleiter sind der karbonatisch ausgebildete Rogenstein des Unteren Buntsandsteins sowie der zur Solling-Folge gehörende Basissandstein des Mittleren Buntsandsteins. Für den Oberen Buntsandstein wurde in Bereichen mit normaler Schichtenausbildung lediglich der Anhydrit des Röt 1 als grundwasserführend angetroffen.

Oberflächennah sind die Steinsalzlagen und die Anhydrit-/Gipshorizonte des Oberen Buntsandsteins subrosiv beeinflusst. Das hierdurch gebildete Residualgebirge aus Gips, Anhydrit und Ton zeichnet sich durch eine höhere Permeabilität aus und wird als grundwasserführend beschrieben (COLENCO, 2002, /11/). Im Bereich der Flanken der Asse-Struktur ist in Folge der tektonischen Beanspruchung des Gebirges eine erhöhte Kluftdichte anzunehmen. Dabei könnten zu unterschiedlichen Zeiten im Oberen Buntsandstein Bereiche entstanden sein, in denen isolierte Vorkommen von hochmineralisierten Lösungen vorkommen können. Diese ggf. vorhandenen Lösungen sind dabei auf das vorhandene, mit zunehmender Teufe abnehmende Kluftréservoir beschränkt. Die Mineralisation dieser Salzlösungen ist durch die Löse-

und Umbildungsprozesse im Bereich des Zechsteinsalinars während der salztektonischen Bewegungen bestimmt.

#### **4.1.5.2 Lösungsvorkommen im Salinar**

Bei Auswahl eines Einlagerungshorizontes und –bereiches ist zu berücksichtigen, dass einzelne Horizonte des Zechsteinsalinars in der Vergangenheit Lösung führend angetroffen wurden.

Neben dem Ersaufen der benachbarten Schachtanlage Asse I im Jahr 1906 nach dem Anbohren des Grauen Salztons und dem Volllaufen der Schachtanlage Asse III (beherrschbarer Zutritt aus dem Grubenfeld) nach ihrer Stilllegung im Jahr 1924 waren auch im Bergwerk Asse II vereinzelt Laugenzutritte zu verzeichnen, welche dort allerdings stets beherrschbar blieben (KÜHN, KLARR, BORCHERT, 1967, /36/).

#### **Lösungszutritt beim Abteufen des Schachtes Asse 2**

Nach Angaben von KÜHN, KLARR, BORCHERT (1967, /36/) traten beim Abteufen des Schachtes in den Jahren 1906 bis 1908 in der Anhydritmittelzone in 336 m bis 339 m Teufe sowie in 374 m bis 377 m Teufe in geringem Umfang Lösungszutritte auf.

#### **Lösungszutritt über dem Carnallitabbau an der Nordflanke**

Die Betriebsplanunterlagen der Jahre 1912/1913 weisen auf der 725-m-Sohle einen Laugenzutritt in einer aus der Kammer 11 nach Norden gestoßenen Erkundungsbohrung aus. Zutrittsraten sind nicht angegeben, da aber keine weiteren Aufzeichnungen zu Zutritten aus der mit Magnesia zement verfüllten Bohrung vorhanden sind, kann von insgesamt geringen Schüttungsmengen ausgegangen werden (GSF, 2003, /20/).

Im Jahr 1933 wurde über der 750-m-Sohle am Pfeiler zwischen den Abbaukammern 10 und 11 eine Horizontalbohrung ins Hangende gestoßen. Diese Bohrung traf bei 718 m Teufe, gemäß Analyse durch GSF (2003, /20/) im Übergangsbereich vom Carnallit zum Jüngeren Steinsalz der Leine-Folge, auf Lösung. Die Zutrittsstelle im Niveau der 725-m-Sohle wurde sofort versetzt. Eine Mitteilung an die Bergbehörde erfolgte nicht. Im Jahr 1941 wurde durch den Betreiber des Bergwerkes die Freilegung des Bohrloches angeordnet und die Zutrittsstelle kontrolliert. Das Bohrloch selbst wurde vollständig zukristallisiert und trocken vorgefunden. Allerdings zeigten Auswaschungen, dass in der Vergangenheit größere Mengen an Lösung in die versetzten Kammern geflossen waren (BÖRGER, 1943, /9/).

Ein größerer Lösungszutritt war 1939 auf der 750-m-Sohle in Abbaukammer 14 zu verzeichnen. Die Zutrittsstelle wurde in 728 m Teufe an der Firste der Kammer lokalisiert. Die auf der Sohle aus dem Versatz wieder austretende Lösung wurde seit 1939

in ihrer Menge erfasst und beprobt. Nachdem bis Juli 1939 geringe Zutrittsmengen von  $0,50 \text{ m}^3/\text{d}$  bis  $0,75 \text{ m}^3/\text{d}$  registriert worden waren, stieg der Zufluss am 10. Juli 1939 auf über  $60 \text{ m}^3/\text{d}$  an, um bis 11. August 1939  $138 \text{ m}^3/\text{d}$  zu erreichen. Es konnten drei Zutrittsstellen an den Stößen der Abbaukammern 13 und 14 auf der 725-m-Sohle identifiziert werden, die zwischen 1939 und 1941 auftraten und jeweils über mehrere Monate größere Schüttungsmengen aufwiesen, bevor der Zutritt sich auf weniger als  $1 \text{ m}^3/\text{d}$  reduzierte. Der letzte Zutritt versiegte im September 1942 (BÖRGER, 1943, /9/; KÜHN, KLARR, BORCHERT, 1967, /36/). Die Gesamtzutrittsmenge wird für alle drei Zutrittsstellen auf etwa  $12.000 \text{ m}^3$  geschätzt. Diese Lösung wurde in die Unterwerksbaue unterhalb der 750-m-Sohle gepumpt. In den Folgejahren bis 1945 betrug die Auffangmengen aus dem Versatz auf der 750-m-Sohle zwischen  $0,3 \text{ m}^3/\text{d}$  und  $<2,0 \text{ m}^3/\text{d}$ . Es wird davon ausgegangen, dass ein Teilvolumen der zugetretenen Lösungsmengen im Versatzmassiv gespeichert wurde und weiterhin kontinuierlich abgegeben wird. Die Auffangmenge liegt bis heute beständig zwischen  $0,2 \text{ m}^3/\text{d}$  und  $0,5 \text{ m}^3/\text{d}$  und wird in die Auffangbecken auf der 750-m-Sohle abgeleitet (GSF, 2003, /20/).

Im Zeitraum vom 10. Juli 1939 bis zum 27. August 1939 kam es auf der 700-m-Sohle im Querschlag zum Hauptgesenk II West zu einem Lösungszutritt mit einer Gesamtschüttungsmenge von etwa  $1.750 \text{ m}^3$  bei maximalen Zuflussraten von ca.  $99 \text{ m}^3/\text{d}$ . Die Zutrittsentwicklung lässt auf ein begrenztes Reservoir schließen, welches durch bergbauinduzierte Deformationen aktiviert wurde. Ein Zusammenhang mit dem Zutritt auf der 750-m-Sohle in Kammer 14 ist in Anbetracht der zeitlichen und räumlichen Koinzidenz nicht auszuschließen.

### **Lösungszutritt in der Untersuchungsstrecke nach Nordwesten auf der 700-m-Sohle**

In den Jahren 1911 bis 1912 wurde an der Südflanke im Carnallitit auf der 700-m-Sohle eine Erkundungsstrecke nach Nordwesten vorgetrieben. An einer streichenden Störung zwischen Carnallitit und Leinsteinsalz wurde ein Lösungsvorkommen angetroffen, woraufhin die Vortriebsarbeiten sofort eingestellt wurden. Die Zutrittsstelle, welche nur geringe Schüttungsmengen aufwies, war um 1920 versiegt. Im August 1939 setzte hier wieder ein geringer Zufluss ein, der bis Mitte der 1940er Jahre anhielt. Die zugetretenen Laugenmengen versickerten vor Ort in der Sohle. Weitere Zutritte sind seitdem nicht mehr zu verzeichnen (BÖRGER, 1943, /9/; KÜHN, KLARR, BORCHERT, 1967, /36/).

### **Lösungszutritt in der geplanten Verbindungsstrecke nach Schacht Asse 3**

Für die geplante Auffahrung der Verbindungsstrecke zwischen den Schachanlagen Asse II und Asse III wurden 1911 und 1912 zahlreiche Erkundungsbohrungen von der Strecke auf der 700-m-Sohle aus gestoßen. Die Bohrung Nr. 23 wurde in 363 m

Entfernung vom Schacht Asse 2 nach Südwesten angesetzt und traf nach 147 Bohrmeter im Anhydrit ein Lösungsvorkommen an. Das Bohrloch wurde daraufhin zementiert. Für die 67 m von Bohrung Nr. 23 entfernte Bohrung Nr. 24 wird angegeben, dass nach 120 Bohrmeter ebenfalls ein Lösungsvorkommen im Anhydrit angetroffen wurde. Angaben zu zugeflossenen Lösungsmengen sind nicht vorhanden. In der Folge war an diesen Stellen kein weiterer Zutritt mehr zu verzeichnen (KÜHN, KLARR, BORCHERT, 1967, /36/; GSF, 2003, /20/).

### **Lösungszutritt im Bohrloch 50/511**

Im Jahr 1960 wurde auf der 511-m-Sohle eine Erkundungsbohrung von Kammer 3 nach Nordosten gestoßen. Bei der Durchörterung einer Scholle des Grauen Salztons wurde Gas sowie in geringen Mengen Lösung freigesetzt. Angaben zur Schüttungsmenge aus dem als sehr begrenzt beschriebenen Reservoir sind nicht vorhanden (GSF, 2003, /20/).

### **Lösungszutritt in den Bohrlöchern 65/490 bis 67/490**

Im Jahr 1968 wurden am nordöstlichen Stoß der Kammer 8 drei Erkundungsbohrungen in den nördlichen Salzhang gestoßen, welche im Anhydrit Lösungsvorkommen antrafen. Die Schüttungsrate lag in den Bohrungen 65/490 und 66/490 bei wenigen Litern pro Minute während sie bei Bohrung 67/490 eine Größe von 250 l/min erreichte. Die Bohrungen wurden nach den Erkundungsarbeiten zementiert und zeigen seitdem keine Hinweise auf erneute Zutritte. Angaben zur Schüttungsmenge liegen nicht vor (GSF, 2003, /20/).

### **Lösungszutritt im Bohrloch 71/750**

Im Jahr 1979 wurde an der nordöstlichen Ecke der Kammer am 3. westlichen Querschlag auf der 750-m-Sohle (so genannte Holländerkammer) in einer Tiefe von -554,6 mNN eine Erkundungsbohrung nach Nordosten angesetzt. Diese Bohrung traf nach 358 Bohrmeter am 01. März 1979 in einer Tiefe von -689,0 mNN auf Gas und Lauge. Die Zuflussmenge verringerte sich von anfangs 300 l/min auf 140 l/min bis zur erfolgreichen Versiegelung des Zutritts durch Zementation der Bohrung nach etwa eineinhalb Stunden. Weitere Zutritte waren hier nicht zu verzeichnen (JÜRGENS, 1979, /26/).

Die Ergebnisse der jeweiligen chemischen Analysen der zugetretenen Lösungen zeigen, dass es sich bei allen Lösungsvorkommen mit Ausnahme der Zutritte im Schacht Asse 2 um  $MgCl_2$ -reiche Rest- bzw. Metamorphoselaugen aus der Entstehung bzw. Umbildung der Lagerstätte handelt. Die Zutritte zeigten, dass diese in isolierten Reservoirs vorwiegend im Bereich der Kontaktfläche zwischen Carnallit und Jüngerem

Steinsalz der Leinefolge anstanden und keinen Kontakt zum Grundwasser des Deckgebirges haben.

### **Aktuelle Zutrittsbereiche und Sammelstellen von Salzlösungen**

Im August 1988 bzw. im Januar 1989 wurden neue Zutrittsstellen in der Abbaureihe 5 bzw. in der Abbaureihe 3 identifiziert. Die zutretende Lösung wurde in der Folge auch auf den tieferen Sohlen nachgewiesen. Sie wird jeweils vor Ort gefasst und in Speicherbecken geleitet.

Weiterhin trat die im Versatzmaterial enthaltene Lösung aus den zu Zeiten der Kalisalzgewinnung versetzten Abbauen aus, wo sie aufgefangen und in Speicherbecken geleitet wurde. Teilweise wurde diese Lösung zu betrieblichen Zwecken (z. B. Bahnbau) verwendet und ist vereinzelt noch bis heute in kleineren Mengen vor allem auf der 750-m-Sohle anzutreffen.

Eine zusammenfassende Darstellung zur aktuellen Entwicklung der Lösungszutritte gibt STOCKMANN ET AL. (2001, /46/). In dieser Unterlage werden auch die Ergebnisse hydrochemischer Bewertungen sowie Angaben zu möglichen Migrationswegen mitgeteilt.

Im Hinblick auf die Auswahl der Einlagerungshorizonte und –bereiche ist davon auszugehen, dass folgende Bereiche potentiell lösungsführend sind bzw. Wegsamkeiten für Lösungen aufweisen:

- das Leinsteinsalz im Niveau der Anhydritmittelbänke,
- Grenzfläche zwischen Kalisalzflöz Staßfurt und hangenden Abschnitten des Staßfurtsteinsalz,
- Grauer Salzton und Hauptanhydrit,
- Steinsalzhorizonte des Leine-, Staßfurt- und Rötsteinsalz im Bereich der bergbaulich erheblich beanspruchten Südflanke der Salzstruktur.

Gleichwohl die Ergebnisse aus anderen Bergwerksbetrieben des Kali- und Steinsalzbergbau belegen, dass mit zunehmender Teufe eine Abnahme der Wahrscheinlichkeit von Lösungszutritten eintritt, kommen nach Meinung der Autoren die genannten Horizonte und Bereiche als Einlagerungshorizonte nicht in Frage.

## **4.2 Allgemeine Angaben zu den bergtechnischen Verhältnissen**

Nach erfolgreichen Probebohrungen auf Kali in den Jahren 1893 bis 1896 wurden im Bereich des Asse-Höhenzuges die Schachtanlagen Asse I, Asse II und Asse III errichtet.

### 4.2.1 Schächte

Der Schacht Asse 1 der Schachtanlage Asse I wurde von 1899 bis 1900 bei Wittmar abgeteuft. Die Endteufe betrug 375 m. Die Gewinnung von Carnallitit fand auf drei Sohlen (300-m-, 360-m- und 410-m-Sohle) statt, musste jedoch nach kurzer Zeit wieder eingestellt werden, da ein unkontrollierbarer Laugenzufluss auf der Wettersohle in 285 m Teufe etwa 350 m östlich des Schachtes am 14. Juli 1906 zur Aufgabe des Bergwerkes zwang (WOLDSTEDT ET AL., 1931, /48/). Infolge dessen legte die Bergbehörde am 1. Oktober 1915 um den östlichsten Punkt des Grubengebäudes (600 m östlich des Schachtes Asse 1 auf der 300-m-Sohle) einen Sicherheitspfeiler mit 450 m Radius fest. Mit Ausnahme der zu diesem Zeitpunkt bereits etwa 120 m bzw. 130 m in den Sicherheitspfeiler hineinragenden Vortriebsstrecken auf der 700-m- bzw. 750-m-Sohle durften vom Bergwerk Asse II aus keine Grubenbaue mehr in diese Richtung vorgetrieben werden (KÜHN, KLARR, BORCHERT, 1967, /36/). Eine bergbehördliche Ausnahme wurde für das Abteufen des Blindschachtes I von der 574-m-Sohle zur 750-m-Sohle erteilt, welcher 15 m innerhalb des Sicherheitspfeilers liegt (ASSE GMBH, 2009, /4/; GÄRTNER, 2001, /18/). Weitergehende Angaben zum Grubengebäude der Schachtanlage Asse I liegen nicht vor.

Der Schacht Asse 3 der Schachtanlage Asse III wurde von 1911 bis 1921 bei Klein Vahlberg abgeteuft (GÄRTNER, 2001, /18/). Die Endteufe betrug 725 m. Das Grubengebäude bestand nur aus wenigen Ausrichtungsstrecken auf der 600-m-, 675-m- und 725-m-Sohle, als die Schachtanlage 1924 im Rahmen der Stilllegungsverordnung von 1921 stillgelegt wurde. Mit der Einstellung der Wasserhaltung lief die Schachtanlage über eine 1922 angefahrne Laugenzutrittsstelle langsam voll Wasser. Die Entfernung zwischen Schacht Asse 3 und den am nächsten gelegenen südöstlichen Grubenbauen der Schachtanlage Asse II beträgt etwa 2.800 m (KÜHN, KLARR, BORCHERT, 1967, /36/; WOLDSTEDT ET AL., 1931, /48/). Weitergehende Angaben zum Grubengebäude der Schachtanlage Asse III liegen nicht vor.

Der Schacht Asse 2 der Schachtanlage Asse II wurde von 1906 bis 1908 bei Remlingen abgeteuft. Die Endteufe betrug 764 m. Von 1909 an wurde Carnallitit, von 1916 an parallel dazu auch Steinsalz gewonnen. Während die Kalisalzgewinnung 1925 eingestellt wurde, lief die Steinsalzproduktion bis zur Einstellung des Betriebes im Jahr 1964 (KÜHN, KLARR, BORCHERT, 1967, /36/; ASSE GMBH, 2009, /4/; GÄRTNER, 2001, /18/). Der Schacht Asse 4 der Schachtanlage Asse II wurde von 1974 bis 1977 auf der Tiefbohrung Remlingen 4 etwa 50 m westlich des Schachtes Asse 2 abgeteuft. Seine Endteufe beträgt 996 m. Im Jahr 1985 wurde der Schacht Asse 2 bis auf 950 m Endteufe weitergeteuft (ASSE GMBH, 2009, /4/).

Schacht Asse 2 als über lange Zeit einziger Schacht des Bergwerkes Asse II dient als Förder-, Seilfahrts-, Materialtransport- und Wetterschacht. Bis zur 490-m-Sohle ist

der Schacht durch einen Wetterscheider in ein Frischwetter- und ein Abwettertrum unterteilt. Der Hauptgrubenlüfter ist auf der 490-m-Sohle im Zugang zum Abwettertrum installiert. Schacht Asse 4 wurde für die Erstellung der Einlagerungskaverne unterhalb der 950-m-Sohle abgeteuft und dient heute zu sehr geringen Anteilen der Grubenbewetterung als einziehender Wetterschacht (MÜLLER-LYDA ET AL., 2009, /38/).

#### 4.2.2 Baufelder

Insgesamt sind auf der Grube Asse II drei Baufelder zu unterscheiden (siehe Anlage 4):

- Das älteste Baufeld ist das Carnallitbaufeld im Flöz Staßfurt an der Nordflanke mit einem Ausbruchsvolumen von ca. 1,0 Mio. m<sup>3</sup>. Im Zeitraum von 1909 bis 1925 wurde es im Teufenbereich von 710 m bis 750 m abgebaut. Bereits während der Gewinnung wurden die Abbaue größtenteils mit Fabrikrückständen der Aufbereitung mittels Sturzversatz verfüllt.
- Das größte und die geomechanische Situation bestimmende Baufeld ist das im Leinsteinsalz an der Südflanke mit einem Ausbruchsvolumen von ca. 3,4 Mio. m<sup>3</sup> im Teufenbereich von 475 m bis 750 m im Zeitraum von 1916 bis 1964 angelegte Baufeld. In den 1980er Jahren wurde es teilweise mit Salz aus dem Tiefenaufschluss verfüllt, der für die Durchführung von Forschungsarbeiten aufgefahren wurde. Von 1995 bis 2004 wurde es nahezu vollständig mit Fremdversatz von der Halde Ronnenberg verfüllt.
- Das Steinsalzbaufeld im Sattelkern (Staßfurtsteinsalz) mit einem Ausbruchsvolumen von ca. 0,5 Mio. m<sup>3</sup> zwischen der 725-m-Sohle und der 775-m-Sohle wurde im Zeitraum von 1927 bis 1964 aufgefahren. In dieser Zeit wurde es mit Steinsalzpuder und Salz aus Beraubearbeiten zunächst teilversetzt. In der Folgezeit erfolgte die nahezu vollständige Verfüllung der Resthohlräume dieses Baufeldes mit Salz aus Beraubearbeiten und Streckenvortrieben bzw. mit Sorelbeton.

Der Abbau des Carnallit an der Nordflanke der Asse-Salzstruktur erfolgte auf einer streichenden Länge von etwa 850 m zwischen der 700-m- und der 750-m-Sohle auf bis zu sechs Teilsohlen.

Insgesamt wurden 25 Abbaukammern mit einer Breite von 20 m bei 10 m Pfeilerbreite aufgefahren. An den Randbereichen im SE und NW folgt die Kammergeometrie der Lagerstättenausbildung, so dass dort abweichende Dimensionen anzutreffen sind (z.B. Kammer 14 mit 50 m in Streichrichtung und zwischen 20 m und 45 m quer dazu). Die quer zum Streichen aufgefahrenen Abbaukammern weisen Kammerlängen zwischen 40 m (Kammern 9 und 12) und 120 m (Kammern 4 und 6) auf. Der Teil-

sohlenabstand beträgt 7 m bis 8 m. Die Schweben wurden hereingewonnen. Die Höhe der Abbaue reicht von 20 m an den Randbereichen des Baufeldes im SE und NW bis zu 40 m im Zentralteil. Die Sohlen und Teilsohlen sind durch eine Rampe sowie Gesenke miteinander verbunden. Die Standzeit der Abbaue liegt derzeit zwischen 86 und 100 Jahren (ASSE GMBH, 2009, /4/).

Der Abbau des Leinesteinsalz an der Südflanke der Asse-Salzstruktur erfolgte über 13 Sohlen von der 750-m-Sohle beginnend bis zur 490-m-Sohle (siehe Anlage 4).

Die bis zu 15 m hohen Abbaue sind durch Schweben voneinander getrennt. Die Schwebenmächtigkeit beträgt unterhalb der 700-m-Sohle bei 25 m Sohlenabstand 10 m bis 15 m und oberhalb der 700-m-Sohle bei 21 m Sohlenabstand ca. 6 m. Die Pfeilerbreite zwischen den zumeist 60 m im Streichen aufgefahrenen und querschlägig bis zu 40 m breiten Abbauen beträgt 12 m. Lediglich der Hauptpfeiler zwischen den Abbauen 4 und 5 hat eine Breite von 20 m. Auf einer Sohle befinden sich zumeist neun Abbaue streichend nebeneinander, wobei insgesamt 131 Kammern jeweils sohlenweise, beginnend auf der 750-m-Sohle angelegt wurden. Die Sohlen sind durch Blindschächte im Leinesteinsalz und Rampen im liegenden Staßfurtsteinsalz miteinander verbunden. Die Standzeit der Abbaue liegt derzeit zwischen 44 und 90 Jahren (ASSE GMBH, 2009, /4/).

Der Abbau des Staßfurtsteinsalz im Sattelkern der Asse-Salzstruktur erfolgte über drei Sohlen von der 725-m-Sohle bis zur 775-m-Sohle.

Die Höhe der Abbaukammern beträgt 19 m auf der 725-m- und 750-m-Sohle und 17 m auf der 775-m-Sohle. Die Schwebenmächtigkeit beträgt von der 725-m- zur 750-m-Sohle 6 m, von der 750-m- zur 775-m-Sohle 8 m. Aufgrund der steilgestellten Wechsellagerung von Stein- und Kalisalzen im Sattelkern wurden die Kammern entsprechend der Lagerstättenausbildung des Staßfurtsteinsalz aufgefahren.

Auf der 725-m-Sohle wurden drei Abbaukammern in Streichrichtung mit einer Länge zwischen 70 m und 100 m aufgefahren. Die Kammerbreite beträgt zwischen 15 m und 22 m, wobei sich die Breite der östlichen Kammer 6 nach Osten hin von 18 m auf 6 m Breite reduziert.

Auf der 750-m-Sohle wurden vier Abbaukammern in Streichrichtung mit Längen zwischen 80 m und 100 m aufgefahren. Die Breite der Kammern variiert zwischen 14 m und 25 m. Nördlich der Kammer 4 wurde die Kammer 4a mit Abmessungen von etwa 50 m x 12 m aufgefahren. Östlich der Kammerreihe schließt sich die Kammer 5 an. Diese besteht aus zwei parallel zueinander in Streichrichtung aufgefahrenen Teilkammern mit ca. 65 m Länge und jeweils durchschnittlich 7 m Breite, an welche sich östlich die Hauptkammer mit 75 m Länge und bis zu 15 m Breite anschließt.

Auf der 775-m-Sohle wurden westlich von Schacht Asse 2 drei Kammern in Streichrichtung aufgefahren, die bei 80 m bis 90 m Länge eine nach W hin abnehmende

Breite von 40 m, 25 m und 15 m aufweisen. Im S und SE von Schacht Asse 2 wurden vier Kammern quer zur Streichrichtung aufgefahren. Bei einer Kammerbreite von 25 m bis 30 m nimmt die Kammerlänge nach E hin von 30 m auf 70 m zu (ASSE GMBH, 2009, /4/).

#### 4.2.3 Hohlraumsituation und Fahrwege in den Einlagerungsniveaus

Auf der 490-m-Sohle liegen fünf Abbaukammern. Weiterhin sind hier die Infrastruktureinrichtungen der Schachtanlage (Füllortbereich, KFZ-Werkstatt, E-Werkstatt) sowie Laugensammelbecken eingerichtet. Die Grubenbaue sind mit Ausnahme der Abbaukammern unverfüllt. Die Kammer 4 ist leergefördert, während die übrigen Kammern teilversetzt sind (ASSE GMBH, 2009, /4/).

Auf der 511-m-Sohle liegen elf Abbaukammern. Die Kammern sind über Querschläge von der nach SE aufgefahrenen Richtstrecke erschlossen. Die Verbindung zu den benachbarten Sohlen ist über die Wendelstrecke sowie Blindschächte gegeben. Die Abbaukammern sind versetzt. Davon sind die Kammern 2, 8 und 9 teilversetzt. Eine Ausnahme bildet die Kammer 8a, in der die MAW eingelagert sind (siehe Kapitel 4.3.2) (ASSE GMBH, 2009, /4/).

Auf der 725-m-Sohle liegen 18 Abbaukammern im Carnallitit, drei Abbaukammern im Staßfurtsteinsalz und neun Abbaukammern im Leinsteinsalz. Die Kammern sind versetzt, wobei die Carnallititkammer 5 sowie die Kammern 6 und 7 im Staßfurtsteinsalz teilversetzt sind. Erschlossen sind die Carnallititkammern über Teilsohlenstrecken, einen östlichen Querschlag aus den Auffahrungen im Staßfurtsteinsalz, einen westlichen Querschlag aus der Wendelstrecke und vier Hauptgesenke. Der westliche Querschlag und die aus dem Niveau der 700-m-Sohle herabgeführte Teilsohlenstrecke sind versetzt. Die Kammern im Staßfurtsteinsalz sind über Querschläge aus der Wendelstrecke sowie aus der Richtstrecke nach W im Leinsteinsalz erschlossen. Die Kammern im Leinsteinsalz sind über drei Blindschächte, Richtstrecken auf Sohlenniveau von W sowie auf Firstniveau von der 700-m-Sohle aus erschlossen. Die Richtstrecken auf Firstniveau sind versetzt (ASSE GMBH, 2009, /4/).

Auf der 750-m-Sohle liegen 25 Abbaukammern im Carnallitit, sechs Abbaukammern im Staßfurtsteinsalz und zwölf Abbaukammern im Leinsteinsalz. Mit Ausnahme der Einlagerungskammern 1, 2, 4, 11 und 12 im Leinsteinsalz sind die Abbaukammern versetzt. Dabei sind Kammer 4 und 5 im Staßfurtsteinsalz sowie Kammer 3 und 5 im Leinsteinsalz teilversetzt. Die Carnallititkammern sind über Querschläge aus der nördlichen Richtstrecke nach Westen und der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten erschlossen. Die nördliche Richtstrecke nach Westen ab dem Streckenkrenz 3. westlicher Querschlag und die Querschläge zu den Kammern 1 bis 6 sind versetzt. Die Kammern im Staßfurtsteinsalz sind über Querschläge aus der Wendelstrecke, der

nördlichen Richtstrecke nach Osten, der 1. südlichen Richtstrecke nach Westen sowie über den Hauptquerschlag nach Süden erschlossen. Die Querschläge aus der Wendelstrecke, der 1. westliche Querschlag zu den Kammern 1 und 2 sowie die Querschläge zu Kammer 5 sind versetzt. Die Kammern im Leinsteinsalz sind über Querschläge aus der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen, der südlichen Richtstrecke nach Osten erschlossen. Die Kammern 1, 2 und 12 sind durch die nördliche Richtstrecke nach Osten sowie die 2. nördliche Richtstrecke nach Osten erschlossen. Die südliche Richtstrecke nach Osten ist vom Querschlag nach Kammer 5 bis zum östlichen Querschlag versetzt. Der östliche Abschnitt der 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten als Zugang zu den Kammern 1 und 2 ist durch Konvergenz verschlossen (ASSE GMBH, 2009, /4/).

Die folgende Tabelle 3 listet die dem Risswerk entnehmbaren Zugangswege vom Schacht Asse 2 bzw. von der Wendelstrecke aus zu den Einlagerungskammern auf. Die Liste ist beschränkt auf die jeweils kürzesten Wege mit geringstmöglicher Behinderung durch z.B. Versatz oder Hohlraumkonvergenz. Die Streckenlängen sind auf 5 m genau, die Streckenbreiten und -höhen auf jeweils 1 m genau dem Risswerk entnommen. Weitere Details zu den Kammern und Kammerzugängen sind den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 zu entnehmen.

Tabelle 3 Übersicht der Zugangsstrecken zu den Einlagerungskammern (nach Asse GmbH, 2009, /4/)

Sohle	Kammer	Strecke	von	nach	Zugang frei	Niveau in m ü. Sohle	Länge in m	Breite in m	Höhe in m	Querschnitt in m <sup>2</sup>
511	8a	Richtstrecke nach E	Wendelstrecke	K.8	ja	7	340	5	4	20
511	8a	Querschlag zu K.8a	K.8	K.8a	nein	0	5	4	2	8
725	7 Na2	Querschlag zu K.7 Na2	Wendelstrecke	K.7 Na2 westlich	nein	11	20	4	4	16
725	7 Na2	Querschlag zu K.7 Na2	Wendelstrecke	K.7 Na2 östlich	nein	13	25	5	5	25
725	7 Na2	westlicher Querschlag	Wendelstrecke	Richtstrecke von W	ja	0	100	5	4	20
725	7 Na2	Richtstrecke von W	westlicher Querschlag	Querschlag zu K.7/K.8 Na2	nein	0	210	5	4	20
725	7 Na2	Querschlag zu K.7/K.8 Na2	Richtstrecke von W	K.7 Na2	ja	0	80	5	2	10
750	2 Na2	Querschlag zu K.2 Na2	Wendelstrecke	K.2 Na2	nein	13	25	5	3	15
750	2 Na2	Hauptquerschlag nach S	Schacht Asse 2	1. südliche Richtstrecke nach W	ja	0	90	4	4	16
750	2 Na2	1. südliche Richtstrecke nach W	Hauptquerschlag nach S	1. westlicher Querschlag	ja	0	205	5	3	15
750	2 Na2	1. westlicher Querschlag	1. südliche Richtstrecke nach W	K.2 Na2	nein	0	45	5	2	10
750	1 Na3	2. nördliche Richtstrecke nach E	Schacht Asse 2	Strecke nach K.2 Na3	ja	0	240	4	3	12
750	1 Na3	Strecke nach K.2 Na3	2. nördliche Richtstrecke nach E	K.2 Na3	nein	0	140	4	3	12
750	1 Na3	Verbindungsstrecke	K.2 Na3	K.1 Na3	nein	0	15	4	3	12
750	2 Na3	2. nördliche Richtstrecke nach E	Schacht Asse 2	Strecke nach K.2 Na3	ja	0	240	4	3	12
750	2 Na3	Strecke nach K.2 Na3	2. nördliche Richtstrecke nach E	K.2 Na3	nein	0	140	4	3	12
750	4 Na3	Hauptquerschlag nach S	Schacht Asse 2	2. südliche Richtstrecke nach W	ja	0	160	4	4	16
750	4 Na3	2. südliche Richtstrecke nach W	Hauptquerschlag nach S	Querschlag zu K.4 Na3	ja	0	80	4	3	12
750	4 Na3	Querschlag zu K.4 Na3	2. südliche Richtstrecke nach W	K.4 Na3	nein	0	10	4	2	8
750	5 Na3	Hauptquerschlag nach S	Schacht Asse 2	südliche Richtstrecke nach E	ja	0	160	4	4	16
750	5 Na3	südliche Richtstrecke nach E	Hauptquerschlag nach S	Querschlag zu K.5 Na3	nein	0	40	4	3	12
750	5 Na3	Querschlag zu K.5 Na3	südliche Richtstrecke nach E	K.5 Na3	nein	0	15	5	3	15
750	6 Na3	Hauptquerschlag nach S	Schacht Asse 2	südliche Richtstrecke nach E	ja	0	160	4	4	16
750	6 Na3	südliche Richtstrecke nach E	Hauptquerschlag nach S	Querschlag zu K.5 Na3	nein	0	40	4	3	12
750	6 Na3	Querschlag zu K.5 Na3	südliche Richtstrecke nach E	K.5 Na3	nein	0	15	5	3	15
750	6 Na3	Verbindungsstrecke	K.5 Na3	K.6 Na3	nein	0	20	4	3	12
750	7 Na3	Hauptquerschlag nach S	Schacht Asse 2	südliche Richtstrecke nach E	ja	0	160	4	4	16
750	7 Na3	südliche Richtstrecke nach E	Hauptquerschlag nach S	Querschlag zu K.5 Na3	nein	0	40	4	3	12
750	7 Na3	Querschlag zu K.5 Na3	südliche Richtstrecke nach E	K.5 Na3	nein	0	15	5	3	15
750	7 Na3	Verbindungsstrecke	K.5 Na3	K.6 Na3	nein	0	20	4	3	12
750	7 Na3	Verbindungsstrecke	K.6 Na3	K.7 Na3	nein	0	20	4	3	12
750	7 Na3	2. nördliche Richtstrecke nach E	Schacht Asse 2	nördliche Richtstrecke nach E	ja	0	50	4	3	12
750	7 Na3	nördliche Richtstrecke nach E	2. nördliche Richtstrecke nach E	östlicher Querschlag	ja	0	200	5	3	15
750	7 Na3	östlicher Querschlag	nördliche Richtstrecke nach E	K.7 Na3	nein	0	80	4	2	8
750	8 Na3	Hauptquerschlag nach S	Schacht Asse 2	2. südliche Richtstrecke nach W	ja	0	160	4	4	16
750	8 Na3	2. südliche Richtstrecke nach W	Hauptquerschlag nach S	Querschlag E zu K.8 Na3	ja	0	110	4	3	12
750	8 Na3	Querschlag E zu K.8 Na3	2. südliche Richtstrecke nach W	K.8 Na3	nein	0	10	4	2	8
750	8 Na3	Hauptquerschlag nach S	Schacht Asse 2	2. südliche Richtstrecke nach W	ja	0	160	4	4	16
750	8 Na3	2. südliche Richtstrecke nach W	Hauptquerschlag nach S	Querschlag W zu K.8 Na3	ja	0	155	4	3	12
750	8 Na3	Querschlag W zu K.8 Na3	2. südliche Richtstrecke nach W	K.8 Na3	nein	0	10	4	2	8

Sohle	Kammer	Strecke	von	nach	Zugang frei	Niveau in m ü. Sohle	Länge in m	Breite in m	Höhe in m	Querschnitt in m <sup>2</sup>
750	10 Na3	Hauptquerschlag nach S	Schacht Asse 2	1. südliche Richtstrecke nach W	ja	0	90	4	4	16
750	10 Na3	1. südliche Richtstrecke nach W	Hauptquerschlag nach S	2. westlicher Querschlag	ja	0	310	5	3	15
750	10 Na3	2. westlicher Querschlag	1. südliche Richtstrecke nach W	K.10 Na3	ja	0	70	5	3	15
750	11 Na3	2. nördliche Richtstrecke nach E	Schacht Asse 2	nördliche Richtstrecke nach E	ja	0	50	4	3	12
750	11 Na3	nördliche Richtstrecke nach E	2. nördliche Richtstrecke nach E	östlicher Querschlag	ja	0	200	5	3	15
750	11 Na3	östlicher Querschlag	nördliche Richtstrecke nach E	südliche Richtstrecke nach E	nein	0	65	4	2	8
750	11 Na3	südliche Richtstrecke nach E	östlicher Querschlag	K.11 Na3	nein	0	15	4	2	8
750	12 Na3	2. nördliche Richtstrecke nach E	Schacht Asse 2	Strecke nach K.2 Na3	ja	0	240	4	3	12
750	12 Na3	Strecke nach K.2 Na3	2. nördliche Richtstrecke nach E	K.2 Na3	nein	0	140	4	3	12
750	12 Na3	Verbindungsstrecke	K.2 Na3	K.12 Na3	nein	0	10	4	2	8

#### 4.2.4 Wetternetz der Schachtanlage Asse II

Die bis zur 850-m-Sohle reichende Bewetterung des Grubengebäudes wird nahezu vollständig über den Schacht Asse 2 realisiert. Schacht Asse 4 ist schwach einziehend, trägt aber lediglich mit 10 m<sup>3</sup>/min bis 15 m<sup>3</sup>/min zum Gesamtwetterstrom von etwa 4.000 m<sup>3</sup>/min bei (MÜLLER-LYDA ET AL., 2009, /38/). Zur Realisierung eines Wetterkreislaufs ist der Schacht Asse 2 bis zur 490-m-Sohle durch einen Wetterscheider in Frisch- und Abwettertrum unterteilt. Der Hauptgrubenlüfter steht auf der 490-m-Sohle SW des Schachtes Asse 2 im Zugang zum Abwettertrum.

Ein Teil der einziehenden Wetter wird auf der 490-m-Sohle für die Bewetterung der Werkstätten auf der 490-m- und 511-m-Sohle sowie für die Beschickungskammer 8a/490 und die Laugensammelbecken in Kammer 3/490 abgezweigt.

Ein weiterer Teil der einziehenden Wetter wird auf der 637-m-Sohle für die Bewetterung des Laugenzwischenspeichers westlich der Abbaukammer 3 auf der 658-m-Sohle abgezweigt.

Auf der 700-m-Sohle wird die Baustoffanlage über eine Drosselklappe an Schacht Asse 2 permanent mit Frischwettern versorgt.

Die Schachtzugänge zur nördlichen Richtstrecke nach Westen und zur nördlichen Richtstrecke nach Osten auf der 750-m-Sohle sowie der Schachtzugang nach Osten auf der 800-m-Sohle sind offen und leiten einen Teil der Frischwettermenge in das Grubengebäude. Die übrige Frischwettermenge zieht über den offenen Schachtzugang auf der 850-m-Sohle in das Grubengebäude.

Die Wetter ziehen zwischen 850-m-Sohle und 490-m-Sohle über die Wendelstrecke, zwischen 800-m-Sohle und 679-m-Sohle über den Blindschacht 1 sowie zwischen 750-m-Sohle und 490-m-Sohle über den Blindschacht 3 durch alle Wetterabteilungen zum Hauptgrubenlüfter, der die Abwetter über das Abwettertrum in Schacht Asse 2 nach über Tage ableitet (MÜLLER-LYDA ET AL., 2009, /38/).

Die nachfolgende Tabelle 4 listet die Wetterwege und –mengen für die einzelnen Einlagerungskammern auf.

Tabelle 4 Wetterwege zu den und Wettermengen für die Einlagerungskammern (nach Müller-Lyda et al., 2009, /38/)

Kammer/Sohle	Frischwetterweg	Abwetterweg	Wettermenge in m <sup>3</sup> /min
8a/511	Beschickungszugänge aus 8a/490	Filter-Abluftanlage in 8a/490 – Abwetterstr. zum Schacht	80
7 Na2/725	Wendelstr.	WBrL. zur Wendelstr.	400
2 Na2/750	keine Sonderbewetterung	-	-
1 Na3/750	keine Sonderbewetterung	Wettergesenk zur 700-m-S. - Vahlberger Str.	-
2 Na3/750	keine Sonderbewetterung	1/750 - Wettergesenk zur 700-m-S. - Vahlberger Str.	-
4 Na3/750	Wendelstr. - Hauptquerschlag n. S - 2. südl. Richtstr. n. W	WBrL. zur 725-m-S. – Richtstr. n. W – Wendelstr.	600
5 Na3/750	Wendelstr. - Hauptquerschlag n. S - WBrL.	2. südl. Richtstr. n. W – WBrL. zur 725-m-S. – Richtstr. n. W – Wendelstr.	150
6 Na3/750	keine Sonderbewetterung	-	-
7 Na3/750	Keine Sonderbewetterung	-	-
8 Na3/750	Wendelstr. - Hauptquerschlag n. S - 2. südl. Richtstr. n. W	WBrL. zur 725-m-S. – Richtstr. n. W – Wendelstr.	600
10 Na3/750	1. südl. Richtstr. n. W - 2. westl. Querschlag	Blindschacht 1 zur 679-m-S. - Wendelstr.	150
11 Na3/750	keine Sonderbewetterung	-	-
12 Na3/750	nördl. Richtstr. n. E	Blindschacht 3 zur 490-m-S.	600

### 4.3 Angaben zu den Low Active Waste (LAW) und Medium Active Waste (MAW)

Zur Veranschaulichung der räumlichen Verteilung radioaktiven Materials im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II wird in den folgenden Ausführungen ein Überblick über die Bereiche des Grubengebäudes gegeben, in denen schwach- und mittelradioaktive Abfälle bzw. auch sonstige radioaktive Materialien lagern. Dies sind einerseits die Einlagerungskammern, andererseits aber auch ein Versuchsfeld sowie Strahlenschutzstützpunkte, in denen kontaminiertes Material zwischengelagert wurde (HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN, ASSE, 2008, /22/).

In der Schachtanlage Asse II wurden größtenteils schwachradioaktive Abfallstoffe (low active waste – LAW), zu einem geringen Teil aber auch mittelradioaktive Abfallstoffe (medium active waste – MAW) eingelagert. Die LAW wurden in Fässern verschiedener Größe angeliefert und in einer Kammer auf der 725-m-Sohle sowie in elf

Kammern auf der 750-m-Sohle eingestapelt oder abgekippt. Die MAW wurden ebenfalls in Fässern angeliefert, welche über eine Beschickungskammer auf der 490-m-Sohle mittels einer Krananlage in die Einlagerungskammer auf der 511-m-Sohle abgelassen wurden. Mit Ausnahme der im Älteren Steinsalz der Staßfurtfolge (Na2) aufgefahrenen Kammern 7 auf der 725-m-Sohle und 2 auf der 750-m-Sohle liegen alle Einlagerungskammern im Jüngeren Steinsalz der Leinefolge (Na3) (HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN, ASSE, 2008, /22/; HEYDORN, M.; HERRMANN, F., 2009, /23/).

#### 4.3.1 Kammern mit schwach radioaktiven Abfällen

In den Abbaukammern 1, 2, 4 – 8 sowie 10 – 12 im Na3 auf der 750-m-Sohle wurden zwischen April 1967 und Dezember 1978 insgesamt 79.056 Gebinde, davon 14.772 in verlorener Betonabschirmung oder Sonderverpackung, eingelagert. Bei einer Auffahrung der Kammern zwischen 1916 und 1923 beträgt die Standzeit der Grubenbaue zwischen 86 und 93 Jahren.

In räumlichen Zusammenhang mit diesen Kammern steht die Abbaukammer 2 im Na2 auf der 750-m-Sohle. In dieser Kammer wurden von Oktober 1976 bis Dezember 1978 36.900 Gebinde, davon vier in Sonderverpackung, eingelagert. Bei einer Auffahrung der Kammer zwischen 1927 und 1931 beträgt die Standzeit hier über 78 Jahre.

Im Na2 auf der 725-m-Sohle wurden in Abbaukammer 7 von Oktober 1975 bis Januar 1977 8.530 Gebinde, davon 35 in verlorener Betonabschirmung, eingelagert. Die Standzeit der Kammer beträgt bei einer Auffahrung zwischen 1932 und 1936 mehr als 73 Jahre.

Weiterhin wurden zu Testzwecken 8 Gebinde in die für MAW vorgesehene Abbaukammer 8a auf der 511-m-Sohle abgelassen. Diese Kammer wird in Kapitel 4.3.2 beschrieben.

Insgesamt wurden in den genannten Abbaukammern 124.494 LAW-Gebinde mit einem Bruttovolumen von 46.569 m<sup>3</sup> eingelagert. Den größten Anteil mit 76 % nehmen dabei die Fässer mit einem Volumen von 200 l oder weniger ein (ASSE GMBH, 2009, /4/; HEYDORN, M.; HERRMANN, F., 2009, /23/).

Nachfolgend werden die Zugänge zu sowie Verfüllarbeiten in den einzelnen Kammern nach Angaben von HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN (2008, /22/) kurz beschrieben. Eine detaillierte Zusammenstellung zu den Einlagerungskammern sowie den eingelagerten Gebinden geben Tabelle 5 und Tabelle 6.

### **Kammer 1**

Der Kammerzugang von der Richtstrecke zwischen dem Kaliabbau 12 östlich und der südwestlichen Ecke der Kammer 1 wurde im Zuge der Firstberaubung und Anhebung der Sohle um 1,5 m bis 2,0 m mit Salzgrus verschlossen.

### **Kammer 2**

Die Sohle der Kammer 2 wurde durch Auffüllung mit Salzgrus im Niveau um etwa 1,5 m bis 2,0 m angehoben, wobei die vier Kammerzugänge in den nordwestlichen bzw. in den nordöstlichen Kammerstoß ebenfalls mit Salzgrus verfüllt wurden. Der Resthohlraum nach Beendigung der Einlagerung blieb unverfüllt.

### **Kammer 4**

Im Zuge der Anhebung der Kammersohle um etwa 1,5 m bis 2,0 m mit Salzgrus wurden die Verbindungsstrecken im Sohlenniveau zu den Kammern 3 und 8 mit Salzgrus verschlossen. Der Resthohlraum nach Ende der Einlagerung blieb unverfüllt. Nach Beendigung der Einlagerung wurde der Zugang von der 2. südlichen Richtstrecke in die Kammer 4 durch Salzgrus und eine Ytong-Mauer verschlossen.

### **Kammer 5**

Der Resthohlraum nach Beendigung der Einlagerung wurde bis auf einen kleinen Bereich im Nordwesten der Kammer mit Salzgrus verfüllt. Die Verbindungsstrecken zu den Kammern 3 und 6 wurden mit Salzgrus und der Zugang von der südlichen Richtstrecke mit einer ca. 5 m dicken Salzbetonmauer verschlossen. Nach der Verfüllung der südlichen Richtstrecke nach Osten mit Salzgrus erfolgte zusätzlich der Bau einer ca. 6 m dicken Salzbetonmauer zum Abschluss des verfüllten Streckenabschnitts.

Die unverfüllte Verbindungsstrecke in der Firste von der nicht für die Einlagerung genutzten Kammer 3 in die Kammer 5 ist durch ein Gittertor verschlossen.

### **Kammer 6**

Die Verbindungsstrecken im Sohlenniveau von der Kammer 6 zu den Kammern 5 und 7 wurden im Rahmen der Einlagerung mit Salzgrus verfüllt. Nach Ende der Einlagerung wurde der Resthohlraum ebenfalls mit Salzgrus verfüllt. Die Verbindungsstrecke im Firstniveau zwischen den Kammern 7 und 6 sowie der Zugang von der südlichen Richtstrecke in die Nordwestecke der Kammer wurden jeweils mit einer 5 m dicken Salzbetonmauer verschlossen.

### **Kammer 7**

Für die Verfüllung des nach Ende der Einlagerung verbliebenen Resthohlraums wurde von der Kammer 5 im Staßfurtsteinsalz ein Querschlag zur Kammer 7 aufgefahren. Anschließend wurde der Zugang von der südlichen Richtstrecke nach Osten in die Kammer 7 (im Sohlenniveau) mit einer ca. 6 m dicken Salzbetonmauer verschlossen. Nach der Verfüllung des Resthohlraums mit Salzgrus erfolgte der Verschluss des Querschlages im Staßfurtsteinsalz mit einem aus fünf Schichten aufgebauten Damm (drei 5 m bis 6 m dicke Mauern aus Salzbeton im Wechsel mit zwei etwa 1,20 m dicken Dichtungsschichten aus Asphalt).

### **Kammer 8**

Der Resthohlraum wurde im Zuge der Einlagerung mit Salzgrus verfüllt. Die Verbindungsstrecken im Sohlenniveau zu den Kammern 4 und 9 sowie der für die Einlagerung aufgefahrene Kammerzugang im Firstniveau wurden mit Salzgrus verfüllt. Der nordwestliche Zugang durch den Pfeiler zwischen den Kammern 8 und 9 wurde mit Sandasphalt verschlossen.

### **Kammer 10**

Die Zugänge zur Kammer 10 im Sohlenniveau wurden vor Beginn der Einlagerung mit Wällen aus Salzgrus verschlossen. Der Resthohlraum sowie der für die Einlagerung aufgefahrene Zugang im Firstniveau wurden nach Ende der Einlagerung mit Salzgrus verfüllt. Das während der Einlagerung für die Wetterführung offen gehaltene Wetterloch zur 725-m-Sohle wurde nach Abschluss der Einlagerung im Niveau der 725-m-Sohle mit Kanthölzern und Salzgrus abgedeckt.

### **Kammer 11**

Mit der Anhebung der Kammersohle durch das Einbringen von Salz aus der Firstbe-  
raubung erfolgte der Verschluss der zwei Zugänge aus der nördlich der Kammer 11  
aufgefahrenen Begleitstrecke sowie der Verbindungsstrecken in die Kammern 7 und  
12 mit Salzgrus. Der Resthohlraum nach Beendigung der Einlagerung blieb unverfüllt.  
Nach dem Abschluss der Einlagerung wurden die Zugänge aus der südlichen Richt-  
strecke (Nordwest-Ecke im Sohlenniveau) und der Kammer 7 (Südwest-Ecke im  
Firstniveau) mit etwa 3 m dicken Mauern aus Salzbeton verschlossen.

### **Kammer 12**

Die Kammersohle wurde mit Salzgrus um etwa 1,5 m bis 2,0 m angehoben und  
gleichzeitig die Verbindungsstrecke zur Kammer 2 mit Salzgrus verfüllt. Der Durch-  
hieb in der Firste zwischen den Kammern 12 und 2 sowie der Resthohlraum nach

Ende der Einlagerung blieben unverfüllt. Nach der Beendigung der Einlagerung in der Kammer wurde der Zugang in die südwestliche Ecke der Kammer 12 durch Salzgrus und eine Ytong-Mauer verschlossen, die später durch eine Mauer aus Magnesiamörtel verstärkt wurde. Der Resthohlraum blieb unverfüllt.

### **Kammer 2 im Staßfurtsteinsalz auf der 750-m-Sohle**

Die Zugänge zur Kammer 2 im Sohlenniveau wurden vor Beginn der Einlagerung nicht verschlossen. Nach Ende der Einlagerung wurden sowohl der Resthohlraum als auch die Verbindungsstrecke im Sohlenniveau zur Kammer 3 mit Salzgrus verfüllt. Anschließend wurden die beiden Zugänge zur Kammer 2 im Firstniveau an der nordöstlichen und der südöstlichen Kammerecke durch etwa 5 m dicke Salzbetonmauern verschlossen. Der 1. westliche Querschlag einschließlich der beiden westlichen Zugänge zur Kammer 2 wurde 1987 mit Salzgrus verfüllt.

### **Kammer 7 im Staßfurtsteinsalz auf der 725-m-Sohle**

Der westliche Querschlag im Firstniveau von der Wendelstrecke in die Kammer 7 wurde durch ein Gittertor verschlossen. Die übrigen Zugänge zur Kammer 7 wurden mit Salzgrus verfüllt. Gemäß einer Forderung der Bergbehörde wurde der Resthohlraum bis auf einen Bereich im westlichen Teil der Kammer im Jahr 1994 mit Salzgrus verfüllt.

## **4.3.2 Kammer 8a mit mittelradioaktiven Abfällen**

In der Abbaukammer 8a im Na3 auf der 511-m-Sohle wurden mittelradioaktive Abfallstoffe über eine zu diesem Zweck auf der 490-m-Sohle aufgefahrene Beschickungskammer 8a eingelagert. Nach der Erprobung der Beschickungsanlage durch die Einlagerung von acht LAW-Gebinden wurden von August 1972 bis Januar 1977 1.293 MAW-Gebinde in die Abbaukammer 8a abgelassen. Insgesamt befinden sich also 1.301 Gebinde, die unter der Ablassöffnung einen Schüttkegel bilden, in dem unversetzten Grubenbau. Bei einer Auffahrung in den Jahren 1961/1962 beträgt die Standzeit der Kammer 47 Jahre.

Der einzige Zugang zur Kammer 8a wurde vor der Einlagerung durch eine Strahlenschutzmauer aus Stahlbeton verschlossen. Der Resthohlraum der Kammer nach Ende der Einlagerung blieb unverfüllt.

Auf der 490-m-Sohle wurde senkrecht über der Kammer 8a die Beschickungskammer 8a aufgefahren (siehe Anlage 4, 490-m-Sohle). Beide Kammern wurden durch

Bohrlöcher für die Beschickung, die Versorgung und das Monitoring verbunden und so für den Einlagerungsbetrieb vorbereitet (HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN, 2008, /22/).  
Detaillierte Angaben zur Einlagerungskammer sowie den eingelagerten Gebinden geben Tabelle 5 und Tabelle 6.

Tabelle 5 Übersicht zu den Einlagerungskammern und eingelagerten Haufwerks- und Abfallvolumen (nach Asse GmbH, 2009, /4/; Heydorn, M.; Herrmann, F., 2009, /23/)

Kammer	Stratigraphie	Mindestab- stand zum Deckgebirge in m	Auffahrungs- zeitraum	Kammer Auff.-vol. in m <sup>3</sup>	Leervol. 2009 in m <sup>3</sup>	Luftvol. 2009 in m <sup>3</sup>	offenes Vol. in m <sup>3</sup>	Konvergenzkorrek- turfaktor bis Ende bis Einlagerg. 2009		Versatz Haufwerk in m <sup>3</sup>	Feststoff in m <sup>3</sup>	Gebinde in m <sup>3</sup>	Haufw. +Geb. in m <sup>3</sup>
LAW													
1/750	Na3; N-Stoß tlw. Ca	110	1916-1918	10.600	6.600	2.700	1.500	0,83	0,72	2.396	1.605	2.693	5.089
2/750	Na3	160	1917	7.400	5.300	2.200	1.400	0,83	0,72	1.673	1.121	2.305	3.978
4/750	Na3	40	1918-1919	6.600	3.700	3.500	2.800	0,83	0,72	2.266	1.518	1.488	3.754
5/750	Na3	40	1918-1919	17.000	12.200	5.000	270	0,83	0,72	6.082	4.075	3.701	9.783
6/750	Na3	50	1919	19.900	14.300	4.700	-	0,83	0,72	4.963	3.325	6.592	11.555
7/750	Na3	60	1919-1920	18.800	13.500	5.000	-	0,83	0,72	6.967	4.668	3.993	10.960
8/750	Na3	30	1920-1921	11.800	8.500	3.500	-	0,83	0,72	4.177	2.798	2.833	7.010
10/750	Na3	20	1923	11.845	7.100	2.900	-	0,83	0,72	4.918	3.295	1.175	6.093
11/750	Na3; SE-Teil Na2	90	1921	16.200	11.700	4.500	800	0,83	0,72	1.076	721	6.792	7.868
12/750	Na3	140	1922	12.300	7.900	3.900	2.600	0,83	0,72	2.756	1.847	2.514	5.270
2/750Na2	Na2	120	1927-1928; '31	31.960	21.900	8.900	-	-	-	7.844	5.255	10.230	18.074
7/725Na2	Na2	120	1932-1936	27.540	14.000	6.000	1.600	-	-	9.384	6.287	2.251	11.635
8a/511	Na3	60	1961-1962	7.000	5.600	5.300	5.300	-	0,80	0	0	2	2
MAW													
8a/511	Na3	60	1961-1962	7.000	5.600	5.300	5.300	-	0,80	0	0	323	323
725-m-S.	LAW			27.540	14.000	6.000	-	-	-	9.384	6.287	2.251	11.635
750-m-S.	LAW			164.405	112.700	46.800	-	-	-	45.118	30.228	44.316	89.434
511-m-S.	LAW			7.000	5.600	5.300	-	-	-	0	0	2	2
511-m-S.	MAW			7.000	5.600	5.300	-	-	-	0	0	323	323
Gesamt	LAW			191.945	126.700	52.800	-	-	-	54.502	36.515	46.569	101.071
Gesamt	MAW			7.000	5.600	5.300	-	-	-	0	0	323	323
Gesamt	LAW+MAW			198.945	132.300	58.100	-	-	-	54.502	36.515	46.892	101.394

Tabelle 6 Übersicht zu den in der Schachtanlage Asse II eingelagerten Abfallgebinden (nach Asse GmbH, 2009, /4/; Heydorn, M.; Herrmann, F., 2009, /23/)

Kammer	Einlagerungszeitraum		Einlagerungsart		Einlagerungsart	Gebinde						Betonab- schirmung	Sonderver- packung	Gesamt	
	von Monat	Jahr	bis Monat	Jahr		Anzahl	100I-Fass	150I-Fass	200I-Fass	250I-Fass	300I-Fass				400I-Fass
LAW															
1/750	11	1969	9	1972	liegend gestapelt	0	0	10.156	0	25	752	0	0	10.933	
2/750	3	1972	8	1973	liegend gestapelt; stehend gestapelt	0	0	5.372	185	29	1.711	153	0	7.450	
4/750	4	1967	3	1971	stehend gestapelt	0	100	6.165	25	30	10	0	10	6.340	
5/750	7	1972	5	1977	abgekippt; liegend gestapelt	0	0	7.009	0	3	1.349	1.198	2	9.561	
6/750	6	1978	12	1978	abgekippt; liegend gestapelt	0	0	1.617	0	0	1.184	4.799	11	7.611	
7/750	7	1977	7	1978	abgekippt; liegend gestapelt	0	0	1.079	0	0	139	3.138	0	4.356	
8/750	9	1974	11	1978	abgekippt	213	0	10.200	0	154	709	0	2	11.278	
10/750	8	1974	11	1976	abgekippt	76	0	4.266	20	14	280	8	0	4.664	
11/750	8	1973	11	1977	abgekippt; liegend gestapelt	16	0	3.965	30	50	604	4.731	3	9.399	
12/750	8	1973	9	1974	liegend gestapelt	0	0	6.080	428	24	215	717	0	7.464	
2/750Na2	10	1976	12	1978	abgekippt	0	0	30.504	0	0	6.392	0	4	36.900	
7/725Na2	10	1975	1	1977	abgekippt	0	0	7.643	0	12	840	35	0	8.530	
8a/511	8	1972	1	1977	abseilen aus Beschickungskammer 8a/490	0	0	8	0	0	0	0	0	8	
MAW															
8a/511	8	1972	1	1977	abseilen aus Beschickungskammer 8a/490	0	0	1.293	0	0	0	0	0	1.293	
725-m-S.					LAW	0	0	7.643	0	12	840	35	0	8.530	
750-m-S.					LAW	305	100	86.413	688	329	13.345	14.744	32	115.956	
511-m-S.					LAW	0	0	8	0	0	0	0	0	8	
511-m-S.					MAW	0	0	1.293	0	0	0	0	0	1.293	
Gesamt					LAW	305	100	94.064	688	341	14.185	14.779	32	124.494	
Gesamt					MAW	0	0	1.293	0	0	0	0	0	1.293	
Gesamt					LAW + MAW	305	100	95.357	688	341	14.185	14.779	32	125.787	

### 4.3.3 Weitere Lagerplätze radioaktiver Materialien

#### Auslaugungsversuchsfeld

Auf der 490-m-Sohle im Planquadrat c4 befindet sich ein Streckenkreuz mit einem Zugang von der Wetterstrecke zur Kammer 4 (siehe Anlage 4).

In diesem Streckenkreuz wurden seit 1979 Versuche zum Auslaugverhalten von zementierten Probekörpern mit radioaktiven Stoffen durchgeführt. Das Versuchsfeld ist durch eine massive Tür gegen unbefugten Zutritt gesichert.

Von den ursprünglich 16 Versuchsfässern mit Probekörpern wurden im Jahr 2006 vier Behälter dem Forschungszentrum Karlsruhe (FZK-INE) für weitere wissenschaftliche Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Die übrigen zwölf 400 l-Fässer mit radioaktiven Stoffen sollen nach Beendigung des Versuchs ordnungsgemäß entsorgt werden (HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN, ASSE, 2008, /22/).

#### Raum für den Ganzkörperzähler

In der nordwestlichen Ecke des Füllortes des Schachtes Asse 2 auf der 490-m-Sohle befindet sich ein Streckenstummel, in dem ein Ganzkörperzähler installiert ist. Dort wird die Belegschaft der Schachtanlage Asse II jährlich auf Inkorporation ausgemessen (siehe Anlage 4, 490-m-Sohle, Planquadrat c4) (HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN, ASSE, 2008, /22/).

#### Probenaufbereitungsraum

Auf der 750-m-Sohle befindet sich südlich der nördlichen Richtstrecke nach Westen ein Grubenbau, der ursprünglich von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zur Untersuchung des elasto-plastischen Verhaltens von Steinsalz an einem Salzblock genutzt wurde (siehe Anlage 4, 750-m-Sohle, Planquadrat b3).

In diesem Raum werden Proben fester oder flüssiger Materialien für die durch den Strahlenschutz durchgeführten Messungen aufbereitet. Der Raum ist durch eine massive Tür gegen unbefugten Zutritt gesichert (HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN, ASSE, 2008, /22/).

#### Raum für die Aufbewahrung von Strahlenschutzgeräten

Auf der 750-m-Sohle befindet sich ca. 25 m östlich des Schachtes Asse 2 ein Streckenstummel, in dem Strahlenschutzgeräte aufbewahrt werden (Anlage 4, 750-m-Sohle, Planquadrat c4).

In diesem mit einer massiven Tür verschlossenen Grubenbau werden auch kontaminierte Hilfsmaterialien von Dekontaminationsarbeiten zwischengelagert (HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN, ASSE, 2008, /22/).

## **5 Beschreibung und Bewertung technischer Lösungen für Auffahrungen und Verschlussmaßnahmen von Strecken, Umlagerungshohlräume (Kammern/Kavernen) bzw. Schächten**

Die nachfolgenden Ausführungen stellen grundlegende Beschreibungen von Möglichkeiten zur Anbindung von aufzufahrenden Umlagerungshohlräumen in geeigneten Einlagerungshorizonten (vgl. Kapitel 4.1.4) in der Schachtanlage Asse II dar.

Prinzipiell kann die Anbindung von Umlagerungshohlräumen für die LAW bzw. MAW an das bestehende Grubengebäude der Schachtanlage Asse II durch Schächte und/oder geneigte Grubenbaue/Schrägstrecken erfolgen. In den folgenden Kapiteln werden die beiden genannten Möglichkeiten zur Anbindung der Umlagerungshohlräume an das bestehende Grubengebäude allgemein beschrieben, die durchzuführenden Arbeitsschritte in ihrer zeitlichen Reihenfolge näher spezifiziert und die erforderlichen Zeiten für die Durchführung der erforderlichen Arbeiten abgeschätzt.

Die Ausführungen stellen keine Konzepte zur Umlagerung dar, sondern sind als Grundlagen für die in Kapitel 9 in den untersuchten Varianten beschriebenen Konzepte zu verstehen.

### **5.1 Abteufen von Schächten**

Die Auffahrung von Schächten im vorhandenen Grubengebäude der Schachtanlage Asse II ist insofern vorteilhaft, da für einen Schacht im Vergleich zu Schrägstrecken nur ein geringer Flächenbedarf im stark durchbauten Gebirge besteht. Im Hinblick auf die geplante kurze Nutzungsdauer wird abgeschätzt, dass der Schachtsicherheitspfeiler zur Optimierung des Platzbedarfes minimiert werden kann. Im Folgenden werden verschiedene Schachtabteufverfahren vorgestellt und ihre Anwendbarkeit im zu erarbeitenden Konzept diskutiert.

#### **5.1.1 Abteufverfahren**

Als Abteufverfahren für Blindschächte kommen generell sowohl das bergmännische Teufen als auch das maschinelle Teufen in Betracht. Beide Verfahren werden im Folgenden mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen vorgestellt.

### 5.1.1.1 Schachtabteufverfahren - bergmännisches Teufen aus dem Vollen

Beim konventionellen Schachtabteufverfahren aus dem Vollen wird der Tagesschacht von der Tagesoberfläche bzw. als Blindschacht von der betreffenden Sohle über seine gesamte Schachtteufe aus aufgefahren. Das Lösen des Gesteins aus dem Gesteinsverband erfolgt durch Bohren und Sprengen. Anschließend wird das gelöste Haufwerk mittels Greifer in Kübel geladen, nach über Tage transportiert und dort aufgehaldet.

Nach dem Haufwerkstransport wird die freigelegte Schachtwandung durch einen temporären Ausbau gesichert. Dazu werden Baustahlmatten eingebracht und mit Ankern gesichert. Anschließend wird in einem Arbeitsgang eine Spritzbetonschicht als vorläufiger Schachtausbau aufgebracht. Abbildung 5 zeigt eine Prinzipdarstellung des Schachtabteufverfahrens ohne Vorbohrloch für das Abteufen eines Blindschachtes.

Prinzipiell wird eingeschätzt, dass das „Schachtabteufverfahren - bergmännisches Teufen aus dem Vollen“ zum Aufschluss des Einlagerungsfeldes bzw. zur Anbindung des Einlagerungsfeldes an das bestehende Grubengebäude angewandt werden kann.

Entsprechend den Vorschriften des § 15 der Allgemeinen Bundesbergverordnung (ABergV) ist nach dem Abschluss von Auffahrungsarbeiten generell ein zweiter Fluchtweg erforderlich. Im Rahmen ggf. später durchzuführender Planungen zur Auffahrung der Einlagerungshohlräume ist die bergrechtliche Genehmigungsfähigkeit der Auffahrung der Einlagerungshohlräume mit nur einem Fluchtweg zu bewerten.

Andererseits besteht grundlegend die Möglichkeit die beiden aufzufahrenden Schächte im Bereich der Einlagerungshohlräume durch eine Strecke zu verbinden und somit die erforderlichen Flucht- und auch Wetterwege für die Auffahrung der Einlagerungshohlräume zu schaffen. Diese Variante ist im Rahmen der ergänzenden Störfallbetrachtungen zum Konzept der Umlagerung der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II hinsichtlich ihrer strahlenschutztechnischen Machbarkeit zu bewerten.

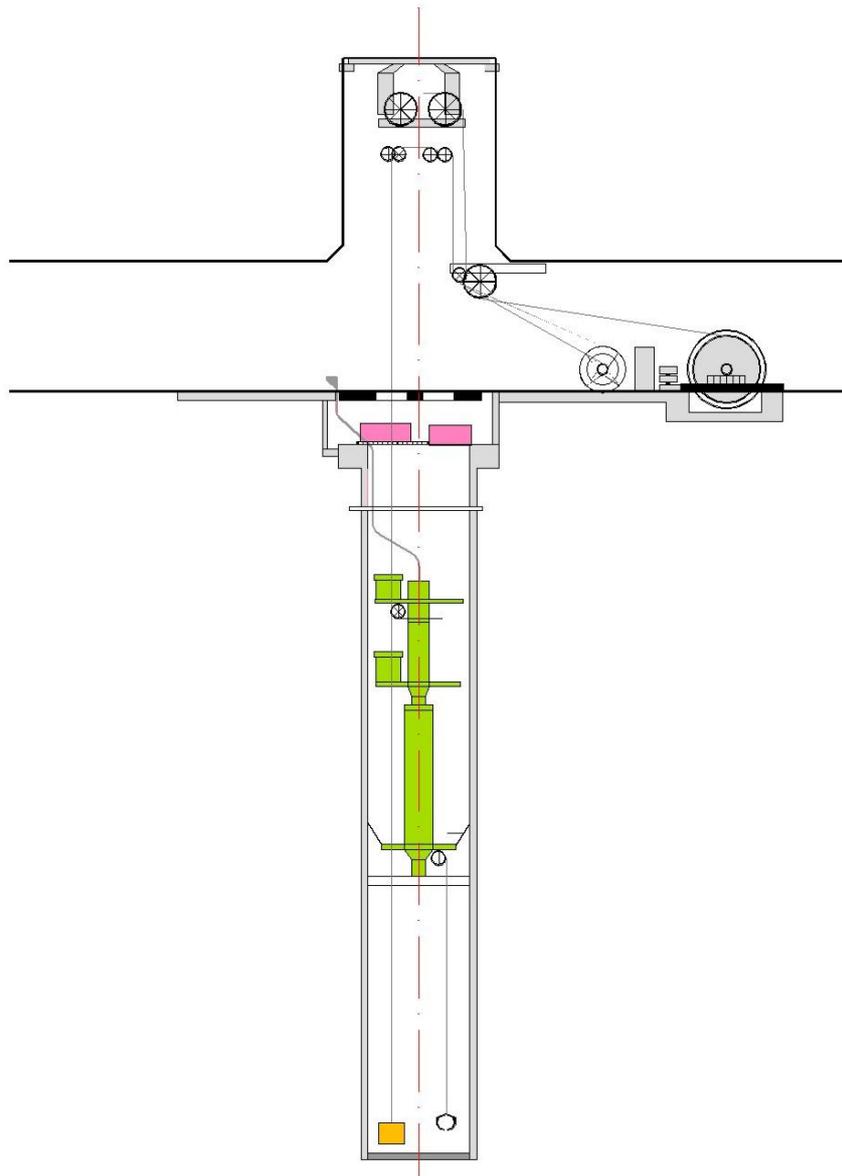


Abbildung 5 Prinzipdarstellung - bergmännisches Teufen ohne Vorbohrloch

### 5.1.1.2 Schachtabteufverfahren - maschinelles Teufen auf Vorbohrloch

Voraussetzung für die Anwendung des maschinellen Abteufens auf Vorbohrloch mittels einer Schachtbohrmaschine ist, dass das anstehende Gebirge standfest sein muss und nicht wasserführend ist. Weiterhin muss der Zielpunkt des Schachtes bergmännisch mittels Strecken aufgeschlossen sein.

Um ein Vorbohrloch zwischen Schachtkopf und -fuß erstellen zu können, muss der zukünftige Schacht von einem bestehenden Grubengebäude bzw. einem weiteren Schacht aus unterfahren werden.

Für die Herstellung des Vorbohrlochs wird zuerst eine Zielbohrung von der Tagesoberfläche bzw. im Falle eines Blindschachtes einem geeigneten untertägigem Ansatzpunkt bis zur Unterfahrung des geplanten Schachtes gestoßen. Diese Zielbohrung wird dann durch das Raisebohrverfahren auf einen technologisch oder maschinentechnisch festgelegten Durchmesser von unten nach oben aufgeweitet.

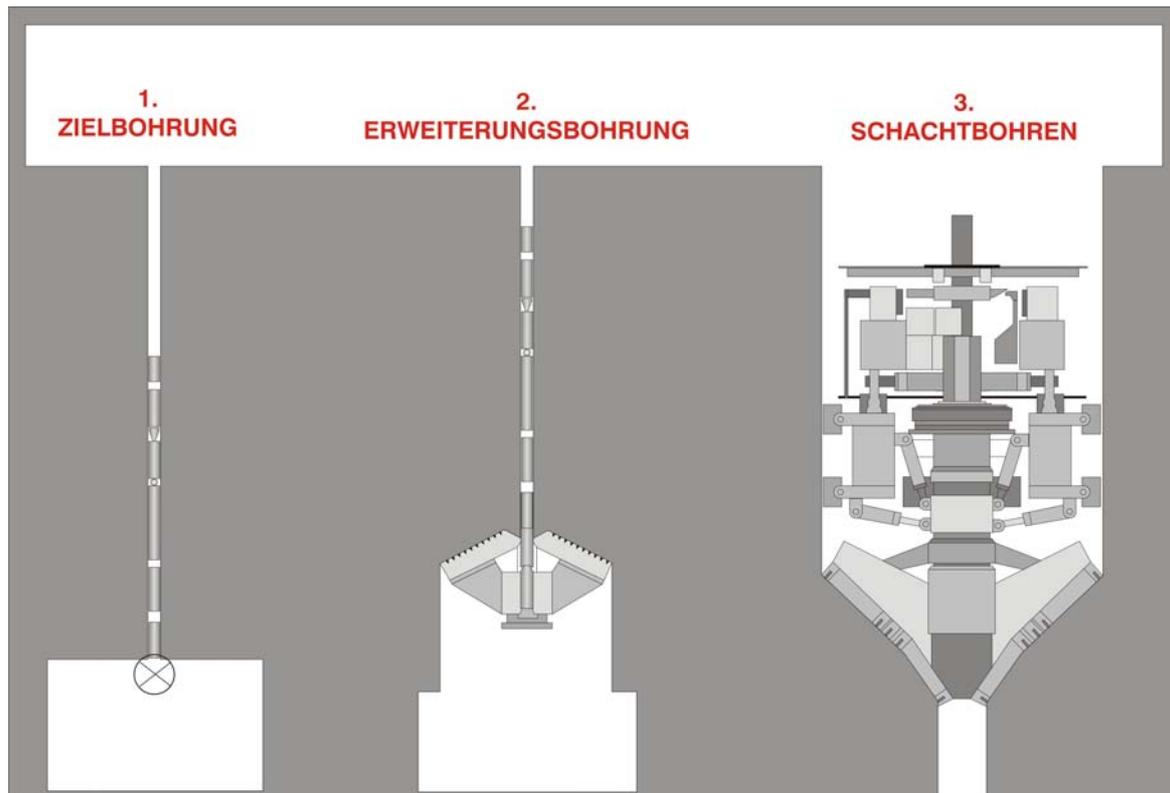


Abbildung 6 Prinzipdarstellung - mechanisches Teufen mit Vorbohrloch (Raisebohren)  
nach AHLBRECHT (2004, /1/)

Die Schachtbohrmaschine besteht im Wesentlichen aus den gleichen Komponenten wie eine Tunnelbohrmaschine. Das Abteufen des Schachtes und das Einbringen des Schachtausbaus erfolgen gleichzeitig, wobei Schächte mit Durchmessern von 5,5 m bis ca. 9 m abgeteuft werden können. Der begrenzende Einflussfaktor für die Endteufe eines Bohrschachtes ist nicht die Schachtbohrmaschine selbst, sondern die Standfestigkeit der notwendigen Vorbohrung.

Für die Anwendbarkeit des maschinellen und des konventionellen Teufens auf Vorbohrloch müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- das Vorbohrloch muss über die Dauer des Schachtbohrens/der Bohr- und Sprengarbeiten ausreichend standsicher sein

und

- es dürfen keine wasserführenden Horizonte angeschnitten werden.

Das **konventionelle Schachtabteufen auf ein Vorbohrloch** ist eine Mischung aus den beiden oben genannten Verfahren. Angewendet wird dieses Verfahren dann, wenn das zu lösende Gestein nicht mehr mittels einer Schachtbohrmaschine gelöst werden kann bzw. ein Einsatz dieser nicht möglich ist. Ansonsten unterliegt es den gleichen Anforderungen wie das maschinelle Teufen auf ein Vorbohrloch.

Das Abteufen der Schächte bzw. eines Schachtes mittels des maschinellen Schachtabteufens bzw. des konventionellen Schachtabteufens auf Vorbohrloch ist nur möglich, wenn der Fußpunkt des Schachtes bergmännisch mittels Strecken aufgeschlossen ist.

Da, wie bereits weiter oben ausgeführt wurde, entsprechend den Vorschriften des § 15 der Allgemeinen Bundesbergverordnung (ABBergV) nach Abschluss von Aufführungsarbeiten ein zweiter Fluchtweg vorhanden sein muss, wären das Abteufen von zwei Blindschächten bzw. die Kombination aus Auffahrung einer Schrägstrecke bis zum Einlagerungshorizont mit Unterfahrung des geplanten Schachtansatzpunktes und Abteufen eines Blindschachtes denkbar. Im Anschluss an die Streckenauffahrung könnte der Schacht maschinell mittels Bohren auf ein Vorbohrloch hergestellt werden.

### 5.1.2 Schachtsicherheitspfeiler und Schachtausbau

**Schachtsicherheitspfeiler** dienen dem Schutz der Schachtröhre gegenüber abbauinduzierten gebirgsmechanischen Einwirkungen und dem Schutz des Bergwerkes vor Lösungen aus dem Deckgebirge.

Zur Reduzierung der Gebirgsdruckerscheinungen im Schachtsicherheitspfeiler sollten größere Hohlraumauffahrungen wie z.B. Schachtbunker außerhalb des Schachtsicherheitspfeilers aufgefahren und die erforderlichen Füllortbereiche in ihrer räumlichen Ausdehnung begrenzt werden.

Im Schachtsicherheitspfeiler werden neben den Zufahrtsstrecken die Füllörter, ggf. die Messbunker im Falle einer Gefäßförderung und die Schachtbeschickungsstrecken aufgefahren.

Im Normalfall, d.h. bei der Auffahrung von Schächten für Gewinnungsbergwerke, erfolgt die Berechnung von Schachtsicherheitspfeilern unter Einbeziehung des Grenzwinkels, welcher je nach Lagerstättentyp und Deckgebirge unterschiedlich groß ist (KRATZSCH, 1999, /34/). Aufgrund der räumlichen Beengtheit und des relativ eng begrenzten Zeitfensters der geplanten Umlagerungsarbeiten, ist ein Anlegen eines entsprechenden Schachtsicherheitspfeilers nicht möglich bzw. nicht erforderlich.

Für die Beurteilung der Machbarkeit einer Umlagerung der LAW bzw. der MAW in der Schachtanlage Asse II über Schächte in tieferliegende Umlagerungshohlräume wurde ein Mindestabstand zwischen Schacht und den vorhandenen Strecken von 25 m zugrundegelegt.

Der **Schachtausbau** wird aufgrund der geologischen Verhältnisse grundlegend in folgende drei Bereiche untergliedert:

- Ausbau im wassergefährdeten Bereich,
- Fundamentbereich

und

- Ausbau im nicht wassergefährdeten Bereich.

International werden allgemein folgende Anforderungen an einen wasserdichten Schachtausbau gestellt:

- Dichtheit des Schachtausbaus gegenüber Wässern auf hohem Sicherheitsniveau,
- nach Möglichkeit zwei diversitäre Dichtsysteme im Bereich wasserführender Schichten (z.B. Asphaltgleitfuge und Stahlblechdichtungshaut oder Tübbings mit Betonhinterfüllung),
- Beachtung von saisonalen Temperaturschwankungen bzw. zuverlässige Aufnahme der aus den Temperaturschwankungen resultierenden Spannungen.

Eine Auswertung vorliegender Literatur zum Stand der Technik bei wasserdichten Ausbaukonstruktionen erbrachte folgende Ergebnisse nach KLEIN (1993, /31/):

- Einsatz des klassischen gusseisernen Tübbings als wasserdichter Ausbau ist fast vollständig zurückgegangen,
- Trennung der statisch und dichtend wirkenden Ausbauelemente,
- Verzicht auf Stahl/Gusseisen als tragendes Ausbaumaterial,
- Einsatz von flexiblen Betonformsteinen, Beton, Stahlbeton als statische Ausbauelemente und von Bitumen/Asphalten sowie Stahlblechen als dichtend wirkende Ausbauelemente beim Abteufen neuer Schächte.

Die folgenden Ausführungen beschreiben kurz den **Gleitschachtausbau**. Der Außenausbau im wassergefährdeten Bereich kann aus einem, den speziellen gebirgsmechanischen Verhältnissen angepassten und nach speziellen Rezepturen hergestelltem Spritzbeton oder aus flexiblen Betonformsteinen mit zwischengelegten Flachs-Spanplatten bestehen. Bedarfsgerechte Ankerung und der Einsatz von geeigneten Baustahlmatten erhöhen die Haftung des Spritzbetons am gefrorenen Gebirgskörper (OELLERS, 2000, /39/). Die Stärke des Spritzbetons, welcher im Normalfall keine statischen Funktionen übernimmt, wird den örtlichen Bedingungen angepasst und sollte mindestens 20 cm bis 30 cm betragen. Die Aufgabe des Spritzbetons besteht lediglich im Schutz der Belegschaft vor Steinfall.

Der Innenausbau erfolgt von unten nach oben und besteht aus einem Stahlbeton-Verbundausbau mit einem verschweißten Stahlmantel und Asphalthinterfüllung (KLEIN, 1987, /30/; KLEIN, 1999, /32/; DIN 21500, 2001, /13/).

Die Berechnung der erforderlichen Blechstärke, der notwendigen Betondicke und Güte, der entsprechenden Bewehrung und der erforderlichen Bitumenmischung kann nach Kenntnis der gebirgsmechanischen Kennwerte nach DIN 21500 (2001, /13/) erfolgen. Die Stahlblechsegmente werden in durchschnittlichen Schusshöhen von 2,5 m bis 3,0 m bei einer Stärke von 8 mm bis 15 mm eingebaut, ausgerichtet und wasserdicht verschweißet. Der Stahlmantel erhält als Korrosionsschutz zum Beton hin einen Bitumenanstrich.

Mittels Gleitschalung erfolgt das abschnittsweise Betonieren des eingebauten Stahlmantels. Die eingebaute Betonstärke ist teufenabhängig und schwankt zwischen 20 cm und 50 cm. Zur Aufnahme von Temperaturschwankungen aufgrund einziehender Wetter wird für den tragenden Ausbau im Bereich 0 m bis 30 m unter GOK eine innere und äußere Ringbewehrung empfohlen.

Nach Erreichen des Schachtkopfes/Startgrube durch den Stahlbetonausbau erfolgt das Hinterfüllen des Stahlblechringes mit einer Bitumenmischung. Die Asphaltfuge, welche den Innenausbau vom Außenausbau trennt, sollte eine Stärke zwischen 5 cm und 23 cm aufweisen. Im unteren Bereich besteht die Asphalthinterfüllung aus einem Asphaltdichtsystem (unterschiedliche Asphaltdichte), welches das Eindringen des Asphaltes in den Fundamentbereich verhindern soll. Die Verfüllung der Ringfuge kann, vom Dichtsystem abgesehen, von über Tage aus in einem Abschnitt erfolgen. Alternativ zur Asphalthinterfüllung können zwischen Innen- und Außenausbau Polyäthylenfolien eingebracht werden (KLEIN, 1999, /32/).

Als Referenzschächte für den Gleitschachtausbau unter schwierigen gebirgsmechanischen und hydrogeologischen Bedingungen können folgende Schächte aufgeführt werden (vgl. Tabelle 7):

Tabelle 7 Referenzobjekte für Gleitschachtausbau

Jahr	Schacht	Durchmesser in m	Endteufe in m	Quelle
1975	Riedel	4,0	k.A	DOBERT, 1984, /14/
1997	Mol 2	3,0	234	OELLERS, 2000, /39/
1986-97	Gorleben 1	7,5	933	JESSBERGER, 1995, /25/
1989-95	Gorleben 2	7,5	840	JESSBERGER, 1995, /25/
1986-92	Rheinberg	7,5	1.135	KLEIN, 1993, /31/
1986-89	Auguste-Victoria 9	8,0	1.330	KLEIN, 1993, /31/
1984-87	Sophia-Jacoba	4,0	930	KLEIN, 1987, /30/
2004	Konradsberg	6,0	240	AHLBRECHT, 2004, /1/

Der **Tübbingausbau** ist ein bewährtes Ausbausystem, welches seit über 100 Jahren im Kali- und Steinsalzbergbau zum Einsatz gekommen ist. Zum Einsatz können Tübbings aus Kugelgraphitguss, Stahlbeton, Grauguss oder aus duktilem Gussmaterial kommen. Die konstruktive Gestaltung der Tübbings wird nach den konkreten gebirgsmechanischen Verhältnissen gewählt (Festlegen von Sicherheitskoeffizienten, optimale Segmentlänge, -höhe, Anzahl und Anordnung von Haftrippen, Abdichtung Stoß- und Lagerflansch, Verhältnis Wandstärke zu Teufe).

Zur temporären Sicherung der Stöße wird das Spritzbetonverfahren eingesetzt, so dass die Ausbaurbeiten unter gesicherter Firste stattfinden können. Der Ringraum zwischen Spritzbeton und Tübbing kann mit Polymerbeton oder vergleichbaren Materialien, z. B. Beton B25 bis B45 verfüllt werden.

Im deutschen Kali- und Steinsalzbergbau erfolgt im Salinar bei normaler Gebirgsausbildung nur **Ankerausbau**. Zusätzlich könnte eine weitere Sicherung durch Einbringen von bergbauzugelassenen Kopfschutznetzen erfolgen. Inwieweit diese Art des Ausbaues beim Blindschacht eingesetzt werden kann, bedarf weiterer Untersuchungen.

### 5.1.3 Bauausführung

#### 5.1.3.1 Vorbereitende Arbeiten (Baustelleneinrichtung, Hauptausrüstungen)

Nachfolgend werden die wichtigsten vorbereitenden Arbeiten einschließlich der Hauptausrüstungen dargestellt:

- Schaffung der Baufreiheit unter Tage,  
Auffahrung der entsprechenden Hohlräume, Transport des Haufwerkes nach über Tage,
- Baustelleneinrichtung,  
Liefen und Transport der Ausrüstungsteile, Einhängen am Schacht, Transport unter Tage und Zusammenbau der Ausrüstungen,
- Hauptausrüstungen  
Teufgerüst, Haspel, Seilscheiben, Umlenkrollen, Bühnen, Teufkübel, Greifer, Bohr- und Sprengausrüstung, Ankertechnik zur Sicherung des Ortsstoßes mittels Gebirgsanker mit Netzverzug.

#### 5.1.3.2 Wahl des Schachtansatzpunktes und des erforderlichen Durchmessers

Die mittelradioaktiven Abfälle wurden in der Kammer 8a auf der 511-m-Sohle eingelagert. Für den Transport dieser Abfälle in den tiefer liegenden Einlagerungsbereich sollte ein Blindschacht von der 511-m-Sohle aus abgeteuft werden. Bis zur 750-m-Sohle könnte dieser maschinell mittels Schachtbohrung hergestellt werden. Ab der 750-m-Sohle müsste der Schacht mittels Bohr- und Sprengtechnik weiter abgeteuft werden.

Durch ERCOSPLAN wurden zwei Schachtansatzpunkte ausgewählt und hinsichtlich ihrer Eignung in Bezug auf vorhandene Auffahrungen der tiefer liegenden Sohlen überprüft (vgl. Tabelle 8). Die Lage dieser Ansatzpunkte ist aus Anlage 4 ersichtlich.

Tabelle 8 Darstellung der möglichen Schachtansatzpunkte in Bezug auf die Lage vorhandener Auffahrungen der einzelnen Sohlen

Sohle	Lage Schachtansatzpunkt 1 zu vorhandenen Grubenbauen - ERCOSPLAN 2009 (westlich Schacht Asse 2 und 4)		Lage Schachtansatzpunkt 2 zu vorhandenen Grubenbauen - ERCOSPLAN 2009 (nordöstlich Schacht Asse 2 und 4)	
	Lage zu Hohlräumen	Stratigraphie	Lage zu Hohlräumen	Stratigraphie
511 m	i. O.	Na3β	i. O.	Na3θ am7
532 m	i. O.	K2C	i. O.	Na3η am7
553 m	i. O.	K2C	i. O.	Na3η am6
575 m	i. O.	K2C	i. O.	Na3η am6
594 m	i. O.	K2C	i. O.	Na3η
616 m	i. O.	K2C	ca. 30 m südlich eines Sicherheitspfeilers	Na3η am4
637 m	i. O.	K2C	ca. 15 m nördlich eines Sicherheitspfeilers	Na3η am5
658 m	i. O.	K2C	i. O.	Na3η
679 m	i. O.	K2C	i. O.	Na3η-ζ
700 m	i. O.	Na2T K2C	i. O.	Na3RO+δ
725 m	ca. 15 m von einer versetzten Strecke entfernt	Na2T Na2P	ca. 5 m von der Kammer 2 entfernt	Na3γ
750 m	ca. 15 m von einer versetzten Strecke entfernt	Na2S Na2P Na2T	Schacht durchörtert die Kammer 2	K2C
800 m	ca. 15 m von der versetzten Kammer 2 entfernt	Na2P	ca. 15 m von einer versetzten Strecke entfernt	K2C
825 m	ca. 15 m von einer versetzten Strecke entfernt	Na2β	i. O.	Na2T
850 m	i. O.	Na2β	i. O.	Na2S Na2P
875 m	i. O.	Na2β	i. O.	Na2β
900 m	i. O.	Na2β	ca. 35 m von einer versetzten Strecke entfernt	Na2β
925 m	i. O.	Na2β	i. O.	Na2β
950 m	i. O.	Na2β	ca. 30 m von einer versetzten Strecke entfernt	Na2β
975 m	i. O.	Na2β	i. O.	Na2β

Wie aus Tabelle 8 ersichtlich wird, ist der geplante Ansatzpunkt nordöstlich der Schächte von der 511-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle nicht realisierbar. Dieser Blindschacht könnte erst ab der 750-m-Sohle abgeteuft werden.

Der andere Ansatzpunkt westlich der Schächte nähert sich zwar den vorhandenen Strecken bzw. Abbaukammern, führt aber nicht zum Durchhörtern der Hohlräume.

Die endgültige Festlegung der Ansatzpunkte für die Blindschächte, insbesondere zur Anbindung der tieferen Einlagerungsbereiche an die 511-m-Sohle, bedarf einer weitergehenden Untersuchung.

Die Ermittlung des erforderlichen Schachtdurchmessers erfolgte unter Berücksichtigung der ggf. erforderlichen, im Schacht verfahrbaren Bühnen, Förderanlagen für Personen-, Equipment- und Bergetransport und unter Einhaltung der aus TAS bzw. der BVOS resultierenden gesetzlichen Anforderungen.

Im deutschen Kali- und Steinsalzbergbau wurden im Zeitraum von 1800 bis 2005 insgesamt 321 Teuf-, Förder-, Fahr- und Wetterschächte mit einem lichten Durchmesser von mindestens 4,0 m bis 7,5 m abgeteuft (HARTMANN, ZEIBIG, 2006, /21/). Diese wurden überwiegend bergmännisch durch Bohren und Sprengen erstellt.

Ausgehend von den technologischen Erfordernissen wird für den Blindschacht ein lichter Durchmesser von 4,5 m vorgeschlagen. Aufgrund der zu erwartenden Konvergenz und des notwendigen wasserdichten Schachtausbaues wäre somit ein Ausbruchsdurchmesser von ca. 5,5 m erforderlich.

Aus Tabelle 9 sind die abzuteufenden Schachtdurchmesser und deren Teuflänge sowie die ungefähre Größe der Füllörter im Einlagerungsniveau ersichtlich, welche zur Erstellung des Massen- und Leistungsverzeichnisses der einzelnen Varianten angenommen wurden.

Tabelle 9 Parameter der Blindschächte

Bezeichnung	Anzahl	Durchmesser	Teuflänge
		in m	in m
Westlicher Blindschacht	1	5,5	690
Östlicher Blindschacht	1	5,5	450
	<b>Breite</b>	<b>Länge</b>	<b>Höhe</b>
	<b>in m</b>	<b>in m</b>	<b>in m</b>
Auffahrung Füllörter	10	30	10

Weiterhin wurden bei der Ermittlung des endgültigen Schachtdurchmessers die erforderlichen Wettermengen, die Bewetterung bzw. die Sonderbewetterung bei der Festlegung des Durchmessers berücksichtigt (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10 Theoretisch mögliche Wettermengen in Abhängigkeit vom Schachtquerschnitt und der Wettergeschwindigkeit

Durchmesser in m	Querschnitt in m <sup>2</sup>	Wettermenge	
		min. bei > 0,5 m/s in m <sup>3</sup> /min	max. bei 8 m/s in m <sup>3</sup> /min
2,0	3,1	94	1.507
2,5	4,9	147	2.355
3,0	7,1	212	3.391
3,5	9,6	288	4.616
4,0	12,6	377	6.029
<b>4,5</b>	<b>15,9</b>	<b>477</b>	<b>7.630</b>
5,0	19,6	589	9.420
5,5	23,7	712	11.398
6,0	28,3	848	13.565

Wie aus Tabelle 10 hervorgeht, können bei einem lichten Schachtdurchmesser von 4,5 m theoretisch rd. 7.600 m<sup>3</sup> Wetter pro Minute geleitet werden. Somit kann die notwendige Wettermenge von ca. 3.600 m<sup>3</sup>/min (siehe Abschnitte 5.2.3.2 und 5.3.3.2) problemlos durch die Blindschächte geleitet werden.

### 5.1.3.3 Schachtausbau und Schachteinbauten

Da sich der Schacht vollständig im Steinsalz befindet, ist ein Ausbau unter normalen gebirgsmechanischen Bedingungen nicht erforderlich. Aufgrund der Teufe des Blindschachtes sollte mindestens ein Anker Ausbau mit Netzverzug zur Anwendung kommen. Weiterhin ist aus Sicht des beratenden Unternehmens ein wasserdichter Ausbau zwischen der 750-m-Sohle und der Teufe von ca. 1.100 m aufgrund des vorhandenen Schutzfluides erforderlich.

Folgende hauptsächliche Schachteinbauten sind in beiden Blindschächten notwendig:

- Gefäß mit Gegengewicht (Seilführung),
- Rohrleitungen

und

- Kabel.

### 5.1.3.4 Sonderbewetterung beim Abteufen des Blindschachtes

Die Ermittlung des erforderlichen bzw. die Überprüfung des in Kapitel 5.1.3.2 gewählten Schachtquerschnittes erfolgte unter Einhaltung der aus dem BBergG, der ABVO bzw. den jeweiligen Bergverordnungen resultierenden gesetzlichen Anforderungen.

Zur ausreichenden Verdünnung der Abgase und zur Bewetterung des Vortriebs wird eine Mindestwettergeschwindigkeit von  $>0,5$  m/s ( $>1,7$  km/h) angenommen. Um Staubaufwirbelungen durch die Wetter zu vermeiden, liegt die maximale Wettergeschwindigkeit in den Schächten bei 8 m/s (28,8 km/h).

Bei einem Ausbruchsdurchmesser des Schachtes von ca. 5,5 m ständen somit im Minimum ca. 710 m<sup>3</sup>/min und im Maximum 11.400 m<sup>3</sup>/min Frischwetter zur Verfügung. Aufgrund der erforderlichen Teuftechnologie (Bohren und Sprengen) werden 1.000 m<sup>3</sup>/min als ausreichend erachtet, um die Baustelle ausreichend mit Frischwetter, welche durch eine Luttentour bis zur Schachtsohle geleitet werden, zu versorgen.

### 5.1.3.5 Abschätzung der Mengen und der Teufzeiten

Im Folgenden sollen die Mengen und die erforderlichen Zeiten für das Abteufen der Blindschächte dargestellt werden.

Aus Tabelle 11 sind die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte ersichtlich.

Tabelle 11 Mengenermittlung Abteufen von zwei Blindschächten

Gewerk	Volumen in m <sup>3</sup>	Haufwerks- menge in t	Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>
Westlicher Blindschacht	16.400	35.300	25.300
Östlicher Blindschacht	10.700	23.100	16.500
Füllörter	6.000	12.900	9.300
<b>Summe Abteufen der Blindschächte</b>	<b>33.100</b>	<b>71.300</b>	<b>51.100</b>

Wie bereits im Abschnitt 5.1.3.2 beschrieben, könnte der obere Teil des Blindschachtes von der 511-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle (ca. 240 m Länge) maschinell auf Vorbohrloch abgeteuft werden. Der untere Teil des Blindschachtes müsste auf einer

Länge von ca. 500 m konventionell mittels Bohren und Sprengen hergestellt werden. Beim Abteufen von zwei Blindschächten müssten zur Minimierung des Zeitaufwandes beide Schächte parallel abgeteuft werden.

Durch Stehenlassen einer ausreichenden Schwebelänge oberhalb der 750-m-Sohle könnten beim westlich gelegenen Blindschacht die Abteufarbeiten, d.h. einmal von der 511-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle und zweitens von der 750-m-Sohle bis zur geplanten 1.200-m-Sohle, parallel erfolgen.

Da das Abteufen der Blindschächte unterhalb der 750-m-Sohle der zeitbestimmende Faktor ist, werden die hierfür notwendigen Zeiten in Tabelle 12 abgeschätzt, wobei die Zeiten für die geologische Vorerkundung und die notwendigen Planungszeiten vorangestellt wurden.

Tabelle 12 Abschätzung des erforderlichen Zeitbedarfs zur Umrüstung des Schachtes Asse 2 und zum Abteufen der Blindschächte (ohne Zeiten für das Genehmigungsverfahren)

Gewerk	Hauptarbeiten	Zeit in AT
<b>1. Geologische Vorerkundung</b>		
Geologische Vorerkundung	Niederbringen von einer Tagesbohrung sowie mehreren untertägigen Explorationsbohrungen	600
<b>2. Planungsleistungen</b>		
Planungsleistungen	Umrüstung des Schachtes Asse 2	(60) <sup>1</sup>
	Abteufen Blindschacht und Auffahrung Grubenhohlräume einschließlich aller Nebenleistungen	(180)
<b>3. Umrüstung Förderanlage Schacht Asse 2</b>		
Vorleistungen Umrüstung Schacht Asse 2	Einrichtung der Baustelle zur Umrüstung des Schachtes	(50)
Umrüstung Schacht Asse 2	Umbau der Fördermaschine, Umrüstung auf Skipförderung und Umbau der Schachteinbauten	(250)
<b>4. Paralleles Abteufen beider Blindschächte von der 750-m-Sohle zur 1.200-m-Sohle</b>		
Vorleistungen zur Auffahrung der Zugangsstrecken vom Schacht Asse 2 zum neuen Schachtansatzpunkt	Liefern und Transport der notwendigen Großgeräte zur Auffahrung der notwendigen Hohlräume bis zum geplanten Ansatzpunkt der Blindschächte, Einhängen am Schacht, Transport unter Tage und Zusammenbau der notwendigen Großgeräte (siehe auch Tabelle 13 und Tabelle 14)	150
Schaffung der Baufreiheit unter Tage (Auffahrung der Strecken auf der 750-m-Sohle)	Auffahrung der entsprechenden Hohlräume, Transport des Haufwerkes nach über Tage	250

<sup>1</sup> Die in Klammern gesetzten Zeiteinheiten sind nicht der zeitbestimmende Faktor. Diese Arbeiten werden parallel zu anderen Gewerken mit durchgeführt.

Gewerk	Hauptarbeiten	Zeit in AT
Vorleistungen zum Abteufen Blindschacht	Liefern und Transport der Ausrüstungsteile, Einhängen am Schacht Asse 2, Transport unter Tage und Zusammenbau der Ausrüstungen (Teufgerüst, Haspel, Seilscheiben, Umlenkrollen, Bühnen, Teufkübel, Greifer etc.)	120
Abteufen der Blindschächte von der 750-m-Sohle zur geplanten 1.200-m-Sohle und temporäre Sicherungsmaßnahmen	Paralleles Abteufen von je ca. 500 m Blindschacht mit 5,5 m Durchmesser von der 750-m-Sohle bis zur geplanten 1.200-m-Sohle einschließlich Schachtsumpf Bohren, Sprengen und Abförderung des Steinsalzhaufwerkes, temporäre Sicherung der Ortsbrust, durchschnittliche Vortriebsleistung von ca. 2 m pro Arbeitstag	250
Abteufen westlicher Blindschacht von der 511-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle mittels Bohrung	Abteufen des oberen Teils des westlichen Blindschachtes von der 511-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle mit Vorbohrloch	(250)
Ausbau des Schachtes	Ausbau des Schachtes mittels Ankerung und Netzsicherung	150
Einbau der Förderanlage	Fördermaschine, Seilscheiben, Umlenkrollen, SELDA-Sicherheitsbremsvorrichtung etc. (parallel zu den Ausbauten)	(100)
Einbau der Ausbauten	Gefäß mit Gegengewicht, Seilführung, Rohrleitungen und Kabel	120
<b>6. Herstellen der Verbindung zwischen den Blindschächten</b>		
Vorbereitungsarbeiten	Auffahrung der Füllörter, Einhängen der erforderliche Bergbaugroßgeräte zur Auffahrung der Verbindung, Tieferteufen des Blindschachtes um ca. 50 m unterhalb Füllort der geplanten 1.200-m-Sohle	350
Auffahrung eines Doppelstreckensystems zwischen den Blindschächten	Auffahrung der Zufahrten und Schaffung eines zweiten Fluchtweges	100
Baustelle räumen	Abtransport der Großgeräte und der Ausrüstungsteile, Zerlegen der Ausrüstungen in entsprechend große Baugruppen, Aushängen am Schacht Asse 2 und Abtransport	(190)
<b>Summe</b>		<b>2.090 AT</b>

Für die geologische Vorerkundung, Planungsleistungen, die Umrüstung des Schachtes Asse 2, die Auffahrung des notwendigen Streckensystems und für das Abteufen der Blindschächte einschließlich Baustelle einrichten und räumen müssen insgesamt 2.090 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären ca. 7,0 Jahre notwendig.

Bei einem freien Versturz der Abfälle in eine unter dem Blindschacht befindlichen Kammer würden 120 AT durch den Wegfall der Positionen

- Errichtung der Förderanlage

und

- Einbau der Ausbauten

eingespart werden. Somit wären für diese Variante ca. 6,6 Jahre für die Umrüstung des Schachtes Asse 2, für die Auffahrung des notwendigen Streckensystems und für das Abteufen des Blindschachtes einschließlich Baustelle einrichten und räumen erforderlich.

Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes für die Umrüstung des Schachtes Asse 2 und für das Abteufen eines neuen Blindschachtes einschließlich aller Nebenleistungen wurde der erforderliche Zeitaufwand für das Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

### 5.1.3.6 Nachbereitende Arbeiten (Baustellenräumung)

Unter den nachbereitenden Arbeiten wird überwiegend das Räumen der Baustelle verstanden. Nicht mehr benötigte Ausrüstungen, wie Abteufgerüst, Haspel, Bühnen etc. werden abgebaut und nach über Tage transportiert.

## 5.2 Auffahrung von Strecken

Wie weiter oben ausgeführt wurde, kann die Anbindung von Umlagerungshohlräumen für die LAW bzw. MAW an das bestehende Grubengebäude der Schachtanlage Asse II prinzipiell auch durch geneigte Grubenbaue/Schrägstrecken erfolgen.

Der Aufschluss des Einlagerungshorizontes durch die Auffahrung einer Schrägstrecke hätte gegenüber der Errichtung von Schächten folgende Vorteile:

- Optimaler Transport der Abfälle mit größeren Fahrzeugen

und

- Möglichkeit der gebirgsschonenden Auffahrung mit Teilschnittmaschinen.

Prinzipiell wird eingeschätzt, dass die Auffahrung einer Schrägstrecke zur Erschließung der neuen Einlagerungskammern geeignet ist. Im Folgenden sollen die möglichen Technologien zur Auffahrung von Strecken und Kammern kurz dargestellt werden.

### 5.2.1 Streckenauffahrungen mittels Bohren und Sprengen

Die Zufahrtsstrecke zum geplanten Einlagerungshorizont kann konventionell mittels Bohren und Sprengen aufgeföhren werden. In Abbildung 7 sind die einzelnen Verfahrensschritte schematisch dargestellt.

Der Aufschluss der geplanten Einlagerungstrecke könnte mittels einer Schrägstrecke südöstlich der Schächte des Bergwerkes Asse II mit ca. 8 % bis 10 % Gefälle realisiert werden. Hierbei sind jedoch einige vorhandene Strecken bzw. Kammern zu durchörtern. Diese Bereiche müssten dann je nach örtlich angetroffener Situation nach speziellen Ausbauregeln gesichert werden. Hierbei wäre zu prüfen, ob diese Streckenteile mittels Ankerbau oder zum Beispiel mittels Pokalausbau zu sichern wären (vgl. auch Abbildung 9).

Als zweite Variante wäre die Aufwältigung der vorhandenen Schrägstrecke um die Sicherheitspfeiler der Schächte Asse 2 und 4 denkbar. Diese Schrägstrecke wurde bereits durch das Einbringen von Versatz gesichert.

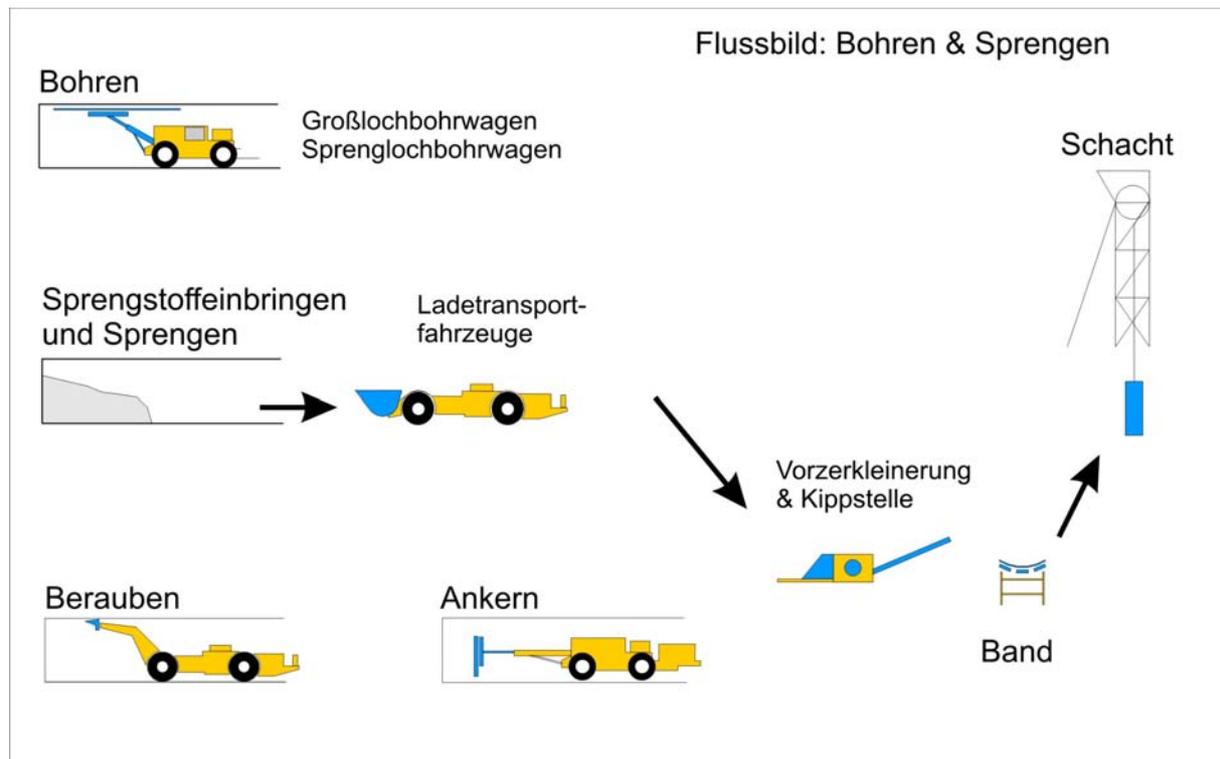


Abbildung 7 Prinzipdarstellung - Streckenaufföhren mittels Bohren und Sprengen

Bei vorhandenem Salzversatz könnte die vorhandene Aufföhren wieder ertüchtigt werden. Bei Einsatz von Sorelbeton als Versatz könnte die Schrägstrecke oberhalb

der versetzten Strecke wieder neu aufgefahren werden. Wie aus den risslichen Unterlagen zu entnehmen ist, wurde die ehemalige Schrägstrecke mit einem Profil von 6 m Breite und 4,5 m Höhe aufgefahren.

Die Breite und Höhe der aufzufahrenden Schrägstrecke richtet sich nach der später einzusetzenden Transporttechnik. Aus Sicht des beratenden Unternehmens wird ein Querschnitt von ca. 30 m<sup>2</sup> als ausreichend angesehen, um die schwachradioaktiven Stoffe in den geplanten Einlagerungshorizont transportieren zu können.

## 5.2.2 Streckenauffahrungen mittels maschineller Gewinnung

Neben der Möglichkeit der Auffahrung der Strecken durch Anwendung des konventionellen Bohrens und Sprengens kann die Auffahrung der Strecken zum Einlagerungshorizont mittels Teilschnittmaschinen erfolgen. In Abbildung 8 ist das Flussbild der schneidenden Gewinnung schematisch dargestellt.

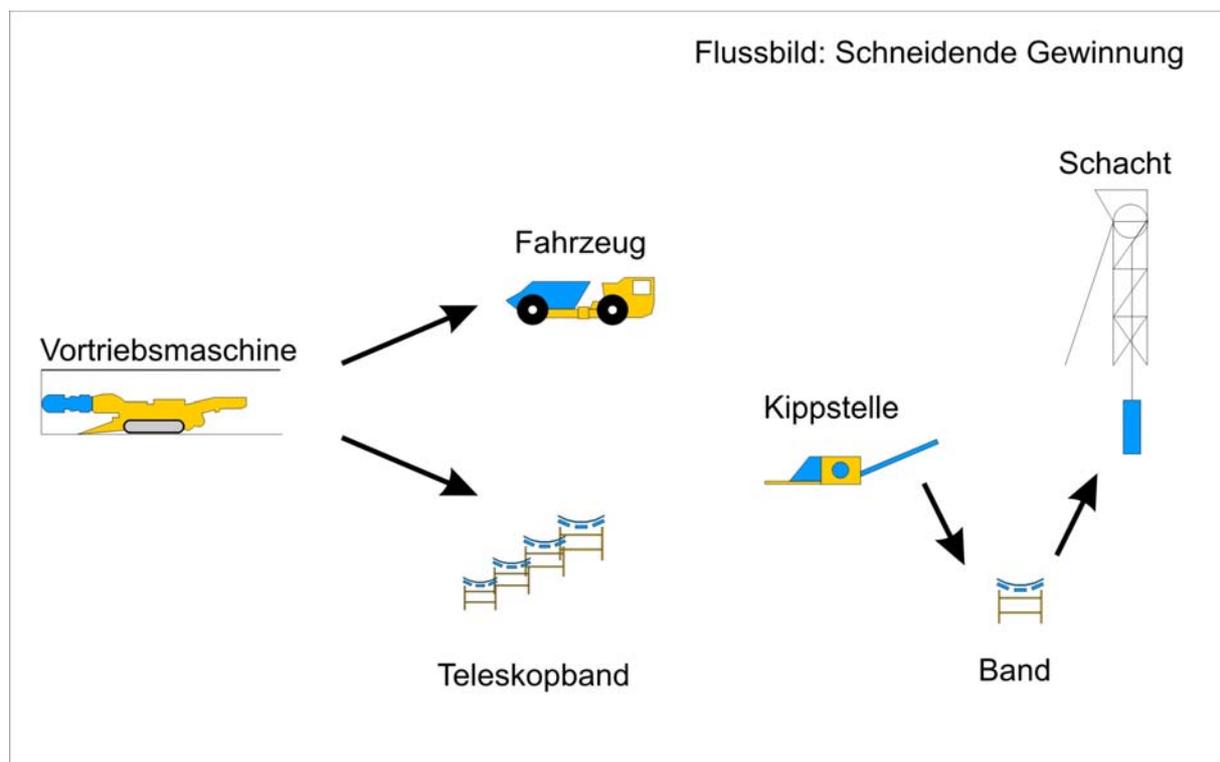


Abbildung 8 Prinzipdarstellung - Streckenauffahrung mittels maschineller Gewinnung

Die Auswahl der Teilschnittmaschine (Continuous Miner) richtet sich hauptsächlich nach dem notwendigen Streckenquerschnitt. Der Transport des Haufwerkes von der Teilschnittmaschine zu den nachgeschalteten Fördereinrichtungen (Kippstelle und Übergabe des Haufwerkes auf Bandanlagen oder Direkttransport zum Schacht) wird überwiegend mit Muldenkippern bzw. durch Lade-Transport-Fahrzeuge (LTF) durchgeführt.

Die Ansatzpunkte der Strecken, die Streckenführung, das Streckengefälle und der Streckenquerschnitt sind analog den in Kapitel 5.2.1 gemachten Ausführungen.

### **5.2.3 Bauausführung**

#### **5.2.3.1 Vorbereitende Arbeiten (Baustelleneinrichtung, Hauptausrüstungen)**

Vor dem Baubeginn müssen die vorhandenen Strecken in einen sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand gebracht werden. Die Firstsicherung erfolgt durch Berauben und Ankerung, wobei die Konturen im Bedarfsfall durch schonendes Sprengen oder Schneidarbeit nachreguliert werden. Anschließend erfolgt der Fahrbahnbau, um einen sicheren Verkehr der Bergbaugroßgeräte und der Transportfahrzeuge zu gewährleisten.

Nach der bergmännischen Vorbereitung werden die Hohlräume entsprechend den bergrechtlichen Vorschriften freigegeben und an die bestehende Infrastruktur des Bergwerkes angeschlossen.

Wie bereits in den Abschnitten 5.2.1 und 5.2.2 ausgeführt, kann die Auffahrung der Strecken sowohl konventionell durch Bohren und Sprengen als auch mittels schneidender Gewinnung durchgeführt werden. Die notwendige Gerätekette muss im Rahmen der Baustelleneinrichtung in entsprechenden Einzelaggregaten durch den Schacht Asse 2 nach unter Tage gebracht werden und vor Ort wieder montiert werden. Die Tabelle 13 und Tabelle 14 geben eine kurze Übersicht zu den wichtigsten Ausrüstungen und Großgeräten, welche für die untertägigen Aufschlussarbeiten notwendig sind. Hierbei wurde jeweils eine Reserve von 100 % veranschlagt.

Tabelle 13      Hauptausrüstung für die Streckenauffahrungen mittels Bohren und Sprengen  
(Gewinnung, Förderung und Transport sowie Elektroausrüstung)

lfd. Nr.	Ausrüstungsgegenstand	Anzahl	Einheit
1	Großlochbohrwagen	2	Stück
2	Sauberlader	2	Stück
3	Sprenglochbohrwagen	2	Stück
4	Sprengfahrzeug	2	Stück
5	Ladetransportfahrzeug mit 6 t Nutzlast	4	Stück
6	Brecheranlage mit Absiebung	2	Stück
7	Muldenkipper	4	Stück
8	Ankerbohrwagen	2	Stück
9	Beraubemaschine	2	Stück
10	Lüfter	12	Stück
11	Lutten	8.000	m
12	Band zum Schacht 2	600	m
13	Hauptspannungsstation	2	Stück
14	Abbauverteilungen	4	Stück
15	Zündverteilungen	2	Stück

Tabelle 14      Hauptausrüstung für die Streckenauffahrungen mittels Continuous Miner  
(Gewinnung, Förderung und Transport sowie Elektroausrüstung)

lfd. Nr.	Ausrüstungsgegenstand	Anzahl	Einheit
1	Teilschnittmaschine	2	Stück
2	Muldenkipper	4	Stück
4	Ankerbohrwagen	2	Stück
5	Beraubemaschine	2	Stück
6	Ladetransportfahrzeug mit 6 t Nutzlast	2	Stück
7	Lüfter	12	Stück
8	Lutten	8.000	m
9	Band zum Schacht 2	600	m
10	Hauptspannungsstation	2	Stück
11	Abbauverteilungen	4	Stück

In den Tabelle 13 und Tabelle 14 sind Geräte und Maschinen zu den notwendigen Umbauarbeiten zur Erhöhung der Förderleistung am Schacht Asse 2 nicht berücksichtigt.

Gegenwärtig können mit der Gestellförderung ca. 40 t Haufwerk pro Stunde durch den Schacht Asse 2 nach über Tage transportiert werden. Eine Erhöhung der Förderleistung um ca. 40 % wäre durch den Umbau auf eine Skipförderung mit Gegengewicht möglich. Hierdurch würde die Minimierung der Be- und Entladezeiten ermöglicht. Weiterhin könnten bei den Umbaumaßnahmen die vorhandenen Einbauten (z.B. Spurlatten und Einstriche) weiterhin genutzt werden.

Die für die Auffahrungen notwendige Förderleistung wird in den Abschnitten 5.2.3.4 und 5.3.3.4 diskutiert.

### 5.2.3.2 Bewetterung/Sonderbewetterung

Die Ermittlung des erforderlichen bzw. die Überprüfung des in Kapitel 5.2.1 gewählten Streckenquerschnittes erfolgte unter Einhaltung der aus dem BBergG, der ABVO bzw. den jeweiligen Bergverordnungen resultierenden gesetzlichen Anforderungen.

Hierbei wurde von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

Zur ausreichenden Verdünnung der Abgase und zur Bewetterung des Vortriebsortes wird eine Mindestwettergeschwindigkeit von  $>0,5$  m/s ( $>1,7$  km/h) angenommen. Um Staubaufwirbelungen durch die Wetter zu vermeiden, liegt die maximale Wettergeschwindigkeit in den Strecken bei 6 m/s (21,6 km/h).

Zur Ermittlung des Frischwetterbedarfs von Dieselfahrzeugen wird von der installierten Motorleistung ausgegangen. Je kW werden  $3,4$  m<sup>3</sup> Frischluft pro Minute benötigt (GIMM, 1968, /19/).

Für den Muldenkipper vom Typ Herbst Taurus 4 mit einer Motorleistung von 261 kW werden ca. 890 m<sup>3</sup>/min benötigt und für einen LTF vom Typ LF 6.3 mit 6 t Nutzlast und 102 kW Motorleistung müssen demnach ca. 350 m<sup>3</sup>/min Frischluft zur Verfügung stehen. Für das Personal wird ein Wetterbedarf von 2 m<sup>3</sup> je Mann und Minute angesetzt (REUTHER, 1989, /42/).

Für die Teilschnittmaschine muss gewährleistet sein, dass die Abwärme bzw. die Kühlung der Elektromotoren und die Entstaubungsleistung garantiert werden. Der Frischwettermengenbedarf für die Teilschnittmaschine wird mit ca. 800 m<sup>3</sup>/min angegeben (HOFMEISTER, 1990, /24/).

Maßgebend für die Bewetterung der Verbindungsstrecke ist die Abgasbelastung und damit die Wettermenge von 890 m<sup>3</sup>/min. Unter Ansatz des Einsatzes von zwei

Muldenkippern der o.g. Größe wird von einer Wettermenge von ca. 2.000 m<sup>3</sup>/min Frischwetter für Personal und Maschinen ausgegangen. Für den Einsatz des LTF werden nochmals 360 m<sup>3</sup>/min Frischwetter benötigt.

Aufgrund der großen Teufe von 1.200 m ist bei einer geothermischen Tiefenstufe von 3 Grad Celsius pro 100 m mit einer Gebirgstemperatur von 36 Grad Celsius zu rechnen. Es muss gewährleistet werden, dass die Bergbaugroßgeräte mit klimatisierten Fahrerkabinen ausgerüstet sind.

Tabelle 15 Theoretisch mögliche Wettermengen in Abhängigkeit vom Streckenquerschnitt und der Wettergeschwindigkeit

Grubenbau	Querschnitt in m <sup>2</sup>	Wettermenge	
		min. bei >0,5 m/s in m <sup>3</sup> /min	max. bei 6 m/s in m <sup>3</sup> /min
Strecke (6,0 m x 4,5 m)	27	810	9.720
Strecke (8,0 m x 4,5 m)	36	1.080	12.960
Strecke (10,0 m x 4,5 m)	45	1.350	16.200

Für die Bewetterung der Vortriebsstrecke wird insgesamt von einem Bedarf von ca. 2.400 m<sup>3</sup>/min Frischwetter ausgegangen. Während der Umlagerung der Abfälle wird für die Bewetterung der Strecken und Kammern nochmals eine Sicherheit von 50 % aufgeschlagen. Wie aus Tabelle 15 ersichtlich ist, reicht der gewählte Streckenquerschnitt aus, um die Wettermenge von 3.600 m<sup>3</sup>/min zu fördern und die gesetzlichen Forderungen einhalten zu können.

Als Bewetterungsart für die aufzufahrende Strecke kommt eine saugende Bewetterung zum Einsatz. Vor Ort ist eine kurze blasende Luttentour entsprechend den behördlichen Forderungen vorzusehen. Die sogenannte „fliegende Lutte“ hat unmittelbar dem Vortrieb zu folgen und hat die saugende Bewetterung um ca. 15 m zu überlappen. Die Frischwetter werden mit einer Luttentour mit 1.200 mm bis 1.500 mm Durchmesser von der 750-m-Sohle in die neu aufzufahrende Zufahrt geleitet.

Das Streckenprofil wird als Rechteckprofil mit 6,0 m Breite und 4,5 m Höhe gewählt. Mit einem Streckenquerschnitt von 27,0 m<sup>2</sup> kann die notwendige Wettermenge von ca. 3.600 m<sup>3</sup>/min problemlos erreicht werden. In der Strecke ist mit Wettergeschwindigkeiten von ca. 1,0 m/s zu rechnen. Die Grenzwerte von minimal 0,5 m/s und 6,0 m/s an maximal zulässigen Wettergeschwindigkeiten für Einzelstrecken werden somit eingehalten.

### 5.2.3.3 Streckenausbau

Der Ausbau dient in Verbindung mit geeigneten Beraubemaßnahmen der Gewährleistung der First- und Stoßsicherheit. Für die Auffahrungen mit Bohr- und Sprengtechnik erfolgt die Firstsicherung mittels Beraubemaschine. Die anschließende Ankerung wird nach betrieblichen Regelungen durchgeführt.

Die Auffahrung der Zufahrtsstrecke hat generell mit Wölbung der Firste zu erfolgen. Beim Einsatz der Bohr- und Sprengtechnologie wird die Wölbung der Firste durch schonendes Sprengen hergestellt. Die Ankerdichte richtet sich nach den betrieblichen Regeln. Die Anker werden größtenteils mit einer Dichte von 0,16 bis 0,25 Ankern je Quadratmeter eingebracht. Die Ankerlänge beträgt 1,50 m.

Es werden nur Ankerarten zur systematischen First- und Stoßsicherung verwendet, für die eine Eignungserklärung des Herstellers vorliegt.

Eine besondere Ausbauart stellt in der Kali- und Steinsalzindustrie der sogenannte Pokalausbau dar (vgl. auch Abbildung 9). Mit diesem Ausbau werden besonders gebirgsmechanisch exponierte Bereiche bzw. brüchiges Gebirge gesichert.

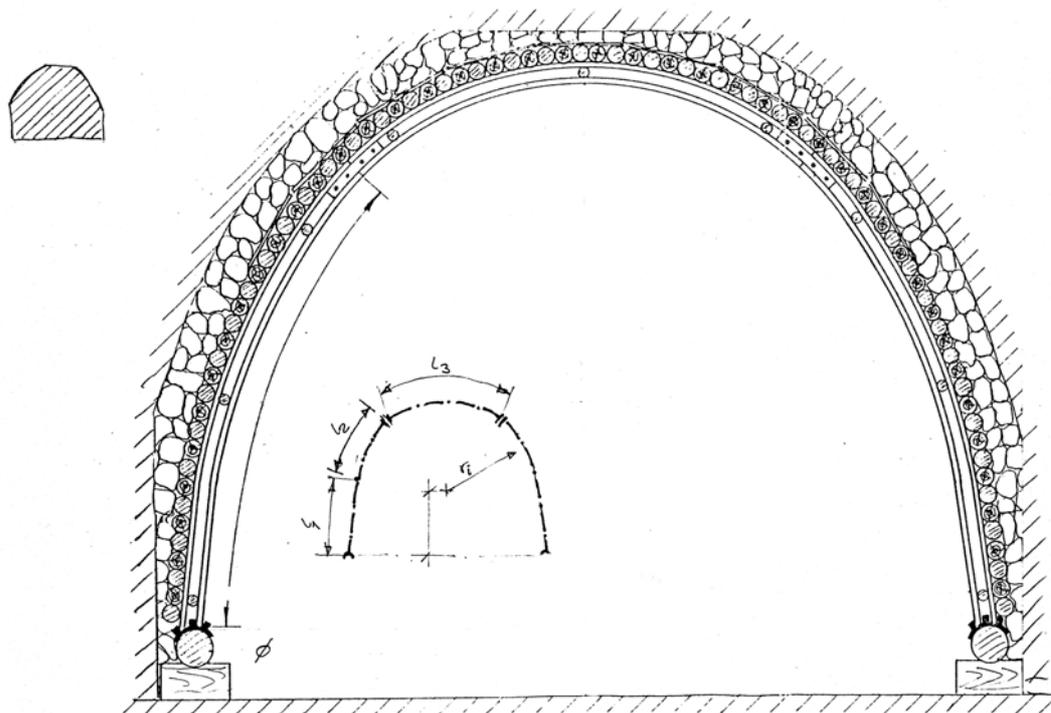


Abbildung 9 Pokalausbau

### 5.2.3.4 Abschätzung der Mengen und der Auffahrungszeiten

Bei der Neuauffahrung einer Strecke mit einer Länge von ca. 5.500 m mit einem Streckenquerschnitt von ca. 27 m<sup>2</sup> einschließlich notwendiger Nischen fallen ca. 350.000 t bzw. 250.000 m<sup>3</sup> Ausbruchshaufwerk an. Zur Abförderung des Haufwerkes werden Muldenkipper mit ca. 20 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen eingesetzt. Das Haufwerk wird von dem jeweiligen Abbauort zum Schacht Asse 2 transportiert.

Aus Tabelle 16 sind die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte ersichtlich.

Tabelle 16 Mengendarstellung bei der Auffahrung der Schrägstrecke

Gewerk	Volumen in m <sup>3</sup>	Haufwerks- menge in t	Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>
Schrägstrecke	148.500	319.300	228.100
Mehrausbrüche (Nischen etc.)	13.500	29.100	20.800
<b>Summe Auffahrung Schrägstrecke</b>	<b>162.000</b>	<b>348.400</b>	<b>248.900</b>

In der Tabelle 17 werden die Transportzeiten des Muldenkippers bei einer maximalen Fahrweglänge von 5.500 m angegeben. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit des Transportfahrzeuges von 15 km/h und einer Lade- bzw. Entladezeit von jeweils 4,0 min werden für ein Fahrspiel ca. 48 min benötigt. Für den Abtransport des anfallenden Haufwerkes von ca. 290 m<sup>3</sup> pro Abschlag sind bei maximalen Fahrweglängen demzufolge im Mittel 11,6 h zu veranschlagen.

Tabelle 17 Ermittlung des notwendigen Zeitbedarfes für einen Abschlag mit 7 m Länge bei maximaler Transportlänge

Streckenförderung	Ausgangsdaten	Einheit
Querschnitt	27,0	m <sup>2</sup>
Hohlraumvolumen ( pro 7 m Abschlag)	189,0	m <sup>3</sup>
Dichte Steinsalz	2,15	t/m <sup>3</sup>
Menge pro Schicht	406,4	t
Dichte des Haufwerkes	1,4	t/m <sup>3</sup>
Haufwerksvolumen	290,3	m <sup>3</sup>

Streckenförderung	Ausgangsdaten	Einheit
Ladevolumen der Mulde	20,0	m <sup>3</sup>
Geschwindigkeit des Muldenkippers	15,0	km/h
Lade-/Entladezeit	4,0	min
Transportlänge	5.500,0	m
Fahrspiele	14,5	
<b>Bestimmung des Zeitbedarfs</b>		
Zeit pro Förderspiel	48	min
Zeit pro Abschlag	11,6	h

Geht man von einer mittleren Fahrweglänge von 2.750 m aus, werden rund 6 Stunden zum Abtransport des Haufwerkes pro Abschlag benötigt. Einschließlich aller Nebenarbeiten werden bei einer 3-schichtigen Auslastung ca. 880 t Haufwerk pro Tag angenommen. Bei ca. 350.000 t Haufwerk wären rd. 400 Arbeitstage für die reine bergmännische Auffahrung erforderlich. Für Nebenarbeiten werden noch einmal 20 % zugeschlagen, so dass ca. 480 Arbeitstage (ca. 1,6 Jahre bei ca. 300 AT/a) angesetzt werden müssen. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine ausreichende Förderleistung des Schachtes Asse 2 von mindestens 440 t/Schicht.

In der Tabelle 18 wird der erforderliche Zeitbedarf für die Umrüstung des Schachtes Asse 2 und die Auffahrung einer Schrägstrecke dargestellt.

Tabelle 18 Abschätzung des erforderlichen Zeitbedarfs zu geologischer Vorerkundung, Planungsleistungen, Umrüstung des Schachtes Asse 2, der Auffahrung einer Schrägstrecke und der Verbindung zwischen Blindschacht und Schrägstrecke im Einlagerungsniveau (ohne Zeiten für das Genehmigungsverfahren)

Gewerk	Hauptarbeiten	Zeit AT
<b>1. Geologische Vorerkundung</b>		
Geologische Vorerkundung	Niederbringen von einer Tagesbohrung sowie mehreren untertägigen Explorationsbohrungen	600
<b>2. Planungsleistungen</b>		
Planungsleistungen	Umrüstung des Schachtes Asse 2	(60)
	Abteufen Blindschacht und Auffahrung Grubenhöhlräume einschließlich aller Nebenleistungen	(180)
<b>3. Umrüstung Förderanlage Schacht Asse 2</b>		
Vorleistungen Umrüstung Schacht Asse 2	Einrichtung der Baustelle zur Umrüstung des Schachtes	(50)
Umrüstung Schacht Asse 2	Umbau der Fördermaschine, Umrüstung auf Skipförderung und Umbau der Schachteinbauten	(250)

Gewerk	Hauptarbeiten	Zeit AT
<b>4. Auffahrung der Schrägstrecke</b>		
Vorleistungen zur Auffahrung der Schrägstrecke	Liefern und Transport der notwendigen Großgerätekette zur Auffahrung der notwendigen Hohlräume bis zum geplanten Ansatzpunkt der Schrägstrecke, Einhängen am Schacht, Transport unter Tage und Zusammenbau der notwendigen Großgeräte (siehe auch Tabelle 13 und Tabelle 14)	250
Schaffung der Baufreiheit unter Tage	Auffahrung der entsprechenden Hohlräume im Bereich der 750-m-Sohle, Transport des Haufwerkes nach über Tage	150
Auffahrung der Schrägstrecke	Auffahren einer Schrägstrecke mit einer Gesamtlänge von ca. 5.500 m	480
Baustelle räumen	Abtransport der Großgeräte und der Ausrüstungsteile, Zerlegen der Ausrüstungen in entsprechend große Baugruppen, Aushängen am Schacht Asse 2 und Abtransport	220
<b>5. Abteufen des Blindschachtes (wird parallel zur Auffahrung der Schrägstrecke getätigt)</b>		
Vorleistungen zur Auffahrung der Zugangstrecken vom Schacht Asse 2 zum Schachtantrittspunkt	Liefern und Transport der notwendigen Großgerätekette zur Auffahrung der notwendigen Hohlräume bis zum geplanten Ansatzpunkt des Blindschachtes, Einhängen am Schacht, Transport unter Tage und Zusammenbau der notwendigen Großgeräte (siehe auch Tabelle 13 und Tabelle 14)	(200)
Schaffung der Baufreiheit unter Tage	Auffahrung der entsprechenden Hohlräume, Transport des Haufwerkes nach über Tage	(250)
Vorleistungen zum Abteufen Blindschacht	Liefern und Transport der Ausrüstungsteile, Einhängen am Schacht Asse 2, Transport unter Tage und Zusammenbau der Ausrüstungen (Teufgerüst, Haspel, Seilscheiben, Umlenkrollen, Bühnen, Teufkübel, Greifer etc.)	(120)
Abteufen des Blindschachtes von der 750-m-Sohle zur geplanten 1.200-m-Sohle und temporäre Sicherungsmaßnahmen	Abteufen von ca. 500 m Blindschacht mit 5,5 m Durchmesser von der 750-m-Sohle bis zur geplanten 1.200-m-Sohle einschließlich Schachtsumpf Bohren, Sprengen und Abförderung des Steinsalzhaufwerkes, temporäre Sicherung der Ortsbrust, durchschnittlichen Vortriebsleistung von 1 m - 2 m pro Arbeitstag	(250)
Abteufen des Blindschachtes von der 511-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle mittels Bohrung	Abteufen des oberen Teils des westlichen Blindschachtes von der 511-m-Sohle bis zur 750-m-Sohle mit Vorbohrloch	(250)
Ausbau des Schachtes	Ausbau des Schachtes mittels Ankerung und Netzsicherung	(150)
Einbau der Förderanlage	Fördermaschine, Seilscheiben, Umlenkrollen, SEL-DA-Sicherheitsbremsvorrichtung etc. (parallel zu den Ausbauten)	(100)
Einbau der Ausbauten	Gefäß mit Gegengewicht, Seilführung, Rohrleitungen und Kabel	(120)

Gewerk	Hauptarbeiten	Zeit AT
<b>6. Herstellen der Verbindung zwischen der Schrägstrecke und dem Blindschacht im Einlagerungsniveau</b>		
Auffahrung der Zufahrten und Schaffung eines zweiten Fluchtweges	Auffahrung eines Doppelstreckensystems zwischen dem Blindschacht und der Schrägstrecke	80
Baustelle räumen	Abtransport der Großgeräte und der Ausrüstungsteile, Zerlegen der Ausrüstungen in entsprechend große Baugruppen, Aushängen am Schacht Asse 2 und Abtransport	(190)
<b>Summe</b>		<b>1.780 AT</b>

Für die in Tabelle 18 aufgeführten Leistungen müssen insgesamt 1.780 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären ca. 5,9 Jahre notwendig.

Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes für die Umrüstung des Schachtes Asse 2 und für die Auffahrung der Schrägstrecke einschließlich aller Nebenleistungen wurde der erforderliche Zeitaufwand für das Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

#### 5.2.3.5 Nachbereitende Arbeiten (Baustellenräumung)

Unter den nachbereitenden Arbeiten wird überwiegend das Räumen der Baustelle verstanden. Nicht mehr benötigte Ausrüstungen und Geräte werden abgebaut und nach über Tage transportiert.

### 5.3 Auffahrung von Kammern/Kavernen (Umlagerungshohlräume)

Grundlegend können ausgehend von den abgeteuften Schächten und/oder aufgefahrenen Zugangsstrecken Kavernen und/oder Kammern/Strecken für die Ablagerung der umzulagernden LAW und MAW bergmännisch aufgefahren werden.

### 5.3.1 Auffahrung von Kammern zur Umlagerung der LAW

Die allgemeine Verfahrensweise zur Auffahrung von Strecken/Kammern wurde bereits im Abschnitt 5.2.1 dargelegt. In Abbildung 10 ist die Auffahrung der Einlagerungskammern und deren Zufahrtsstrecken schematisch dargestellt.

Nach Abschluss der Erschließungsarbeiten zur 1.200-m-Sohle (Abteufen der Schächte bzw. Auffahrung der Schrägstrecke) können die Zufahrtsstrecken und Kammern aufgefahren werden. Die Abbauparameter sind aus 0 ersichtlich. Die Lage der Kammern im Bergwerk Asse II ist der Anlage 8 zu entnehmen.

Als Zufahrtstrecke zu den Umlagerungskammern ist ein Zwei-Streckensystem mit einer Gesamtlänge von je 230 m vorgesehen. Mit diesem Zwei-Streckensystem kann sichergestellt werden, dass einerseits die Kammern vorgerichtet werden und andererseits die schwachradioaktiven Abfälle in die vorbereiteten Kammern eingelagert werden können.

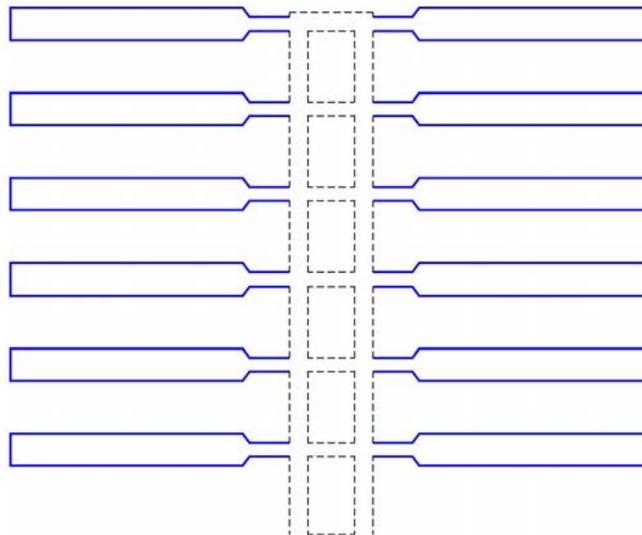


Abbildung 10 Prinzipdarstellung zur Auffahrung der Einlagerungskammern am Beispiel der Variante III

Ausgehend von den Strecken werden die einzelnen Einlagerungskammern im Winkel von 90 Grad aufgefahren (vgl. Abbildung 10). Aufgrund des territorial engbegrenzten Auffahrungshorizontes können insgesamt nur 12 Einlagerungskammern aufgefahren werden. Die Einlagerungskammern werden mit anfangs 6 m Breite und 4,5 m Höhe auf einer Länge von ca. 20 m und anschließend auf einer Länge von 100 m mit einer

Kammerbreite von 14 m und einer Kammerhöhe von 5,2 m hergerichtet (vgl. 0). Die Pfeilergröße zwischen den Einlagerungskammern liegt bei 23 m und zwischen den Zufahrtsstrecken bei 20 m.

Tabelle 19 Abbauparameter der Vorrichtung und der Einlagerungskammern am Beispiel der Variante III

Bezeichnung	Anzahl	Breite	Höhe	Länge	Querschnitt
		in m	in m	in m	in m <sup>2</sup>
Einlagerungskammer	12	14	5,2	100	73
Kammerhals	12	6	4,5	20	27
Zufahrtsstrecke	2	8	4,5	230	36
Durchhieb	6	6	4,5	20	27

Insgesamt liegt hierbei das mögliche Einlagerungsvolumen bei 87.400 m<sup>3</sup>, was bei der Variante III eine ausreichende Reserve für die Einlagerung der schwachradioaktiven Abfälle (ca. 61.640 m<sup>3</sup>) bietet (vgl. Abschnitt 5.3.3.4). Das benötigte Einlagerungsvolumen für die Varianten I und II wird durch die entsprechende Verringerung der Kammeranzahl unter Beibehaltung der Dimensionierung erreicht.

### 5.3.2 Auffahrung von Kavernen zur Umlagerung der LAW und MAW

Die Auffahrung der Zufahrtsstrecken zu den **Kavernen für die schwachradioaktiven Abfälle** würde analog der Strecken zu den Abbaukammern erfolgen. Wie aus Tabelle 20 hervorgeht, müssten bei der Variante III insgesamt 8 Kavernen mit einem Durchmesser von je 20,0 m und einer Höhe von 35,0 m hergestellt werden. Das mögliche Einlagerungsvolumen für diese Variante liegt bei 88.000 m<sup>3</sup>. Das benötigte Einlagerungsvolumen für die Varianten I und II wird durch die entsprechende Anpassung der Kavernenanzahl und der Dimensionierungsparameter erreicht.

Die notwendigen Parameter der Kavernen für die verschiedenen Varianten sind der Tabelle 20 zu entnehmen. Hierbei wurde dargestellt, wie groß die Abmessungen für eine Gesamtkaverne bzw. für mehrere Kavernen für die LAW entsprechend den Varianten I - III sein müssen.

Tabelle 20 Parameter der Kavernen mit Kavernenhälsen

Kavernen	Anzahl	Durchmesser in m	Höhe in m
<b>Abteufen der Kaverne für MAW</b>			
Kaverne	1	6	20
Kavernenhals	1	5,5	50
<b>Auffahrung von nur einer Kaverne für LAW</b>			
Kaverne (Variante I)	1	30	30
Kavernenhals	1	5,5	50
Kaverne (Variante II)	1	30	55
Kavernenhals	1	5,5	50
Kaverne (Variante III)	1	30	120
Kavernenhals	1	5,5	50
<b>Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW</b>			
Kaverne (Variante I)	2	6	20
Kavernenhals	2	5,5	50
Kaverne (Variante II)	6	18	20
Kavernenhals	6	5,5	50
Kaverne (Variante III)	8	20	35
Kavernenhals	8	5,5	50

In der vorliegenden Studie wurden die Herstellung von einer oder mehreren Kavernen für die Einlagerung der LAW untersucht. Bei der Auffahrung von mehreren Einlagerungskavernen besteht die Möglichkeit der Herstellung von technischen Barrieren entsprechend der Aufgabenstellung, was bei der Auffahrung von nur einer Kaverne nicht gegeben ist. Die Kavernen sollten generell soltechnisch hergestellt werden. Eine Ausnahme stellt das Abteufen der Kaverne für die MAW unterhalb des westlichen Blindschachtes dar. Bei der Herstellung der Kavernen mittels Solung besteht jedoch das Problem der Entsorgung der anfallenden Sole. Diese müsste von der 1.200-m-Sohle bis nach über Tage gepumpt werden (vgl. Tabelle 21).

Ein vollständiges Abpumpen der Lösung ist nicht möglich, so dass ein Teil der Lösung und unlösliche Bestandteile, wie z. B. Ton und Anhydrit, im Kavernenhohlraum verbleibt (vgl. Abbildung 11). Diese Restlösungen sind durch entsprechende Maßnahmen zu binden.

In Tabelle 21 sind beispielhaft für die Sub-Variante 3, bei der das größte Kavervenvolumen im Vergleich der Sub-Varianten anfällt, die anfallenden Lösungsmengen bei einer Lösungsättigung von ca. 80 % (270 g/l) dargestellt.

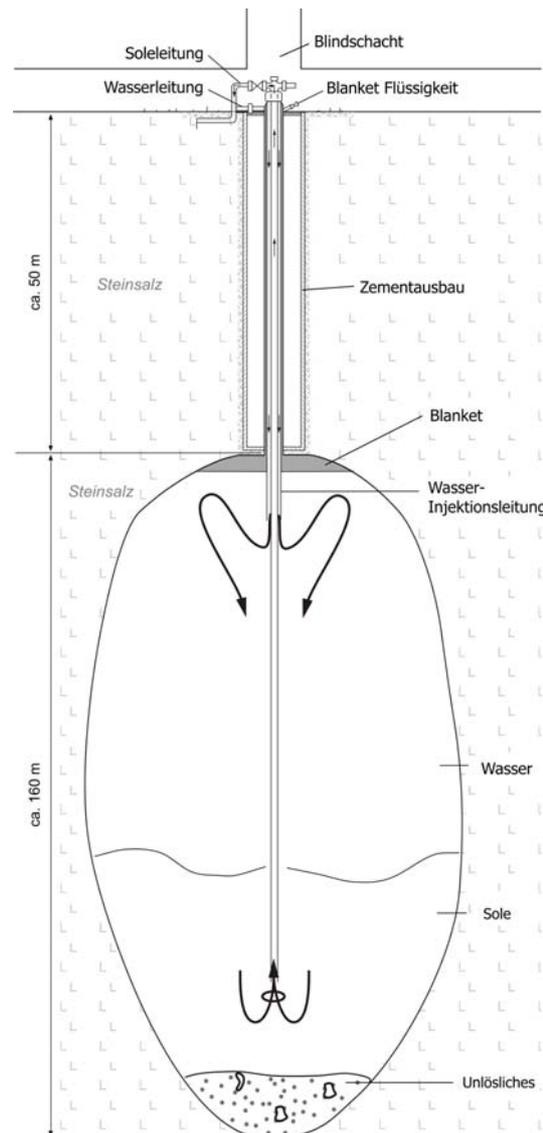


Abbildung 11 Schematische Darstellung einer Solkaverne

Tabelle 21 Anfallenden Lösungsmengen durch Aussolen der Kavernen am Beispiel der  
Sub-Variante 3

Variante	Steinsalzmenge aus Kavernen in t	Lösung in m <sup>3</sup>
Variante I.3	47.300	175.200
Variante II.3	89.500	364.900
Variante III.3	189.200	700.800

Die Einlagerung der **mittelradioaktiven Abfälle in Kavernen** kann erst nach Abschluss der Einlagerung der schwachradioaktiven Abfälle erfolgen. Hierzu wäre im Rahmen der Abteufarbeiten des Blindschachtes ca. 20 m unterhalb des Füllortbereiches der 1.200-m-Sohle eine Kaverne mit einem Durchmesser von ca. 6,0 m und einer Höhe von ca. 20,0 m aufzufahren (vgl. Abbildung 12).

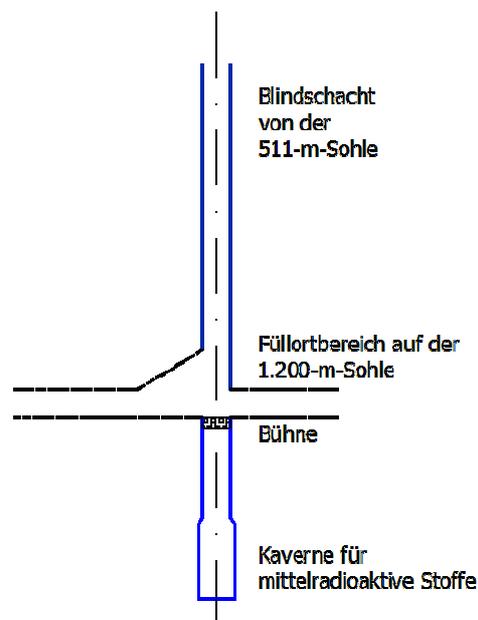


Abbildung 12 Vereinfachter Schnitt Blindschacht mit Kaverne für MAW

Oberhalb des Kavernenhalses müsste eine Bühne eingezogen werden, welche nach Umlagerung der LAW den Erfordernissen der Einlagerung der MAW entsprechend umgerüstet werden müsste.

### 5.3.3 Bauausführung

#### 5.3.3.1 Vorbereitende Arbeiten (Baustelleneinrichtung, Hauptausrüstungen)

Die Hauptausrüstungen entsprechen den im Abschnitt 5.2.3.1 bereits angeführten Bergbaugroßgeräten und Ausrüstungen. Da der Neuaufschluss der Einlagerungskammern im Anschluss an die Auffahrung der Zufahrtsstrecken getätigt werden kann, ist eine zusätzliche Baustelleneinrichtung nicht erforderlich.

#### 5.3.3.2 Bewetterung/Sonderbewetterung

Die Ermittlung des erforderlichen Streckenquerschnittes erfolgte unter Einhaltung der aus dem BBergG, der ABVO bzw. den jeweiligen Bergverordnungen resultierenden gesetzlichen Anforderungen. Hierbei wurde von den im Abschnitt 5.2.3.2 bereits beschriebenen Rahmenbedingungen ausgegangen. In Tabelle 22 sind die notwendigen Wettermengen für den geplanten Querschnitt von 112 m<sup>2</sup> ersichtlich. Mit der geplanten Wettermenge von 3.600 m<sup>3</sup>/min werden die gesetzlichen Regelungen eingehalten.

Tabelle 22 Theoretisch mögliche Wettermengen in Abhängigkeit vom Kammerquerschnitt und der Wettergeschwindigkeit

Grubenbau	Querschnitt in m <sup>2</sup>	Wettermenge	
		min. bei > 0,5 m/s in m <sup>3</sup> /min	max. bei 6 m/s in m <sup>3</sup> /min
Einlagerungskammern (14 m x 5,2 m)	73	2.190	26.200

Aufgrund der großen Teufe von 1.200 m ist bei einer geothermischen Tiefenstufe von 3 Grad Celsius pro 100 m mit einer Gebirgstemperatur von 36 Grad Celsius zu rechnen. Aufgrund der Wärmeemission der Bergbaugroßgeräte ist in dieser Teufenlage mit Wettertemperaturen von über 40 Grad Celsius zu rechnen.

Neben den Bergbaugroßgeräten sind alle weiteren Fahrzeuge mit entsprechenden klimatisierten Fahrerkabinen auszurüsten.

### 5.3.3.3 Ausbau

Der Ausbau dient in Verbindung mit geeigneten Beraubemaßnahmen der Gewährleistung der First- und Stoßsicherheit. Für die Auffahrungen mit Bohr- und Sprengtechnik erfolgt die Firstsicherung mittels Beraubemaschine. Die anschließende Ankerung wird nach betrieblichen Regelungen durchgeführt.

Die Auffahrung der Zufahrtsstrecke hat generell mit Wölbung der Firste zu erfolgen. Beim Einsatz der Bohr- und Sprengtechnologie wird die Wölbung der Firste durch schonendes Sprengen hergestellt. Die Ankerdichte richtet sich nach den betrieblichen Regeln. Die Anker werden größtenteils mit einer Dichte von 0,16 bis 0,25 Ankern je m<sup>2</sup> eingebracht. Die Ankerlänge beträgt 1,50 m.

### 5.3.3.4 Abschätzung der notwendigen Zeiten

#### 5.3.3.4.1 Abschätzung der Auffahrungszeiten für die Einlagerungskammern

In Anlage 12, Anlage 32, und Anlage 52 sind jeweils die notwendigen bergmännischen Auffahrungen im Bereich des Einlagerungsbereiches bei einer Einlagerung in Kammern für die Varianten I bis III dargestellt.

Für die folgenden Betrachtungen wird von der Annahme des Abteufens von einem Blindschacht und der Auffahrung von einer Schrägstrecke ausgegangen, was der Variante III.6 (ohne Abteufen der Kaverne für MAW) entsprechen würde. Wie aus Tabelle 23 hervorgeht, fallen bei den notwendigen Auffahrungen ca. 174.900 m<sup>3</sup> Ausbruchshaufwerk an. Die ermittelten Mengen wurden stets auf die nächsten vollen 100 aufgerundet. Zur Abförderung des Haufwerkes werden Muldenkipper mit ca. 20 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen eingesetzt. Das Haufwerk wird von der jeweiligen Auffahrung zum Schacht Asse 2 transportiert.

Tabelle 23 Notwendige Auffahrungen im geplanten Einlagerungsbereich für Variante I bis III

Bezeichnung	Anzahl	Breite in m	Länge in m	Höhe in m	Volumen in m <sup>3</sup>	Haufwerks- menge in t	Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>
<b>Einlagerungskammern für LAW Variante I</b>							
Kammern	3	14	100	5,2	21.900	47.100	33.700
Kammerhäse	3	6	20	4,5	1.700	3.700	2.700
<b>Gesamt</b>					<b>23.600</b>	<b>50.800</b>	<b>36.400</b>
<b>Vorrichtung der Einlagerungskammern Variante II</b>							
Zufahrten	2	8	130	4,5	9.400	20.300	14.500
Durchhiebe	3	6	20	4,5	1.700	3.700	2.700
<b>Einlagerungskammern für LAW Variante II</b>							
Kammern	6,0	14,0	100,0	5,2	43.700	94.000	67.200
Kammerhäse	6,0	6,0	20,0	4,5	3.300	7.100	5.100
<b>Gesamt</b>					<b>58.100</b>	<b>125.100</b>	<b>89.500</b>
<b>Vorrichtung der Einlagerungskammern Variante III</b>							
Zufahrten	2	8	230	4,5	16.600	35.700	25.500
Durchhiebe	6	6	20	4,5	3.300	7.100	5.100
<b>Einlagerungskammern für LAW Variante III</b>							
Kammern	12	14	100	5,2	87.400	188.000	134.300
Kammerhäse	12	6	20	4,5	6.500	14.000	10.000
<b>Gesamt</b>					<b>113.800</b>	<b>244.800</b>	<b>174.900</b>

In der Tabelle 24 werden die Transportzeiten des Muldenkippers bei einer mittleren Fahrweglänge von ca. 6.500 m angegeben. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit des Transportfahrzeuges von 15 km/h und einer Lade- bzw. Entladezeit von jeweils 4,0 min werden für ein Fahrspiel 56 min benötigt.

Tabelle 24 Ermittlung des notwendigen Zeitbedarfes zur Auffahrung der Einlagerungskammern bei einer mittleren Fahrweglänge von 6.500 m und Förderung über die Schrägstrecke

<b>Streckenförderung</b>	<b>Ausgangsdaten</b>	<b>Einheit</b>
Haufwerksvolumen	174.900	m <sup>3</sup>
Ladevolumen der Mulde	20,0	m <sup>3</sup>
Geschwindigkeit des Muldenkippers	15,0	km/h
Lade-/Entladezeit	4,0	min
Transportlänge	6.500	m
Fahrspiele	8.745	
<b>Bestimmung des Zeitbedarfes</b>		
Zeit pro Förderspiel	56	min
<b>Gesamtzeit</b>	<b>8.162</b>	<b>h</b>

Wie aus Tabelle 24 ersichtlich wird, werden zum Abtransport der gesamten Haufwerksmenge rund 8.200 Stunden benötigt. Bei einer 2-schichtigen Auslastung und ca. 6,5 Stunden effektiver Arbeitszeit pro Schicht werden zum Abtransport des Haufwerkes mit zwei Muldenkippern insgesamt 315 Arbeitstage benötigt. Für Nebenarbeiten werden noch einmal 20 % zugeschlagen, so dass ca. 380 Arbeitstage (ca. 1,3 Jahre bei 300 AT/a) angesetzt werden müssen. Aufgrund der geplanten Schachtkapazität von max. 440 t/Schicht (ca. 20 % Reserve) und einer 2-schichtigen Auslastung der Förderanlage sind insgesamt 480 Arbeitstage (ca. 1,6 Jahre bei 300 AT/a) erforderlich.

Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes für die Auffahrung der Einlagerungskammern einschließlich aller Nebenleistungen wurde der erforderliche Zeitaufwand für das Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Umlagerung der schwachradioaktiven Abfälle parallel zur Auffahrung der weiteren Einlagerungskammern erscheint möglich, bedarf aber noch weiterer Untersuchungen.

### 5.3.3.4.2 Abschätzung der Auffahrungszeiten für die Einlagerungskavernen

In Tabelle 25 werden für die einzelnen Varianten die anfallenden Haufwerksmengen im Bereich des Einlagerungshorizontes beim Aussolen einer Kaverne für LAW dargestellt.

Wie aus Tabelle 25 ersichtlich wird, fallen am Beispiel der Variante III.2 beim Abteufen der beiden Kavernen ca. 185.000 t Steinsalzhaufwerk an, wovon ca. 183.000 t durch Solung entstehen. Hierbei sind bei einer Sättigung von 80 % (ca. 270 g/l) etwa 0,68 Mio. m<sup>3</sup> Lösung in Rohrleitungen nach über Tage zu pumpen und zu entsorgen.

Tabelle 25 Darstellung der anfallenden Haufwerksmengen bei den Varianten I.2, II.2 und III.2

Bezeichnung	Anzahl	Durchmesser in m	Höhe in m	Volumen in m <sup>3</sup>	Haufwerks- menge in t	Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>
Variante I.2						
Kaverne für LAW	1	30	30	21.300	45.800	32.800
Abteufen Kavernenhals	1	5,5	50	1.200	2.600	1.900
<b>Summe</b>				<b>22.500</b>	<b>48.400</b>	<b>34.700</b>
Variante II.2						
Kaverne für LAW	1	30	55	38.900	83.700	59.800
Abteufen Kavernenhals	1	5,5	50	1.200	2.600	1.900
<b>Summe</b>				<b>40.100</b>	<b>86.300</b>	<b>61.700</b>
Variante III.2						
Kaverne für LAW	1	30	120	84.900	182.600	130.500
Abteufen Kavernenhals	1	5,5	50	1.200	2.600	1.900
<b>Summe</b>				<b>86.100</b>	<b>185.200</b>	<b>132.400</b>

In Tabelle 26 werden für die einzelnen Varianten die anfallenden Haufwerksmengen im Bereich des Einlagerungshorizontes beim Aussolen mehrerer Kavernenhohlräume dargestellt.

Tabelle 26 Mengenermittlung für das Solen mehrerer Kavernen für LAW für die Varianten I bis III

Bezeichnung	Anzahl	Durchmesser in m	Höhe in m	Volumen in m <sup>3</sup>	Haufwerks- menge in t	Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>
<b>Variante I</b>						
Kavernen für LAW	2	20	35	22.000	47.300	33.800
Kavernenhäse	2	5,5	50	2.400	5.200	3.800
<b>Summe Variante I</b>				<b>24.400</b>	<b>52.500</b>	<b>37.600</b>
<b>Variante II</b>						
Kavernen für LAW	6	18	30	45.800	98.500	70.400
Kavernenhäse	6	5,5	50	7.200	15.500	11.100
<b>Summe Variante II</b>				<b>53.000</b>	<b>114.000</b>	<b>81.500</b>
<b>Variante III</b>						
Kavernen für LAW	8	20	35	88.000	189.200	135.200
Kavernenhäse	8	5,5	50	9.600	20.700	14.800
<b>Summe Variante III</b>				<b>97.600</b>	<b>209.900</b>	<b>150.000</b>

Für die Umlagerung der LAW und der MAW sind die in Tabelle 25 und Tabelle 26 dargestellten Kavernenabmessungen erforderlich. Hierbei ist zu beachten, dass aufgrund der entstehenden Zwickelhohlräume bei der Einlagerung der Abfälle der aufzufahrende Hohlraum mindestens 30 % größer als das einzulagernde Abfallvolumen sein sollte.

In Tabelle 27 werden die anfallenden Steinsalzmengen für das Abteufen der Kaverne für LAW mittels Bohren und Sprengen zusammengefasst. Hierbei wird vom Abteufen einer großen Kaverne für die schwachradioaktiven Abfälle ausgegangen.

Tabelle 27 Mengenermittlung für Auffahrungen beim Abteufen einer Kaverne für LAW mittels Bohren und Sprengen für die Variante III

Bezeichnung	Anzahl	Breite in m	Länge in m	Höhe in m	Volumen in m <sup>3</sup>	Haufwerks- menge in t	Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>
Schrägstrecke	1	8	2.200	4,5	79.200	170.300	121.700
Durchhiebe	35	6	20	4,5	18.900	40.700	29.100
Zufahrten zur Kaverne	10	8	150	4,5	54.000	116.100	83.000
<b>Gesamt</b>					<b>152.100</b>	<b>327.100</b>	<b>233.800</b>
Kaverne					86.100	185.200	132.300
<b>Gesamtsumme</b>					<b>238.200</b>	<b>512.300</b>	<b>366.100</b>

Aufgrund der Größe der Kaverne wird eine bergmännische Auffahrung des Kavernenhohlraumes als technisch kaum machbar angesehen. Weiterhin wären bei der Endteufe von über 1.400 m enorme Aufwendungen für die bergmännischen Arbeiten und die Klimatisierung der einzelnen Bergbaugroßgeräte erforderlich. Hierbei müsste das Haufwerk mittels Steilstrossen zum Kavernentiefsten auf ein Sohlenniveau von ca. 1.400 m gesprengt werden. Von dort wäre dann die Förderung mittels Muldenkipper zur 1.200-m-Sohle erforderlich. Diese Zufahrt hätte bei einem Einfallen von ca. 8 % bis 10 % eine Länge von etwa 2.200 m. Zusätzlich müsste in Abständen von ca. 20 m Höhe die Kaverne angefahren werden. Eine bergmännische Auffahrung einer großen Einlagerungskaverne für die schwachradioaktiven Abfälle wird somit verworfen. Bei der bergmännischen Auffahrungen der Kaverne für LAW fallen aufgrund der zusätzlichen Streckenauffahrungen über 327.000 t Steinsalzhaufwerk mehr gegenüber der soltechnischen Herstellung an. Aufgrund dieser enormen Mehrmengen wird die bergmännische Auffahrung der Kaverne für schwachradioaktive Abfälle verworfen.

Die in der Schachtanlage Asse II für Versuchszwecke bereits soltechnisch hergestellte Kaverne hatte eine Höhe von ungefähr 35 m und einen Durchmesser von ca. 25 m. Dagegen müsste bei Variante III.2 für die Umlagerung der LAW eine Kaverne mit einer Höhe von mindestens 120 m und einem Durchmesser von ca. 30 m hergestellt werden (vgl. Tabelle 25).

Bei der Ermittlung der Solzeit wurde von folgenden Ausgangswerten ausgegangen:

Leistung der Anlage	50 m <sup>3</sup> /h Lösung,
Salzgehalt der Lösung	0,27 t/m <sup>3</sup> ,
Lösungsmenge je Stunde	13,5 t Steinsalz.

Folgende Zeiten würden bei der Herstellung der Kaverne anfallen:

Vorbereitungsarbeiten	0,3 Jahre,
Bohrarbeiten	0,4 Jahre,
Aussolen	2,5 Jahre,
Rückbau der Soleinrichtungen und Abpumpen der Lösung aus der Kaverne	0,5 Jahre,

Für die Herstellung der Kaverne für die Variante III.2 mittels Solung würden somit 3,7 Jahre erforderlich werden. Bis zum Beginn der Umlagerung der LAW werden ca. 10,7 Jahre benötigt (vgl. Kapitel 9.4.2.1).

Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes für das Solen der Einlagerungskaverne/-kavernen einschließlich aller Nebenleistungen wurde der erforderliche Zeitaufwand für das Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

### 5.3.3.5 Nachbereitende Arbeiten (Baustellenräumung)

Unter den nachbereitenden Arbeiten wird überwiegend das Räumen der Baustelle verstanden. Nicht mehr benötigte Ausrüstungen und Geräte werden abgebaut und nach über Tage transportiert.

## 5.4 Zusammenfassung des Standes von Wissenschaft und Technik beim langzeitsicheren Verschluss von horizontalen und/oder vertikalen Grubenbauen im Salinar

Zum Erreichen einer dauerhaften Isolierung der Abfälle von der Biosphäre legt der Verordnungsgeber nach der Deponieverordnung (DepV) hier ebenso wie bei der Abfassung der TA Abfall einen vollständigen Einschluss der Abfälle im Wirtsgestein zugrunde.

Der vollständige Einschluss wird bei der Deponierung von Abfällen im salinaren Wirtsgestein maßgeblich durch die intakte geologische Barriere und insbesondere durch die spezifischen mechanischen Eigenschaften der Salzgesteine erreicht. Deshalb kommt der natürlichen (geologischen) Barriere sowohl hinsichtlich der räumlichen Verbreitung als auch im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit der Barrierewirkung eine besondere Bedeutung zu.

Die mit der bergmännischen Rohstoffgewinnung verbundenen anthropogenen Eingriffe in das Barriersystem erfolgten zunächst durch Tagesbohrungen und Schächte, wobei die hangende Barriere zum Erreichen der darunter lagernden Salzgesteinsabfolgen lokal perforiert werden musste.

Die Tagesbohrungen im Bereich der Schachtanlage Asse II wurden bereits wirksam verfüllt und sind darüber hinaus auch im Bereich der Grubenfelder von einem Sicherheitspfeiler umgeben, der Teil der natürlichen Barriere ist.

Nach heutigem Stand der Technik ist es möglich, die von den Schächten verursachten Durchörterungen der natürlichen Barriere durch langzeitsichere Verschlussbauwerke zu verschließen. Diese Verschlussbauwerke sind vor Beginn der Nachbetriebsphase zu realisieren, wodurch eine nachhaltige Wiederherstellung der Integrität der natürlichen Barrieren erreicht wird.

Die Einlagerung der Abfälle in der Schachtanlage Asse II hat entsprechend den gesetzlichen Forderungen nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses zu erfolgen. Dabei werden die Abfälle durch ein Mehrbarrierensystem dauerhaft von der Biosphäre ferngehalten.

Nach der DepV erfolgt eine Unterteilung in natürliche und technische Barrieren, welche zu einem Mehrbarrierensystem zusammengefasst werden. Es ist der Nachweis zu

erbringen, dass dieses Mehrbarriersystem den vollständigen Einschluss der Abfälle im Gebirgskörper gewährleistet.

Die natürlichen Barrieren (Wirtsgestein, Nebengestein, Deckgebirge) haben die Aufgabe, eine unzulässige Freisetzung von Schadstoffen aus der Schachtanlage Asse II und deren Transport in die Biosphäre zu verhindern. Anthropogene Durchörterungen der natürlichen Barrieren (z. B. Strecken, Schächte, Bohrungen etc.) sind durch technische Barrieren langzeitsicher zu verschließen.

Im Folgenden werden deshalb die Möglichkeiten des langzeitsicherheitlichen Verschlusses von Strecken und Schächten anhand von Praxisbeispielen beschrieben.

#### **5.4.1 Darstellung des Standes von Wissenschaft und Technik beim langzeitsicheren Verschluss von Strecken im Steinsalz**

Zwischen den etwa 8 km nordwestlich von Sondershausen gelegenen Grubenfeldern Ludwigshall und Immenrode und dem Bergwerk Sondershausen wurde 1911 eine Verbindungstrecke aufgeföhren.

Da im Bergwerk Sondershausen Abfälle als Versatz verwertet werden, ist zur Ertüchtigung der lateralen geologischen Barriere entsprechend den gesetzlichen Forderungen die Abdämmung des Bergwerkes Sondershausen zu anderen Bergwerken mittels geotechnischer Barrieren erforderlich.

Das Dammbauwerk in der Verbindungstrecke zum Grubenfeld Immenrode stellt eine geotechnische Barriere mit einer Gesamtlänge von 90 m dar. Das Dammbauwerk besteht aus folgenden Elementen (Abbildung 13):

- 2 Aufsättigungskammern,
- 2 Kurzzeitverschlüsse,
- Langzeitverschluss.

Entsprechend der geforderten beidseitigen Belastbarkeit wurden die Elemente des Dammbauwerkes symmetrisch angeordnet.

Auf jeder Seite des Dammbauwerkes befindet sich eine Aufsättigungskammer von ca. 20 m Länge. Die Kammern bestehen aus firsthoch versetztem Steinsalzhaufwerk, welches jeweils in der Mitte durch eine Betonmauer aus Solebeton B25 getrennt ist. Die Aufsättigungskammern sollen eine Sättigung der anströmenden Medien mit NaCl gewährleisten, bevor diese die eigentlichen Dichtungsbauwerke erreichen (SITZ U.A., 1999, /45/).

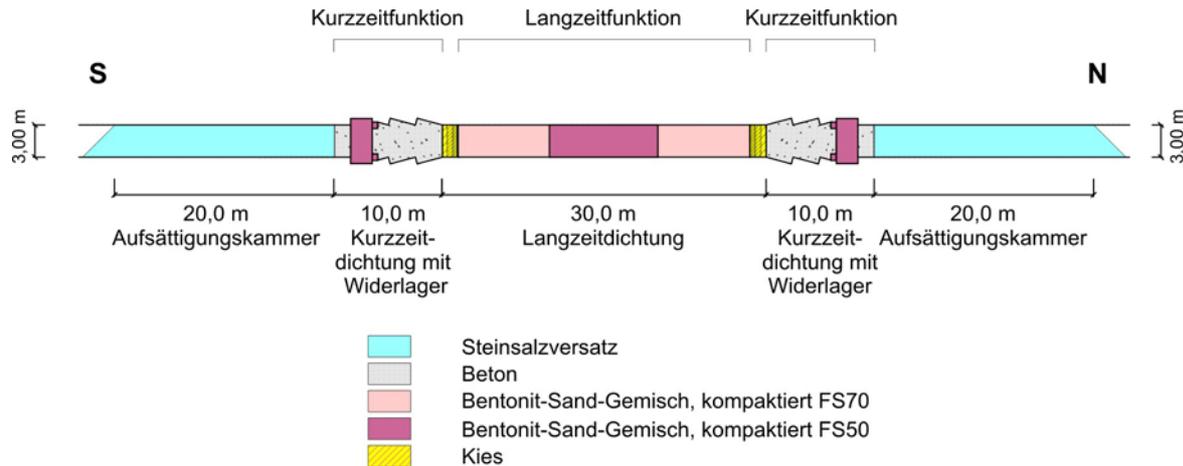


Abbildung 13 Aufbau des Dammbauwerkes Immenrode nach SITZ U.A. (1999, /45/)

An jede der Aufsättigungskammern schließt sich dammseitig ein Kurzzeitverschluss an. Der Kurzzeitverschluss ist von der Aufsättigungskammer durch einen 1,5 m dicken Vordamm aus Solebeton B10 getrennt. Die Vordämme sind nicht mit dem Gebirge verzahnt und wurden durch jeweils zwei Bohrungen mit 40 mm Durchmesser zum gelenkten Eindringen zusätzlicher Salzlösungen in den Dichtungskörper perforiert. Die Vordämme dienen als Begrenzung der Hauptdichtung des Kurzzeitverschlusses und sollen beim Einsetzen von Quelldruck die Dichtung für einen bestimmten Zeitraum lagestabil halten, damit sich das Dichtungsmaterial satt an das Gebirge anlegen kann.

Die quellfähigen 2 m dicken Hauptdichtungen bestehen aus Bentonitformsteinen Wetronit FS 50, einem Tonmineral-Sand-Gemisch mit einem Mischungsverhältnis von 50:50, und wurden umlaufend ins Gebirge eingelassen. Zusätzlich befinden sich hinter den Hauptdichtungen Ringdichtungen aus einer Stahlblechkonstruktion mit Bentonitsteinen FS 50. Die Ringdichtungen erfüllen zwei Aufgaben. Zum einen verlängern sie die eigentliche Dammdichtung und zum anderen tritt gegenüber der eigentlichen Dammdichtung eine frühzeitigere Abdichtung im volumenmäßig kleineren Ringraum ein (SITZ U.A., 1999, /45/).

Steigt der Quelldruck auf Werte an, die die Scherfestigkeit der Fuge am Gebirge überschreiten, beginnt eine Verschiebung des nicht im Gebirge eingelassenen Vordammes in Richtung des anstehenden Mediums. An die Hauptdichtungen schließen sich 6,5 m lange, im Gebirge mehrfach-kegelstumpfförmig ausgebildete Widerlager aus Solebeton B25 an, die an beiden Enden mit einer konstruktiven Oberflächenbewehrung gegen Schwundrisse versehen sind.

Die Langzeitdichtung hat eine Gesamtlänge von 30 m und besteht aus jeweils drei Kies-Sand-Schichten (die durch Natursteinmauern getrennt werden), den daran anschließenden Langzeitaußenelementen und der zentral liegenden Kerndichtung. Die

Kerndichtung aus kompaktierten Bentonitformsteinen Wetroneit FS 50 hat eine Länge von 10 m, die beiden Langzeitaußenelemente bestehen aus kompaktierten Bentonitformsteinen Wetroneit FS 70 (Mischungsverhältnis Tonmineral/Sand 30:70) und sind 8,5 m lang (SITZ U.A., 1999, /45/).

Die drei Kies-Sand-Schichten unterschiedlicher Kornfraktionen haben einschließlich der Trennwände aus Granitsteinen (Kantenlänge 170 mm) eine Gesamtlänge von je 1,5 m und ermöglichen einen großflächigen, gleichmäßigen Lasteintrag in die Dichtung.

Die im Bereich der Kerndichtung eingesetzten kompaktierten Bentonitformsteine wurden auf der Grundlage fortgeschriebener Erkenntnisse über das Verhalten und die Dichtwirkung von Bentoniten ausgewählt. In den parallel zur Entwurfsphase des Streckenverschlusses am Institut für Bergbau der TU Bergakademie Freiberg durchgeführten Forschungsarbeiten an Bentonit im salinaren Umfeld wurde festgestellt, dass für untertägige Dichtelemente im Salinar kompaktierte, trocken eingebaute, natürliche Bentonite vorteilhaft eingesetzt werden können (SITZ U.A., 1999, /45/).

#### **5.4.2 Darstellung des Standes von Wissenschaft und Technik beim langzeitsicheren Verschluss von Schächten**

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Kennzeichen 02C0516 geförderten Forschungsvorhabens „Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth“ (K+S AKTIENGESELLSCHAFT, 2002, /35/) wurde durch In-Situ-Versuche die Realisierbarkeit und Funktionstüchtigkeit eines langzeitstabilen und flüssigkeitsdichten Schachtverschlusses nachgewiesen, welcher den Anforderungen der TA Abfall an Untertagedeponien im Salinar entspricht.

Der geotechnischen Barriere Schachtverschluss kommt eine besondere Bedeutung zu, da durch diese die Durchörterung der geologischen Schutzbarriere des Salinars und die direkte Verbindung zwischen der Biosphäre und dem Grubengebäude wiederverschlossen bzw. langzeitstabil abgedichtet wird. Durch die Schachtverschlüsse werden das Eindringen von Wässern aus dem Deckgebirge in das Grubengebäude und das Austreten von salinaren und ggf. kontaminierten Lösungen aus dem Grubengebäude in die Biosphäre verhindert.

Die Hauptelemente des Schachtverschlusskonzeptes sind die aus einem langzeitbeständigen Schotter bestehenden, setzungsstabilen Verfüllsäulen als Widerlager und Dichtelemente aus Bentonit.

#### 5.4.2.1 Ergebnisse der Untersuchungen zur Schottersäule als lastabtragendes Element

Die in K+S AKTIENGESELLSCHAFT (2002, /35/) durchgeführten Untersuchungen zur Schottersäule enthalten folgende Schwerpunkte:

- 1) Laboruntersuchungen, halbtechnische Versuche zur Materialauswahl und zur Auswahl der Messtechnik,
  - 2) Vorversuch am Schacht 2 des Bergwerkes Salzdettfurth mit Untersuchungen
    - zur Einbringtechnik,
    - zur Eignung der Messtechnik
- und
- zur Bestimmung des Setzungsverhaltens der Schottersäule in trockenem Zustand und unter Salzlösungen,
- 3) In-Situ-Versuch im Schacht 2 zum Nachweis der setzungsarmen Schottersäule.

Aus den Untersuchungen wurden in K+S AKTIENGESELLSCHAFT (2002, /35/) die folgenden Kriterien für die Realisierung einer über lange Zeiträume setzungsstabilen Schottersäule abgeleitet.

#### Anforderungen an die Verfüllung/den Verschluss von Schächten einer UTD/UTV:

- Die Verfüllung der Schächte muss auf der gesamten Länge des Schachtes und in den Schachtzugängen erfolgen.
- Die Verfüllung der Schächte muss so erfolgen, dass nachträgliche Setzungen in der Verfüllsäule so gering wie möglich gehalten werden.
- Die Verfüllung der Schächte muss eine hydraulische Verbindung zwischen den Ablagerungsbereichen und der Biosphäre auf Dauer und nachsorgefrei verhindern.

#### Materialauswahl:

- Auswahl eines langzeitstabilen Grundmaterials, d.h. Basalt- oder Diabasschotter (im Forschungsvorhaben wurde ein Diabasschotter aus dem Steinbruch Huneberg bei Bad Harzburg als Referenzschotter verwendet). Bei der Verwendung von Alternativmaterial ist der Eignungsnachweis des ausgewählten Schotters durch die Untersuchung des Drucksetzungsverhaltens und der eingetretenen Veränderung der Kornverteilung infolge Druckbelastung zu führen. Die Untersuchungsergebnisse sind mit den Eigenschaften des vorliegenden Referenzschotters zu vergleichen.

- Kornkennlinie des Diabasschotters: 32/80 mm (dieser Schotter ist dem Basaltschotter der Kornkennlinie 22,4/63 mm – Gleisschotter der Deutschen Bahn – gleichwertig).

#### Maßnahmen im Schacht:

- Vollständiges Auskoffern des Schachtsumpfes.
- Entfernung aller Schachteinbauten vor dem Einbau des Schotters.
- Entfernung des Schachtausbaus, wenn kein Formschluss zwischen dem Ausbau und dem Gebirge besteht.
- Durch das Schotterentladegerät soll ein Radius des geschütteten Ringes des Schotterkegels von ca. 1,6 m zur Gewährleistung einer möglichst hohen Verdichtung des Schotters beim Einbau in Richtung Schachtstoß angestrebt werden.
- Fallhöhe beim Einbringen des Schotters ca. 20 m.

#### Maßnahmen im Füllortbereich:

- Räumung der Füllörter bis auf das feste Salz und Brechen aller schwachen Kanten.
- Verdichtung der Schotterböschung im Füllortbereich während des Einbaus.
- Böschungswinkel der Schotterböschung im Füllortbereich  $<36^\circ$ .
- Verdichtete Vorschüttung aus Hartgesteinsschotter über die Länge der gemittelten Füllorthöhe.
- Salzvorschüttung vor der Schottervorschüttung in den Füllortbereichen über die Länge der gemittelten Füllorthöhe. Das Material soll der Salzart im Füllortbereich entsprechen.
- Neigungswinkel der Vorschüttung  $<30^\circ$ .

#### Einbauparameter:

- Angestrebte Einbaudichte des Schotters  $1,80 \text{ t/m}^3$ .
- Keine großen Dichteunterschiede in der Schotterverfüllung.
- Befeuchtung des Schotters vor dem Einbau mit gesättigter Salzlösung (1 Masse-%).

Voraussetzung für die Herstellung setzungsarmer Schottersäulen sind ausreichend dimensionierte Widerlager in den Füllörtern, welche auch bei dynamischen Effekten bzw. Spannungsumlagerungen Rutschungen auf der Böschungsoberfläche der Vorschüttungen sicher verhindern.

In K+S AKTIENGESELLSCHAFT (2002, /35/) wird weiterhin eingeschätzt, dass die Setzungen mit sehr geringen und degressiven Raten ( $<1$  mm/a) ablaufen. Die Setzungen werden zudem durch die gegenläufig wirkende Gebirgskonvergenz verlangsamt, so dass von Gesamtsetzungen im Bereich weniger Zentimeter auszugehen ist.

Durch den In-Situ-Versuch am Schacht Salzdetfurth II wurde der Nachweis der Realisierbarkeit einer über lange Zeiträume setzungsstabilen Schottersäule erbracht, dessen Ergebnisse auf andere Schächte im Salinar übertragbar sind.

#### 5.4.2.2 Ergebnisse der Untersuchungen zum Dichtelement

Die in K+S AKTIENGESELLSCHAFT (2002, /35/) durchgeführten Untersuchungen zum Dichtelement enthalten folgende Schwerpunkte:

- 1) Laboruntersuchungen zur Materialauswahl und zur Parameterbestimmung,
- 2) Technikumsversuche zur Materialerprobung, insbesondere zum Nachweis der Dichtwirkung unter realistischen Flüssigkeitsdrücken

und

- 3) In-Situ-Versuch im Bohrschacht Salzdetfurth.

Als Material für die Dichtung im Salinar wurde ein natürlicher Ca-Bentonit verwendet.

Zum Erreichen der Zielwerte

- hydraulische Leitfähigkeit  $<5 \cdot 10^{-10}$  m/s,
- Quelldruck mindestens 1 MPa

und

- Einbaudichte  $>1,6$  g/cm<sup>3</sup>

wurde ein binäres Gemisch, bestehend aus Bentonitbriketts (Volumen 10 cm<sup>3</sup>) und Bentonitgranulat (Kornband 0 mm bis 3 mm) entwickelt und erprobt. Im In-Situ-Versuch wurden die Zielwerte erreicht (K+S AKTIENGESELLSCHAFT, 2002, /35/), wobei die Dichtelemente einem konstanten Flüssigkeitsdruck von bis zu 7 MPa standhielten.

Aus den Untersuchungen zum Dichtelement wurden in K+S AKTIENGESELLSCHAFT (2002, /35/) die folgenden Kriterien für die Realisierung von langzeitstabilen und flüssigkeitsdichten Dichtelementen abgeleitet.

#### Standortwahl und vorbereitende Maßnahmen:

- Auswahl von Schachtabschnitten im intakten Steinsalz (geologische und geotechnische Begutachtung).
- Quantifizierung der Auflockerungszone durch Permeabilitätsmessungen.

- Herstellung einer glatten Kontur am Schachtstoß im Bereich der Dichtelemente.

#### Einbau des Dichtelementes:

- Referenzmaterial für Dichtelemente im Salinar ist das im Vorhaben entwickelte und im Bohrschachtversuch erfolgreich getestete binäre Gemisch.
- Die Dimensionierung des Dichtelementes erfolgt in Abhängigkeit vom erwarteten Flüssigkeitsdruck, dem zulässigen Volumenstrom, vom Schachtdurchmesser, der Permeabilität der schachtnahen Auflockerungszone, des erforderlichen Quelldruckes sowie der zulässigen axialen Verschiebung. Im Ergebnis der Dimensionierung werden die erforderliche Einbautrockendichte des Dichtmaterials und die erforderliche Dichtungslänge bestimmt.
- Die Vermeidung von schlagartigen Belastungen ungesättigter Bereiche des Dichtelementes mit hohen Flüssigkeitsdrücken erfolgt durch das Vorschalten von Bentonit-Zuschlagstoff-Gemischen, die so eingestellt sind, dass durch diese eine stufenweise Verringerung der hydraulischen Leitfähigkeit erfolgt. Durch diese Vorgehensweise bildet sich schon bei geringen Flüssigkeitsdrücken ein gesättigter Bereich aus, welcher als „Schutzschicht“ die Hauptbentonitdichtung vor schlagartig auftretenden Belastungsdrücken abschirmt.
- Die Positionierung des Dichtelementes erfolgt zwischen zwei setzungsstabilen Schotterwiderlagern.

Durch die Ergebnisse des In-Situ-Versuches wurde der Nachweis erbracht, dass aus dem entwickelten Referenzmaterial und bei dessen qualitätsgerechtem Einbau langzeitstabile und flüssigkeitsdichte Schachtabdichtungen errichtet werden können. Für einen konstanten Flüssigkeitsdruck mit zunehmender Belastungszeit wurde gezeigt, dass sich die Dichtwirkung verbessert und das System einen Gleichgewichtszustand erreicht. Die Ergebnisse sind auf alle zukünftigen Schachtverschlüsse im Salinar übertragbar (K+S AKTIENGESELLSCHAFT, 2002, /35/).

### **5.4.3 Schlussfolgerungen für die abschließende Verwahrung der Strecken und Schächte**

Durch den Einbau geotechnischer Barrieren werden die vorhandenen geologischen Barrieren in abbaubedingten Durchörterungen ertüchtigt (Verschluss der Strecken und Schächte).

Der Verschluss der Strecken und Schächte stellt die abschließende und wichtigste geotechnische Barriere zwischen Ablagerungshorizont und Biosphäre dar. Nach Beendigung der Betriebsphase in der Schachtanlage Asse II ist die Verwahrung der Blindschächte bzw. der Schrägstrecke und des Blindschachtes zum Einlagerungsbe-

reich als Abschlussmaßnahme vorgesehen. Nach den bestehenden Anforderungen an eine Verwahrung der Strecken und Schächte ist diese so vorzunehmen, dass ein Wasserzutritt in den Einlagerungsbereich der Schachtanlage Asse II sicher und dauerhaft ausgeschlossen wird.

Bei der Planung und Realisierung der Verwahrungsmaßnahmen muss ebenso der Fall berücksichtigt werden, dass im Grubenfeld Salzlösungen unter hydrostatischem Druck anstehen, deren Austreten in die Biosphäre zu verhindern ist. Unabhängig davon, ob eine zusätzliche Belastung der Salzlösungen durch Schadstoffe vorliegt oder nicht, werden lagestabile Dichtungen eingebaut, die sowohl einen Zutritt von Tages- und Grundwässern in das Grubenfeld, als auch einen hypothetischen Austritt von Lösungen, die Schadstoffe in unzulässigen Konzentrationen enthalten, aus dem Ablagerungshorizont in die Biosphäre dauerhaft verhindern. Für die bis zum Abschluss der Betriebsphase offen zu haltenden Strecken bzw. den Blindschacht bestehen in der Schachtanlage Asse II günstige geologische Voraussetzungen (mächtiger Salzhorizont) für den Einbau geotechnischer Barrieren entsprechend dem Stand der Technik.

Im Folgenden sollen nochmals die wichtigsten Ergebnisse zum BMBF-Vorhaben „Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken – Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdörfurth Schacht SA II“ (K+S AKTIENGESELLSCHAFT, 2002, /35/) kurz dargestellt werden.

Es wurden In-Situ-Versuche zum Nachweis der Funktionsfähigkeit (Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit) eines langzeitstabilen und flüssigkeitsdichten Schachtverschlusses durchgeführt. Die durchgeführten Versuche und Nachweise zum Schachtverschluss wurden für die Planung und Errichtung künftiger Schachtverschlüsse für folgende Anwendungsfälle konzipiert:

- Schachtverschlüsse für Untertagedeponien für chemisch-toxische Abfälle,
- Schachtverschlüsse für Salzbergwerke mit untertägiger Abfallverwertung

und

- Schachtverschlüsse für trocken zu verwahrende Bergwerke.

Der konzipierte Schachtverschluss berücksichtigt die o.g. Verwahrungsgrundsätze, welche sich aus der TA Abfall ergeben. Im Ergebnis des Vorhabens wurde ein Schachtverschlusskonzept entwickelt, welches den Stand der Technik für die genannten Fälle einer langzeitsicheren Schachtverwahrung repräsentiert. Hauptbestandteile des Schachtverschlusskonzeptes sind:

- Setzungsstabile Schottersäulen als Widerlager

und

- Dichtelemente aus binären Bentonitgemischen (Pellets und Granulat der Körnung 0-3 mm).

Zur Positionierung eines Bentonitdichtelementes werden beidseitig Widerlager aus Schotter mit bestimmter Körnung eingebaut. Alle Abgänge zum Schacht (z.B. Füllort, Wetterhals etc.) werden zur dauerhaften Stabilisierung der Schottersäule mit langzeitbeständigen Materialien verfüllt.

Es wurde nachgewiesen, dass mit zunehmender Zeit eine Erhöhung des Sicherheitsniveaus der Hauptdichtung erfolgt:

- Durch die Gebirgskonvergenz werden Tragfähigkeit und Setzungsstabilität der Schottersäule im Schacht sowie der Schotterverfüllung in allen Abgängen und die Bentonittrockendichte sowie die Flächenpressung im Kontaktbereich Bentonitdichtung - Gebirge erhöht.
- Mit zunehmender Lösungssättigung des Bentonits erhöht sich infolge des Fortschreitens der Sättigungsfront die Dichtfläche im Kontaktbereich Bentonitdichtung - Gebirge.

Im Leitfaden für das Verwahren von Tagesschächten (BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG, ABT. BERGBAU UND ENERGIE, 2007, /8/) wurden folgende grundlegende Eigenschaften des einzusetzenden Füllgutes gefordert (vgl. Abbildung 14).

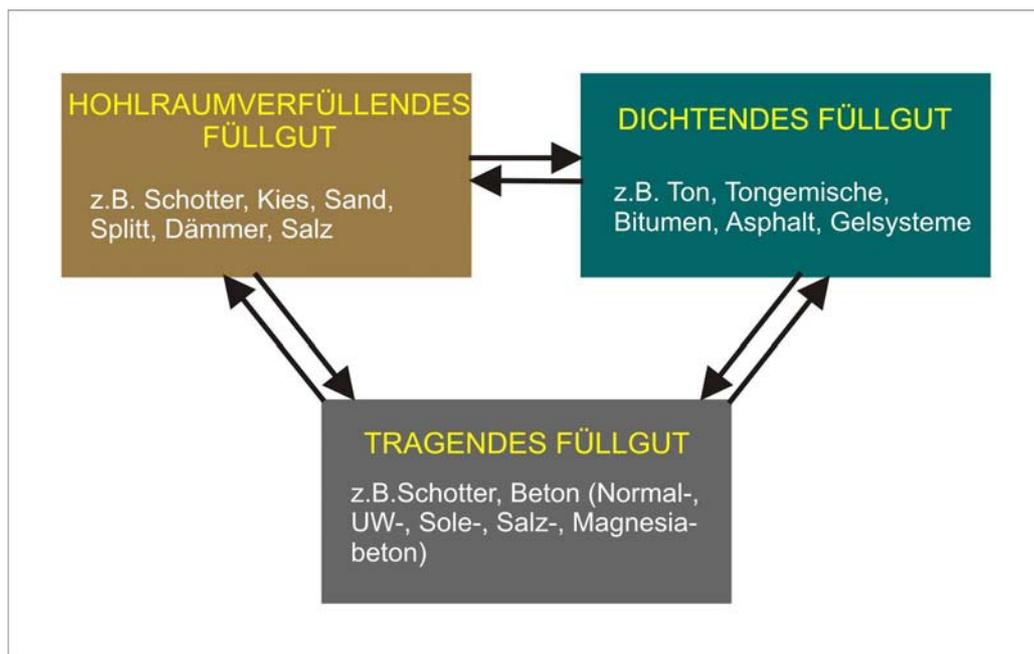


Abbildung 14 Eigenschaften von Füllgut nach Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau und Energie (2007, /8/)

Hierbei muss das tragende Füllgut neben seiner hohlraumverfüllenden Eigenschaft auch lagestabil sein und somit die auftretenden Kräfte ableiten können. Als tragen-

des Füllgut haben sich nach gegenwärtigem Kenntnisstand Hartgesteinsschotter und hydraulisch abbindendes Füllgut bewährt. Das dichtende Füllgut verhindert dauerhaft den Stoffaustausch bzw. den -transport zwischen dem Ablagerungsbereich und der Biosphäre. Das hohlraumverfüllende Füllgut dient lediglich der vollständigen Ausfüllung von Schachthohlräumen und muss nicht zwingend lagestabil sein.

Es wird eingeschätzt, dass der neu aufzufahrende Blindschacht in der Schachtanlage Asse II für eine abschließende Verwahrung mit einem langzeitfunktionsfähigen Schachtverschluss, der die im Leitfaden der BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG, ABT. BERGBAU UND ENERGIE (2007, /8/) und die in der Fachliteratur (z.B. K+S AKTIENGESELLSCHAFT, 2002, /35/) gegebenen Empfehlungen erfüllt, prinzipiell geeignet ist.

## 6 Entsorgungskonzept

### 6.1 Randbedingungen

Für die weitere Planung eines Entsorgungskonzeptes wurden folgende Randbedingungen unterstellt:

- 1) Abfallgebinde, die in der Asse eingelagert worden sind, erfüllen die Annahmebedingungen der Asse. Die Aktivitätsinventare und Inhaltsbeschreibungen werden von dem System ASSEKAT (ASSEKAT, 2009, /53/) korrekt dargestellt. Die in Chargen zusammengefasste Darstellung der Aktivität ist auch auf die Einzelgebinde übertragbar. Hiervon ausgenommen ist das in ASSEKAT angegebene Tritiuminventar, das nach Angaben des BfS deutlich unterschätzt wird. Eine gesonderte Charakterisierung der Fässer, wie sie bei der Rückholung erforderlich ist, ist bei der Umlagerung nicht notwendig.
- 2) Bei allen Abfallbehältern ist ein Versagen der Behälterintegrität zu unterstellen. Die Abfallgebinde können komplett zerstört, aber auch nur leicht beschädigt sein.
- 3) Die Konditionierung soll mit betriebsbewährter Technik erfolgen.
- 4) Die Umlagerung schließt sich nahtlos an die Gewinnung der Abfälle an, die im Konzept zur Rückholung (DMT & TÜV NORD, 2009, /51/) beschrieben worden ist. Der Übergang erfolgt im Bereich der sogenannten Anlage zur Umverpackung und Teilkonditionierung der Abfälle (UTK).

### 6.2 Gewinnung der Abfälle

Die gebirgsmechanische Bewertung verlangt, dass ein möglichst gebirgsschonendes Konzept für die Rückholung zu entwickeln ist. Deswegen werden bei der Gewinnung folgende grundsätzliche Randbedingungen befolgt:

- Die bereits aufgefahrenen Grubenräume, also das bestehende Streckennetz, Kammerzugänge, Schacht, Nebenräume, etc. werden - soweit praktikabel - genutzt. Neuauffahrungen und Erweiterungen werden auf ein Minimum beschränkt.

- Nicht weiter benötigte Grubenräume werden schnellstmöglich tragfähig verfüllt. Dies gilt insbesondere für die geleerten bzw. teilgeleerten Einlagerungskammern.

Zur Erschließung der Einlagerungskammern werden bevorzugt ehemalige, heute größtenteils verfüllte, Zugänge genutzt. Die Art und Lage der Kammerzugänge ist von der jeweiligen räumlichen Situation und der Einlagerungstechnik abhängig. Gegebenenfalls müssen neue Strecken, wie z.B. Halbwendeln für firstbündige Zugänge aufgefahen werden. Bevor die zumeist seit Jahrzehnten verschlossenen Kammern befahren werden können, müssen die Kammerfirsten bzw. Stöße gesichert werden. Dies wird mit im Bergbau gebräuchlichen Firstfräsen erfolgen. Das Lösen bzw. Gewinnen der Gebinde erfolgt mit Maschinen wie Baggern oder Teleskopladern, situationsbedingt auch mit Staplern.

Die Abbildung 15 (entnommen aus DMT & TÜV NORD, 2009, /51/) gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Einlagerungstechniken in den verschiedenen Kammern. Beispielsweise sind in den Kammern 1/750, 2/750 und 12/750 die Fässer liegend gestapelt. In der Kammer 11/750 hingegen sind im oberen Teil der Kammer die Fässer liegend gestapelt, darunter befindet sich eine Salzgrusschicht und darunter wieder eine Lage abgekippter Fässer, die ohne Zugabe von Salzgrus verkippt sind. In den Kammern 5/750, 6/750 und 7/750 befinden sich im oberen Teil der Kammern, in Salzgrus eingebettet, die liegenden VBA. Im unteren Teil der Kammer befinden sich Fässer, die ebenfalls in Salzgrus eingebettet sind. In der Kammer 4/750 hingegen sind die Fässer stehend gestapelt.

Dieser kurze Überblick über die verschiedenen Einlagerungstechniken und Versatztechniken zeigt, dass in Abhängigkeit von der Einlagerungstechnik unterschiedliche Gewinnungsmittel eingesetzt werden müssen. Zur Gewinnung der VBA aus der Kammer 11/750, die in der oberen Kammerhälfte liegend gestapelt sind, ist der Einsatz von schweren großen Teleskopladern vorgesehen, die in der Lage sind, eine VBA mit einem Gewicht von bis zu 5 t bergen zu können. Der Transport innerhalb einer Kammer erfolgt durch einen Radlader, in dessen Schaufel der Teleskoplader die VBA ablegt. Es ist davon auszugehen, dass die Gewinnung nicht ohne Sicherungsmaßnahmen der Kammerfirste erfolgen kann. Zur Sicherung der Kammerfirste gegen herunterfallendes Salz wird eine Firstfräse eingesetzt. Zusätzlich zu dieser Firstfräse ist je nach Bedarf eine zusätzliche Sicherung mittels Anker einzuplanen.

Betrachtet man im Vergleich zu der Kammer 11/750 die Kammer 7/750, so wird hier ein weiterer Arbeitsprozess zur Gewinnung des Kammerinventars erforderlich. Da sowohl die VBA als auch die Fässer in Salzgrus eingebettet sind, muss vor der Bergung der Fässer der Salzgrus um die Fässer herum entfernt werden. Dies kann mittels eines Raupenbaggers erfolgen. Auch dieser Raupenbagger muss in der Lage sein, 5 t zu heben und eine Hubhöhe von ca. 5 m erreichen. Darüber hinaus ist es zweckmäßig, den Raupenbagger als Multifunktionsgerät auszustatten. Dies bedeutet

in diesem speziellen Fall, dass der Raupenbagger mit einer Pickvorrichtung ausgestattet sein sollte, die in der Lage ist, die Fässer aus dem Salzgrus heraus zu lösen.

Nachdem dies erfolgt ist, können sowohl die VBA als auch die Fässer mittels eines Raupenbaggers bzw. unter Einsatz eines Teleskopladers abgeladen werden. Das Abladen der VBA und Fässer erfolgt dabei in einen Radlader. Der Radlader ist dafür zuständig, innerhalb der Kammer VBA, Fässer und Salzgrus sowie sonstiges Schüttgut zum Kammerausgang zu transportieren, wo dann das Material auf ein Shuttlecar oder einen Hauler geladen wird.

In einer untertägig, schachtnah gelegenen Anlage findet eine Umverpackung bzw. Teilkonditionierung (UTK) des zurück gewonnenen Materials statt. Der Transport der Gebinde von den Einlagerungskammern zu dieser UTK erfolgt mit Haulern oder Shuttlecars. Der Transport von der UTK zum Schacht, über den die teilkonditionierten Gebinde zu den neuen Einlagerungsbereichen gefördert werden, erfolgt ebenfalls mit solchen Fahrzeugen. Das detaillierte Konzept der UTK wird in Kapitel 6.4 dargestellt.

Nach Abschluss einer Kammerleerung erfolgt die zeitnahe Verfüllung der Kammer.

Aufgrund des konventionellen Rückholungsverfahrens und des Vorteils, dass keine Spezialmaschinen entwickelt und erprobt werden müssen, reduziert sich der zeitliche Aufwand des Rückholungsprozesses erheblich.

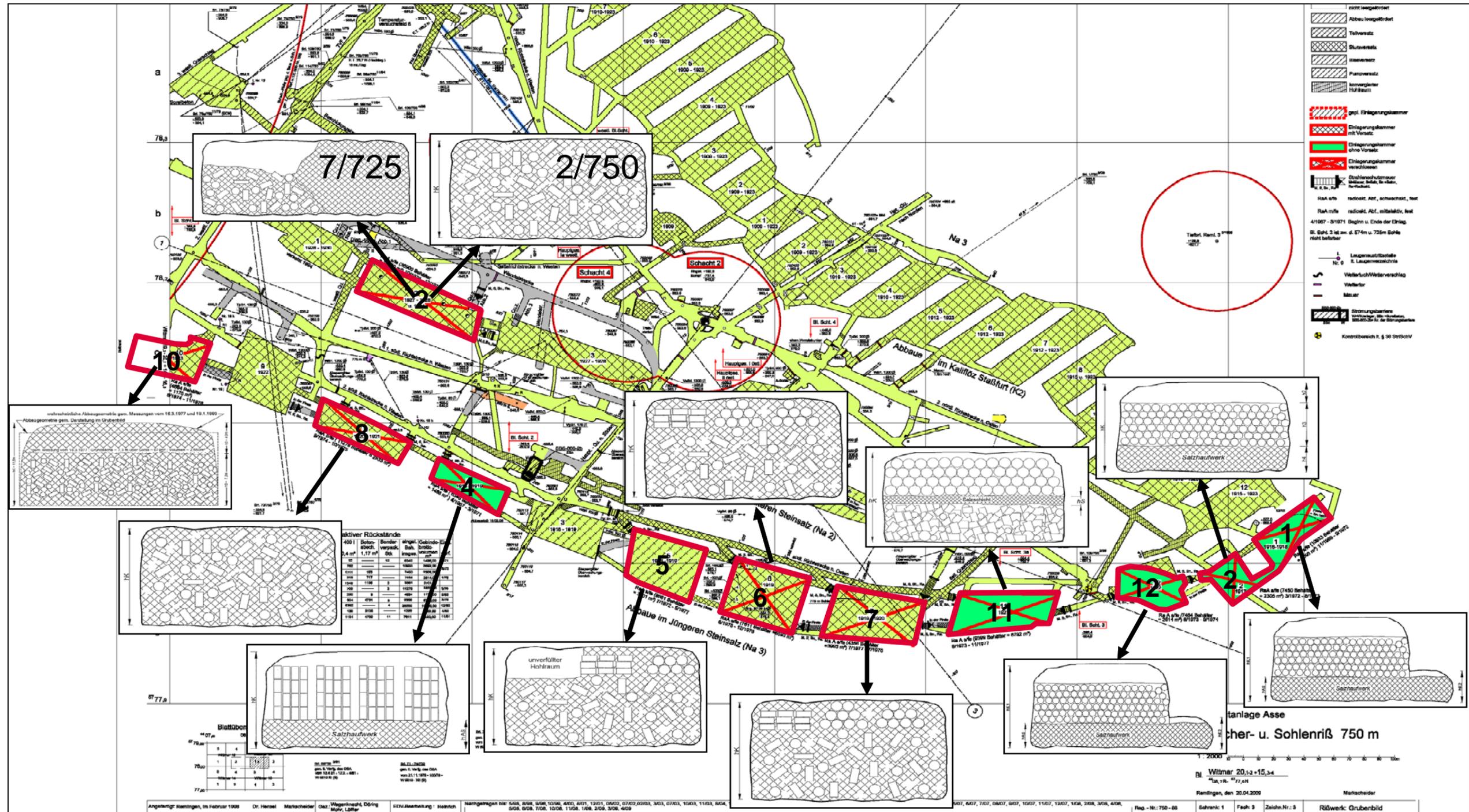


Abbildung 15 Lage der Kammern und verwendete Einlagerungstechnik. Abbildung entnommen aus DMT & TÜV NORD (2009, /51/).

### 6.3 Behälterauswahl/Verpackungen

Bei der Bergung der Abfälle ist die Behälterintegrität der Abfallfässer nicht gewährleistet. Es ist daher nicht auszuschließen, dass beim Transport zur Kammer bzw. Kaverne radioaktive Stoffe aus den Fässern austreten und die Wegstrecken und Fahrzeuge kontaminieren. Um einen sicheren Transport auch solcher Abfälle zu gewährleisten, wird eine Verpackung der Abfälle als Schüttgut in Spezialcontainer (SC) empfohlen. Dieses System sollte auch VBA aufnehmen können, die so stark beschädigt sind, dass eine anderweitige Handhabung der Gebinde nicht mehr möglich ist. Die Geometrie der SC wird an die in der Schachtanlage Asse eingelagerten Fässer einerseits und an die Randbedingungen bzgl. der Beförderungstechnik andererseits angepasst. VBA, deren äußerer Zustand es zulässt, sollen in Transportgestellen (TG) transportiert werden. Darüber hinaus können auch äußerlich intakte Fässer und VBA aufgrund der möglicherweise stark beschädigten Fässer in der näheren Umgebung äußerlich stark kontaminiert sein. Es wird daher empfohlen, VBA grundsätzlich in Folie einzuwickeln und Fässer in Behältern zu befördern.

Somit werden in der UTK nur zwei unterschiedliche Gebindearten erzeugt. Durch diese Beschränkung vereinfacht sich die Einlagerung auf der 1.200-m-Sohle von einer Vielzahl von Fasstypen (100 l – 400 l, VBA) auf nur zwei Behältertypen (VBA und SC), und die Handhabung der gewonnenen Abfälle kann optimiert werden.

### 6.4 Teilkonditionierung

Im Rahmen der Umlagerung ist auch die Notwendigkeit von Konditionierungsmaßnahmen zu betrachten. Im Folgenden werden für jede Variante sowie für die Umlagerung der MAW-Abfälle die erforderlichen Konditionierungsmaßnahmen genannt.

Das aus den Einlagerungskammern gewonnene Gut muss aus Gründen des Strahlenschutzes vor dem Transport auf die 1.200-m-Sohle teilkonditioniert werden. Mit diesem Schritt wird erreicht, dass zum einen durch die Umverpackung eine Kontaminationsverschleppung aus dem Rückholbereich in die weitere Schachtanlage vermieden wird und zum anderen durch die Verpressung der Fässer die Ausnutzung der Kapazität des Förderschachtes sowie der Spezialcontainer optimiert werden kann.

Das gewonnene Gut für die Teilkonditionierung unter Tage wurde in drei verschiedene Klassen eingeteilt und nach VBA, Fässern und Schüttgut unterschieden. Bei den VBA und Fässern handelt es sich um handhabbare Gebinde. Handhabbar bedeutet in diesem Fall, dass die VBA/das Fass insoweit intakt ist, dass es mit einer Fassklammer oder einem Gabelstapler aufgenommen werden kann. Sind die Gebinde so weit be-

schädigt, dass sie nicht mehr einzeln gegriffen werden können oder ihre Form nicht mehr soweit intakt, dass das Gebinde als zylindrisch angesehen werden kann, werden diese als Schüttgut behandelt. Im Folgenden werden der konzeptionelle Aufbau der UTK, die Behandlung des rückgeholt Gutes sowie die zu berücksichtigenden Strahlenschutzaspekte beschrieben.

Für die vorgenannten Tätigkeiten ist unter Tage ein besonderer Raumbereich, die Umverpackungs- und Teilkonditionierungskammer (UTK) notwendig. In der UTK befinden sich Einrichtungen, mit denen die Gebinde von den Transportfahrzeugen abgeladen und weiter gehandhabt werden (Kran, Rollenförderer). Neben der Teilkonditionierung des gewonnenen Gutes (VBA, Fässer, Schüttgut) dient die UTK als technische Barriere zwischen Sperr- und Kontrollbereich (s. a. Kapitel 7.1).

In Abhängigkeit von der Variante der Umlagerung sind in der UTK verschiedene Einrichtungen vorhanden, mit denen eine Verpackung (alle Varianten) und eventuelle Teilkonditionierung der Gebinde (Varianten II und III) sowie die Verarbeitung von Schüttgütern (Varianten II und III) möglich sind. Die UTK liegt auf der 750-m-Sohle in der Nähe des Schachtes. Ein möglicher Raum für die Einrichtung der UTK ist der Bereich an der Abzweigung der 1. und 2. nördlichen Richtstrecke nach Osten. Die UTK hat eine maximale Länge von 18 m und eine Breite von max. 14 m. Die Höhe der Kammer beträgt max. 5 m. Diese Dimensionierung ist ausreichend, um alle erforderlichen Anlagen zur Verpackung, Teilkonditionierung und Behandlung der gewonnenen Abfälle aufzustellen und zu betreiben.

Aus ablauftechnischer Sicht wurde die UTK in zwei Bereiche unterteilt. Der eine Bereich (UTK1) schließt sich direkt an die Transportstrecke für die Gebinde an. Hier befinden sich die Einrichtungen zur Handhabung und Konditionierung der Gebinde (Kran, Rollenförderer, Hochdruckpresse, Aufnahme von Schüttgütern). Dieser Bereich, der als Sperrbereich ausgewiesen ist, wird durch ein Dammbauwerk von dem anderen Teil (UTK2) abgeschlossen. Im Teil UTK2 befinden sich die Umverpackungseinrichtungen für die Gebinde und die Einrichtungen zur Bestimmung der Masse des Gebindes. Weiterhin befindet sich in diesem Bereich ein Pufferlager für die teilkonditionierten Gebinde. Dieser Teil der UTK ist als Kontrollbereich ausgewiesen.

Das Dammbauwerk gewährleistet eine bauliche Trennung der Strahlenschutzbereiche. In dem Dammbauwerk befinden sich eine Durchführung für die VBA (Varianten I - III) und je eine Durchführung für Fässer und Schüttgut (Varianten II und III). Bei den Durchführungen muss darauf geachtet werden, dass keine Luft aus der Transportstrecke (Sperrbereich) in den Kontrollbereich der UTK gelangen kann. Dies kann über eine entsprechende Wetterführung sowie durch den Einbau eines Schleusensystems an den Durchführungen erfolgen.

Für die Teilkonditionierung der Abfälle wurden drei verschiedene Abfallarten definiert. Hierbei handelt es sich um

- VBA (intakt oder beschädigt),

- einzeln handhabbare Fässer

und

- zerstörte Gebinde und Salzgrus (werden als Schüttgut behandelt).

Für den Transport der gewonnenen Abfälle sind verschiedene Transportverpackungen vorgesehen:

- Intakte VBA werden in Folie verpackt und auf Transportgestelle (TG) geladen. Die TG werden vor der Einlagerungskammer/Kaverne entladen und die VBA werden eingelagert. Leere TG stehen dann zur erneuten Verwendung an der UTK zur Verfügung.
- Zerstörte VBA, Fässer und Salzgrus werden in Spezialcontainer (SC) geladen. Die beladenen SC werden auf die 1.200-m-Sohle gefördert und dort in den Umlagerungskammern/Kavernen eingelagert. Die SC können fünf unverpresste 200l-Fässer, drei unverpresste 400l-Fässer oder 4 t Schüttgut aufnehmen.

Die Behandlung der einzelnen Abfallarten werden im Folgenden detailliert dargestellt:

VBA werden mittels des Kranes auf die Pufferlagerfläche gehoben. Von dort gelangen sie auf den Rollenförderer und werden über die Schleuse, die den Sperrbereich vom Kontrollbereich trennt, durch den Damm in die Umverpackungsanlage gefördert. Anschließend wird die VBA in Folie verpackt und für den Schachttransport auf das TG geladen.

Fässer werden zur Volumenreduzierung mit einer Hochdruckpresse zu Pellets kompaktiert. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass es nicht möglich sein wird, alle Fässer zu kompaktieren, da diese teilweise vollständig mit Beton verfüllt sind. Solche Fässer werden durch ihre Masse identifiziert und über einen Bypass an der Presse vorbeigeleitet. Nach der (optionalen) Verpressung wird das Fass/Pellet durch die Schleuse im Dammbauwerk gefördert und in den SC geladen.

Lose Abfälle, wie Salzgrus und zerstörte Fässer/VBA und deren Inhalt, werden in die Aufnahme für Schüttgüter gegeben, durch das Dammbauwerk geschleust und in Spezialcontainer überführt. Durch eine geeignete Befülleinrichtung wird eine Kontamination der Außenseiten des SC vermieden. Die SC werden dicht verschlossen und gewogen. Aus Strahlenschutzgründen erfolgt hier die Bestimmung der Dosisleistung des SC. Somit kann auf eine erhöhte Dosisleistung aufgrund einer ungünstigen Verteilung der Abfälle im SC mittels gesonderter Schutzmaßnahmen wie beispielsweise der Verwendung zusätzlicher Abschirmungen reagiert werden.

Nach der Teilkonditionierung werden die TG und SC entweder direkt zum Schacht gefahren oder optional im Pufferlager an der UTK abgestellt (wenn eine zeitnahe Beförderung zum Schacht nicht möglich ist). Vor dem Schacht befindet sich ein weiterer Pufferlagerbereich, in dem teilkonditionierte Gebinde vor dem Schachttransport abgestellt werden können. So kann einer kurzfristigen Nichtverfügbarkeit der Schacht-

förderung Rechnung getragen werden, ohne dass der Rückholprozess und die Teilkonditionierung unterbrochen werden muss. Durch die Einrichtung von zwei Pufferlagern ist es möglich, den Betrieb von Förderkorb und UTK nicht unterbrechen zu müssen, falls es auf der Verbindungsstrecke zwischen UTK und Schacht zu Behinderungen kommt (Personenverkehr, Funktionsstörung am Fahrzeug). Im Regelfall werden die Gebinde jedoch unverzüglich auf die 1.200-m-Sohle gefördert.

Die einzelnen Einrichtungen für die Behandlung von VBA, Fässern und Schüttgut können beliebig kombiniert werden. Für die verschiedenen Varianten der Umlagerung ist es notwendig, je nach Anforderung die UTK unterschiedlich auszurüsten.

Die verschiedenen Ausbaustufen der UTK werden in den folgenden Abschnitten detaillierter dargestellt.

#### **6.4.1 Umverpackungs- und Teilkonditionierungskammer in der Variante I**

Das Transportfahrzeug liefert eine oder mehrere VBA zur UTK. Der schematische Aufbau der UTK wird in Abbildung 16 dargestellt. Die angelieferten VBA werden durch den Kran auf den Pufferbereich bzw. den Rollenförderer gehoben. Der Pufferbereich dient dazu, VBA aufzunehmen, wenn die Verpackung länger dauert als das Abladen der VBA vom Transportfahrzeug. So kann der Materialfluss aus der Einlagekammer (ELK) durch die Entkoppelung von Gebindeanlieferung sowie Verpackung optimiert bzw. die Kapazität der UTK optimal genutzt werden. Nach der Verpackung wird die VBA in das Transportgestell (TG) überführt und zum Schacht gefahren. Sobald die VBA die Beladeposition verlassen hat, wird ein leeres TG bereitgestellt.

Weiterhin ist für diese Variante vorzusehen, dass auch stark beschädigte VBA behandelt werden können. So sollen VBA auch in Spezialcontainer (SC) verladen werden können, wenn ein Transport mittels Transportgestell nicht möglich ist.

Sollte sich bei der Gebindegewinnung herausstellen, dass eine größere Anzahl an VBA nicht mehr mittels der vorgesehenen Einrichtung (Kran/Transportgestell) umgelagert werden kann, da die VBA nicht mehr in einem Stück gehandhabt werden können, wäre auch in dieser Version der UTK eine Möglichkeit zur Förderung von Schüttgut vorzusehen. Dabei kann der Umbau auch nach der Errichtung erfolgen.

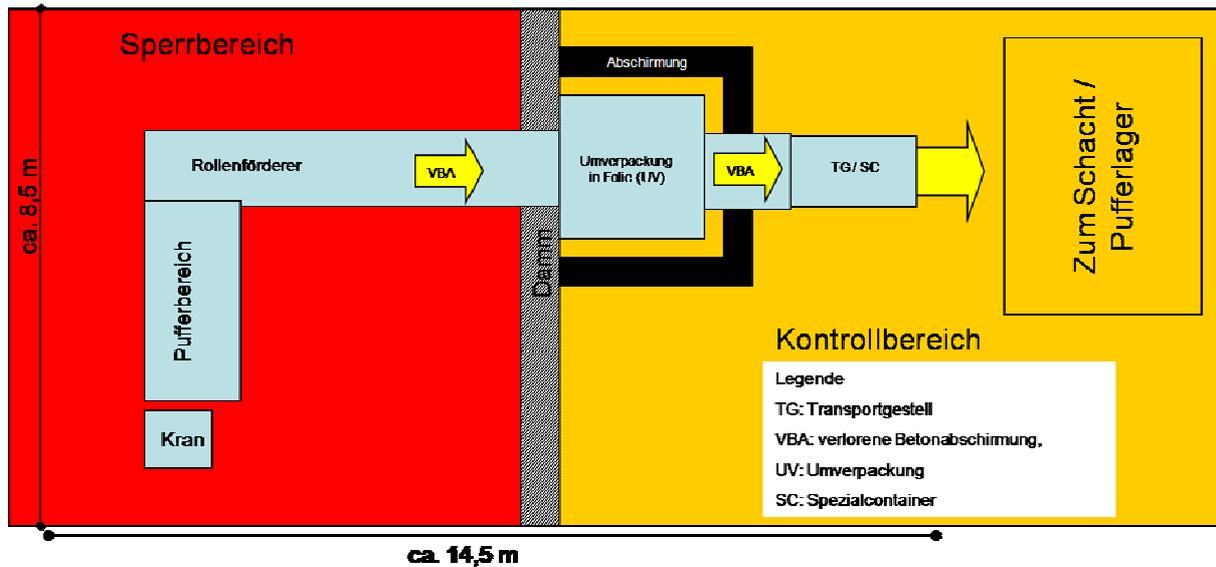


Abbildung 16 Schematische Darstellung der UTK für die Variante I

#### 6.4.2 Umverpackungs- und Teilkonditionierungskammer für die Varianten II und III

Der in Abbildung 17 gezeigte Aufbau der UTK in den Varianten II und III ist identisch, es wird jedoch darauf verwiesen, dass die Anzahl der rückgehenden Gebinde bzw. die Menge des gewonnenen Salzgruses in den Varianten unterschiedlich ist. Der Betriebsablauf stellt sich folgendermaßen dar: das Transportfahrzeug erreicht mit dem gewonnenen Material die UTK. Das Fahrzeug fährt vor den Rollenförderer und die VBA sowie die intakten Gebinde werden mittels des Kranes in den Pufferbereich geladen. Das Transportfahrzeug fährt mit dem Salzgrus und den beschädigten/zerstörten Gebinden zur Aufnahme von Schüttgut. Das Schüttgut wird über ein Förderband in die Füllvorrichtung für die Spezialcontainer gefördert und dort in den Spezialcontainer (SC) überführt. Hat dieser eine bestimmte Füllhöhe bzw. ein definiertes Gewicht erreicht, wird der Befüllvorgang gestoppt, der SC verschlossen, die Dosisleistung gemessen, aus der Fülleinrichtung herausgefahren und zur Abholung bereitgestellt. Hat der SC die Füllvorrichtung verlassen, wird sofort ein leerer SC aus dem Lager zur Beladung nachgeführt.

Intakte VBA und Fässer werden auf dem optionalen Pufferbereich VBA/Fässer abgestellt und von dort über den Rollenförderer in Richtung Presse (Fässer) bzw. direkt zur Verpackung (VBA) gefördert. Fässer werden entweder zu Pellets verpresst oder über den Bypass an der Presse vorbeigeleitet. Das Entscheidungskriterium, ob das Fass verpresst wird, kann beispielsweise das Gewicht sein. Fässer, die aufgrund ihrer

Masse wahrscheinlich komplett betoniert sind, lassen keine signifikante Volumenänderung durch Kompaktierung erwarten und werden daher an der Presse vorbeigeleitet. Nach dieser Station werden die Fässer/Pellets in den Spezialcontainer (SC) überführt. Ein voll beladener SC wird unmittelbar nach Beladung verschlossen und in Richtung des Schachtes gefahren. Im Anschluss wird ein leerer SC zur Aufnahme weiterer Fässer/Pellets bereitgestellt.

VBA werden direkt nach dem Auflegen auf den Rollenförderer der Verpackung zugeführt. Nach der Verpackung und Messung erfolgt die Umladung der VBA in das Transportgestell (TG). Dieses wird unmittelbar nach der Beladung in Richtung des Schachtes gefahren. Sobald das beladene TG seine Position verlassen hat, wird ein leeres TG nachgeführt, um die nächste VBA aufzunehmen.

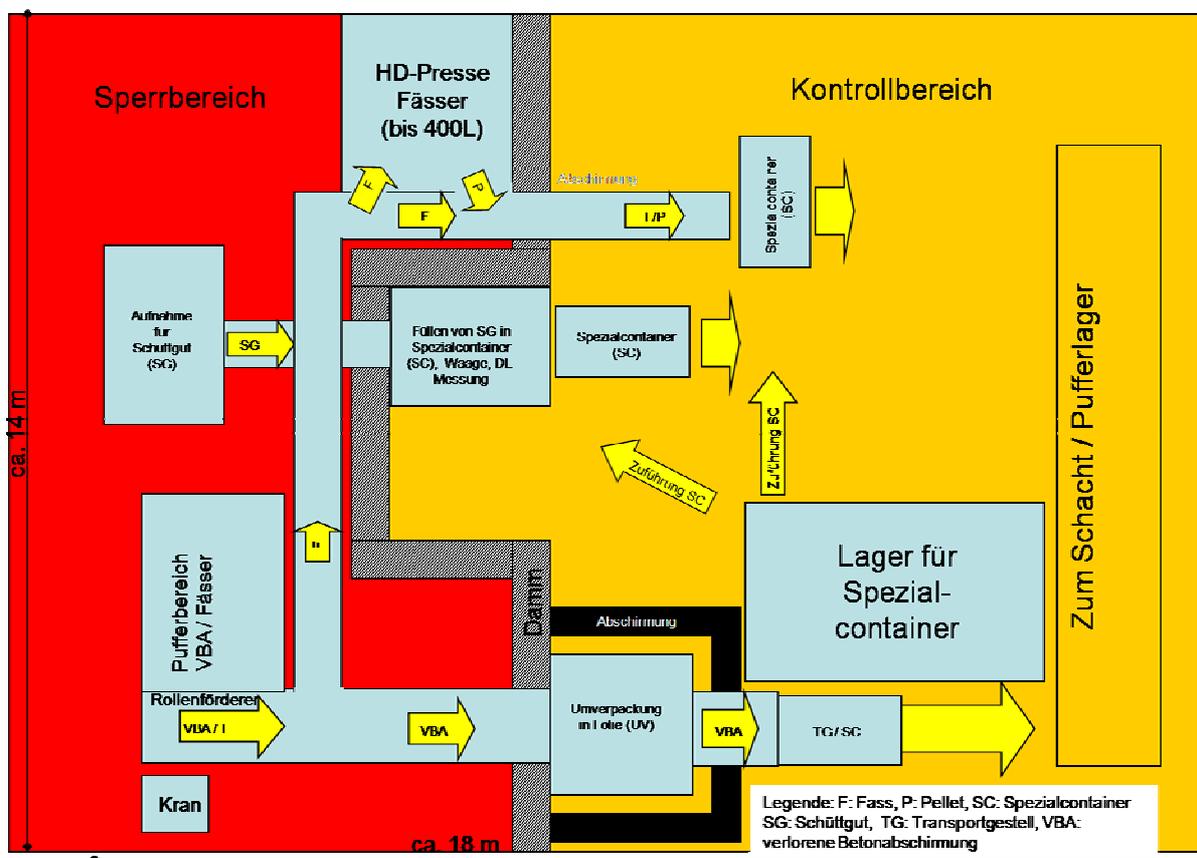


Abbildung 17 Schematische Darstellung der UTK für die Varianten II und III

### 6.4.3 Umlagerung der MAW

Nach der Umlagerung der LAW erfolgt die Umlagerung der MAW-Abfälle: die Bergung der MAW-Abfälle erfolgt vollständig fernbedient. Die geborgenen MAW-Abfälle werden über ein gesondertes Transportsystem mit einem wieder verwendbaren Transferbehälter in die hierfür vorgesehene Endlagerkaverne verbracht, wobei auch hier der Transport fernbedient erfolgt. Transportbereiche und Kaverne werden aufgrund der hohen Dosisleistung der MAW-Fässer als Sperrbereich eingerichtet. Für beschädigte Fässer werden Spezialbehälter vorgehalten, die die MAW-Gebinde aufnehmen und mit diesen in der Kaverne auf der 1.200-m-Sohle eingelagert werden. Diese Spezialbehälter können in Abhängigkeit von der Dosisleistung der beschädigten Fässer mit einer zusätzlichen Abschirmung ausgestattet sein. Die Befüllung und Handhabung der Spezialbehälter soll größtenteils fernbedient erfolgen. Das Transportsystem muss insofern nicht nur einen Transferbehälter, sondern auch einen Spezialbehälter aufnehmen können.

### 6.4.4 Entsorgung von Reststoffen

Die Ausrüstungen und das Zubehör zur Gewinnung der LAW- und MAW-Abfälle werden nach Abschluss der Arbeiten soweit notwendig dekontaminiert, den Abmessungen und der Traglast der Beförderungseinrichtung zur Umlagerung entsprechend demontiert bzw. zerlegt und ebenfalls auf die 1.200-m-Sohle umgelagert.

Mit folgenden sekundären Reststoffen wird gerechnet:

- technische Einrichtungen zum Abbau und zur Konditionierung der Abfälle,
- Filter aus Lüftungsanlagen und Hydraulikanlagen,
- Strahlenschutzverbrauchsmittel,
- Betriebs- und Verbrauchsmittel (z. B. Öle, Schmierstoffe, Schneidwerkzeuge, Reinigungsmittel, Arbeitsschutzmittel)

und

- Kleinteile, die in Paletten und Boxen transportiert werden.

## 6.5 Transport der Abfälle auf die 1.200-m-Sohle

Für die Verbringung der Abfälle aus den Einlagerungsbereichen auf den 511-m-, 725-m- und 750-m-Sohlen in die Umlagerungsbereiche auf der 1.200-m-Sohle wurden die folgenden Varianten betrachtet:

- Versturz der Gebinde direkt in den Umlagerungsbereich,
- Transport der Gebinde über eine aufzufahrende Wendelstrecke,
- Schachttransport der Gebinde.

Im Folgenden werden die einzelnen Transportvarianten bewertet.

### 6.5.1 Versturz

Bei einem Versturz der Abfallgebände sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Der Rückbau und die Entsorgung von anstehendem Salzgestein am Schachtstoß, welches bei der Errichtung von langzeitstabilen Schachtverschlusssystemen nach dem gültigen Stand von Wissenschaft und Technik nachgerissen werden muss, sowie der Rückbau und die Entsorgung des Schachtausbaus (z.B. wasserdichter Ausbau in Bereichen mit im Nahfeld anstehenden Schutzfluid) werden aus strahlenschutztechnischen Gründen als sehr aufwändig bewertet, da der Ausbau sehr stark durch die an den Schachtwänden zerplatzten bzw. zerriebenen Fässer und VBA insbesondere mit Alpha-Strahlern und weiteren Plutoniumnukliden kontaminiert wird.
- Die bei der Befüllung der Kavernen auftretende Schiebeluft (insbesondere bei Befüllung mit Versatzmaterial) ist aufgrund des Versturzes der Gebände stark kontaminiert. Ein Austreten der Schiebeluft über nicht kontrollierbare Klüfte/Kluftsysteme im Schacht (ggf. verursacht durch den Versturz schwerer Gebände) und damit auch in die Umgebung kann nicht ausgeschlossen werden.

Aus den o.g. strahlenschutztechnischen Gründen wird daher ein direkter Versturz der Gebände nicht weiter verfolgt.

### 6.5.2 Transport der Abfälle über die Schrägstrecke

Ein Transport der radioaktiven Abfälle über eine Schrägstrecke birgt den Nachteil, dass die Beförderung nicht fernbedient durchgeführt werden kann. Die Fahrt von der UTK auf die 1.200-m-Sohle wird ca. 60 min beanspruchen (ein Fahrspiel dauert ca. 125 min) und ist daher mit einer zusätzlichen Strahlenexposition für das Personal verbunden. Diesbezügliche Abschätzungen haben ergeben, dass die Strahlenexposition des Personals bei einer Fahrt über die Schrägstrecke ca. um den Faktor 6 höher ist als bei einem Schachttransport. Darüber hinaus kann die Vorsorge gegen einen Unfall bei der Fahrt über die Schrägstrecke nur mit erheblichem technischem Aufwand gelöst werden.

### 6.5.3 Schachttransport der Abfälle

Der Schachttransport der Gebinde kann fernbedient durchgeführt werden. Die Dauer eines Förderspiels wurde mit 15 min angesetzt. Damit ist der Schachttransport bei vergleichbarer Transportkapazität je Fahrzeug/Förderkorb erheblich schneller als die Beförderung über die Schrägstrecke. Weiterhin ist die Vorsorge gegen Lastabsturz bei einem Schachttransport im Vergleich zu den erforderlichen Maßnahmen gegen Unfälle bei der Fahrt über die Schrägstrecke technisch einfach lösbar.

Aus den oben beschriebenen Gründen wird im folgenden Konzept die Beförderung der LAW und MAW ausschließlich über Schachtfahrt betrachtet.

## 6.6 Einlagerung

Für die Einlagerung der Abfälle auf der 1.200-m-Sohle unterscheiden wir zwischen der Einlagerung in Kammern und der Lagerung der Gebinde in Kavernen.

Die Gebinde werden nach dem Schachttransport mittels eines Gabelstaplers aus dem Förderkorb gehoben und auf ein Transportfahrzeug geladen. Wir haben dabei unterstellt, dass jedes Transportfahrzeug aus Gewichtsgründen max. zwei VBA oder zwei Spezialcontainer aufnehmen kann. Dabei ist zu beachten, dass das Gesamtgewicht des Ladegutes die Masse von 10 t nicht überschreitet. Das beladene Fahrzeug fährt mit den Abfällen in die Einlagerungskammer bzw. die Übernahmestation zu den Einlagerungskavernen. Dort erfolgt die Übernahme der Gebinde durch geeignete Handhabungseinrichtungen (Stapelfahrzeug in den Einlagerungskammern, Kran bei den Kavernen). Die Vorgehensweise für die Einlagerung wird in den weiteren Abschnitten in Abhängigkeit zur Art des Einlagerungsraumes beschrieben.

### 6.6.1 Einlagerung in Kammern

Die durch das Transportfahrzeug angelieferten Gebinde werden durch das Stapelfahrzeug abgeladen. Spezialcontainer (SC) können direkt zum vorgesehenen Einlagerungsplatz in der Einlagerungskammer gefahren und dort abgestellt werden. Aufgrund der einheitlichen Behälterwahl ist es möglich, die SC so einzulagern, dass zwischen den Behältern kaum Resthohlraum verbleibt.

VBA werden vom Transportgestell gehoben und dann eingelagert. Leere Transportgestelle werden für den Rücktransport zum Schacht wieder auf das Transportfahrzeug geladen.

Für die Einlagerung ist zu prüfen, ob VBA und SC gemeinsam in einer Kammer einzulagern sind oder ob eine getrennte Einlagerung vorteilhaft ist.

### **6.6.2 Einlagerung in Kavernen**

Die angelieferten Gebinde werden durch einen Kran von dem Transportfahrzeug abgeladen und in die Übernahmestation für die Förderung in die Kaverne gegeben. Die Übernahmestation ist so ausgestattet, dass über ein Doppeltürsystem ein lüftungstechnischer Abschluss zwischen der 1.200-m-Sohle und der Einlagerungskaverne besteht. Die Einlagerung der Gebinde in der Kaverne findet folgendermaßen statt: nach der Übergabe der Gebinde in die Übernahmestation wird die sohlenseitige Schleusentür geschlossen, das Gebinde durch ein weiteres Handhabungsmittel aufgenommen und die kavernenseitige Schleusentür wird geöffnet. Das Gebinde wird in die Kaverne abgelassen und abgestellt. Im Anschluss daran wird die kavernenseitige Schleusentür geschlossen und die Schleuse mit Frischwettern gespült. Die Abluft wird direkt in die Abwetter der 1.200-m-Sohle geführt.

Diese Vorgehensweise ist notwendig, da die Gebinde nach dem Lösen des Seils aufgrund des sich im Zuge der Umlagerung bildenden Gebindehaufens herunterrollen und so beschädigt werden können. Durch den vorgesehenen lüftungstechnischen Abschluss am Kavernenhals wird verhindert, dass Kontaminationen, die bei der Einlagerung der VBA und Spezialcontainer durch mechanische Belastungen der Gebinde frei werden, in das weitere Grubengebäude verschleppt werden.

### **6.6.3 Einlagerung der MAW**

Die MAW werden über einen Schachttransport direkt von der 511-m-Sohle in die Kaverne gefahren und dort abgeladen. Handhabungen durch Personal werden nicht vorgenommen.

## 7 Betrachtung der Strahlenexposition

### 7.1 Strahlenexposition des Personals

Die während der Gewinnung der LAW-Gebinde aus den Einlagerungskammern auf der 725-m- und 750-m-Sohle auftretende Strahlenexposition des Personals setzt sich aus der von den Gebinden ausgehenden Direktstrahlung sowie der zu unterstellenden luftgetragenen Aktivität, die durch die Gewinnung der Abfälle freigesetzt wird, zusammen. Diese Strahlenexposition ist gemäß den Vorgaben des § 6 (2) StrlSchV (STRLSCHV, 2001, /52/) durch entsprechende Strahlenschutzmaßnahmen zu reduzieren. Im Folgenden werden Maßnahmen dargestellt, mit denen dieses Ziel erreicht wird.

#### 7.1.1 Strahlenschutzbereiche

Aufgrund der zu erwartenden Dosisleistungen und Kontaminationen werden im Zuge der Rückholung im Grubengebäude verschiedene Strahlenschutzbereiche eingerichtet.

Die Strahlenschutzbereiche können gemäß StrlSchV (STRLSCHV, 2001, /52/) in Überwachungsbereich, Kontrollbereich und Sperrbereich eingeteilt werden. Diese Bereiche unterscheiden sich hinsichtlich der radiologischen Bedingungen, die in diesen Bereichen herrschen.

- 1) Überwachungsbereiche sind nicht zum Kontrollbereich gehörende betriebliche Bereiche, in denen Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 1 Millisievert (mSv) oder höhere Organdosen als 15 mSv für die Augenlinse oder 50 mSv für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel erhalten können,
- 2) Kontrollbereiche sind Bereiche, in denen Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 6 mSv oder höhere Organdosen als 45 mSv für die Augenlinse oder 150 mSv für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel erhalten können,
- 3) Sperrbereiche sind Bereiche des Kontrollbereiches in denen die Ortsdosisleistung höher als 3 mSv je Stunde sein kann.

Hinsichtlich der Umlagerung der LAW- und MAW-Abfälle werden aufgrund der unterschiedlichen Methoden der Gebindegewinnung, ihrer Handhabung und der Einlagerung verschiedene Anforderungen an die Einrichtung der Strahlenschutzbereiche gestellt.

Im Folgenden werden schematisch in Abbildung 18 die einzelnen Strahlenschutzbereiche mit ihrer Lage und einer kurze Begründung für die Einstufung vorgestellt.

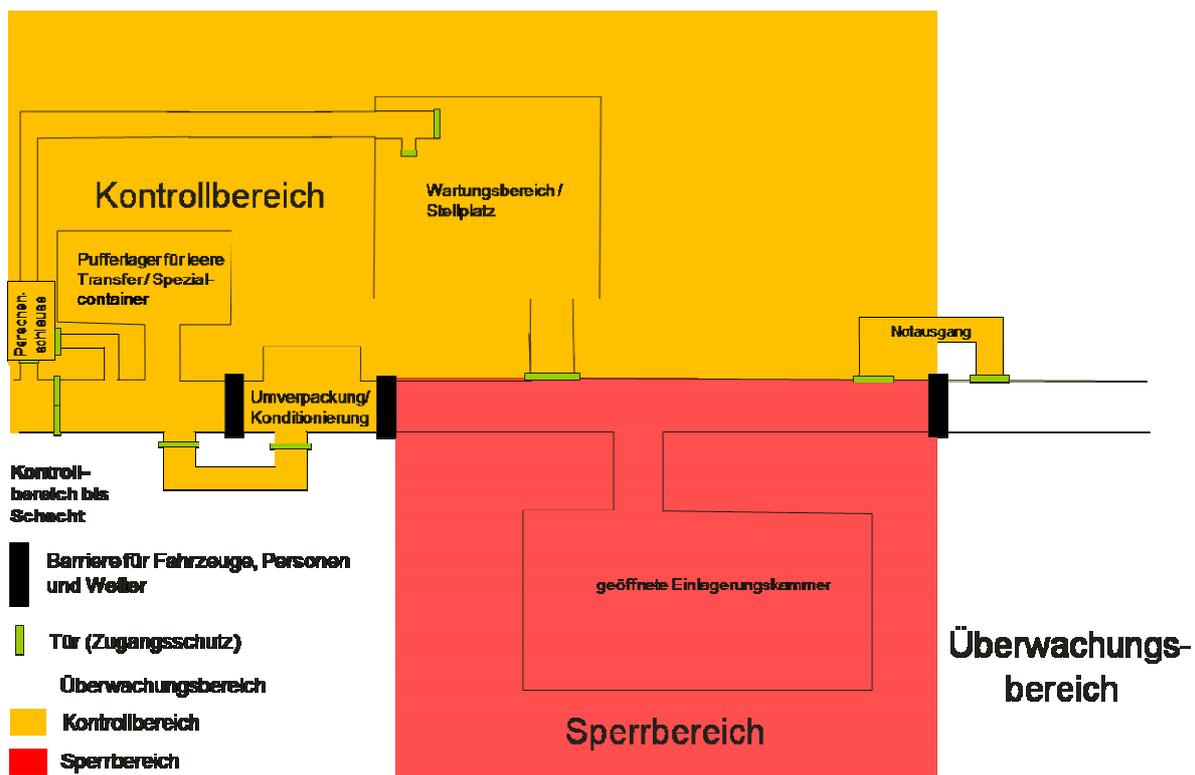


Abbildung 18 Schematische Darstellung der Strahlenschutzbereiche im Rückholbereich bei einer geöffneten Einlagerungskammer

Die Einlagerungskammern und die Kammerzugangsstrecken werden als Sperrbereich ausgewiesen. Insbesondere in der Einlagerungskammer kann die Dosisleistung in unmittelbarer Nähe der Gebinde Werte erreichen, die die Ausweisung eines Sperrbereiches erforderlich machen. Der Sperrbereich wird durch eine gesonderte Lüftungsanlage bewettert. Dies dient dem lüftungstechnischen Abschluss des Sperrbereiches von der Umgebung. Um die Schwebstoffkonzentration im Sperrbereich zu reduzieren, wird die Luft im Bereich der Gebindegewinnung permanent abgesaugt und über einen Staubfilter gereinigt. Dieser Staubfilter kann durch seine Beladung eine Dosisleistung aufweisen, die die Ausweisung des Bereiches um den Filter als Sperrbereich erfordert.

Der Sperrbereich endet an der Schleuse zum Wartungsbereich bzw. Stellplatz für die Fahrzeuge, dem Notausgang und am Damm der Umverpackungs- und Teilkonditionierungskammer (UTK). Der Wartungsbereich/Stellplatz für die Fahrzeuge ist als Kontrollbereich ausgewiesen, hier kann es durch die Fahrzeuge zu betrieblich nicht vermeidbaren Kontaminationsverschleppungen aus der Einlagerungskammer in diesen Raumbereich kommen.

In der UTK befinden sich auf der Sperrbereichsseite die Übergabestellen für die Gebinde und optional für Schüttgüter sowie die Einrichtungen zur Teilkonditionierung. Aufgrund der möglichen hohen Ortsdosisleistung am Bereich der Pufferlagerfläche für die Gebinde ist dieser Teil des Raumes als Sperrbereich ausgewiesen. Der Sperrbereich wird durch das Dammbauwerk der UTK (s. Kapitel 6.4) abgeschlossen. Das restliche für die Umlagerung genutzte Grubengebäude (Schächte, Strecken und Kammern auf der 1.200-m-Sohle) werden aufgrund der Dosisleistung der Gebinde, die bei den zu unterstellenden Aufenthaltsdauern von 2.000 h für das Personal eine Personendosis von mehr als 6 mSv/a ergeben können, als Kontrollbereich ausgewiesen, sofern diese Räume im Normalbetrieb von Personen betreten werden. Die Ausweisung dieser Räume als Kontrollbereich ist weiterhin erforderlich, da eine Kontamination des vorgenannten Bereiches durch den Gebindefransport nicht auszuschließen ist. Der Bereich der 1.200-m-Sohle und der Einlagerungskammern wird ausschließlich sonderbewettert. Dabei erfolgt die Zuführung von Frischwettern ausschließlich über die Schrägstrecke bzw. den Schacht, der nicht für den Transport von radioaktiven Gebinden verwendet wird. Die Abwetter werden durch den Schacht, der für den Transport der radioaktiven Gebinde vorgesehen ist, in den Sperrbereich auf der 750-m-Sohle geführt. Von dort gelangen sie über die Filteranlage und den konventionellen Bereich des Grubengebäudes nach über Tage.

Alle Bereiche, in denen MAW-Gebinde gehandhabt werden (Kammer 8a auf der 511-m-Sohle, Transportstrecken auf der 490-m-Sohle, Blindschacht, Einlagerungskaverne), sind als Sperrbereich ausgewiesen. Der Sperrbereich ist über ein Schleusensystem von dem restlichen Grubengebäude lüftungstechnisch abgeschlossen. Die Frischwetterzufuhr erfolgt mittels einer Sonderbewetterung. Die Abwetter werden gefiltert in den Abwetterstrom des Grubengebäudes abgegeben.

## 7.1.2 Weitere Strahlenschutzmaßnahmen

Ein maßgeblicher Anteil der Strahlenexposition des Personals wird aufgrund der Gewinnung der Gebinde anfallen. Insbesondere die Tätigkeiten im Strahlungsfeld der Abfälle führen zu einer Strahlenexposition des Personals.

Die Inhalation von radioaktiven Schwebstoffen, die bei der Gebindegewinnung freigesetzt werden, kann durch geeignete Strahlenschutzmaßnahmen ausgeschlossen werden: die Gewinnung der Gebinde läuft weitgehend fernbedient ab. Sollten manu-

elle Tätigkeiten im Sperrbereich und im Wartungsbereich erforderlich sein, werden diese Tätigkeiten unter Verwendung von fremdbelüfteten Schutzanzügen für das Personal durchgeführt. Weiterhin ist die Ausrüstung der Fahrzeugkabinen mit Schwebstofffiltern und zusätzlichen Abschirmungen vorgesehen.

Mittels dieser Maßnahmen kann die Strahlenexposition des Personals deutlich reduziert werden.

Durch eine Überwachung der Dosisleistung der Gebinde, die gerade gehandhabt werden, kann auf plötzliche Änderungen der Dosisleistung direkt reagiert werden. So können bei Gebinden, die eine hohe Dosisleistung aufweisen, besondere Maßnahmen erforderlichenfalls getroffen werden.

### 7.1.3 Dosis für das Personal

Für die Gewinnung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern fällt je nach der gewählten Variante eine unterschiedliche Kollektivdosis für das Personal unter Tage an. Dabei wird davon ausgegangen, dass aufgrund der vorgesehenen Maßnahmen gegen die Inhalation von radioaktiven Schwebstoffen auf diesem Wege keine Strahlenexposition des Personals zu unterstellen ist.

Die Kollektivdosis ist somit durch die Direktstrahlung verursacht. Diese kann aus den einzelnen Schritten der Rückholung, deren Dauer und den Abständen des Personals von den Gebinden sowie der erwarteten Ortsdosisleistung der Gebinde abgeschätzt werden.

Im Folgenden werden die erforderlichen Arbeitsschritte und die dafür zu veranschlagenden Zeitdauern beschrieben.

Die verschiedenen Arbeitsschritte ergeben sich aus der Zeitplanung der Umlagerung. In Verbindung mit den geplanten Zeiten für die einzelnen Arbeitsschritte kann aus diesen Daten für jede Variante der Umlagerung die erwartete Kollektivdosis ermittelt werden. Für die einzelnen Arbeitsschritte werden die in Tabelle 28 dargestellten Zeiten veranschlagt.

Tabelle 28 Veranschlagte Zeiten für die Handhabungsschritte unter Tage

<b>Tätigkeit</b>	<b>Dauer</b>
Gewinnung eines Gebindes	10 min
Handhabung in ELK	3 min (Fässer) - 5 min (VBA)
Transport ELK-UTK	8 min
Umladung eines Gebindes	2 min
Transport vom/zum Schacht	2,5 min
Einlagerung	2 min

Für die Berechnung der Kollektivdosis wurde weiterhin berücksichtigt, dass mehrere Fässer in Spezialcontainer verladen werden und ein Transportfahrzeug bis zu zwei Spezialcontainer bzw. VBA laden kann. Die Zahl der notwendigen Handhabungsschritte ist somit nicht notwendigerweise identisch mit der Anzahl der Gebinde.

Die Dosisleistung der Fässer wurde ermittelt, in dem die Aktivität der Dosisleistung bestimmenden Nuklide Cs-137 und Co-60 für die Gebindeklasse „VBA“ und „Fässer“ anhand der Daten aus der ASSEKAT-Datenbank (ASSEKAT, 2009, /53/) ermittelt wurde. Dabei wurde für jede Kammer eine mittlere Dosisleistung jeweils für VBA und für Fässer bestimmt. In der Berechnung wurde die Abschirmwirkung der VBA mit 25 cm Beton berücksichtigt. Für eine realistische Abschätzung der Dosisleistung der Abfallgebände wurde davon ausgegangen, dass alle Gebinde mit Beton verfüllt sind. Somit konnten die in den Fässern vorhandenen Abschirmungen mit berücksichtigt werden. Für die Handhabung der Gebinde wurde unterstellt, dass sich das Personal im Mittel in einem Abstand von 3 m von den Gebinden befindet. Dieser Abstand beschreibt in realistischer Weise den zu erwartenden Abstand des Personals von den Gebinden in der Einlagerungskammer (ELK). Generell wurde eine vorhandene Abschirmwirkung des Salzgruses nicht berücksichtigt.

Die erwartete Ortsdosisleistung in 3 m Abstand von den Gebinden wurde für die einzelnen Kammern in Tabelle 29 dargestellt.

Eine vollständig fernbediente Gewinnung der Gebinde wird aufgrund der verschiedenen Einlagerungstechniken in den unterschiedlichen Einlagerungskammern nicht möglich sein; dies gilt insbesondere für die Einlagerungskammern, in denen die Gebinde verstürzt und anschließend mit Salzgrus überdeckt worden sind (Kammern 2/750 (Na2), 5/750, 6/750, 7/750, 8/750, 10/750 (alle Na3) sowie die Kammer 7/725). Hier wurde davon ausgegangen, dass 70 % der Gebinde mittels manueller Steuerung der Gewinnungsfahrzeuge gewonnen werden müssen. Für die anderen Kammern wurde angenommen, dass 70 % der Gebinde fernhantiert gewonnen werden können.

Tabelle 29 Mittlere Dosisleistung der VBA und Fässer in 3 m Abstand. Die Dosisleistung der Gebinde in Kammer 4/750 wurde aufgrund der geringen Aktivität des Inventars nicht dargestellt. Angaben in  $\mu\text{Svh}^{-1}$ .

Kammer	7/725 Na2	2/750 Na2	10/ 750	8/ 750	5/ 750	6/ 750	7/ 750	11/ 750	12/ 750	2/ 750	1/ 750
DL Fässer	13	22	14	6	8	18	8	12	11	42	14
DL VBA	3	-	3,3	-	13	24	30	14	14	0,3	-

Die Fahrzeuge für die Gebindegewinnung und den Gebindeftransport sowie die Fahrzeuge für die Einlagerung werden mit einer Abschirmung der Fahrerkabine versehen. Für diese Abschirmung wurde ein Abschirmfaktor von 5 vorgesehen.

In Verbindung mit der Anzahl von Fässern und VBA (Sonderverpackungen wurden den Fässern zugerechnet) und den Zeiten für die verschiedenen Handhabungsschritte wurde für jede der Varianten die Kollektivdosis für das Personal bestimmt.

Eine Zusammenfassung der Kollektivdosen für die unterschiedlichen Varianten findet sich in Tabelle 30. Die Bestimmung der Dosis, die für die Bergung und Umlagerung der MAW-Gebinde anfällt, ist in Kapitel 7.1.5 detailliert beschrieben. Diesbezügliche Betrachtungen haben ergeben, dass für die Exposition des Personals die Frage, ob die Gebinde in Einlagerungskammern oder in Kavernen eingelagert werden, von untergeordneter Bedeutung ist. Der maßgebliche Anteil der Strahlenexposition für das Personal fällt in allen drei Varianten während der Gebindegewinnung und dem daran anschließenden Transport der Gebinde zur UTK an. Für die Einlagerung der Gebinde in Kavernen ergibt sich eine etwas geringere Strahlenexposition, da der Transport an die Endlagerungsposition in diesen Fällen fernbedient und somit ohne Exposition des Personals durchgeführt wird.

Tabelle 30 Zusammenstellung der Strahlenexposition des Personals für die Rückholung der Gebinde in mSv

Ort bzw. Art der Tätigkeit	Variante I	Variante II	Variante III
Gewinnung in den Einlagerungskammern (ELK)	13,6	39,6	387,5
Dosis Fahrer ELK – UTK	4,7	7,5	48,5
Umladung	2,6	3,5	5,4
Transport zum Schacht/Umladung	1,4	4,2	4,8
Umladung Schacht-Transportfahrzeug (TF)	1,5	2,1	6,8
Transport vom Schacht zum Einlagerungsort (ELO)	1,5	1,3	2,4
Umladung TF-ELO	2,9	2,1	3,2
Einlagerung (nur bei der Einlagerung in ELK)	2,5	3,5	5,3
Umlagerung MAW	7	7	7
Summe Kaverne	35,2	67,3	465,6
Summe ELK	37,7	70,8	470,9

#### 7.1.4 Maximale Personendosis

Die maximalen Personendosen ergeben sich nach unseren Betrachtungen für die Mitarbeiter, die in den derzeitigen Einlagerungskammern die Gebinde bergen. In der Variante III beträgt die Kollektivdosis der Mitarbeiter in diesen Einlagerungskammern 387,5 mSv. Diese Dosis wird sich in erster Linie auf die Fahrer der Fahrzeuge, welche die Gebinde freilegen, sowie die Fahrer der Transportfahrzeuge in der Einlagerungs-

kammer verteilen. Unter der Annahme, dass die Gewinnung der Gebinde ca. 3 Jahre dauert und für die Tätigkeiten in den Einlagerungskammern ca. 13 Mitarbeiter eingesetzt werden, fallen im Mittel pro Person ca. 10 mSv/a an. Dieser Wert ist für die Varianten I und II abdeckend, da in diesen Fällen die maximale Individualdosis geringer ist (Variante I ca. 1 mSv, Variante II ca. 3 mSv). Somit wird der Grenzwert für die Personendosis nach StrlSchV (STRLSCHV, 2001, /52/) von 20 mSv/a eingehalten. Alle anderen Tätigkeiten sind ebenfalls mit einer Strahlenexposition für das Personal verbunden, die bei dem vorgesehenen Personaleinsatz die maximale Personendosis von 20 mSv/a für strahlenexponierte Personen der Kategorie A deutlich unterschreiten.

### 7.1.5 Dosis für das Personal bei der Umlagerung der MAW

Die Bergung, der Transport und die Einlagerung der MAW-Fässer erfolgen vollständig fernbedient. Eine Strahlenexposition des Personals während des Normalbetriebes wird jedoch auftreten, wenn beschädigte Fässer in Spezialbehältern transportiert werden müssen. Für Handhabungsvorgänge an den fernbedient beladenen Spezialbehältern haben wir unter den Annahmen, dass

- Konservativ 10 % (ca. 130 Stück) der MAW-Fässer in Spezialbehälter verpackt werden müssen,
- die Handhabungsvorgänge an den Behältern jeweils 15 min in Anspruch nehmen,
- die Dosisleistung in 1 m Abstand des Spezialbehälters 100  $\mu$ Sv/h beträgt

und

- für die Abfertigung zwei Personen erforderlich sind,

für die Umlagerung der MAW-Abfälle eine Kollektivdosis für das Personal von ca. 7 mSv abgeschätzt.

### 7.1.6 Zeitbedarf für die Umlagerung

#### 7.1.6.1 Umlagerung der LAW

Die für die Umlagerung erforderliche Zeit hängt von der umzulagernden Abfallmenge und den durch die Teilkonditionierung erzeugten Gebindearten ab. Um eine Übersicht über die verschiedenen Prozesse der Umlagerung zu erhalten, haben wir für unsere

Abschätzung die Umlagerung in die folgenden drei Prozesse unterteilt und Kapazitätsbetrachtungen durchgeführt:

- 1) Gewinnung und Teilkonditionierung der Abfälle,
- 2) Transport der Gebinde auf die 1.200-m-Sohle

und

- 3) Transport der Gebinde in die Einlagerungskammern/Kavernen und deren Einlagerung.

Die Gewinnung und Teilkonditionierung der Gebinde wurde in der Arbeit von DMT & TÜV NORD (2009, /51/) detailliert beschrieben. Um die Vergleichbarkeit der Optionen „Rückholung der Gebinde“ (DMT & TÜV NORD, 2009, /51/) und „Umlagerung der Gebinde“ (diese Studie) zu gewährleisten, wurden für die Gewinnung und Förderung der Gebinde bis zum Füllort auf der 750-m-Sohle die Daten aus DMT & TÜV NORD (2009, /51/) übernommen. Der Zeitaufwand ist in Tabelle 31 dargestellt. Dabei wurden die Zeiten berücksichtigt, die für die Gewinnung, den Transport und die Teilkonditionierung der Gebinde sowie die Verfüllung der bisherigen Einlagerungskammern benötigt werden. Diese Betrachtungen beinhalten nicht den Schachttransport der Gebinde. Der Zeitbedarf ist in Arbeitstagen (AT) angegeben. Ein AT entspricht dabei 3 Schichten zu je 6 h Arbeitszeit.

Vorlaufende Tätigkeiten, wie beispielsweise der Transport der Maschinen für die Gebindegewinnung nach unter Tage und die Auffahrungen der zusätzlich benötigten Kammern und Strecken auf der 725-m- und 750-m-Sohle, müssen zur Berechnung des Zeitaufwandes für Umlagerung der Abfälle nicht berücksichtigt werden, da diese Tätigkeiten parallel zu den Arbeiten auf der 1.200-m-Sohle durchgeführt werden und damit in den Abschätzungen des Zeitbedarfs für die Arbeiten auf der 1.200-m-Sohle enthalten sind (s. Kapitel 9.2).

Tabelle 31 Zeitbedarf für die Gewinnung, den Transport und die Teilkonditionierung der Gebinde auf der 750-m-Sohle. Daten entnommen aus DMT & TÜV NORD (2009, /51/).

Variante	I	II	III
Zeitbedarf in AT	290	625	1620

Bei den Kapazitätsbetrachtungen wurde von folgenden weiteren Randbedingungen ausgegangen:

- um Betriebsstörungen abbilden zu können, gehen wir von einer zeitlichen Verfügbarkeit der Maschinen von 75 % aus,
- der Schacht wird an 6 Tagen/Woche täglich für 18 Stunden genutzt

und

- die Gewinnung der Gebinde erfolgt nur aus einer Kammer zur selben Zeit.

Für den Transport der Gebinde auf die 1.200-m-Sohle haben wir unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit des Förderkorbes von je 2 VBA oder 2 Spezialcontainern und der Dauer eines Förderspiels von 15 min eine Kapazität des Schachttransportes von

- 6 VBA oder
- 18 Stck. 400l-Fässern oder
- 32 Stck. 200l-Fässern oder
- 24 t Salzgrus

je Stunde bestimmt.

In Verbindung mit der Anzahl der eingelagerten Gebinde ergibt sich für die einzelnen Kammern der in Tabelle 32 dargestellte Zeitbedarf für die Förderung der Gebinde im Schacht. Außerdem ist der in DMT & TÜV NORD (2009, /51/) berechnete Zeitbedarf für die Gewinnung der Gebinde aus den Einlagerungskammern dargestellt.

Tabelle 32 Darstellung der Schachttransportzeiten und des Zeitbedarfs der Gebindegewinnung. Der hochgestellte Index gibt die jeweilige Variante an. Hier wird berücksichtigt, dass in Variante II aus den entsprechend markierten Kammern nur VBA geborgen werden.

Kammer	Gebindegewinnung in Variante			Zeitbedarf Schachttransport in AT	Zeitbedarf Kammerleerung in AT (aus DMT & TÜV NORD (2009, /51/))
	I	II	III		
11	X	X	X	44 <sup>II</sup> /53 <sup>III</sup>	59
6	X	X	X	44 <sup>II</sup> /51 <sup>III</sup>	90
7	X	X	X	29 <sup>II</sup> /31 <sup>III</sup>	83
5	-	X	X	27	120
12	-	X	X	7 <sup>II</sup> /19 <sup>III</sup>	27
2	-	X	X	16	42
1	-	X	X	20	60
4	-	-	X	11	40
8	-	-	X	21	98
10	-	-	X	9	99
7/725	-	-	X	16	85
2/750(Na2)	-	-	X	66	249

Der Zeitbedarf für den Schachttransport ist stets kleiner als der Zeitbedarf für die Kammerleerung. Die Kapazität des Schachttransportes ist somit ausreichend, um die

aus den bisherigen Einlagerungskammern gewonnen Abfälle ohne Verzögerung auf die 1.200-m-Sohle zu transportieren.

Der Transport der Gebinde auf der 1.200-m-Sohle findet mit Fahrzeugen statt. Hier haben wir je Fahrspiel eine Zeit von ca. 20 min veranschlagt. Unter Berücksichtigung der Ladekapazität des Transportfahrzeugs von 2 VBA bzw. 2 Spezialcontainern und dem Einsatz von zwei Transportfahrzeugen ergibt sich auf der 1.200-m-Sohle eine Transportkapazität von

- 9 VBA oder
- 27 Stck. 400l-Fässern oder
- 45 Stck. 200l-Fässern oder
- 36 t Salzgrus

je Stunde.

Daher ist die Kapazität ausreichend, um alle auf die 1.200-m-Sohle geförderten Gebinde (s.a. Tabelle 32) ohne zeitlichen Verzug vom Schacht zu den Einlagerungsorten zu befördern.

Die Einlagerung der Gebinde erfordert nach unseren Abschätzungen einen Zeitaufwand von 4 min je Handhabungsspiel. Je Einlagerungsort können so

- 11 VBA oder
- 34 Stck. 400l-Fässer oder
- 56 Stck. 200l-Fässer oder
- 45 t Salzgrus

je Stunde eingelagert werden.

Folglich können alle über den Schacht angelieferten Gebinde (s.a. Tabelle 32) unverzüglich eingelagert werden.

Zusammenfassend zeigen unsere Betrachtungen, dass die Bereitstellung der teilkonditionierten Gebinde auf der 750-m-Sohle (und hier die Gewinnung der Abfälle aus den Einlagerungskammern (DMT & TÜV NORD, 2009, /51/)) der geschwindigkeitsbestimmende Schritt der Umlagerung ist. Der Transport der Gebinde auf die 1.200-m-Sohle und der sich daran anschließende Transport sowie die Einlagerung können jeweils ohne Zeitverzug erfolgen. Somit ist die Zeitabschätzung für die Umlagerung der Gebinde mittels der Abschätzung des Zeitbedarfes für die Gebindegewinnung abgedeckt (s.a. Tabelle 31), da die Einlagerung der letzten Gebinde nur wenige Stunden nach ihrer Gewinnung erfolgt.

Die Einlagerungsmethode (Lagerung in Kammern oder Kavernen) spielt bei diesen Betrachtungen keine Rolle, da beide Methoden nach unseren Berechnungen den gleichen Zeitaufwand je Gebinde aufweisen (s.a. Tabelle 28).

### 7.1.6.2 Umlagerung der MAW

Die Umlagerung der MAW erfolgt zeitlich im Anschluss an die Umlagerung der LAW. Eine Bewertung der Machbarkeit zur Rückholung erfolgte in der Studie EWN & TÜV (2008, /54/). Für unsere Zeitabschätzungen haben wir die in der Studie genannten Zeiten für die Bergung der MAW-Fässer zugrunde gelegt. Wir gehen davon aus, dass der Einbau der technischen Einrichtungen für die Bergung der MAW-Fässer parallel zur Umlagerung der LAW erfolgt, sodass mit der Bergung der MAW-Fässer unmittelbar nach Abschluss der Umlagerung der LAW begonnen werden kann.

Mit den für die Rückholung der LAW getroffenen Annahmen hinsichtlich der Arbeitszeiten und der Maschinenverfügbarkeit sind für die Bergung der in Kammer 8a auf der 511-m-Sohle eingelagerten 1.301 Fässer insgesamt 347 AT erforderlich.

Für den Schachttransport der Gebinde sind wir analog zu dem Transport der LAW-Abfälle von einem Zeitbedarf von 15 min je Förderspiel ausgegangen. Wir haben dabei berücksichtigt, dass sich im Vergleich zur Umlagerung der LAW (diese werden auf der 750-m-Sohle in den Förderkorb geladen) durch die größere Teufe des Schachtes (MAW werden auf der 490-m-Sohle verladen) eine um ca. 1 min verlängerte Fahrzeit der Korbes je Fahrspiel ergibt. Dies wird jedoch durch die verkürzte Dauer der Abladens der Gebinde (Absetzen direkt vom Förderkorb in die Einlagerungskaverne) kompensiert.

Bedingt durch die erforderliche Abschirmung des MAW-Fasses durch den Spezialbehälter (s.a. Kapitel 6.4.3) kann pro Fahrt des Förderkorbes maximal ein Gebinde transportiert werden. Somit werden für die Einlagerung der MAW-Fässer ca. 24 AT benötigt.

Zusammenfassend kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Bergung der MAW-Fässer der geschwindigkeitsbestimmende Schritt der MAW-Umlagerung ist. Der Transport und die Einlagerung der MAW-Fässer in die Kaverne haben keinen Einfluss auf die Dauer der Umlagerung.

### 7.1.6.3 Zusammenfassung

Die Betrachtungen zum Zeitbedarf für die Umlagerung haben ergeben, dass für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle in Abhängigkeit zur gewählten Variante die in Tabelle 33 dargestellten Zeiten anzusetzen sind.

Tabelle 33 Variantenspezifischer Zeitbedarf für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle auf die 1.200-m-Sohle.

Variante	LAW	MAW	Summe
I	290 AT	347 AT	637 AT
II	625 AT	347 AT	972 AT
III	1.620 AT	347 AT	1.967 AT

Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt der Gebindeumlagerung ist somit die Gewinnung der Gebinde.

## 7.2 Potentielle Strahlenexposition der Bevölkerung

### 7.2.1 Ableitungen mit den Abwettern im bestimmungsgemäßen Betrieb

#### 7.2.1.1 Umlagerung der LAW

##### 7.2.1.1.1 Quelltermbestimmung

Der bestimmungsgemäße Betrieb der Umlagerung der LAW beginnt an der Schnittstelle der Anlage zur Umverpackung und Teilkonditionierung (UTK) der rückgeholten Abfälle. Gemäß Entsorgungskonzept (vgl. Kapitel 6.4 Teilkonditionierung) verlassen die rückgeholten Gebinde die UTK kontaminationsfrei. Auf dem Weg von der UTK zum Schacht für die Umlagerung, bei der Übergabe in den Förderkorb sowie bei der weiteren Handhabung bis zur Einlagerung in die tiefer gelegenen Kammern oder Kavernen können Freisetzungen radioaktiver Stoffe nur entstehen, wenn die Umverpackung undicht wird (Beschädigung der Folie oder des Spezialcontainers).

Die für die Umlagerung benötigten Bereiche auf der 750-m- und der 511-m-Sohle, die beiden Blindschächte sowie die tiefer gelegenen Einlagerungskammern werden sonderbewettert. Sie werden gegenüber den übrigen Bereichen der Schachtanlage auf Unterdruck gehalten. Die Abwetter der Sonderbewetterung werden vor der Abgabe in die Schachtabwetter gefiltert, um radioaktive Partikel weitgehend zurückzuhalten.

Für die weitere Betrachtung ist zwischen der Umlagerung in Kavernen und in Kammern zu unterscheiden.

#### **7.2.1.1.2 Umlagerung in Kammern**

Bei der Umlagerung in Kammern werden die Gebinde vom Blindschacht mit einem Transportfahrzeug zur Kammer gefahren und mit einem Stapelfahrzeug in die Einlagerungsposition gebracht. Diese Handhabungsschritte sind schonend im Hinblick auf eine Beschädigung der Umverpackung und die Freisetzung radioaktiver Partikel. Es ist nicht auszuschließen, dass dennoch infolge einer Beschädigung der Umverpackung radioaktive Partikel in geringem Umfang freigesetzt werden können. Durch die Filterung der Abwetter wird jedoch die Ableitung radioaktiver Stoffe so gering gehalten werden können, dass dadurch keine nennenswerte Strahlenexposition der Bevölkerung zu besorgen ist.

#### **7.2.1.1.3 Umlagerung in Kavernen**

Bei der Umlagerung in Kavernen werden die Gebinde vom Blindschacht mit einem Transportfahrzeug bis vor die Übernahmestation (Beschreibung s. Kapitel 6.6.2 Einlagerung in Kavernen) gefahren. Dort werden die Gebinde durch einen Kran von dem Transportfahrzeug abgeladen und in die Übernahmestation für die Förderung in die Kaverne gegeben. Das Gebinde (Spezialcontainer oder VBA) wird fernbedient in die Kaverne abgelassen und abgestellt. Es bildet sich im Zuge der Umlagerung ein Schüttkegel aus Gebinden. Ein abgelassenes Gebinde kann nach dem Lösen des Seils vom Schüttkegel herunterstürzen und beschädigt werden. Durch das Herunterstürzen können auch weitere Gebinde beschädigt werden. Dabei ist die Freisetzung radioaktiver Partikel in die Kaverne möglich.

Durch das im Kapitel 6.6.2 (Einlagerung in Kavernen) beschriebene Schleusensystem wird der Transport freigesetzter radioaktiver Partikel in die Abwetter verringert, da sich größere Partikel innerhalb der Kaverne absetzen können. Die weiterhin vorhandenen radioaktiven Schwebstoffe werden vor der Ableitung in die Umgebung gefiltert.

Der Ermittlung der Freisetzung radioaktiver Partikel in die Kaverne und der Ableitungen in die Umgebung der Schachtanlage Asse II liegen folgende Annahmen und Ansätze zugrunde:

- Für die Variante I ist das Aktivitätsinventar der Kammer 7/750 abdeckend; auch für die Kammern 6/750 und 11/750.
- Für die Variante II bis IV wird konservativ das Aktivitätsinventar aller LAW-Kammern zugrunde gelegt.
- Analog zur Vorgehensweise bei der MAW-Studie (EWN & TÜV, 2008, /54/) wird für die Bestimmung der Freisetzunganteile die Transportstudie Konrad (LANGE, GRÜNDLER & SCHWARZ, 1991, /55/) herangezogen.

- H-3 und C-14 werden zum Teil gasförmig freigesetzt. Hierzu werden die aus den Jahresableitungen in der Sicherheitsüberprüfung des bestimmungsgemäßen Betriebs der Schachanlage Asse II (ISTEC, 2009, /56/) bestimmten konservativen Freisetzungsraten angesetzt. Diese relativen Freisetzungsraten sind auf das Aktivitätsinventar bezogen. Sie betragen 0,01/a für H-3 und 0,0005/a für C-14.
- H-3 und C-14 werden darüber hinaus, wie die übrigen Nuklide, aerosolförmig freigesetzt.
- Abscheideeffekte in der Kaverne und ein durch das Schleusensystem verringerter Austrag von Partikeln werden konservativ nicht berücksichtigt.
- Die Filteranlage für die Abwetter aus dem Umlagerungsbereich besteht aus mehreren Filterstufen. Im Vorfilter werden 99 % der Partikel mit einem Durchmesser von  $>10 \mu\text{m}$  abgeschieden. In der Schwebstofffilterstufe wird ein Filterwirkungsgrad von 99,995 % (Anforderung HEPA H14) erreicht.
- Es wird konservativ unterstellt, dass das Nuklid H-3 in den Filtern nicht zurückgehalten wird. Die Filter halten ebenfalls keine Gase zurück.
- Mit einem Faktor wird die Anzahl der Kammern, die innerhalb eines Jahres geräumt werden können, berücksichtigt.
- Die Ableitungen erfolgen innerhalb eines Kalenderjahres.

Zur Bestimmung der Freisetzunganteile wird die Transportstudie Konrad (LANGE, GRÜNDLER & SCHWARZ, 1991, /55/) herangezogen. Darin wurde das Freisetzungsverhalten von Feststoffen aus Abfallgebinden untersucht. Es wurden 8 Abfallgebindegruppen (AGG) unterschieden. Abdeckend wird die AGG 1 mit den höchsten Freisetzunganteilen herangezogen.

Die Freisetzunganteile werden für verschiedene Belastungsklassen (BK) angegeben. Die Belastungsklassen bei rein mechanischer Beanspruchung werden nach folgenden Geschwindigkeitsbereichen unterschieden:

Tabelle 34 Belastungsklassen nach der Transportstudie Konrad (LANGE, GRÜNDLER & SCHWARZ, 1991, /55/)

Belastungsklasse	Geschwindigkeitsbereich in km/h
BK 1	0 bis 35
BK 4	36 bis 80
BK 7	> 80

In der Transportstudie Konrad bezieht sich die Geschwindigkeit auf die Fahr- geschwindigkeit des Transportfahrzeugs. Im vorliegenden Fall wird die Aufprallge-

schwindigkeit des Gebindes herangezogen, um die Belastungsklasse festzulegen. Der sich ausbildende Schüttkegel hat bei einem angenommenen Böschungswinkel von  $40^\circ$  eine Höhe von rund 8 m bei einem Kavernendurchmesser von 20 m und eine Höhe von rund 13 m bei einem Kavernendurchmesser von 30 m (Beschreibung s. Kapitel 5.3.2). Da sich die abgeseilten Gebinde nach dem Lösen des Seils nicht im freien Fall bewegen (hierbei wäre bei einer Fallhöhe von 13 m eine Maximalgeschwindigkeit von 57 km/h möglich), sondern den Schüttkegel herunterstürzen, setzen wir eine Geschwindigkeit von im Mittel nicht mehr als 35 km/h an. Dies entspricht der BK 1 der Transportstudie Konrad.

Demnach betragen die Freisetzungsanteile für das Partikelspektrum mit einem aerodynamisch äquivalentem Durchmesser (AED) von  $>10 \mu\text{m}$  bis  $70 \mu\text{m}$   $1,8\text{E}-04$  und für das Partikelspektrum mit einem AED von  $<10 \mu\text{m}$   $8,9\text{E}-05$ . Partikel mit einem aerodynamisch äquivalentem Durchmesser (AED) von  $<10 \mu\text{m}$  sind lungengängig und tragen zur Inhalationsdosis bei. Partikel mit einem AED  $>70 \mu\text{m}$  sind nicht relevant, da sie sich sehr schnell an Boden, Wänden und Strukturen ablagern.

Die Randbedingungen zur Ermittlung der Freisetzungsanteile in der Transportstudie Konrad (LANGE, GRÜNDLER & SCHWARZ, 1991, /55/) sind nicht identisch mit der hier untersuchten Situation. Insbesondere befindet sich im Modell der Transportstudie Konrad der Abfall in einem zugelassenen Transportbehälter. Dennoch haben Vergleiche mit einer weiteren Untersuchung zu Freisetzungen aus Abfallgebinden (GRÜNDLER, 1987, /57/) gezeigt, dass die Freisetzungsanteile aus der Transportstudie Konrad (LANGE, GRÜNDLER & SCHWARZ, 1991, /55/) für die meisten AGG höhere Werte ergaben als in GRÜNDLER (1987, /57/), obgleich in GRÜNDLER (1987, /57/) keine freisetzungsmindernde Wirkung der Abfallbehälter berücksichtigt wird. Die Ergebnisse aus LANGE, GRÜNDLER & SCHWARZ (1991, /55/) können daher für unsere Berechnungen herangezogen werden.

Zur Bestimmung des Nuklidinventars der in der Kammer 7/750 und in allen LAW-Kammern eingelagerten Gebinden wurden die Daten der Datenbank ASSEKAT verwendet (ASSEKAT, 2009, /53/). Da sich die zur Verfügung stehenden Aktivitätsinventare auf den 01.01.1980 oder den 01.01.2005 beziehen, wurden die Aktivitäten auf den 01.01.2010 als Bezugsdatum für einen Beginn der Umlagerung umgerechnet. In Tabelle 35 sind das Nuklidinventar der Kammer 7/750 (Bezugsdatum 01.01.2010) sowie die berechneten Werte für die in die Kaverne freigesetzte Aktivität und die in die Umgebung (Berücksichtigung der Filterwirkungsgrade) abgeleitete Aktivität dargestellt. In dem der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung zugrunde gelegten Quellterm der Kammer 7/750, der ebenfalls in Tabelle 35 enthalten ist, werden nur Nuklide mit mehr als 10 Bq freigesetzter Aktivität berücksichtigt. Die Daten für alle LAW-Kammern sind analog in Tabelle 36 dargestellt.

Tabelle 35 Nuklidinventar der Kammer 7/750 zum 01.01.2010, freigesetzte Aktivität in die Kaverne, in die Umgebung abgeleitete Aktivität, Quellterm für die Dosisberechnung (Variante I)

Kammer 7/750	Summe Einzel- nuklide (01.01.2010)	freigesetzte Aktivität in die Kaverne	in die Umgebung abgeleitete Akti- vität	Quellterm Kammer 7/750	
Nuklide	in Bq	in Bq	in Bq	Nuklide	in Bq
H-3	1,4E+11	1,4E+09	1,4E+09	H-3	1,4E+09
Be-10	1,1E+03	2,8E-01	4,8E-06		
C-14	1,8E+11	1,4E+08	9,4E+07	C-14	9,4E+07
Cl-36	4,6E+08	1,2E+05	2,1E+00		
Ca-41	2,4E+05	6,5E+01	1,1E-03		
Co-60	4,1E+11	1,1E+08	1,9E+03	Co-60	1,9E+03
Ni-59	2,2E+10	6,0E+06	1,0E+02	Ni-59	1,0E+02
Ni-63	5,3E+12	1,4E+09	2,4E+04	Ni-63	2,4E+04
Se-79	8,7E+08	2,4E+05	4,0E+00		
Rb-87	4,4E+04	1,2E+01	2,0E-04		
Sr-90	6,1E+13	1,6E+10	2,8E+05	Sr-90	2,8E+05
Zr-93	3,7E+09	1,0E+06	1,7E+01	Zr-93	1,7E+01
Nb-94	5,5E+09	1,5E+06	2,5E+01	Nb-94	2,5E+01
Mo-93	4,9E+07	1,3E+04	2,2E-01		
Tc-99	3,0E+10	8,0E+06	1,3E+02	Tc-99	1,3E+02
Pd-107	2,1E+08	5,6E+04	9,4E-01		
Ag-108m	1,2E+09	3,3E+05	5,5E+00		
Cd-113m	1,1E+10	3,1E+06	5,2E+01	Cd-113m	5,2E+01
Sn-126	1,1E+09	3,0E+05	5,1E+00		
Sb-125	2,9E+09	7,8E+05	1,3E+01	Sb-125	1,3E+01
I-129	6,7E+07	1,8E+04	3,0E-01		
Cs-135	9,1E+08	2,5E+05	4,2E+00		
Cs-137	9,7E+13	2,6E+10	4,4E+05	Cs-137	4,4E+05
Ba-133	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00		
Sm-151	8,7E+11	2,3E+08	3,9E+03	Sm-151	3,9E+03
Eu-152	2,9E+09	7,7E+05	1,3E+01	Eu-152	1,3E+01
Eu-154	1,2E+12	3,2E+08	5,4E+03	Eu-154	5,4E+03
Ho-166m	5,5E+05	1,5E+02	2,5E-03		
Pb-210	1,8E+08	4,9E+04	8,3E-01		
Ra-226	8,0E+09	2,2E+06	3,7E+01	Ra-226	3,7E+01
Ra-228	1,3E+00	3,5E-04	5,8E-09		
Th-232	6,2E+01	1,7E-02	2,8E-07		
Pa-231	5,6E+04	1,5E+01	2,5E-04		
U-232	6,0E+07	1,6E+04	2,8E-01		
U-233	4,7E+05	1,3E+02	2,1E-03		
U-234	4,5E+09	1,2E+06	2,0E+01	U-234	2,0E+01
U-235	9,2E+07	2,5E+04	4,2E-01		
U-236	1,1E+09	2,9E+05	4,9E+00		
U-238	1,5E+09	4,0E+05	6,8E+00		
Np-237	5,6E+08	1,5E+05	2,6E+00		
Pu-238	1,8E+13	5,0E+09	8,4E+04	Pu-238	8,4E+04

Kammer 7/750	Summe Einzel- nuklide (01.01.2010)	freigesetzte Aktivität in die Kaverne	in die Umgebung abgeleitete Akti- vität	Quellterm Kammer 7/750	
Nuklide	in Bq	in Bq	in Bq	Nuklide	in Bq
Pu-239	4,6E+12	1,2E+09	2,1E+04	Pu-239	2,1E+04
Pu-240	6,2E+12	1,7E+09	2,8E+04	Pu-240	2,8E+04
Pu-241	2,9E+14	7,8E+10	1,3E+06	Pu-241	1,3E+06
Pu-242	1,9E+10	5,2E+06	8,7E+01	Pu-242	8,7E+01
Pu-244	3,4E+03	9,1E-01	1,5E-05		
Am-241	3,5E+13	9,5E+09	1,6E+05	Am-241	1,6E+05
Am-242m	6,9E+09	1,8E+06	3,1E+01	Am-242m	3,1E+01
Am-243	2,3E+10	6,2E+06	1,0E+02	Am-243	1,0E+02
Cm-243	9,5E+09	2,6E+06	4,3E+01	Cm-243	4,3E+01
Cm-244	4,3E+11	1,2E+08	1,9E+03	Cm-244	1,9E+03
Cm-245	1,5E+08	4,0E+04	6,7E-01		
Cm-246	2,0E+08	5,3E+04	9,0E-01		
Cf-249	2,6E+03	6,9E-01	1,2E-05		
<b>Summen</b>	<b>5,2E+14</b>	<b>1,4E+11</b>	<b>1,5E+09</b>		<b>1,5E+09</b>

Tabelle 36 Nuklidinventar aller LAW-Kammern zum 01.01.2010, freigesetzte Aktivität in die Kaverne, in die Umgebung abgeleitete Aktivität, Quellterm für die Dosisberechnung (Varianten II bis III)

Alle LAW- Kammern	Summe Einzel- nuklide (01.01.2010)	freigesetzte Aktivität in die Kaverne	in die Umgebung abgeleitete Akti- vität	Quellterm alle LAW-Kammern	
Nuklide	in Bq	in Bq	in Bq	Nuklide	in Bq
H-3	9,0E+11	9,1E+09	9,1E+09	H-3	9,1E+09
Be-10	3,8E+03	1,0E+00	1,7E-05		
C-14	5,0E+12	3,8E+09	2,5E+09	C-14	2,5E+09
Cl-36	1,4E+10	3,7E+06	6,2E+01	Cl-36	6,2E+01
Ca-41	5,2E+06	1,4E+03	2,4E-02		
Co-60	8,7E+12	2,4E+09	4,0E+04	Co-60	4,0E+04
Ni-59	2,4E+11	6,6E+07	1,1E+03	Ni-59	1,1E+03
Ni-63	1,4E+14	3,9E+10	6,5E+05	Ni-63	6,5E+05
Se-79	4,7E+09	1,3E+06	2,1E+01	Se-79	2,1E+01
Rb-87	2,4E+05	6,5E+01	1,1E-03		
Sr-90	3,0E+14	8,2E+10	1,4E+06	Sr-90	1,4E+06
Zr-93	1,8E+10	4,9E+06	8,3E+01	Zr-93	8,3E+01
Nb-94	1,2E+11	3,2E+07	5,4E+02	Nb-94	5,4E+02
Mo-93	2,3E+08	6,3E+04	1,1E+00		
Tc-99	1,6E+11	4,4E+07	7,4E+02	Tc-99	7,4E+02
Pd-107	1,0E+09	2,7E+05	4,6E+00		
Ag-108m	3,3E+10	8,9E+06	1,5E+02	Ag-108m	1,5E+02

Alle LAW-Kammern Nuklide	Summe Einzel-nuklide (01.01.2010) in Bq	freigesetzte Aktivität in die Kaverne in Bq	in die Umgebung abgeleitete Akti- vität in Bq	Quellterm alle LAW-Kammern	
				Nuklide	in Bq
Cd-113m	8,4E+10	2,3E+07	3,8E+02	Cd-113m	3,8E+02
Sn-126	6,3E+09	1,7E+06	2,9E+01	Sn-126	2,9E+01
Sb-125	1,5E+10	4,2E+06	7,0E+01	Sb-125	7,0E+01
I-129	3,8E+08	1,0E+05	1,7E+00		
Cs-135	4,5E+09	1,2E+06	2,0E+01	Cs-135	2,0E+01
Cs-137	5,7E+14	1,5E+11	2,6E+06	Cs-137	2,6E+06
Ba-133	9,7E+10	2,6E+07	4,4E+02	Ba-133	4,4E+02
Sm-151	5,1E+12	1,4E+09	2,3E+04	Sm-151	2,3E+04
Eu-152	1,5E+10	4,0E+06	6,7E+01	Eu-152	6,7E+01
Eu-154	4,1E+12	1,1E+09	1,9E+04	Eu-154	1,9E+04
Ho-166m	1,8E+06	4,8E+02	8,1E-03		
Pb-210	1,0E+11	2,8E+07	4,7E+02	Pb-210	4,7E+02
Ra-226	2,0E+11	5,4E+07	9,1E+02	Ra-226	9,1E+02
Ra-228	5,8E+08	1,6E+05	2,6E+00		
Th-232	3,5E+11	9,6E+07	1,6E+03	Th-232	1,6E+03
Pa-231	3,9E+09	1,1E+06	1,8E+01	Pa-231	1,8E+01
U-232	7,0E+08	1,9E+05	3,2E+00		
U-233	2,1E+09	5,8E+05	9,7E+00		
U-234	1,3E+12	3,6E+08	6,1E+03	U-234	6,1E+03
U-235	5,3E+10	1,4E+07	2,4E+02	U-235	2,4E+02
U-236	1,5E+10	4,1E+06	7,0E+01	U-236	7,0E+01
U-238	1,3E+12	3,4E+08	5,8E+03	U-238	5,8E+03
Np-237	3,4E+09	9,2E+05	1,5E+01	Np-237	1,5E+01
Pu-238	6,0E+13	1,6E+10	2,7E+05	Pu-238	2,7E+05
Pu-239	3,0E+13	8,2E+09	1,4E+05	Pu-239	1,4E+05
Pu-240	3,6E+13	9,8E+09	1,6E+05	Pu-240	1,6E+05
Pu-241	1,3E+15	3,4E+11	5,8E+06	Pu-241	5,8E+06
Pu-242	7,5E+10	2,0E+07	3,4E+02	Pu-242	3,4E+02
Pu-244	9,9E+03	2,7E+00	4,5E-05		
Am-241	1,6E+14	4,2E+10	7,1E+05	Am-241	7,1E+05
Am-242m	3,1E+10	8,4E+06	1,4E+02	Am-242m	1,4E+02
Am-243	7,5E+10	2,0E+07	3,4E+02	Am-243	3,4E+02
Cm-243	2,9E+10	7,8E+06	1,3E+02	Cm-243	1,3E+02
Cm-244	1,3E+12	3,5E+08	5,9E+03	Cm-244	5,9E+03
Cm-245	4,1E+08	1,1E+05	1,9E+00		
Cm-246	5,3E+08	1,4E+05	2,4E+00		
Cf-249	5,9E+03	1,6E+00	2,7E-05		
<b>Summen</b>	<b>2,6E+15</b>	<b>7,1E+11</b>	<b>1,2E+10</b>		<b>1,2E+10</b>

Für die Ausbreitungs- und Dosisberechnung wird konservativ angenommen, dass die abgeleiteten Partikel einen aerodynamisch äquivalenten Durchmesser (AED) von  $<10 \mu\text{m}$  haben.

Die Ableitung in die Umgebung erfolgt über den Diffusor neben der Schachthalle. Der Diffusor hat nach Angaben in der Studie BRENK SYSTEMPLANUNG (2001, /58/) eine Höhe von 11 m über Grund. Die Ausbreitung wird von den umliegenden Gebäuden - insbesondere der Schachthalle - und der Orografie beeinflusst. Die kürzeste Entfernung zwischen dem Diffusor und dem Zaun des Betriebsgeländes beträgt rund 50 m in nordöstlicher Richtung.

#### 7.2.1.1.4 Dosisberechnungen für den Umlagerungsbetrieb

Zur Ermittlung der durch die Ableitungen bei der Umlagerung möglichen Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage wird das Programm EXPO47 (STEAG ENCOTEC, 2007, /59/) eingesetzt, das auf dem Entwurf der AVV (AVV STRLSCHV, 2005, /60/) zu § 47 StrlSchV (STRLSCHV, 2001, /52/) basiert. Es wird vorausgesetzt, dass die Ableitungen gleichmäßig über das Jahr verteilt erfolgen. Die in der Studie BRENK SYSTEMPLANUNG (2001, /58/) ermittelten maximalen Ausbreitungsfaktoren für Aufpunkte außerhalb des Betriebsgeländes sind in Tabelle 37 angegeben. Sie werden für die Ausbreitungsrechnung herangezogen.

Tabelle 37 Ausbreitungsfaktoren aus BRENK SYSTEMPLANUNG (2001, /58/) für die Ausbreitungsrechnung

Ausbreitungsfaktor	Einheit	Gesamtjahr	Sommerhalbjahr
Ausbreitungsfaktor für bodennahe Konzentration	$\text{m}^{-2}$	4,65E-05	5,01E-05
Washoutfaktor	$\text{m}^{-2}$	7,8E-10	1,5E-09
Ausbreitungsfaktor für Gammasubmersion (1 MeV)	$\text{s}/\text{m}^2$	3,5E-03	-
Ausbreitungsfaktor für Gammasubmersion (0,1 MeV)	$\text{s}/\text{m}^2$	4,6E-03	-

Es werden keine Restriktionen bezüglich der Aufenthaltsdauer und der Ingestion unterstellt. Wie auch in der Studie BRENK SYSTEMPLANUNG (2001, /58/) haben wir die ungünstigste Einwirkungsstelle am Zaun des Betriebsgeländes 50 m nordöstlich des Diffusors (kürzeste Entfernung) gewählt.

Die Ergebnisse der Berechnungen der möglichen Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Umlagerung der LAW, Variante I (Kammern 7/750, 6/750 und 11/750), sind in der Tabelle 38 dargestellt. Als Quellterm wurden abdeckend die Daten der Kammer 7/750 (vgl. Tabelle 35) mit einem Faktor 3 multipliziert. Die Ergebnisse der

Berechnungen der möglichen Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Umlagerung der LAW, Variante II bis III, sind in der Tabelle 39 dargestellt. Für die Varianten II bis III wurde konservativ unterstellt, dass die Umlagerung der Gebinde aus allen LAW-Kammern innerhalb eines Jahres erfolgt, da Zeitpläne für die Umlagerung der LAW nicht vorliegen. Die Umlagerung ist jedoch mit der Gebindegewinnung aus den LAW-Kammern (s. Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse (DMT & TÜV NORD, 2009, /51/)) verzahnt, da unter Tage kein Platz für eine Pufferung aller gewonnenen Gebinde zur Verfügung steht. Eine Umlagerung von maximal vier Kammern pro Jahr ist demnach realistisch. Die potentielle Strahlenexposition der Bevölkerung würde dann bei Werten zwischen denen in Tabelle 38 und Tabelle 39 liegen. Als kritisches Organ wird das Organ mit den im Verhältnis zu den Organdosisgrenzwerten des § 47 StrlSchV höchsten Dosiswerten bezeichnet.

Tabelle 38 mögliche Strahlenexposition durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe während der Umlagerung der LAW (Variante I) an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

Altersgruppe	effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$	kritisches Organ	Organdosis in $\mu\text{Sv/a}$
$\leq 1\text{a}$	2,3	rotes Knochenmark	6,9
$> 1\text{ a bis } \leq 2\text{ a}$	1,4	rotes Knochenmark	3,3
$> 2\text{ a bis } \leq 7\text{ a}$	1,5	Knochenoberfläche	24
$> 7\text{ a bis } \leq 12\text{ a}$	1,8	Knochenoberfläche	36
$> 12\text{ a bis } \leq 17\text{ a}$	1,9	Knochenoberfläche	48
$> 17\text{ a}$	1,9	Knochenoberfläche	57

Tabelle 39 mögliche Strahlenexposition durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe während der Umlagerung der LAW aus allen LAW-Kammern an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

Altersgruppe	effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$	kritisches Organ	Organdosis in $\mu\text{Sv/a}$
$\leq 1\text{a}$	6,5	rotes Knochenmark	13
$> 1\text{ a bis } \leq 2\text{ a}$	6,2	rotes Knochenmark	8,6
$> 2\text{ a bis } \leq 7\text{ a}$	5,8	rotes Knochenmark	7,8
$> 7\text{ a bis } \leq 12\text{ a}$	5,9	Knochenoberfläche	58
$> 12\text{ a bis } \leq 17\text{ a}$	5,3	Knochenoberfläche	75
$> 17\text{ a}$	5,1	Knochenoberfläche	88

### 7.2.1.1.5 Weitere Strahlenexpositionen am Standort der Schachanlage Asse II

Es ist davon auszugehen, dass die Umlagerung parallel zur Gebindegewinnung erfolgt. In der Studie zur Rückholung (DMT & TÜV NORD, 2009, /51/) wurde die potentielle Strahlenexposition der Bevölkerung für die Gebindegewinnung der LAW aus den Einlagerungskammern ermittelt und dargestellt. In dieser Studie wurden ebenfalls die tatsächlichen Ableitungen des derzeitigen Betriebs der Schachanlage Asse II als Vorbelastung des Standortes dargestellt und berücksichtigt.

### 7.2.1.1.6 Potentielle Strahlenexposition der Bevölkerung für die Umlagerung der LAW unter Berücksichtigung der Gebindegewinnung und der Vorbelastung am Standort

Die Summe der Strahlenexposition durch den bestimmungsgemäßen Betrieb der Umlagerung der LAW (Variante I) ist unter Berücksichtigung der Gebindegewinnung (Variante I) und des bisherigen Betriebs der Schachanlage Asse II in Tabelle 40 zusammengestellt.

Tabelle 40 Summe der Strahlenexposition durch den bestimmungsgemäßen Betrieb der Umlagerung (Variante I) unter Berücksichtigung der Gebindegewinnung (Variante I) und den bisherigen Betrieb der Schachanlage Asse II

Dosis	effektiv	prozentualer Anteil am Grenzwert (§ 47 StrlSchV)	kritisches Organ	prozentualer Anteil am Organdosis-grenzwert (§ 47 StrlSchV)
Altersgruppe	in $\mu\text{Sv/a}$	in %	in $\mu\text{Sv/a}$	in %
$\leq 1$ a	16	5	40	13
$> 1$ a bis $\leq 2$ a	12	4	rotes Knochenmark 26	9
$> 2$ a bis $\leq 7$ a	12	4	rotes Knochenmark 23	8
$> 7$ a bis $\leq 12$ a	12	4	rotes Knochenmark 157	9
$> 12$ a bis $\leq 17$ a	12	4	Knochenoberfläche 242	14
$> 17$ a	9	3	Knochenoberfläche 130	7
			Knochenoberfläche	

Die Summe der Strahlenexposition durch den bestimmungsgemäßen Betrieb der Umlagerung der LAW (Varianten II bis III) ist unter Berücksichtigung der Gebindegewinnung

winnung (Varianten II bis III) und des bisherigen Betriebs der Schachtanlage Asse II in Tabelle 41 zusammengestellt.

Tabelle 41 Summe der Strahlenexposition durch den bestimmungsgemäßen Betrieb der Umlagerung (Varianten II bis III) unter Berücksichtigung der Gebindegewinnung (Varianten II bis III) und des bisherigen Betriebes der Schachtanlage Asse II

Dosis	effektiv	prozentualer Anteil am Grenzwert (§ 47 StrlSchV)	kritisches Organ	prozentualer Anteil am Organdosisgrenzwert (§ 47 StrlSchV)
Altersgruppe	in $\mu\text{Sv/a}$	in %	in $\mu\text{Sv/a}$	in %
$\leq 1\text{a}$	31	10	82	27
$> 1\text{ bis } \leq 2\text{ a}$	21	7	rotes Knochenmark 45	15
$> 2\text{ bis } \leq 7\text{ a}$	22	7	rotes Knochenmark 263	15
$> 7\text{ bis } \leq 12\text{ a}$	24	8	Knochenoberfläche 404	22
$> 12\text{ bis } \leq 17\text{ a}$	24	8	Knochenoberfläche 563	31
$> 17\text{ a}$	21	7	Knochenoberfläche 532	30
			Knochenoberfläche	

Die Grenzwerte des § 47 StrlSchV (STRLSCHV, /52/) betragen für die effektive Dosis  $300\ \mu\text{Sv/a}$ , für das rote Knochenmark  $300\ \mu\text{Sv/a}$  und für die Knochenoberfläche  $1.800\ \mu\text{Sv/a}$ . Das rote Knochenmark und die Knochenoberfläche weisen die im Verhältnis zu den Organdosisgrenzwerten des § 47 StrlSchV höchsten Dosiswerte auf (kritisches Organ).

Die Ergebnisse für die Variante I (Tabelle 40) zeigen, dass in Summe eine effektive Dosis an der ungünstigsten Einwirkungsstelle von  $16\ \mu\text{Sv/a}$  (Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr) zu erwarten ist. Dies entspricht einem Ausschöpfungsgrad des Grenzwertes des § 47 StrlSchV von 5 %. Das kritische Organ ist die Knochenoberfläche. Der höchste Ausschöpfungsgrad des Organdosisgrenzwertes des § 47 StrlSchV für die Knochenoberfläche beträgt 14 % (Altersgruppe  $>12$  Jahre bis  $\leq 17$  Jahre).

Die Ergebnisse für die Varianten II bis III (Tabelle 41) zeigen, dass in Summe eine effektive Dosis an der ungünstigsten Einwirkungsstelle von  $31\ \mu\text{Sv/a}$  (Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr) zu erwarten ist. Dies entspricht einem Ausschöpfungsgrad des Grenzwertes des § 47 StrlSchV von 10 %. Das kritische Organ ist die Knochenoberfläche. Der höchste Ausschöpfungsgrad des Organdosisgrenzwertes des § 47 StrlSchV für die Knochenoberfläche beträgt 31 % (Altersgruppe  $> 12$  Jahre bis  $\leq 17$  Jahre).

### 7.2.1.1.7 Zusammenfassende Bewertung der Strahlenexposition der Bevölkerung für die Umlagerung der LAW

Abschließend ist zu untersuchen, ob der in § 46 (1) StrlSchV (STRLSCHV, /52/) für Einzelpersonen der Bevölkerung vorgegebene Grenzwert der effektiven Dosis von 1 mSv pro Jahr eingehalten wird. Gemäß § 46 (3) StrlSchV gilt dieser Grenzwert außerhalb des Betriebsgeländes für die Summe der Strahlenexposition aus der Direktstrahlung und der Strahlenexposition aus Ableitungen.

Durch die Umlagerung entsteht keine Direktstrahlung, da die Abfälle unter Tage verbleiben. Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Wasser erfolgen im bisherigen Betrieb nicht und sind für den Umlagerungsbetrieb nicht geplant.

Die Summe der ermittelten effektiven Dosis durch die Umlagerung der LAW in Kavernen beträgt demnach ca. 0,02 mSv/a für die Variante I und 0,03 mSv/a für die Varianten II bis IV. Bei der Umlagerung der LAW in Einlagerungskammern sind geringere Strahlenexpositionen zu erwarten als bei der Umlagerung in Kavernen.

Der Grenzwert des § 46 (1) StrlSchV von 1 mSv/a für die effektive Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung wird unterschritten.

### 7.2.1.2 Umlagerung der MAW

Die Umlagerung der MAW erfolgt von der 511-m-Sohle für alle Varianten über einen Blindschacht ausschließlich in Kavernen. Unbeschädigte Fässer werden in einem wiederverwendbaren Transferbehälter, defekte Fässer in einem mit einzulagernden Spezialcontainer transportiert (Beschreibung s. Kapitel 6.4.3 Umlagerung der MAW). Nennenswerte Freisetzungen radioaktiver Stoffe entstehen auch hier beim Absetzen und Herunterstürzen der Gebinde vom Schüttkegel in der Kaverne.

Die Freisetzungen werden analog der Umlagerung der LAW in Kavernen ermittelt (siehe oben).

Zur Bestimmung des Nuklidinventars der MAW in der Kammer 8a/511 wurden die Daten der Datenbank ASSEKAT verwendet (ASSEKAT, 2009, /53/). Da sich die zur Verfügung stehenden Aktivitätsinventare auf den 01.01.2005 beziehen, wurden die Aktivitäten auf den 01.01.2010 als Bezugsdatum für einen Beginn der Umlagerung umgerechnet. In Tabelle 42 sind das Nuklidinventar der Kammer 8a/511 (Bezugsdatum 01.01.2010) sowie die berechneten Werte für die in die Kaverne freigesetzte Aktivität und in die Umgebung (Berücksichtigung der Filterwirkungsgrade) abgeleitete Aktivität dargestellt. In dem der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung zugrunde gelegten Quellterm der Kammer 8a/511, der ebenfalls in Tabelle 42 enthalten ist, werden nur Nuklide mit mehr als 10 Bq freigesetzter Aktivität berücksichtigt. Für das Nuklid H-3 wird konservativ keine Filterwirkung berücksichtigt.

Tabelle 42 Nuklidinventar der MAW (Kammer 8a/511) zum 01.01.2010, freigesetzte Aktivität in die Kaverne, in die Umgebung abgeleitete Aktivität, Quellterm für die Dosisberechnung

Kammer 8a/511 MAW Nuklide	Summe Einzel- nuklide (1.1.2010) in Bq	freigesetzte Aktivität in die Kaverne in Bq	in die Umge- bung abgeleite- te Aktivität in Bq	Quellterm MAW	
				Nuklide	in Bq
H-3	2,3E+11	2,3E+09	2,3E+09	H-3	2,3E+09
Be-10	2,0E+03	5,5E-01	9,3E-06		
C-14	2,2E+11	1,7E+08	1,1E+08	C-14	1,1E+08
Cl-36	3,7E+07	1,0E+04	1,7E-01		
Ca-41	5,0E+05	1,4E+02	2,3E-03		
Co-60	4,6E+13	1,2E+10	2,1E+05	Co-60	2,1E+05
Ni-59	5,8E+12	1,6E+09	2,6E+04	Ni-59	2,6E+04
Ni-63	6,4E+14	1,7E+11	2,9E+06	Ni-63	2,9E+06
Se-79	1,8E+09	4,9E+05	8,3E+00		
Rb-87	8,6E+04	2,3E+01	3,9E-04		
Sr-90	1,2E+14	3,2E+10	5,4E+05	Sr-90	5,4E+05
Zr-93	8,1E+09	2,2E+06	3,7E+01	Zr-93	3,7E+01
Nb-94	9,0E+09	2,4E+06	4,1E+01	Nb-94	4,1E+01
Mo-93	1,0E+08	2,8E+04	4,8E-01		
Tc-99	5,3E+10	1,4E+07	2,4E+02	Tc-99	2,4E+02
Pd-107	3,9E+08	1,0E+05	1,8E+00		
Ag-108m	3,3E+09	8,9E+05	1,5E+01	Ag-108m	1,5E+01
Cd-113m	1,8E+10	5,0E+06	8,4E+01	Cd-113m	8,4E+01
Sn-126	2,2E+09	5,9E+05	9,9E+00		
Sb-125	3,4E+09	9,1E+05	1,5E+01	Sb-125	1,5E+01
I-129	1,2E+08	3,4E+04	5,7E-01		
Cs-135	1,6E+09	4,2E+05	7,1E+00		
Cs-137	1,7E+14	4,7E+10	7,9E+05	Cs-137	7,9E+05
Ba-133	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00		
Sm-151	1,3E+12	3,6E+08	6,0E+03	Sm-151	6,0E+03
Eu-152	3,7E+09	1,0E+06	1,7E+01	Eu-152	1,7E+01
Eu-154	1,7E+12	4,6E+08	7,8E+03	Eu-154	7,8E+03
Ho-166m	8,8E+05	2,4E+02	4,0E-03		
Pb-210	8,3E+01	2,2E-02	3,8E-07		
Ra-226	1,8E+02	4,8E-02	8,1E-07		
Ra-228	3,5E-01	9,4E-05	1,6E-09		
Th-232	1,2E+07	3,2E+03	5,4E-02		
Pa-231	1,1E+05	3,0E+01	5,0E-04		
U-232	3,9E+07	1,1E+04	1,8E-01		
U-233	2,4E+09	6,4E+05	1,1E+01	U-233	1,1E+01
U-234	4,7E+09	1,3E+06	2,2E+01	U-234	2,2E+01

Kammer 8a/511 MAW Nuklide	Summe Einzel- nuklide (1.1.2010) in Bq	freigesetzte Aktivität in die Kaverne in Bq	in die Umge- bung abgeleite- te Aktivität in Bq	Quellterm MAW	
				Nuklide	in Bq
U-235	1,9E+08	5,1E+04	8,6E-01		
U-236	7,7E+08	2,1E+05	3,5E+00		
U-238	1,9E+09	5,0E+05	8,4E+00		
Np-237	1,1E+09	3,0E+05	5,0E+00		
Pu-238	1,2E+12	3,3E+08	5,5E+03	Pu-238	5,5E+03
Pu-239	1,0E+12	2,8E+08	4,8E+03	Pu-239	4,8E+03
Pu-240	1,0E+12	2,7E+08	4,6E+03	Pu-240	4,6E+03
Pu-241	3,0E+13	8,2E+09	1,4E+05	Pu-241	1,4E+05
Pu-242	1,8E+09	4,8E+05	8,0E+00		
Pu-244	1,2E+02	3,2E-02	5,5E-07		
Am-241	7,3E+12	2,0E+09	3,3E+04	Am-241	3,3E+04
Am-242m	1,2E+10	3,3E+06	5,6E+01	Am-242m	5,6E+01
Am-243	4,0E+10	1,1E+07	1,8E+02	Am-243	1,8E+02
Cm-243	1,4E+10	3,8E+06	6,4E+01	Cm-243	6,4E+01
Cm-244	7,9E+11	2,1E+08	3,6E+03	Cm-244	3,6E+03
Cm-245	2,2E+08	5,9E+04	9,9E-01		
Cm-246	2,5E+08	6,7E+04	1,1E+00		
Cf-249	2,2E+03	5,9E-01	1,0E-05		
<b>Summen</b>	<b>1,0E+15</b>	<b>2,8E+11</b>	<b>2,4E+09</b>		<b>2,4E+09</b>

### 7.2.1.2.1 Dosisberechnung für die Umlagerung der MAW

Die Dosisberechnung für die Umlagerung der MAW erfolgt analog der Dosisberechnung für die Umlagerung der LAW.

Die Ergebnisse der Berechnungen der möglichen Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Umlagerung der MAW ist in der Tabelle 43 dargestellt.

Tabelle 43 mögliche Strahlenexposition durch die Ableitungen radioaktiver Stoffe während der Umlagerung der MAW an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

Altersgruppe	effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$	kritisches Organ	Organdosis in $\mu\text{Sv/a}$
$\leq 1$ a	0,5	rotes Knochenmark	1,4
$> 1$ a bis $\leq 2$ a	0,4	rotes Knochenmark	0,8
$> 2$ a bis $\leq 7$ a	0,4	rotes Knochenmark	0,7
$> 7$ a bis $\leq 12$ a	0,4	rotes Knochenmark	0,9
$> 12$ a bis $\leq 17$ a	0,4	rotes Knochenmark	1,1
$> 17$ a	0,3	Knochenoberfläche	4,0

Die Ergebnisse für die Umlagerung der MAW zeigen, dass in Summe eine effektive Dosis an der ungünstigsten Einwirkungsstelle von 0,5  $\mu\text{Sv/a}$  (Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr) zu erwarten ist. Dies entspricht einem Ausschöpfungsgrad des Grenzwertes des § 47 StrlSchV von 0,2 %. Das kritische Organ ist das rote Knochenmark. Der höchste Ausschöpfungsgrad des Organdosisgrenzwertes des § 47 StrlSchV für das rote Knochenmark beträgt 0,5 % (Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr).

#### **7.2.1.2.2 Bewertung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Umlagerung der MAW**

Die Umlagerung der MAW erhöht die Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse II um weniger als 1 % bezogen auf die jeweiligen Grenzwerte des § 47 StrlSchV.

Die Strahlenexposition bei der Bergung der MAW aus der Kammer 8a/511 wurde in der Studie zur Rückholung der MAW (EWN & TÜV, 2008, /53/) ermittelt. Die Ergebnisse der Berechnung zeigen, dass eine effektive Dosis an der ungünstigsten Einwirkungsstelle für alle Altersgruppen von weniger als 1  $\mu\text{Sv/a}$  zu erwarten ist. Die höchsten Organdosen sind für die Knochenoberfläche und das rote Knochenmark im Bereich von wenigen  $\mu\text{Sv/a}$  zu erwarten.

Der Beitrag durch die Bergung und Umlagerung der MAW ist demnach klein gegenüber den Beiträgen durch die Gebindegewinnung und die Umlagerung der LAW sowie durch den derzeitigen Betrieb der Schachtanlage Asse II.

### **7.2.2 Zusammenfassende Bewertung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Umlagerung von LAW und MAW**

Die Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Luft beträgt bei der Umlagerung der LAW (in Kavernen) und MAW unter Berücksichtigung der Gebindegewinnung und des derzeitigen Betriebs für die Variante I ca. 0,02 mSv/a und für die Varianten II bis III ca. 0,03 mSv/a.

Weitere Beiträge durch Ableitungen mit dem Abwasser und Direktstrahlung kommen nicht hinzu. Der Grenzwert des § 46 (1) StrlSchV von 1 mSv/a für die effektive Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung wird bei der Umlagerung von LAW und MAW unterschritten.

## 7.3 Radiologische Störfälle

### 7.3.1 Störfallanalyse und radiologisch relevante Störfälle

Die in dieser Machbarkeitsstudie beschriebenen Betriebsabläufe bei der Umlagerung der LAW und MAW Abfälle und die davon berührten Betriebsbereiche wurden auf mögliche Störfälle mit Aktivitätsfreisetzung analysiert. Die Vorgehensweise ist in DMT & TÜV NORD (2009, /51/) beschrieben. Die Schnittstelle zur Machbarkeitsstudie der Rückholung bildet die Anlage zur Umverpackung und Teilkonditionierung (UTK) der rückgeholten Abfälle.

Ereignisse, die zu vergleichbaren Freisetzungen in einem Betriebsbereich führen oder durch andere Ereignisse abgedeckt sind, werden zusammengefasst.

In der Tabelle 44 sind die Störfälle zusammengestellt, die während der Umlagerung der LAW und MAW zu Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Schachtanlage Asse II führen könnten. Es werden wichtige Randbedingungen und Vorsorgemaßnahmen genannt. Die radiologischen Auswirkungen in der Umgebung werden unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen und Vorsorgemaßnahmen qualitativ beschrieben. Die in der Tabelle zusammengefassten Bewertungen werden anschließend weiter erläutert. Mit dem Begriff „Umlagerungsbereich“ ist der für die Umlagerung einzurichtende Kontrollbereich (bei den MAW einschließlich Sperrbereich) gemeint, der gegenüber den anderen Bereichen des Grubengebäudes auf Unterdruck gehalten wird. Die Abwetter aus diesem Bereich werden gefiltert, bevor sie mit den Abwettern der Schachtanlage zusammengeführt werden.

Tabelle 44 Mögliche radiologische Störfälle bei der Umlagerung der LAW und MAW

Störfall	Randbedingungen/Vorsorge	Auswirkungen
a. Filterversagen (Filterung der Abwetter aus dem Umlagerungsbereich)	Auslegung: Redundante Filter übernehmen die Filterung	Keine bis geringe Erhöhung der Emissionen
b. Versagen des Lüftungsabschlusses (Unterdruckhaltung im Umlagerungsbereich)	Vorsorgemaßnahmen: Notstromversorgung, redundante Auslegung insbesondere redundante Lüfter	Bei entsprechenden Vorsorgemaßnahmen keine störfallbedingten Auswirkungen

Störfall	Randbedingungen/Vorsorge	Auswirkungen
c. Absturz von schweren Lasten auf Gebinde (Löserfall)	Einlagerungskammern: Vorsorgemaßnahmen: Überwachung und Sicherung / Nachbearbeitung der Firste Kavernen: adäquate Vorsorgemaßnahmen stehen nicht zur Verfügung, da die Einlagerung ausschließlich fernbedient erfolgt	Bei entsprechenden Vorsorgemaßnahmen keine störfallbedingten Auswirkungen Freisetzungen in die Kaverne möglich; Reduzierung der Ableitungen durch Filterung der Abwetter
d. Absturz von Gebinden auf den Transportstrecken und Übergabestellen sowie bei der Einlagerung in Kammern	Abhängig von der Art der Gebinde und den Transportrandbedingungen (Fallhöhe, Aufprallgeschwindigkeit, Anzahl betroffener Gebinde)	Freisetzungen möglich; Reduzierung der Ableitungen durch Filterung der Abwetter
e. Absturz von Gebinden beim Ablassen in Kavernen	Abhängig von der Fallhöhe, Aufprallgeschwindigkeit, Anzahl betroffener Gebinde	Freisetzungen in die Kaverne möglich; Reduzierung der Ableitungen durch Filterung der Abwetter
f. Verpuffung/Explosion bei der Handhabung von Abfallgebinden (infolge Gasbildung im Gebinde / Freisetzung von Lösungsmitteln u. ä.)	Vorsorgemaßnahmen: Überwachung der Luft zur frühzeitigen Erkennung von Gasen	Bei entsprechenden Vorsorgemaßnahmen kann das entstehen explosiver Gemische verhindert werden; daher keine störfallbedingten Auswirkungen
g. Brandfälle unter Tage (Fahrzeugbrand, Filterbrand, Verpuffung mit Brand)	Vorsorgemaßnahmen: Filterbrand: Vorsorge durch nicht brennbare Filtermaterialien, Übrige Brände: umfassende Vorsorge gegen Brandentstehung, Einrichtungen zur Branderkennung und schnelle Brandlöscheinrichtungen	Bei entsprechenden Vorsorgemaßnahmen keine störfallbedingten Auswirkungen
h. Lastabsturz im Blindschacht - bei der Beladung des Förderkorbes - Absturz des Förderkorbes	Vorsorgemaßnahmen: Verriegelung des Schachtzugangs Ausstattung der Schachtförderanlage mit einer Bremsvorrichtung	Bei entsprechenden Vorsorgemaßnahmen keine störfallbedingten Auswirkungen
i. Erdbeben	Vorsorgemaßnahmen: Die Lüftungsanlage mit Filter im Umlagerungsbereich ist so zu schützen, dass Erdbebenauswirkungen nicht zu einer Beeinträchtigung der Unterdruckhaltung u. Filterung führt	Erdbeben

### 7.3.2 Festlegung der radiologisch relevanten Störfälle

Eine wichtige Maßnahme zur Reduzierung der Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Schachtanlage Asse II bei der Umlagerung ist die Sonderbewetterung des Umlagerungsbereiches. Sie hat die Aufgabe, den Bereich auf Unterdruck zu halten und die Abwetter zu filtern. Wichtige Vorsorgemaßnahmen zur Aufrechterhaltung der Unterdruckhaltung und Filterung sind:

- Redundanter Aufbau (Lüfter und Filter für je zweimal 100 % des Durchsatzes),
- innerhalb jeder Redundanz ein Vorfilter und zwei hintereinander durchströmte Filtereinheiten mit hohem Wirkungsgrad,
- nicht brennbare Filtermaterialien,
- Schutz gegen mechanische Einwirkungen wie Konvergenz

und

- Erdbebenauswirkungen.

Diese Vorsorge gegen einen Ausfall der Unterdruckhaltung und Filterung wird für die weiteren Analysen vorausgesetzt.

Die Kammerfirste und die Strecken, die für die Umlagerung genutzt werden, werden überwacht und wann immer erforderlich nachbearbeitet, so dass ein unkontrollierter Löserfall größeren Ausmaßes in diesen Bereichen verhindert wird. Durch diese Vorsorgemaßnahmen können störfallbedingte Auswirkungen auf Strecken und in Kammern ausgeschlossen werden. Bei der Umlagerung in Kavernen kann ein Löserfall nicht ausgeschlossen werden, da die Firste nicht beraubt werden können.

Brände können durch ausreichende Vorsorgemaßnahmen verhindert werden (z.B. Filter aus nicht brennbaren Materialien, geringe Brandlasten im Umlagerungsbereich) und ggf. durch Einrichtungen zur Branderkennung und schnelle Löscheinrichtungen (z.B. an Fahrzeugen) sofort unterdrückt werden. Mit diesen Vorsorgemaßnahmen können radiologisch relevante Auswirkungen von Bränden ausgeschlossen werden. Es ist außerdem zu verhindern, dass Brandgase aus dem übrigen Grubenbereich in den Rückholbereich gelangen, damit die Filtereinheiten nicht beeinträchtigt werden.

Es ist nicht Gegenstand der vorliegenden Studie, zu prüfen, ob durch die Beschaffenheit und Zusammensetzung der eingelagerten Abfälle in Verbindung mit den Rückholtätigkeiten explosive Gemische entstehen können. Bei entsprechenden Vorsorgemaßnahmen zur Überwachung der Luft zur frühzeitigen Erkennung der Entstehung von explosiven Gemischen können Störfallauswirkungen ausgeschlossen werden.

Zur Verhinderung eines Absturzes von Gebinden im Blindschacht für die Förderung auf den Sohlenbereich der Einlagerungskammern und Kavernen sind folgende Vorsorgemaßnahmen zu treffen:

- die Verriegelung des Schachtzugangs bei der Beladung des Förderkorbes

und

- die Ausstattung der Schachtförderanlage mit einer Bremsvorrichtung zur Vermeidung eines Absturzes des Förderkorbes in den Schacht.

Durch diese Vorsorgemaßnahmen können störfallbedingte Auswirkungen ausgeschlossen werden.

Die Auswirkungen eines Erdbebens für den jetzigen Betrieb der Schachtanlage Asse II sind in der Sicherheitsüberprüfung der Störfallvorsorge der Schachtanlage Asse II (ISTEC, 2009, /56/) beschrieben. Demnach ist das für den Standort abgeleitete Bemessungserdbeben (Intensität VI1/2°MSK) definitionsgemäß ein schwaches Erdbeben, bei dem größere Schäden nicht zu erwarten sind. Es ist weiter bekannt, dass bei untertägigen Anlagen die Erdbebenauswirkungen nur von untergeordneter Bedeutung sind. Für die Umlagerung ist die Lüftungsanlage mit Filter im Umlagerungsbereich so zu schützen, dass Erdbebenauswirkungen nicht zu einer Beeinträchtigung der Unterdruckhaltung und Filterung führt. Mit dieser Vorsorgemaßnahme wird eine ungefilterte Freisetzung aus dem Rückholbereich infolge eines Erdbebens verhindert.

Als radiologisch relevante Ereignisse sind demnach folgende Störfälle zu betrachten:

- 1) Löserfall in den Kavernen zur Einlagerung der LAW und MAW,
- 2) Absturz von Gebinden in die Kaverne zur Einlagerung der LAW und MAW,
- 3) Absturz von Gebinden auf Strecken und in den Einlagerungskammern.

### 7.3.3 Quelltermmittlung und Störfallrandbedingungen

#### 7.3.3.1 Löserfall in Kavernen

Entsprechend den Varianten I.2 bis III.3 ist die Umlagerung der radioaktiven Abfälle in Kavernen vorgesehen. In diese Kavernen werden die umgelagerten Gebinde abge-seilt, so dass am Grund der Kaverne ein Schüttkegel entsteht. Da in den Kavernen die Firste nicht beraubt werden können, ist ein Löserfall auf Abfallgebände nicht auszuschließen. Aus den Erfahrungen im Salzbergbau werden die folgenden Randbedingungen für einen abdeckenden Löserfall angenommen. Es löst sich eine Firstfläche von ca. 200 m<sup>2</sup>. Dies entspricht etwa 30 % der gesamten Firstfläche der größten Kaverne. Die Stärke des Lösers wird mit 0,20 m angesetzt. Bei einer Steinsalzdichte von 2,15 t/m<sup>3</sup> ergibt sich ein Gewicht von ca. 100 t. Die maximale Fallhöhe wird auf 90 % der Kavernenhöhe angenommen. Der sich einstellende Böschungswinkel wird mit 40° angesetzt. Dies entspricht in etwa den Einlagerungserfahrungen auf der 511-m-Sohle (HEYDORN, M.; HERRMANN, F., 2009, /23/).

Es sind keine Untersuchungen bekannt, in denen Freisetzungen durch einen Löserfall mit den hier vorliegenden Fallhöhen ermittelt wurden. Um die Auswirkungen dennoch abschätzen zu können, werden zur Bestimmung der Freisetzungsfaktoren die Untersuchungen „Ermittlung der Quellterme für die radiologisch relevanten Störfälle bei der Stilllegung des ERAM“ (ISTec, 2006, /65/) und die Transportstudie Konrad (LANGE; GRÜNDLER; SCHWARZ, 1991, /55/) herangezogen. In der ERAM Untersuchung (ISTec, 2006, /65/) sind Freisetzungsanteile in Abhängigkeit vom spezifischen Energieeintrag durch den Löserfall in die Abfallgebinde angegeben. Es wird daher zunächst der spezifische Energieeintrag ermittelt.

In Tabelle 45 sind für die Varianten I.2 bis III.3 die Fallhöhen, Fallgeschwindigkeiten (ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes) und die kinetische Energie des Löser aufgelistet. Die Abmessungen der Kavernen sind in Kapitel 5.3.2 beschrieben.

Tabelle 45 Fallhöhen, Fallgeschwindigkeit und kinetische Energie des Löser

Kaverne für	Höhe der Kaverne in m	Fallhöhe in m	Fallgeschwindigkeit in km/h	Kinetische Energie in J
MAW	20	18	68	1,8E+07
LAW	30	27	83	2,6E+07
LAW	50	45	107	4,4E+07
LAW	70	63	127	6,2E+07
LAW	120	108	166	1,1E+08

Der Löser fällt auf einen Gebindeschüttkegel, der sich im Laufe der Umlagerung ausbildet und dessen Höhe durch den Kavernendurchmesser und den Böschungswinkel begrenzt ist. Die maximale Schütthöhe des Kegels wird in der Kaverne mit dem größten Durchmesser (30 m) erreicht. Sie beträgt rund 13 m.

Der spezifische Energieeintrag ist abhängig von der Masse der betroffenen Gebinde. Je größer die betroffene Masse desto kleiner wird der spezifische Energieeintrag durch den Löserfall bei gleicher Fallhöhe. Andererseits erhöht sich mit der betroffenen Masse auch das freisetzbare Aktivitätsinventar.

In der ERAM-Studie (ISTec, 2006, /65/) sind für den Eintrag einer spezifischen Energie von rd. 0,008 J/g Freisetzungsanteile in der Größenordnung von 3E-05 angegeben. Ein spezifischer Energieeintrag von 0,008 J/g wird in der höchsten Kaverne bei einer Abfallmasse von rund 10.000 t erreicht. Dies entspricht etwa der Gesamtmasse der in Kammer 7/750 eingelagerten Abfälle. Wir haben vergleichende Analysen vorgenommen, bei denen die Abfallmasse und damit das Aktivitätsinventar sowie der spezifische Energieeintrag variiert wurden. Diese Analysen haben gezeigt, dass die höchsten Freisetzungsanteile der Transportstudie Konrad (LANGE; GRÜNDLER; SCHWARZ, 1991, /55/) zu höheren Freisetzungen führen. Daher werden konservativ die Freisetzungsanteile der Transportstudie Konrad herangezogen. Diese Freisetzungsanteile

werden für eine abdeckende Ermittlung der Störfallauswirkungen durch einen Löserfall auf eine Abfallmasse von rund 130 t angewandt.

Die höchsten Freisetzungsteile der Transportstudie Konrad für mechanische Belastungen werden für die mechanische Belastungsklasse 7 (BK 7; Geschwindigkeiten von >80 km/h) in Verbindung mit der Abfallgebindegruppe 2 (AGG 2) angegeben.

Die Freisetzungsteile sind partikelgrößenabhängig. Für die Partikelgrößen von 0 - 10 µm aerodynamisch äquivalenten Durchmesser (AED) ergibt sich ein Freisetzungsteil von 5,4E-3. Für Partikelgrößen von 10 - 70 µm ergibt sich ein Freisetzungsteil von 1,1E-2. Für C-14 wird abweichend ein Freisetzungsteil für Partikelgrößen von 0 - 10 µm AED von 0,54 angegeben. Partikel mit einem aerodynamisch äquivalentem Durchmesser (AED) von <10 µm sind lungengängig und tragen zur Inhalationsdosis bei. Partikel mit einem AED >70 µm sind nicht relevant, da sie sich sehr schnell an Boden, Wänden und Strukturen ablagern.

Als abdeckend für das radioaktive Inventar der LAW wurde das Aktivitätsinventar der Kammer 7 auf der 750-m-Sohle herangezogen. Die Masse des vom Störfall betroffenen Abfalls wurde ins Verhältnis gesetzt zu der Gesamtmasse des Abfalls, der in der Kammer 7 eingelagert ist. Daraus wurde die nuklidspezifische Gesamtaktivität bestimmt, auf die die Freisetzungsteile anzuwenden sind. Die Daten wurden der Datenbank ASSEKAT (ASSEKAT, 2009, /53/) entnommen. Die nuklidspezifischen Aktivitätsinventare wurden auf den 1.1.2010 als Bezugsdatum umgerechnet.

Die in die Kaverne freigesetzten radioaktiven Aerosole werden durch die Filterstrecken teilweise zurückgehalten. Die Partikel von 10 bis 70 µm AED werden von dem Vorfilter zu 99 % herausgefiltert. Der Hauptfilter hat einen Wirkungsgrad von 99,995 % (Anforderung HEPA H14). Für H-3 und C-14 werden andere Filterwirkungen angenommen. Für die Partikel von 10 - 70 µm AED gilt der Filterwirkungsgrad der Vorfilter von 99 %. Für den Hauptfilter wird keine Rückhaltung angenommen, da die restlichen Anteile von H-3 als HTO (Wassermolekül mit einem H-3 Atom) und des C-14 als CO<sub>2</sub> vorliegend vorausgesetzt werden. Diese Betrachtungsweise ist für die Berechnung der Störfallauswirkungen abdeckend.

In der Tabelle 46 sind die gesamte Aktivitätsmenge, die durch den Firstfall in der 120 m hohen Kaverne betroffen ist, angegeben sowie die daraus ermittelten freigesetzten und gefilterten Aktivitäten, die in die Umgebung abgeleitet werden.

Tabelle 46 Löserfall in der größten Kaverne: betroffene Gesamtaktivität und in die Umgebung abgeleitete Aktivität

Nuklid	Aktivitätsinventar der vom	In die Umgebung abgeleitete Aktivität
	Löserfall betroffenen Abfälle in Bq	(Quellterm) in Bq
H 3	1,8E+09	9,7E+06
C 14	2,4E+09	1,3E+09
Co 60	5,2E+09	1,4E+03
Ni 59	2,9E+08	7,9E+01
Ni 63	6,8E+10	1,9E+04
Sr 90	7,8E+11	2,1E+05
Zr 93	4,7E+07	1,3E+01
Nb 94	7,0E+07	1,9E+01
Tc 99	3,8E+08	1,0E+02
Cd 113m	1,5E+08	4,0E+01
Sb 125	3,7E+07	1,0E+01
Cs 137	1,2E+12	3,4E+05
Sm 151	1,1E+10	3,0E+03
Eu 152	3,7E+07	1,0E+01
Eu 154	1,5E+10	4,1E+03
Pb 210	2,3E+06	6,4E-01
Ra 226	1,0E+08	2,8E+01
U 234	5,7E+07	1,6E+01
Pu 238	2,4E+11	6,5E+04
Pu 239	5,8E+10	1,6E+04
Pu 240	7,9E+10	2,2E+04
Pu 241	3,7E+12	1,0E+06
Pu 242	2,4E+08	6,7E+01
Am 241	4,5E+11	1,2E+05
Am 242m	8,8E+07	2,4E+01
Am 243	2,9E+08	8,0E+01
Cm 243	1,2E+08	3,3E+01
Cm 244	5,5E+09	1,5E+03

Eine Analyse der MAW-Kaverne unter Berücksichtigung der Abmessungen und der Aktivitätsinventare zeigt, dass ein Löserfall in dieser Kaverne zu geringeren Ableitungen in die Umgebung führt als den für die LAW ermittelten. Der in Tabelle 46 dargestellte Quellterm ist somit abdeckend für einen Löserfall in allen Kavernen.

### 7.3.3.2 Absturz von Gebinden in Kavernen

Bei Umlagerung der Gebinde in Kavernen werden die Gebinde (Spezialcontainer oder VBA) einzeln fernbedient in die Kaverne abgelassen und abgestellt. Es ist nicht aus-

zuschließen, dass ein Gebinde sich während des Herablassens löst und in die Kaverne fällt. Im ungünstigsten Fall löst sich das Gebinde am oberen Ende des Kavernenhalses. Die Fallstrecken und die sich bei einem freien Fall ergebenden Aufprallgeschwindigkeiten sind in der Tabelle 47 angegeben.

Tabelle 47 Höhe der Kavernen einschließlich Kavernenhals und Fallgeschwindigkeiten

Kaverne für	Höhe der Kaverne einschließlich Kavernenhals	Fallgeschwindigkeit
	in m	in km/h
MAW	70	133
LAW	80	143
LAW	85	147
LAW	110	167
LAW	120	175
LAW	170	208

Ogleich das Gebinde im Kavernenhals an den Wänden anschlagen und damit Energie verlieren kann, ist mit einer Aufprallgeschwindigkeit zu rechnen, die außerhalb der in der Transportstudie Konrad (LANGE; GRÜNDLER; SCHWARZ, 1991, /55/) untersuchten Geschwindigkeitsbereiche liegt. Zur Bestimmung der Freisetzunganteile stehen uns keine Literaturangaben zur Verfügung. Bei der maximalen Aufprallgeschwindigkeit von 110 km/h wird in der Transportstudie Konrad für zementfixierte Abfälle in Betonbehältern ein Freisetzunganteil von rund 0,3 % angegeben. Der maximale Freisetzunganteil, der in der Transportstudie Konrad ermittelt wurde, beträgt 10 %. Freisetzunganteile von 10 % werden jedoch nur bei gleichzeitiger thermischer Einwirkung (Brand) erreicht. Um die Auswirkungen eines Gebindesturzes darstellen zu können, haben wir konservative Annahmen für die Freisetzung getroffen. Es wird unterstellt, dass bei der größten Fallhöhe durch den Absturz des Gebindes dessen gesamte Aktivität freigesetzt wird. Aus geometrischen Gründen können maximal vier weitere Gebinde von unmittelbar abstürzenden Gebinden getroffen werden. Für diese vier Gebinde wird ebenfalls eine Freisetzung des gesamten Aktivitätsinventars angenommen. Die Freisetzung verteilt sich je zur Hälfte auf die Partikelgrößen von 10 - 70 µm und von 0 - 10 µm AED.

Es ist auch vorstellbar, dass mehr als vier weitere Gebinde durch den Absturz beschädigt werden. Der Umfang der Beschädigung eines einzelnen Gebindes wäre dann wahrscheinlich geringer, da die Energie auf mehr Gebinde verteilt wird. Eine Verdoppelung der freigesetzten Aktivität wirkt sich linear auf die Dosis aus und bewirkt eine Verdoppelung der Strahlenexposition der Bevölkerung.

Das vorstehende Szenario mit Freisetzung der Gesamtaktivität von fünf Gebinden wurde für die Dosisberechnung gewählt.

Für die Bestimmung des Aktivitätsinventars der LAW werden Gebinde der Chargennummer 2780 aus der Kammer 7/750 herangezogen, die hinsichtlich der Dosiswirkung abdeckend sind (vgl. auch DMT & TÜV NORD (2009, /51/)). Die Daten wurden der Datenbank ASSEKAT (ASSEKAT, 2009, /53/) entnommen. Die nuklidspezifischen Aktivitätsinventare wurden auf den 01.01.2010 als Bezugsdatum umgerechnet. Die Rückhaltung radioaktiver Partikel im Filter wird analog dem Abschnitt 7.3.3.1 „Löserfall“ berücksichtigt.

In der Tabelle 48 sind die gesamte Aktivitätsmenge, die durch den Gebindeabsturz in der 120 m hohen Kaverne betroffen ist, angegeben sowie die daraus ermittelten Ableitungen in die Umgebung angegeben.

Tabelle 48 Gebindeabsturz in der höchsten Kaverne: betroffene Gesamtaktivität (LAW) und in die Umgebung abgeleitete Aktivität.

Nuklid	Aktivitätsinventar der betroffenen Abfälle	In die Umgebung abgeleitete Aktivität
	in Bq	in Bq
H 3	6,8E+08	3,5E+08
C 14	5,0E+05	2,9E+05
Co 60	7,3E+08	1,9E+04
Ni 59	6,1E+07	1,5E+03
Ni 63	6,8E+09	1,7E+05
Sr 90	3,0E+11	7,6E+06
Zr 93	2,0E+07	5,0E+02
Nb 94	3,7E+06	9,4E+01
Tc 99	1,4E+08	3,6E+03
Cd 113m	5,2E+07	1,3E+03
Sb 125	1,6E+07	4,1E+02
Cs 135	5,4E+06	1,4E+02
Cs 137	4,6E+11	1,2E+07
Sm 151	6,8E+09	1,7E+05
Eu 152	2,0E+07	5,2E+02
Eu 154	6,0E+09	1,5E+05
U 234	6,1E+06	1,5E+02
U 236	1,5E+06	3,8E+01
U 238	2,0E+06	5,1E+01
Np 237	2,6E+06	6,7E+01
Pu 238	1,4E+11	3,6E+06
Pu 239	3,6E+10	9,3E+05
Pu 240	4,9E+10	1,3E+06
Pu 241	2,2E+12	5,7E+07
Pu 242	1,5E+08	3,7E+03
Am 241	2,9E+10	7,4E+05
Am 242m	3,2E+07	8,2E+02
Am 243	1,2E+08	2,9E+03
Cm 243	4,8E+07	1,2E+03
Cm 244	2,2E+09	5,6E+04

Eine Analyse der MAW-Gebinde zeigt folgendes. Wird das MAW-Gebinde mit dem höchsten Alpha-Aktivitätsinventar und das MAW-Gebinde mit dem höchsten Beta/Gamma-Aktivitätsinventar bei gleichen Randbedingungen wie zuvor beschrieben herangezogen, so führt dies zu geringeren Ableitungen in die Umgebung als den für die LAW ermittelten. Der in Tabelle 48 dargestellte Quellterm ist somit abdeckend für einen Gebindeabsturz in allen Kavernen.

### 7.3.3.3 Absturz von Gebinden auf Strecken und in Einlagerungskammern

Der Absturz von Einzelgebinden bei der Handhabung und beim Transport ist auf geringere Fallhöhen und Aufprallgeschwindigkeiten beschränkt als der Absturz von Gebinden in den Kavernen. Die Transportgeschwindigkeiten im Gewinnungs- und Einlagerungsbereich sind auf 7 km/h begrenzt. Die Kammerhöhe beträgt rund 5 m. Die maximale Fallhöhe eines Gebindes beim Einlagern in Kammern beträgt damit weniger als 5 m. In allen anderen Fällen von möglichen Gebindeabstürzen auf Strecken und an Übergabestellen ist die Fallhöhe geringer. Die mechanischen Belastungen liegen damit im Bereich der Belastungsklasse 1 der Transportstudie Konrad (LANGE; GRÜNDLER; SCHWARZ, 1991, /55/). Für die BK1 betragen die höchsten Freisetzunganteile für das Partikelspektrum mit einem aerodynamisch äquivalentem Durchmesser (AED) von  $>10 \mu\text{m}$  bis  $70 \mu\text{m}$   $1,8\text{E}-04$  und für das Partikelspektrum mit einem AED von  $<10 \mu\text{m}$   $8,9\text{E}-05$ . Unterstellt man, dass durch einen Handhabungsfehler bei der Einlagerung 5 Gebinde beschädigt würden, so entspricht das Aktivitätsinventar dem in der Spalte 2 in Tabelle 48. Die Freisetzungen sind jedoch mehr als 3 Größenordnungen niedriger.

### 7.3.4 Ausbreitungs- und Dosisberechnungen

Die Ausbreitungs- und Dosisberechnungen erfolgen nach dem Modell der Störfallberechnungsgrundlagen (SSK, 2003, /63/).

Um die Ausbreitung der Aktivitätsabgaben in der Umgebung der Schachtanlage Asse II berechnen zu können, ist es erforderlich, die Lage der Quelle im Verhältnis zu den umgebenden Gebäuden sowie deren Einbettung in die Landschaft zu modellieren.

Die Oberkante des Diffusors, über den die Abwetter abgegeben werden, liegt 11 m über Grund. Für den Gebäudeeinfluss muss die Schachthalle direkt neben dem Diffusor berücksichtigt werden. Die Abmessungen der Schachthalle werden mit 9 m Höhe,

75 m Länge und 20 m Breite angesetzt. Die Abmessungen wurden aus dem Risswerk (Asse GmbH, 2009, /4/) und einer Zeichnung von GSF (2009, /61/) ermittelt.

Der Einfluss des Landschaftsprofils wurde berücksichtigt, indem ein Höhenprofil ermittelt wurde. Ausgangspunkt der Quelle (0 m) ist der Diffusor. Die Richtung des Profilschnittes geht nach Nord-Nord-West über den höchsten Punkt der am nächsten zum Diffusor liegt. In dieser Richtung beträgt der Abstand des Diffusors zum Zaun ca. 100 m. Die ungünstigste Einwirkungsstelle liegt damit 100 m nord-nord-westlich des Diffusors. Die nächste Wohnbebauung liegt in südlicher Richtung unterhalb der Schachtanlage Asse II in ca. 1,35 km Entfernung.

In Abbildung 19 ist das Landschaftsprofil in Richtung Nord-Nord-West dargestellt.

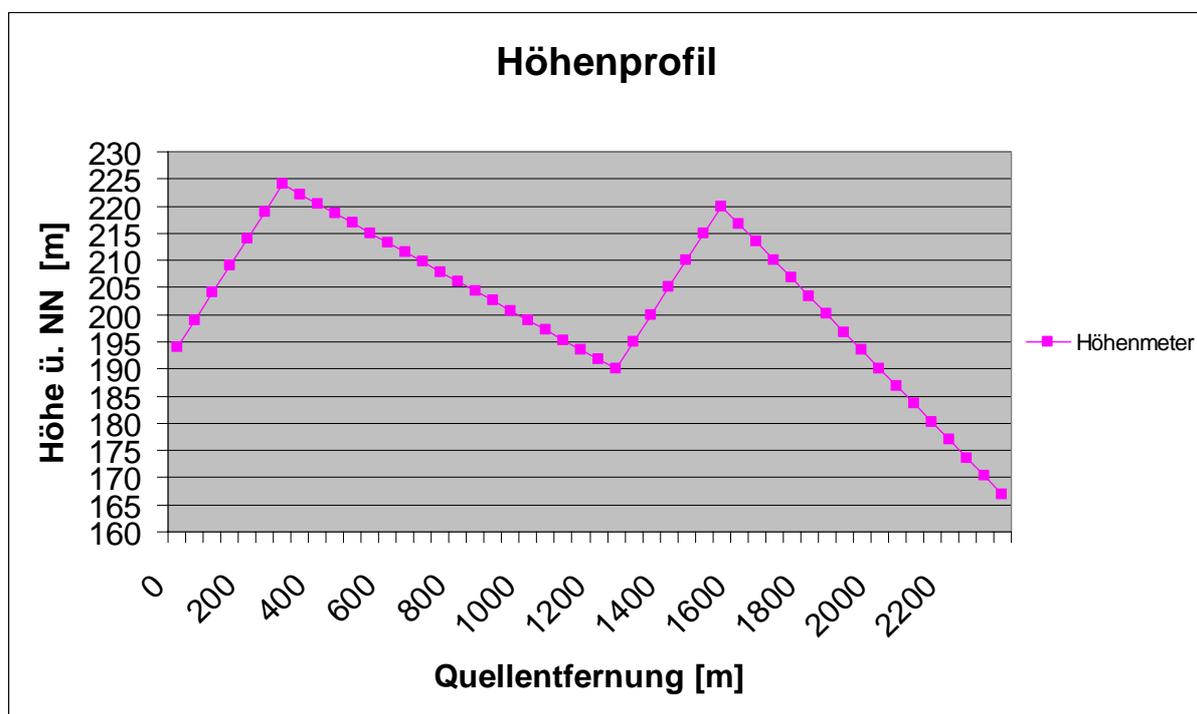


Abbildung 19 Landschaftsprofil vom Diffusor der Schachtanlage Asse II Richtung Nord-Nord-West

Für die Ausbreitungs- und Dosisberechnungen wurde das Programm STRESS (STRESS, 2007, /62/) eingesetzt. Dieses Programm verwendet die Vorgaben der Neufassung des Kapitels 4 der Störfallberechnungsgrundlagen (SKK, 2003, /63/), die Parameter der StrISchV 2001 (STRLSCHV, 2001, /52/) und die derzeit gültigen Dosisfaktoren (BMU, 2001, /64/).

Die Ableitungen der durch Störfälle unter Tage freigesetzten radioaktiven Stoffe erfolgen über den Diffusor. Die Freisetzungsdauer wird für die Berechnung mit 8 Stunden angesetzt (vgl. Störfallberechnungsgrundlagen (SKK, 2003, /63/)). Der ungünstigste Aufpunkt befindet sich in 100 m Abstand zum Diffusor.

Die Ergebnisse der Dosisberechnungen sind für den Störfall „Löserfall in Kavernen“ und für den Störfall „Gebindeabsturz in Kavernen“ in Tabelle 49 dargestellt.

Tabelle 49 Ergebnisse der Dosisberechnung

Störfall	Löserfall in Kavernen	Gebindeabsturz in Kavernen
Effektive Dosis in mSv	0,2	0,4
Grenzwert des § 49 StrlSchV in mSv	50	50
Prozentualer Anteil am Grenzwert des § 49 StrlSchV	< 0,1	0,8
kritisches Organ	rotes Knochenmark	Knochenoberfläche
Organdosis in mSv	0,2	14
Grenzwert des § 49 StrlSchV in mSv	50	300
Prozentualer Anteil am Grenzwert des § 49 StrlSchV	< 0,1	5

Die höchste Dosis ergibt sich beim Störfall „Löserfall in Kavernen“ für eine Referenzperson der Altersgruppe >1 bis =2 Jahre und für den Störfall „Gebindeabsturz in Kavernen“ für eine Referenzperson der Altersgruppe >17 Jahre. Aufgeführt sind die effektive Dosis und die Dosis der Organe mit den im Verhältnis zu den Grenzwerten des § 49 StrlSchV höchsten Dosiswerten (kritisches Organ).

Die Werte für die effektive Dosis betragen für beide Störfälle weniger als 1 mSv. Die Ausschöpfungsgrade der Werte für die effektive Dosis an dem Grenzwert des § 49 StrlSchV beträgt <0,1 bis 0,8 %. Die Ausschöpfungsgrade der Grenzwerte des § 49 StrlSchV für das kritische Organ betragen für den Störfall „Löserfall in Kavernen“ <0,1 % (rotes Knochenmark) und für den Störfall „Gebindeabsturz in Kavernen“ 5 % (Knochenoberfläche).

Beim Störfall „Absturz von Gebinden auf Strecken und in den Einlagerungskammern“ sind wesentlich geringere Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung zu erwarten (vgl. Kapitel 7.3.3.3). Entsprechend sind die Dosiswerte bei diesem Störfall um drei Größenordnungen geringer als die in Tabelle 49 angegebenen Dosiswerte.

Damit werden die Störfallplanungswerte des § 49 StrlSchV für die Umlagerung der LAW und MAW eingehalten.

Diese Untersuchungen zu den Auswirkungen radiologischer Störfälle gelten für alle Varianten der Gebindegewinnung, da die für die Störfallauswirkungen relevanten Gebinde aus der Kammer 7/750 stammen, die in allen Varianten geräumt wird. Es ist

jedoch zwischen der Einlagerung in Kammern und in Kavernen zu unterscheiden. Die Störfälle bei der Einlagerung in Kavernen können zu höheren Strahlenexpositionen der Bevölkerung führen als die Störfälle bei der Einlagerung in Kammern, bleiben dabei auf einem Wert weit unterhalb der Störfallplanwerte.

## **8 Ableitung und Zusammenfassung relevanter Randbedingungen als Grundlage für die Variantenuntersuchungen**

Für die im Kapitel 9 diskutierte Variantenuntersuchung sind aus der Aufgabenstellung des BfS sowie aus der Analyse der beschriebenen geologischen und bergtechnischen Situation im Bereich der Schachtanlage Asse II Randbedingungen und Vorgaben abzuleiten, die bei der Untersuchung der Varianten zu beachten und einzuhalten sind.

Die Leistungsbeschreibung des BfS von 16.03.2009 definiert die Aufgabenstellung für den Auftrag. Im Rahmen der anzufertigenden Studie sind vorgeschlagene Optionen zur Umlagerung der radioaktiven Abfälle innerhalb der Schachtanlage Asse II auf ihre bergtechnische Machbarkeit unter Einhaltung der gegebenen Randbedingungen zu prüfen und zu bewerten. Die Prüfung und Bewertung soll sich insbesondere auf die Machbarkeit der Auffahrung, der wettertechnischen Anbindung (unter Berücksichtigung des Strahlenschutzes) sowie des langzeitsicheren Abschlusses der Umlagerungsgrubenbaue beziehen. Diese Leistungen wurden durch ERCOSPLAN erbracht. Eine Bewertung der Machbarkeit der Rückholung der radioaktiven Abfälle ist nicht Teil der Aufgabenstellung.

Untersuchungen zur Handhabung der radioaktiven Abfälle, zu geeigneten Transportsystemen und -möglichkeiten sowie zu in die Umlagerung einzubeziehenden LAW-Mengen wurden durch TÜV NORD SYSTEC GMBH & CO. KG durchgeführt.

Die standortspezifischen Verhältnisse in der Schachtanlage Asse II umfassen einerseits die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen und andererseits die bergtechnischen Verhältnisse in der Schachtanlage Asse II selbst sowie in den benachbarten Schachtanlagen Asse I und Asse III.

Die Sattelstruktur der Asse weist über dem Salinar eine an den Sattelflanken steilgestellte Schichtabfolge von Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper auf, die durch den Aufstieg der Salinarschichten intensiv tektonisch beansprucht wurde. Das Deckgebirge ist als wasserführend anzusehen. Weiterhin sind das Leinsteinsalz, die Grenzfläche zwischen Kalisalzflöz Staßfurt und dem hangenden Staßfurtsteinsalz, der Graue Salzton und Hauptanhydrit sowie der Bereich der Südflanke bis in die Steinsalzschichten potentiell wasserführend. Ein ausreichender Sicherheitsabstand zu diesen Schichten ist generell, insbesondere aber im durch den Bergbau stark beanspruchten Bereich der Südflanke, einzuhalten.

Die Umlagerungshohlräume sind in einem Mindestabstand zu vorhandenen Grubenbauen aufzufahren, der den langzeitsicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle nicht durch das Entstehen von Wegsamkeiten zwischen den Grubenbauen und den Umla-

gerungshohlräumen verhindert. Um die gefluteten Schachtanlagen Asse I und Asse III sind durch die Bergbehörde Sicherheitspfeiler festgelegt worden. Im Fall der Schachtanlage Asse I ist der Pfeiler mit 450 m ausreichend dimensioniert. Die Schachtanlage Asse III liegt ca. 2.800 m vom Grubengebäude Asse II entfernt, so dass in dieser Hinsicht keine Einschränkung für die Umlagerung vorhanden ist.

Die Einlagerungskammern liegen in zwei Bereichen des Grubengebäudes. Die MAW wurden in einer Kammer auf der 511-m-Sohle eingelagert. Die LAW wurden in einer Kammer auf der 725-m-Sohle sowie in elf Kammern auf der 750-m-Sohle eingelagert. Diese Kammern wurden in der Mehrzahl der Fälle mit Salzhautwerk versetzt. Der Großteil der Kammerzugänge wurde mit Mauern verschlossen bzw. ebenfalls mit Salzhautwerk versetzt. Als ursprüngliche Abbaukammern sind die Einlagerungskammern alle in das Grubengebäude integriert und an das Streckennetz angeschlossen.

In der Schachtanlage Asse II wurden 1.293 Fässern mit MAW und 124.494 Fässer mit LAW eingelagert. Die Gebindegröße reicht vom 100l-Fass bis zum 400l-Fass sowie zu Sonderverpackungen und Fässern mit verlorenen Betonabschirmungen. Der überwiegende Teil der Gebinde sind 200l-Fässer. Im Fall der abgekippten und mit Salzhautwerk überkippten Gebinde ist davon auszugehen, dass diese Beschädigungen oder teilweise Zerstörungen aufweisen können. Aber auch bei den gestapelten LAW-Gebinden sowie den mittels Kranwinde eingelagerten MAW-Gebinden können Leckagen nicht ausgeschlossen werden. Neben dem Volumen der Gebinde von 330 m<sup>3</sup> für die MAW sind je nach Variante bis zu 46.600 m<sup>3</sup> für die LAW sowie im Zuge der Gewinnung anfallendes Salzhautwerk (LAW) als Kammerversatz aufzunehmen und umzulagern.

Aus dem Volumen der Gebinde und des Salzhautwerkes ergibt sich unter Berücksichtigung der Auflockerung im Zuge der Rückholung aus den Einlagerungskammern der Gesamtvolumen-Bedarf an Umlagerungshohlräumen. Dieser ist in der folgenden Tabelle 50 für die Varianten I bis III getrennt nach LAW und MAW aufgelistet.

Tabelle 50 Gesamtvolumen-Bedarf für die Einlagerung der LAW und MAW sowie des anfallenden Salzhautwerkes für die Varianten I bis III

	<b>Umlagerungsvolumen MAW</b> in m <sup>3</sup>	<b>Umlagerungsvolumen LAW</b> in m <sup>3</sup>
Variante I	600	19.300
Variante II	600	37.000
Variante III	600	80.200

Die Auffahrung der Zugänge in den Umlagerungsbereich muss so gestaltet sein, dass entsprechend den Vorschriften der ABergV im Havariefall ein Fluchtweg für das Personal vorhanden ist. Weiterhin müssen diese Zugänge einen Querschnitt aufweisen, der die Zu- und Abführung einer ausreichenden Wettermenge sowohl während der

Auffahrungsphase als auch während der Umlagerungsphase gewährleistet. Die Ableitung der Abwetter hat so zu erfolgen, dass die radioaktive Belastung der Grubenbaue entlang des Abwetterweges minimiert bzw. vermieden wird.

Die Auffahrung der Umlagerungshohlräume ist so zu konzipieren, dass die Umlagerung in einer Weise durchgeführt werden kann, die den langzeitsicheren Abschluss der bereits umgelagerten Abfälle bereits während des laufenden Betriebes gewährleistet. Die Grubenbaue des neuen Einlagerungsniveaus im Bereich der aufzufahren- den 1.200-m-Sohle sind so zu konzipieren, dass ein langzeitsicherer Verschluss des gesamten Umlagerungsniveaus nach Abschluss der Umlagerung erfolgen kann.

Zusammengefasst sind für die Varianten I bis III die in Kapitel 6.1 definierten Randbedingungen einzuhalten. Weiterhin sind folgende Randbedingungen bei der Untersuchung der Sub-Varianten (siehe Kapitel 9.1) zu berücksichtigen:

- Gemäß Aufgabenstellung ist die Machbarkeit der Auffahrung, der wettertechnischen Anbindung sowie des langzeitsicheren Abschlusses der Umlagerungsgrubenbaue zu prüfen und zu bewerten.
- Eine hinreichend mächtige, homogene und ungestörte Schicht für die Lokation von Umlagerungshohlräumen ist mit dem Staßfurtsteinsalz nur im Satteln Kern entweder nordwestlich der Schächte Asse 2 und Asse 4 im Niveau zwischen etwa 725-m-Sohle und 975-m-Sohle oder im Liegenden unterhalb der bestehenden Sohlen zu finden.
- Der Mindestabstand zu vorhandenen Grubenbauen sollte 200 m nach allen Richtungen nicht unterschreiten. Der Sicherheitsabstand um das Grubengebäude der Schachtanlage Asse I ist unbedingt einzuhalten.
- Die MAW-Einlagerungskammer befindet sich auf der 511-m-Sohle, die LAW-Einlagerungskammern liegen auf der 750-m-Sohle sowie der 725-m-Sohle. Die Kammern sind an das Streckennetz der jeweiligen Sohle angeschlossen. Die Kammerzugänge sowie die LAW-Einlagerungskammern selbst sind größtenteils versetzt.
- Es sind 1.293 MAW-Gebinde mit einem Volumen von 330 m<sup>3</sup> sowie je nach Variante bis zu 124.494 LAW-Gebinde mit einem Volumen von 46.600 m<sup>3</sup> umzulagern. Dabei sind 8 LAW-Gebinde gemeinsam mit dem MAW-Gebinden eingelagert worden, so dass diese wie MAW behandelt werden müssen. Damit sind aus der MAW-Einlagerungskammer auf der 511-m-Sohle insgesamt 1.301 Gebinde zu gewinnen und umzulagern. Die LAW-Gebinde sind im Volumen von 330 m<sup>3</sup> berücksichtigt. Die Gebindegrößen variieren zwischen 100l- und 400l-Fässern sowie Sonderverpackungen und Fässern mit Betonabschirmungen. Der Zustand der Gebinde ist größtenteils unbekannt, es ist jedoch mit Leckagen zu rechnen. Insbesondere bei den in Abkipptechnik ein-

gelagerten Gebinden sind Beschädigungen oder teilweise Zerstörungen möglich.

- Für die Umlagerung der Gebinde und des Salzhaufwerkes sind 600 m<sup>3</sup> Hohlraumvolumen für die MAW und zwischen 19.300 m<sup>3</sup> und 80.200 m<sup>3</sup> (je nach Umlagerungsvariante) Hohlraumvolumen für die LAW vorzusehen.
- Die Zugänge zum Umlagerungsbereich müssen den Vorschriften der ABergV zu Fluchtwegen entsprechen, auf einen Gesamtwetterstrom von mindestens 3.600 m<sup>3</sup>/min ausgelegt sein und eine sichere Ableitung der durch die Umlagerung radioaktiv belasteten Abwetter gewährleisten.
- Die Grubenbaue und Umlagerungshohlräume sind so zu konzipieren, dass
  - jeder einzelne Umlagerungshohlraum unmittelbar nach Beendigung der Umlagerung in diesenund
  - das Umlagerungsniveau nach Beendigung der gesamten Umlagerung als Ganzeslangzeitsicher verschlossen werden kann.

## 9 Variantenuntersuchung zur Umlagerung aller oder Teile der radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II

In den folgenden Kapiteln werden die konzipierten Varianten der Umlagerung sowie die Sub-Varianten der Auffahrung von Umlagerungshohlräumen vorgestellt und die Kriterien zur Beurteilung der Varianten genannt. Weiterhin werden die Sub-Varianten hinsichtlich ihrer technischen Durchführbarkeit und Durchführung beschrieben sowie eine gegenüberstellende Kostenschätzung zu allen Varianten vorgestellt.

### 9.1 Beschreibung der zu untersuchenden Varianten

Im Rahmen der Umlagerung ist auch die Notwendigkeit von Konditionierungsmaßnahmen zu betrachten. Im Folgenden werden für jede Variante sowie für die Umlagerung der MAW-Abfälle die erforderlichen Konditionierungsmaßnahmen genannt.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden folgende Varianten untersucht:

- Variante I (Umlagerung der VBA aus den Kammern 6/750, 7/750 und 11/750):

Es werden nur VBA transportiert. Zur Vermeidung von Kontaminationen an den Transportfahrzeugen wird eine Umverpackung (Einwickeln in Folie) empfohlen. Eine Druckentlastung des Gebindes durch Anbohren, wie im Konzept zur Rückholung empfohlen, ist nicht erforderlich, da die Bedingung „drucklose Anlieferung“ aus den Konrad-Endlagerungsbedingungen resultiert und nicht aus den Asse-Annahmebedingungen. Eine weitere Konditionierung wird nicht als erforderlich angesehen.

Rückholung der VBA aus den Kammern 6/750, 7/750 und 11/750 (750-m-Sohle): 70 % des radiologisch relevanten Inventars (LAW) (12.668 VBA), nicht handhabbare Gebinde bleiben liegen,

Gesamtes Rückholvolumen: 14.820 m<sup>3</sup>.

- Variante II (Umlagerung der VBA aus den Kammern 6/750, 7/750 und 11/750 sowie alle Gebinde aus den Kammern 1/750, 2/750, 5/750 und 12/750):

Bzgl. der VBA wird die Vorgehensweise unter Variante I auch hier angewendet. Dem gegenüber ist eine Teilkonditionierung von Fässern empfehlenswert, da die Integrität der Fässer nicht generell gegeben ist und ein Versagen von Fässern bei der Handhabung zu unterstellen wäre. In einem solchen Fall wären dann der Transportweg und die Einlagerungskammern/-kavernen aufgrund der möglichen Inkorporationsdosis als Sperrbereich einzurichten bzw. müsste der Transport fernbedient durchgeführt werden. Eine solche Lösung wäre erheblich aufwändiger als eine entsprechende Vorkonditionierung der Gebinde. Darüber hinaus ist ohnehin eine Vorkonditionierung des Schüttgutes aus den Kammern 1/750, 2/750, 5/750 und 12/750 notwendig. Insofern wird eine Umverpackung der Fässer und des Schüttgutes in Spezial-Container empfohlen. Auf eine Hochdruckverpressung kann verzichtet werden. Sie kann aber sinnvoll werden, wenn durch eine Hochdruckverpressung die Fässer in ihrem Volumen deutlich reduziert werden können und hierdurch die Anzahl der Transporte deutlich verringert werden kann.

Rückholung der VBA aus den Kammern 6/750, 7/750 und 11/750 (750-m-Sohle) sowie aller Gebinde aus den Kammern 1/750, 2/750, 5/750 und 12/750: alle Gebinde aus den genannten Kammern, d.h. 92 % des radiologisch relevanten Inventars (LAW) (14.736 VBA, 33.340 Fässer, Schüttgut) und Salzgrus (Versatz) bzw. Schüttgut werden gewonnen.

Gesamtes Rückholvolumen: 28.450 m<sup>3</sup>.

- Variante III (Umlagerung aller Gebinde):

Die Anforderungen der Variante II zur Konditionierung der Abfälle sind auch auf die Variante III anwendbar.

Rückholung aller Gebinde aus den Kammern: 14.932 VBA, 109.707 Fässer bzw. Schüttgut.

Rückholung von 15.000 m<sup>3</sup> Salzgrus/Schüttgut.

Gesamtes Rückholvolumen: 61.640 m<sup>3</sup>.

- Umlagerung MAW-Abfälle:

Die MAW-Abfälle werden in allen vorgenannten Varianten I bis III über ein gesondertes Transportsystem ohne weitere Umverpackung in die hierfür vorgesehene Endlagerkaverne verbracht. Der Transport erfolgt fernbedient. Transportbereiche und Kaverne werden als Sperrbereich eingerichtet.

Die Ausrüstungen und das Zubehör zur Rückholung der LAW-Abfälle werden nach Abschluss der Arbeiten, soweit notwendig, dekontaminiert, den Abmessungen und

der Traglast der Beförderungseinrichtung zur Umlagerung entsprechend demontiert bzw. zerlegt und ebenfalls in den Umlagerungshorizont eingelagert.

Mit folgenden sekundären Reststoffen wird gerechnet:

- technische Einrichtungen zum Abbau und zur Konditionierung der Abfälle,
- Filter aus Lüftungsanlagen und Hydraulikanlagen,
- Strahlenschutzverbrauchsmittel,
- Betriebs- und Verbrauchsmittel (z. B. Öle, Schmierstoffe, Schneidwerkzeuge, Reinigungsmittel, Arbeitsschutzmittel),
- Kleinteile, die in Paletten und Boxen transportiert werden.

Der überwiegende Teil der Sekundärreststoffe besteht aus C-Stahl und austenitischen Stählen.

Bezüglich der möglichen Auffahrung wurden folgende Sub-Varianten untersucht (vgl. auch Tabelle 51):

- Sub-Variante 1:  
Umlagerung der MAW im Bereich der 511-m-Sohle und der LAW im Bereich der 750-m-Sohle,
- Sub-Variante 2:  
Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie Abteufen der Kaverne für die Umlagerung der MAW unterhalb des westlich gelegenen Blindschachtes und Solen der Kaverne für die Umlagerung der LAW unterhalb des östlich gelegenen Blindschachtes,
- Sub-Variante 3:  
Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie Abteufen der Kaverne für die Umlagerung der MAW unterhalb des westlich gelegenen Blindschachtes und Solen von mehreren Kavernen für die Umlagerung der LAW,
- Sub-Variante 4:  
Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie Ab-

teufen der Kaverne für die Umlagerung der MAW unterhalb des westlich gelegenen Blindschachtes und bergmännische Auffahrung von Einlagerungskammern für die Umlagerung der LAW,

- Sub-Variante 5:

Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes für die Umlagerung der MAW und Solen von mehreren Kavernen für die Umlagerung der LAW,

- Sub-Variante 6:

Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes für die Umlagerung der MAW und die bergmännische Auffahrung von Einlagerungskammern für die Umlagerung der LAW.

Aus Tabelle 51 sind die zu untersuchenden Varianten einschließlich der Sub-Varianten ersichtlich.

Tabelle 51 Matrix der untersuchten Umlagerungsvarianten

	<b>Sub-Variante 1</b> <b>Einlagerungs-</b> <b>kammern</b> <b>innerhalb der</b> <b>bisherigen</b> <b>Einlagerungs-</b> <b>niveaus</b>	<b>Sub-Variante 2</b> <b>2 Blindschächte</b> <b>und Auffahrung</b> <b>von zwei Einla-</b> <b>gerungs-</b> <b>kavernen</b>	<b>Sub-Variante 3</b> <b>2 Blindschächte</b> <b>und Auffahrung</b> <b>von mehreren</b> <b>Einlagerungs-</b> <b>kavernen</b>	<b>Sub-Variante 4</b> <b>2 Blindschächte</b> <b>und Auffahrung</b> <b>von mehreren</b> <b>Einlagerungs-</b> <b>kammern</b>	<b>Sub-Variante 5</b> <b>Blindschacht/</b> <b>Schrägstrecke</b> <b>und Auffahrung</b> <b>von mehreren</b> <b>Einlagerungs-</b> <b>kavernen</b>	<b>Sub-Variante 6</b> <b>Blindschacht/</b> <b>Schrägstrecke</b> <b>und Auffahrung</b> <b>von mehreren</b> <b>Einlagerungs-</b> <b>kammern</b>
<b>Variante I</b> Rückholung VBA aus K6/750, K7/750, K11/750 Umlagerung von ca. 14.820 m <sup>3</sup> radioaktiver Abfälle	V I.1	V I.2	V I.3	V I.4	V I.5	V I.6
<b>Variante II</b> Rückholung VBA aus K6/750, K7/750, K11/750 und aller Gebinde aus K1/750, K2/750, K5/750, K12/750 Umlagerung von ca. 28.450 m <sup>3</sup> radioaktiver Abfälle	V II.1	V II.2	V II.3	V II.4	V II.5	V II.6
<b>Variante III</b> Rückholung aller Gebinde aus allen Kammern Umlagerung von ca. 61.640 m <sup>3</sup> radioaktiver Abfälle	V III.1	V III.2	V III.3	V III.4	V III.5	V III.6

## 9.2 Kriterien zur Beurteilung der zu untersuchenden Varianten

Für die Beurteilung der einzelnen Varianten wurden folgende Kriterien zugrunde gelegt:

- 1) Einhaltung der im Kapitel 8 beschriebenen relevanten Randbedingungen,
- 2) Prüfung der technischen Machbarkeit der einzelnen Varianten,
- 3) Prüfung der relevanten atomrechtlichen und bergrechtlichen Anforderungen,
- 4) Abschätzung des notwendigen Zeitbedarfs

und

- 5) Abschätzung der Kosten.

Dabei wurden die einzelnen Konzepte auf ihre Umsetzbarkeit hinsichtlich der Kriterien 1) - 3) untersucht. Die Kriterien 4) und 5) dienen dem weiteren Vergleich der umsetzbaren Varianten, ohne als Ausschlusskriterium zu fungieren. Die Beurteilung geschieht wertfrei in vergleichender Weise ohne Empfehlung einer Vorzugsvariante.

## 9.3 Abschätzung der Kosten für die untersuchten Varianten

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für eine Abschätzung der Kosten für die in Tabelle 51 definierten Varianten vorgestellt und die Umsetzung in der Kostenschätzung beschrieben. Die Ergebnisse der Kostenschätzung werden in Kapitel 9.4 im Rahmen der Darstellung der Untersuchungsergebnisse präsentiert.

### 9.3.1 Grundlagen zur Kostenschätzung

Die Grundlage der vorliegenden Kostenschätzungen bilden die einzelnen Betrachtungen zu den notwendigen Arbeiten und die daraus resultierenden Mengenrechnungen, die sich aus den Sub-Varianten 2 bis 6 für das Bergwerk Asse II ergeben.

Die Kostenschätzung umfasst

- die Planung, Bauüberwachung und Projektsteuerung,
- die Ertüchtigung des Schachtes Asse 2 (Umrüstung auf Skipförderung mit Materialförderung und Seilfahrt),

- das Abteufen/die Auffahrung und den Ausbau der Blindschächte bzw. der Schrägstrecke,
- die Errichtung der untertägigen Schachtförderanlagen (Fördergerüst, Fördermaschinengebäude, Fördermaschine etc.),
- die Auffahrung der Verbindungsstrecken zwischen den Blindschächten bzw. zwischen Blindschacht und Schrägstrecke,
- den gesamten untertägigen Einlagerungshorizont, d.h. die Auffahrung der Vorrichtungsstrecken zu den einzelnen Einlagerungshohlräumen sowie die Auffahrung der Einlagerungskammern bzw. der Einlagerungskavernen

und

- die untertägige Infrastruktur für den Einlagerungsbereich.

Nicht enthalten sind die Kosten für

- die Entsorgung bzw. Zwischenstapelung des Schutzfluids aus den tiefen Sohlen des Bergwerkes Asse II bei den Sub-Varianten 5 und 6,
- externe Berater,
- Gebühren für Genehmigungen u. a.

und

- Versicherungen.

Die Kostenschätzung wird jeweils für die Sub-Varianten 2 bis 6 der Varianten I bis III dieser Studie erstellt. Die Kostenschätzung erfolgte innerhalb der folgenden Betrachtungsgrenzen bzw. folgenden Schnittstellen zu den Tagesanlagen Asse II:

- Bandübergabe am Ausgang des Schachtes Asse 2,
- Ertüchtigung Schacht Asse 2:
  - Einbau eines Skipgefäßes mit einem Fassungsvermögen von 10 t und einer Fördergeschwindigkeit von 10 m/s, wodurch die notwendige Erhöhung der Förderleistung erreicht wird,
  - kein Umbau der Einstriche und der Spurlatten über die gesamte Schachtlänge erforderlich, dadurch zeitliche und kostenmäßige Einsparung,
  - Förderleistung von ca. 65 t/h (ca. 440 t/Schicht) Steinsalzhaufwerk bei einer Förderzeit von 6,5 h und einer Auslastung von 80%,
  - Umrüstung des Skipgefäßes zur Seilfahrt und zum Materialtransport muss gewährleistet sein,
- Einspeisung Elektroenergie erfolgt über ein 6 kV Kabel am Schacht,
- Zuführung von Dieselmotoren und Sprengstoff erfolgt ebenfalls über den Schacht Asse 2 (wenn möglich, über Schachtfalleitungen),

- Abtransport des Haufwerkes erfolgt über den Blindschacht bzw. die Schrägstrecke vom Einlagerungsniveau zur 750-m-Sohle und über Bandanlagen zum Schacht Asse 2

und

- alle anderen Transporte müssen ebenfalls über den Schacht Asse 2 erfolgen.

### 9.3.2 Beschreibung der Kostenschätzung

Die Kostenschätzung für den Umbau des Schachtes Asse 2, die Herstellung der Bandverbindung auf der 750-m-Sohle, das Abteufen der Blindschächte bzw. die Auffahrung der Schrägstrecke, die notwendigen Auffahrungen im Einlagerungsniveau sowie die Auffahrung der Einlagerungskammern bzw. der Solkavernen basiert im Wesentlichen auf

- entsprechenden überschlägigen Mengenermittlungen

sowie

- Vergleichspreisen, die anhand von aktuellen Bauprojekten, Richtpreisangeboten und Preisdatenbanken ermittelt wurden.

Als Preisbasis für alle Material- und Leistungseinheiten zur Ermittlung der Vergleichspreise wurde das Jahr 2009 gewählt. Da im zur Verfügung stehenden Zeitrahmen nicht alle Kosten durch Vergleichsangebote ermittelt werden konnten, wurde eine Preisindizierung mit einem Preisleitindex von 3,0 % durchgeführt.

Die Kosten für die erforderlichen spezifischen Baustelleneinrichtungen und weitere damit im Zusammenhang stehende Personal- und Materialvorhaltungen der Einzelmaßnahmen werden den jeweiligen Varianten zugeschrieben.

Erfahrungswerte für industrieübliche Baumaßnahmen zeigen, dass die Kosten für die Baustelleneinrichtung bei mehr als 10 % und weniger als 15 % der Bauausführungskosten (Herstellungskosten) liegen, soweit die Bauvorhaben in ihren wesentlichen Teilen Standardleistungen umfassen und routinemäßige Bauabläufe ohne nennenswerte Stillstandzeiten vorliegen. Treffen beide oder auch nur eine dieser Voraussetzungen nicht zu, wie dies zum Beispiel häufig bei Altbergbausaniierungsaufgaben der Fall ist, erreichen die Kosten für die Baustelleneinrichtung und weitere damit im Zusammenhang stehende Personal- und Materialvorhaltungen selbst bei industrieüblichen Bauvorhaben oftmals mehr als 15 %, teilweise auch deutlich über 20 % der Bauausführungskosten (Herstellungskosten).

Für die hier zur Rede stehenden Baumaßnahmen kann weder von industrieüblichen Standardleistungen noch von einem unterbrechungsfreien und routinemäßigen Bauablauf ausgegangen werden. Deshalb, ferner aber auch wegen der relativ langen Bauzeit von bis zu 11 Jahren, wurden kalkulatorisch für diese Baumaßnahmen anteil-

lige Kosten für die Baustelleneinrichtungen und weitere damit im Zusammenhang stehende Personal- und Materialvorhaltungen in Höhe von 30 % der Bauausführungskosten angesetzt.

Die Genauigkeit der Kostenschätzung beträgt +/- 35 %. Die Preise sind netto, d.h. ohne MwSt., ausgewiesen. Die Ergebnisse der Kostenschätzungen für die einzelnen Sub-Varianten werden im Kapitel 9.4 dargestellt.

## **9.4 Darstellung der Untersuchungsergebnisse zu den Sub-Varianten zur Auffahrung der Einlagerungsräume und Gewährleistung ihrer Zugänglichkeit während der Betriebsphase**

Im Folgenden werden die in Kapitel 9.1 aufgelisteten Varianten unter Bezug auf die in Kapitel 5 vorgestellten Grundlagen beschrieben und nach den Kriterien in Kapitel 9.2 hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit beurteilt. Im Rahmen der Bearbeitung zur „Beurteilung strahlenschutztechnischer Aspekte bei der Rückholung der LAW-Abfälle in der Schachtanlage Asse II“ wurden von DMT/TÜV NORD die Varianten I bis III untersucht, welche die Grundlage der weiteren Betrachtungen in Form von Sub-Varianten 1 bis 6 bilden (siehe Kapitel 9.1). Entsprechend dieser Aufteilung wurden die Sub-Varianten einmal auf generelle Durchführbarkeit und weiterhin auf Durchführbarkeit im Rahmen der Varianten I bis III untersucht. Innerhalb dieser Varianten werden die Ergebnisse der Untersuchungen vergleichend gegenübergestellt.

### **9.4.1 Variante I**

Bei der Variante I müssen insgesamt ca. 14.820 m<sup>3</sup> LAW und ca. 325 m<sup>3</sup> MAW umgelagert werden. Nachfolgend sind in Tabelle 52 bis Tabelle 54 die hierfür notwendigen Auffahrungsvolumina und zu bewegenden Haufwerksmengen, die für den gesamten Vorgang der Auffahrung und Umlagerung einzuplanende Zeit sowie die einzuplanenden Kosten für die Varianten I.1 bis I.6 zusammenfassend dargestellt. Eine Erläuterung zu den einzelnen Sub-Varianten wird in den entsprechenden Unterkapiteln 9.4.1.1 bis 9.4.1.6 gegeben.

Tabelle 52 Übersicht zur Mengenermittlung für die Varianten I.1 – I.6

	Gewerk	Variante I.1	2 Blindschächte		Blindschacht/Schrägstrecke		
			Variante I.2	Variante I.3	Variante I.4	Variante I.5	Variante I.6
Volumen in m <sup>3</sup>	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	33.100	33.100	33.100	181.400	181.400
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	55.400	60.700	56.500	50.200	46.000
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>88.500</b>	<b>93.800</b>	<b>89.600</b>	<b>231.600</b>	<b>227.400</b>
Haufwerks- menge in t	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	71.300	71.300	71.300	390.200	390.200
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	119.200	130.700	121.600	108.100	99.000
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>190.500</b>	<b>202.000</b>	<b>192.900</b>	<b>498.300</b>	<b>489.200</b>
Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	51.100	51.100	51.100	278.900	278.900
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	85.500	93.700	87.200	77.500	71.000
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>136.600</b>	<b>144.800</b>	<b>138.300</b>	<b>356.400</b>	<b>349.900</b>

Tabelle 53 Übersicht zur Zeitschätzung für die Varianten I.1 – I.6

Position	Gewerk	2 Blindschächte				Blindschacht/Schrägstrecke	
		Variante I.1 in AT	Variante I.2 in AT	Variante I.3 in AT	Variante I.4 in AT	Variante I.5 in AT	Variante I.6 in AT
1	Geologische Vorerkundung	(entfällt)	600	600	600	600	600
2	Planungsleistungen	(entfällt)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)
3	Umrüstung Förderanlage Schacht Asse 2	(entfällt)	(300)	(300)	(300)	(300)	(300)
4	Paralleles Abteufen Blind- schächte bzw. Abteufen Blind- schacht und Auffahrung Schrägstrecke	(entfällt)	1.040	1.040	1.040	1.100	1.100
5	Herstellen der Verbindungs- strecken im Einlagerungsni- veau	(entfällt)	450	450	450	80	80
6	Herstellung Einlagerungskaver- nen/-kammern LAW und Einla- gerungskaverne MAW	(entfällt)	570	600	80	600	80
7	Einlagerung der Abfälle	(entfällt)	937	937	937	937	937
<b>Summe in AT</b>		<b>(entfällt)</b>	<b>3.597</b>	<b>3.627</b>	<b>3.107</b>	<b>3.317</b>	<b>2.797</b>
<b>Summe in Jahren</b>		<b>(entfällt)</b>	<b>12,0</b>	<b>12,1</b>	<b>10,4</b>	<b>11,1</b>	<b>9,3</b>

Tabelle 54 Übersicht zur Kostenschätzung für die Varianten I.1 – I.6

Position	Gewerk	2 Blindschächte				Blindschacht/Schrägstrecke	
		Variante I.1 in EURO	Variante I.2 in EURO	Variante I.3 in EURO	Variante I.4 in EURO	Variante I.5 in EURO	Variante I.6 in EURO
1	Baustelleneinrichtung (ohne Position 8)	(entfällt)	42.600.000	45.600.000	39.400.000	53.600.000	50.400.000
2	Umrüstung Schacht Asse 2	(entfällt)	8.300.000	8.300.000	8.300.000	8.300.000	8.300.000
3	Streckenauffahrung im Gewin- nungsniveau, Abteufen Blind- schacht/-schächte und Auffah- rung Schrägstrecke	(entfällt)	72.601.000	72.601.000	72.601.000	88.205.000	88.205.000
4	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	11.128.000	11.128.000	11.128.000	5.916.000	5.916.000
5	Herstellung Einlagerungskaver- nen/-kammern LAW und Einla- gerungskaverne MAW	(entfällt)	20.992.500	19.399.000	11.932.000	19.399.000	11.932.000
6	Aufhaltung Steinsalzhaufwerk über Tage	(entfällt)	7.235.000	7.735.000	9.645.000	22.550.000	24.460.000
7	Erkundung, Dokumentation, Bauablauf/Beweissicherung, Bauüberwachung	(entfällt)	13.900.000	13.900.000	13.900.000	13.900.000	13.900.000
8	Abfallgewinnung, -konditionierung und -umlagerung	(entfällt)	138.257.600	138.257.600	138.257.600	138.257.600	138.257.600
9	Planungen	(entfällt)	5.500.000	5.500.000	5.500.000	5.500.000	5.500.000
	<b>Zwischensumme</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>320.514.100</b>	<b>322.420.600</b>	<b>310.663.600</b>	<b>355.627.600</b>	<b>346.870.600</b>
	20% Unvorhergesehenes	(entfällt)	64.102.900	64.484.200	62.132.800	71.125.600	69.374.200
	<b>Gesamtsumme</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>384.617.000</b>	<b>386.904.800</b>	<b>372.796.400</b>	<b>426.753.200</b>	<b>416.244.800</b>

#### 9.4.1.1 Sub-Variante I.1 - Umlagerung innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus 511-m- und 725-m- bis 775-m-Sohle

Mit Ausnahme der Kammern 8a/511 und 7/725 liegen die Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle. Im Interesse kürzest möglicher Transportwege von den Einlagerungskammern in neu aufzufahrende Umlagerungskammern sollten für letztere Auffahrungsflächen im Teufenbereich zwischen 725-m- und 775-m-Sohle sowie entsprechende Zugangsstrecken geplant werden. Für die MAW-Gebinde in der Einlagerungskammer 8a auf der 511-m-Sohle ist zwischen der Umlagerung in einen gebirgsmechanisch stabilen Bereich auf der 511-m-Sohle und der Umlagerung in entsprechende Kammern im Teufenbereich 725 m – 775 m über einen Blindschacht und die dort aufzufahrenden Zugangsstrecken zu unterscheiden.

Als geeignet für die Auffahrung von Umlagerungskammern ist lediglich das im Kernbereich der Asse-Salzstruktur anstehende Staßfurtsteinsalz Na<sub>2</sub> anzusehen (siehe Kapitel 4.1). Der Flächenbedarf für eine Umlagerung der LAW und MAW ergibt sich aus den Abmessungen für ein Kammer- bzw. Kavernenfeld zur Umlagerung sowie den in Kapitel 4.1 festgelegten horizontalen und vertikalen Mindestabständen von 200 m zu vorhandenen Grubenbauen und zum Deckgebirge. Da eine Kaverne für die Umlagerung der LAW mit über 100 m Höhe über mehrere Sohlen aufzufahren wäre, was in den bisherigen Einlagerungsniveaus aufgrund der vorhandenen Grubenbaue ausgeschlossen ist, wird ein Kammerfeld von etwa 250 m x 250 m Abmessung für die Umlagerung vorgegeben. Ein weiteres Kriterium ist der Ausschluss von existierenden oder potenziellen Zutrittsstellen für Lösungen im geplanten Umlagerungsniveau.

Aufgrund der im SE unmittelbar im Anschluss an das Grubengebäude auftretenden starken Verschmälerung der Salzstruktur über alle betrachteten Teufenbereiche hinweg, zu der keine weitergehenden Erkundungsergebnisse vorliegen, können generell für den Sattelabschnitt SE des Grubengebäudes Asse II keine Bereiche für die Auffahrung von Umlagerungskammern ausgewiesen werden.

Im Teufenbereich der 511-m-Sohle ist lediglich das Leinsteinsalz Na<sub>3</sub> in einer querschlägigen Erstreckung von <200 m SE der Schächte bzw. <250 m NW der Schächte anzutreffen. Zudem steht unmittelbar NW der Schächte bis in den Sicherheitspfeiler gegen Baue der Schachtanlage Asse I das Kalisalzflöz Staßfurt an. Die unmittelbare Nachbarschaft zu den Schichten des Oberen Buntsandstein an der Südflanke, zu den Schichten des Anhydritmittelsalzes an der Nordflanke sowie zum Kalisalzflöz Staßfurt lassen keinen ausreichenden Raum für die Auffahrung von Umlagerungskammern.

Das Fehlen geeigneter Gesteinsschichten mit ausreichend Raum für Umlagerungskammern schließt eine Umlagerung innerhalb der bzw. auf die 511-m-Sohle aus.

Im Teufenbereich zwischen 725-m- und 775-m-Sohle findet sich sowohl entlang der Südflanke als auch im Kernbereich des Sattels das Staßfurtsteinsalz Na<sub>2</sub> als geeigneter Gesteinshorizont für die Auffahrung von Umlagerungskammern. Entlang der Südflanke steht das Staßfurtsteinsalz allerdings in direktem Kontakt zu den Steinsalz- und Anhydritschichten des als wasserführend angesehenen Oberen Buntsandstein. Weiterhin ist der gesamte Bereich der Südflanke infolge des Steinsalzabbaus gebergsmechanisch stark belastet, so dass er für eine Umlagerung nicht in Frage kommt.

Der hohe Durchbauungsgrad der 725-m- und der 750-m-Sohle sowie vor allem auch die zutretenden Lösungen, die auf diesen Sohlen gefasst werden, lassen hier die Festlegung eines Umlagerungsbereiches auch im Sattelkernbereich nicht zu.

Im Niveau der 775-m-Sohle steht lediglich NW der Schächte über eine streichende Länge von etwa 180 m und eine querschlägige Erstreckung von 160 m das unverritzte Staßfurtsteinsalz an. Dieser von Grubenbauen freie Bereich ist im SW durch die dortigen Steinsalzabbau, im SE durch den Sicherheitspfeiler des Schachtes Asse 4, im NE durch das Kalisalzflöz Staßfurt und im NW durch den Sicherheitspfeiler gegen Baue der Schachtanlage Asse I begrenzt. In diesem Teufenbereich steht nicht genügend Fläche für die Auffahrung von Umlagerungskammern unter Einhaltung der in Kapitel 4.1 vorgegebenen Sicherheitsabstände zur Verfügung.

Im Teufenbereich zwischen 725-m-Sohle und 775-m-Sohle ist eine Umlagerung aufgrund nicht ausreichender Auffahrungsflächen sowie des Auftretens von Zutrittslösungen ausgeschlossen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass sowohl im Niveau der 511-m-Sohle als auch im Teufenbereich zwischen 725-m- und 775-m-Sohle die Voraussetzungen für eine Umlagerung der LAW und MAW nicht gegeben sind. Aus diesem Grund wird die Variante I.1 – Umlagerung innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus 511-m- und 725-m- bis 775-m-Sohle – nicht weiter betrachtet und **als nicht realisierbar verworfen**.

#### **9.4.1.2 Sub-Variante I.2 - Zwei Blindschächte mit zwei Kavernen unterhalb der Schächte im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante I.2 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von zwei Kavernen für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle unterhalb der beiden Schächte.

Beide Blindschächte sollen parallel abgeteuft werden. Unterhalb der Blindschächte werden anschließend die beiden Einlagerungskavernen abgeteuft. Die Lage der Kavernen für LAW und MAW sowie die Lage der Blindschächte und der notwendigen

Auffahrungen zur Variante I.2 sind der Anlage 8 zu entnehmen. Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die Einlagerungskaverne transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt.

Aus Tabelle 52 sind die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte ersichtlich. Bei der Variante I.2 fallen insgesamt ca. 190.500 t Haufwerk an. Hiervon müssen ca. 144.700 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden. Die restlichen Steinsalzmengen (ca. 45.800 t) werden durch Solung der Kaverne für LAW gelöst (ca. 170.000 m<sup>3</sup> Lösung mit einem Gehalt von 270 g/l) und müssen mittels Rohrleitungen nach über Tage transportiert und entsorgt werden.

In Anlage 23 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante I.2 und in Tabelle 53 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante I.2 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 3.600 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 12,0 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 23). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante I.2 ist der Anlage 13 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 54 werden die Gesamtkosten für die Variante I.2 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 18 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 54 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante I.2 im Bergwerk Asse II bei 384.617.000 EURO.

#### **9.4.1.3 Sub-Variante I.3 - Zwei Blindschächte mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante I.3 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von einer Kaverne für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle (MAW) unterhalb des westlichen Blindschachtes. Für die Einlagerung der insgesamt 14.820 m<sup>3</sup> LAW werden zwei Kavernen hergerichtet.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskavernen transportiert.

Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt. Beide Blindschächte sollen parallel abgeteuft werden. Unterhalb des westlichen Blindschachtes wird anschließend die Einlagerungskaverne für MAW abgeteuft. Die Lage der Kavernen für LAW und MAW sowie die Lage der Blindschächte und der notwendigen Auffahrungen zur Variante I.3 sind der Anlage 9 zu entnehmen.

Die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 52 ersichtlich. Bei der Variante I.3 fallen insgesamt ca. 202.000 t Haufwerk an. Hier von müssen ca. 154.700 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden. Die restlichen Steinsalzmengen (ca. 47.300 t) werden durch Solung der Kavernen für LAW gelöst (ca. 170.000 m<sup>3</sup> Lösung mit einem Gehalt von 270 g/l) und müssen mittels Rohrleitungen nach über Tage transportiert und entsorgt werden.

In Anlage 24 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante I.3 und in Tabelle 53 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante I.3 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 3.630 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 12,1 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 24). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante I.3 ist der Anlage 14 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 54 werden die Gesamtkosten für die Variante I.3 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 19 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 54 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante I.3 im Bergwerk Asse II bei 386.904.800 EURO.

#### **9.4.1.4 Sub-Variante I.4 - Zwei Blindschächte mit bergmännischer Auffahrung von Einlagerungskammern im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante I.4 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont. Weiterhin umfasst diese Variante das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes von der 511-m-Sohle für die Umlagerung der MAW und die Auffah-

rung von mehreren Einlagerungskammern für die LAW. Bei dieser Variante wird davon ausgegangen, dass die Auffahrung einer Schrägstrecke nicht möglich ist.

Wie bereits im Abschnitt 9.4.1.2 erläutert, können beide Blindschächte parallel abgeteuft werden. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Beide Schächte werden aus wettertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppelstreckensystem miteinander verbunden. Für die Einlagerung der insgesamt 14.820 m<sup>3</sup> LAW werden drei Einlagerungskammern aufgeföhren. Diese können maschinell bzw. durch Bohren & Sprengen aufgeföhren werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskammern transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt. Die Lage der Kammern für LAW sowie die Lage der Blindschächte und der notwendigen Aufföhhrungen zur Variante I.4 sind der Anlage 10 zu entnehmen.

Die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 52 ersichtlich. Bei der Variante I.4 fallen insgesamt ca. 193.000 t Haufwerk an, welche durch den Schacht Asse 2 nach über Tage geföhrt und aufgehaldet werden müssen.

In Anlage 25 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante I.4 und in Tabelle 53 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante I.4 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 3.100 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 10,4 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 25). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante I.4 ist der Anlage 15 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 54 werden die Gesamtkosten für die Variante I.4 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 20 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 54 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante I.4 im Bergwerk Asse II bei 372.796.400 EURO.

#### 9.4.1.5 Sub-Variante I.5 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle

Die Variante I.5 untersucht das Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und die Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von einer Kaverne für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle (MAW) unterhalb des westlichen Blindschachtes. Für die Einlagerung der insgesamt 14.820 m<sup>3</sup> LAW werden zwei Kavernen hergerichtet.

Das Abteufen des Blindschachtes und die Auffahrung der Schrägstrecke könnten parallel erfolgen. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Der Blindschacht und die Schrägstrecke werden aus wettertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppeltreckensystem miteinander verbunden. Insgesamt sind zwei Kavernen geplant. Diese sollten soltechnisch hergerichtet werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlichen gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskavernen transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird der Blindschacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt. Unterhalb des westlichen Blindschachtes wird anschließend die Einlagerungskaverne für MAW abgeteuft. Die Lage der Kavernen für LAW und MAW sowie die Lage des Blindschachtes, der Schrägstrecke und der notwendigen Auffahrungen zur Variante I.5 sind der Anlage 11 zu entnehmen.

Aus Tabelle 52 sind die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte ersichtlich. Bei der Variante I.5 fallen insgesamt ca. 498.300 t Haufwerk an, wovon ca. 451.000 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden müssen. Weitere 47.300 t Steinsalz fallen bei der Solung der Kavernen für LAW an. Dies entspricht einer Lösungsmenge von ca. 170.000 m<sup>3</sup> mit einem NaCl-Gehalt von 270 g/l.

In Anlage 26 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante I.5 und in Tabelle 53 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante I.5 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 3.320 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 11,1 Jahre notwendig. Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante I.5 ist der Anlage 16 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 54 werden die Gesamtkosten für die Variante I.5 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 21 ersichtlich. Wie aus Tabelle 54 er-

sichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante I.5 im Bergwerk Asse II bei 426.753.200 EURO.

#### **9.4.1.6 Sub-Variante I.6 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kammern für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante I.6 untersucht das Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und die Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes für die Umlagerung der MAW und die Auffahrung von Einlagerungskammern für die LAW.

Das Abteufen des Blindschachtes und die Auffahrung der Schrägstrecke könnten parallel erfolgen. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Der Blindschacht und die Schrägstrecke werden aus wettertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppels Streckensystem miteinander verbunden. Insgesamt sind drei Kammern geplant. Diese können maschinell bzw. durch Bohren & Sprengen aufgefahren werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskammern transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt. Die Lage der Kammern für LAW sowie die Lage des Blindschachtes, der Schrägstrecke und der notwendigen Auffahrungen zur Variante I.6 sind der Anlage 12 zu entnehmen.

Die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 52 ersichtlich. Bei der Variante I.6 fallen insgesamt ca. 489.200 t Haufwerk an, welche durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden müssen.

In Anlage 27 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante I.6 und in Tabelle 53 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante I.6 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 2.800 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 9,3 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 27). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante I.6 ist der Anlage 17 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Ta-

belle 54 werden die Gesamtkosten für die Variante I.6 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 22 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 54 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante I.6 im Bergwerk Asse II bei 416.244.800 EURO.

#### **9.4.2 Variante II**

Bei der Variante II müssen insgesamt ca. 28.450 m<sup>3</sup> LAW und ca. 325 m<sup>3</sup> MAW umgelagert werden. Nachfolgend sind in Tabelle 55 bis Tabelle 57 die hierfür notwendigen Auffahrungsvolumina und zu bewegendes Haufwerksmengen, die für den gesamten Vorgang der Auffahrung und Umlagerung einzuplanende Zeit sowie die einzuplanenden Kosten für die Varianten II.1 bis II.6 zusammenfassend dargestellt. Eine Erläuterung zu den einzelnen Sub-Varianten wird in den entsprechenden Unterkapiteln 9.4.2.1 bis 9.4.2.6 gegeben.

Tabelle 55 Übersicht zur Mengenermittlung für die Varianten II.1 – II.6

	Gewerk	2 Blindschächte				Blindschacht/Schrägstrecke	
		Variante II.1	Variante II.2	Variante II.3	Variante II.4	Variante II.5	Variante II.6
Volumen in m <sup>3</sup>	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	33.100	33.100	33.100	181.400	181.400
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	73.000	105.800	91.000	95.300	80.500
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>106.100</b>	<b>138.900</b>	<b>124.100</b>	<b>276.700</b>	<b>261.900</b>
Haufwerks- menge in t	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	71.300	71.300	71.300	390.200	390.200
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	157.100	227.700	195.900	205.100	173.300
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>228.400</b>	<b>299.000</b>	<b>267.200</b>	<b>595.300</b>	<b>563.500</b>
Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	51.100	51.100	51.100	278.900	278.900
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	112.500	163.000	140.300	146.800	124.100
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>163.600</b>	<b>214.100</b>	<b>191.400</b>	<b>425.700</b>	<b>403.000</b>

Tabelle 56 Übersicht zur Zeitschätzung für die Varianten II.1 – II.6

Position	Gewerk	2 Blindschächte				Blindschacht/Schrägstrecke	
		Variante II.1 in AT	Variante II.2 in AT	Variante II.3 in AT	Variante II.4 in AT	Variante II.5 in AT	Variante II.6 in AT
1	Geologische Vorerkundung	(entfällt)	600	600	600	600	600
2	Planungsleistungen	(entfällt)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)
3	Umrüstung Förderanlage Schacht Asse 2	(entfällt)	(300)	(300)	(300)	(300)	(300)
4	Paralleles Abteufen Blind- schächte bzw. Abteufen Blind- schacht und Auffahrung Schrägstrecke	(entfällt)	1.040	1.040	1.040	1.100	1.100
5	Herstellen der Verbindungs- strecken im Einlagerungsni- veau	(entfällt)	450	450	450	80	80
6	Herstellung Einlagerungskaver- nen/-kammern LAW und Einla- gerungskaverne MAW	(entfällt)	720	660	190	660	190
7	Einlagerung der Abfälle	(entfällt)	1.272	1.272	1.272	1.272	1.272
<b>Summe in AT</b>		<b>(entfällt)</b>	<b>4.082</b>	<b>4.022</b>	<b>3.552</b>	<b>3.712</b>	<b>3.242</b>
<b>Summe in Jahren</b>		<b>(entfällt)</b>	<b>13,6</b>	<b>13,4</b>	<b>11,8</b>	<b>12,4</b>	<b>10,8</b>

Tabelle 57 Übersicht zur Kostenschätzung für die Varianten II.1 – II.6

Position	Gewerk	2 Blindschächte				Blindschacht/Schrägstrecke	
		Variante II.1 in EURO	Variante II.2 in EURO	Variante II.3 in EURO	Variante II.4 in EURO	Variante II.5 in EURO	Variante II.6 in EURO
Titel 1.1	Baustelleneinrichtung (ohne Titel 1.8)	(entfällt)	45.600.000	51.600.000	42.400.000	60.800.000	54.600.000
Titel 1.2	Umrüstung Schacht Asse 2	(entfällt)	8.300.000	8.300.000	8.300.000	8.300.000	8.300.000
Titel 1.3	Streckenauffahrung im Gewin- nungsniveau, Abteufen Blind- schacht/-schächte und Auffah- rung Schrägstrecke	(entfällt)	72.601.000	72.601.000	72.601.000	88.205.000	88.205.000
Titel 1.4	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	11.128.000	11.128.000	11.128.000	5.916.000	5.916.000
Titel 1.5	Herstellung Einlagerungskaver- nen/-kammern LAW und Einla- gerungskaverne MAW	(entfällt)	29.661.000	38.375.500	17.968.000	38.375.500	17.968.000
Titel 1.6	Aufhaltung Steinsalzhaufwerk über Tage	(entfällt)	7.235.000	10.015.000	13.360.000	24.830.000	28.175.000
Titel 1.7	Erkundung, Dokumentation, Bauablauf/Beweissicherung, Bauüberwachung	(entfällt)	13.900.000	13.900.000	13.900.000	13.900.000	13.900.000
Titel 1.8	Abfallgewinnung, -konditionierung und -umlagerung	(entfällt)	178.400.000	178.400.000	178.400.000	178.400.000	178.400.000
Titel 1.9	Planungen	(entfällt)	5.500.000	5.500.000	5.500.000	5.500.000	5.500.000
	<b>Zwischensumme</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>372.325.000</b>	<b>389.819.500</b>	<b>363.557.000</b>	<b>424.226.500</b>	<b>400.964.000</b>
	20% Unvorhergesehenes	(entfällt)	74.465.000	77.963.900	72.711.400	84.845.300	80.192.800
	<b>Gesamtsumme</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>446.790.000</b>	<b>467.783.400</b>	<b>436.268.400</b>	<b>509.071.800</b>	<b>481.156.800</b>

#### **9.4.2.1 Sub-Variante II.1 - Umlagerung innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus 511-m- und 725-m- bis 775-m-Sohle**

Die Umlagerung der Abfälle innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus wurde bereits im Kapitel 9.4.1.1 diskutiert. Es wurde belegt, dass diese Variante **als nicht realisierbar zu verwerfen ist**.

#### **9.4.2.2 Sub-Variante II.2 - Zwei Blindschächte mit zwei Kavernen unterhalb der Schächte im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante II.2 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von zwei Kavernen für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle unterhalb der beiden Schächte.

Analog der Variante I.2 sollen beide Blindschächte parallel abgeteuft werden. Unterhalb der Blindschächte werden anschließend die beiden Einlagerungskavernen abgeteuft. Die Lage der Kavernen für LAW und MAW sowie die der Blindschächte und der notwendigen Auffahrungen zur Variante II.2 sind der Anlage 28 zu entnehmen.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die Einlagerungskaverne transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt.

Aus Tabelle 55 sind die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte ersichtlich. Bei der Variante II.2 fallen insgesamt ca. 228.400 t Haufwerk an. Hiervon müssen ca. 144.700 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden. Die restlichen Steinsalzmengen (ca. 83.700 t) werden durch Solung der Kaverne für LAW gelöst (ca. 310.000 m<sup>3</sup> Lösung mit einem Gehalt von 270 g/l) und müssen mittels Rohrleitungen nach über Tage transportiert und entsorgt werden.

In Anlage 43 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante II.2 und in Tabelle 56 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante II.2 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 4.100 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 13,6 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 43). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante II.2 ist der Anlage 33 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 57 werden die Gesamtkosten für die Variante II.2 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 38 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 57 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante II.2 im Bergwerk Asse II bei 446.790.000 EURO.

#### **9.4.2.3 Sub-Variante II.3 - Zwei Blindschächte mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante II.3 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von einer Kaverne für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle (MAW) unterhalb des westlichen Blindschachtes. Für die Einlagerung der insgesamt 28.450 m<sup>3</sup> LAW werden sechs Kavernen hergerichtet.

Beide Blindschächte sollen parallel abgeteuft werden. Unterhalb des westlichen Blindschachtes wird anschließend die Einlagerungskaverne für MAW abgeteuft. Die Lage der Kavernen für LAW sowie die Lage der Blindschächte und der notwendigen Auffahrungen zur Variante II.3 sind der Anlage 29 zu entnehmen.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskavernen transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt.

Die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 55 ersichtlich. Bei der Variante II.3 fallen insgesamt ca. 299.000 t Haufwerk an. Hiervon müssen ca. 200.300 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden. Die restlichen Steinsalzmengen (ca. 98.700 t) werden durch Solung der Kavernen für LAW gelöst (ca. 370.000 m<sup>3</sup> Lösung mit einem Gehalt von 270 g/l) und müssen mittels Rohrleitungen nach über Tage transportiert und entsorgt werden.

In Anlage 44 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante II.3 und in Tabelle 56 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante II.3 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 4.020 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären ca. 13,4 Jahre notwendig (siehe auch

Anlage 44). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante II.3 ist der Anlage 34 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 57 werden die Gesamtkosten für die Variante II.3 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 39 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 57 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante II.3 im Bergwerk Asse II bei 467.783.400 EURO.

#### **9.4.2.4 Sub-Variante II.4 - Zwei Blindschächte mit bergmännischer Auffahrung von Einlagerungskammern im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante II.4 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont. Weiterhin umfasst diese Variante das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes von der 511-m-Sohle für die Umlagerung der MAW und die Auffahrung von mehreren Einlagerungskammern für die LAW. Bei dieser Variante wird davon ausgegangen, dass die Auffahrung einer Schrägstrecke nicht möglich ist.

Wie bereits im Abschnitt 9.4.1.2 erläutert, könnten beide Blindschächte parallel abgeteuft werden. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Beide Schächte werden aus wettertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppelstreckensystem miteinander verbunden. Der eigentliche Einlagerungsbereich für die LAW wird mittels eines Doppelstreckensystems vorgerichtet.

Für die Einlagerung der insgesamt 28.450 m<sup>3</sup> LAW sind sechs Einlagerungskammern aufzufahren. Diese können maschinell bzw. durch Bohren & Sprengen aufgefahren werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskammern transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt.

Die Lage der Kammern für LAW sowie die Lage der Blindschächte und der notwendigen Auffahrungen zur Variante II.4 sind der Anlage 30 zu entnehmen.

Die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 55 ersichtlich. Bei der Variante II.4 fallen insgesamt ca. 267.200 t Haufwerk an, welche durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden müssen.

In Anlage 45 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante II.4 und in Tabelle 56 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante II.4 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 3.550 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären ca. 11,8 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 45). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante II.4 ist der Anlage 35 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 57 werden die Gesamtkosten für die Variante II.4 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 40 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 57 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante II.4 im Bergwerk Asse II bei 436.268.400 EURO.

#### **9.4.2.5 Sub-Variante II.5 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante II.5 untersucht das Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und die Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von einer Kaverne für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle (MAW) unterhalb des westlichen Blindschachtes. Für die Einlagerung der insgesamt 28.450 m<sup>3</sup> LAW werden sechs Kavernen hergerichtet.

Das Abteufen des Blindschachtes und die Auffahrung der Schrägstrecke könnten parallel erfolgen. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Der Blindschacht und die Schrägstrecke werden aus wettertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppelstreckensystem miteinander verbunden. Der eigentliche Einlagerungsbereich für die LAW wird mittels eines Doppelstreckensystems vorgerichtet. Insgesamt sind sechs Kavernen geplant. Diese sollten soltechnisch hergerichtet werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskavernen transportiert.

Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt. Die Lage der Kavernen für LAW und MAW sowie die Lage des Blindschachtes, der Schrägstrecke und der notwendigen Auffahrungen zur Variante II.5 sind der Anlage 31 zu entnehmen.

Aus Tabelle 55 sind die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte ersichtlich. Bei der Variante II.5 fallen insgesamt ca. 595.300 t Haufwerk an, wovon ca. 496.600 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden müssen. Weitere 98.700 t Steinsalz fallen bei der Solung der Kavernen für LAW an. Dies entspricht einer Lösungsmenge von ca. 366.000 m<sup>3</sup> mit einem NaCl-Gehalt von 270 g/l.

In Anlage 46 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante II.5 und in Tabelle 56 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante II.5 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 3.710 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 12,4 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 46). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante II.5 ist der Anlage 36 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 57 werden die Gesamtkosten für die Variante II.5 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 41 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 57 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante II.5 im Bergwerk Asse II bei 509.071.800 EURO.

#### **9.4.2.6 Sub-Variante II.6 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kammern für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante II.6 untersucht das Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und die Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes für die Umlagerung der MAW und die Auffahrung von Einlagerungskammern für die LAW.

Das Abteufen des Blindschachtes und die Auffahrung der Schrägstrecke könnten parallel erfolgen. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Der Blindschacht und die Schrägstrecke werden aus wet-

tertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppelstreckensystem miteinander verbunden. Der eigentliche Einlagerungsbereich für die LAW wird mittels eines Doppelstreckensystems vorgerichtet. Insgesamt sind sechs Kammern geplant. Diese können maschinell bzw. durch Bohren & Sprengen aufgeföhren werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskammern transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt. Die Lage der Kammern für LAW sowie die Lage des Blindschachtes, der Schrägstrecke und der notwendigen Aufführungen zur Variante II.6 sind der Anlage 32 zu entnehmen.

Die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 55 ersichtlich. Bei der Variante II.6 fallen insgesamt ca. 563.500 t Haufwerk an, welche durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden müssen.

In Anlage 47 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante II.6 und in Tabelle 56 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante II.6 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 3.240 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 10,8 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 47). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante II.6 ist der Anlage 37 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 57 werden die Gesamtkosten für die Variante II.6 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 42 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 57 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante II.6 im Bergwerk Asse II bei 481.156.800 EURO.

### 9.4.3 Variante III

Bei der Variante III müssen insgesamt ca. 61.640 m<sup>3</sup> LAW und ca. 325 m<sup>3</sup> MAW umgelagert werden. Nachfolgend sind in Tabelle 58 bis Tabelle 60 die hierfür notwendigen Aufführungsvolumina und zu bewegenden Haufwerksmengen, die für den gesamten Vorgang der Aufführung und Umlagerung einzuplanende Zeit sowie die einzuplanenden Kosten für die Varianten III.1 bis III.6 zusammenfassend dargestellt.

Eine Erläuterung zu den einzelnen Sub-Varianten wird in den entsprechenden Unterkapiteln 9.4.3.1 bis 9.4.3.6 gegeben.

Tabelle 58 Übersicht zur Mengenermittlung für die Varianten III.1 – III.6

	Gewerk	2 Blindschächte				Blindschacht/Schrägstrecke	
		Variante III.1	Variante III.2	Variante III.3	Variante III.4	Variante III.5	Variante III.6
Volumen in m <sup>3</sup>	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	33.100	33.100	33.100	181.400	181.400
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	119.000	157.000	146.700	146.500	136.700
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>152.100</b>	<b>190.100</b>	<b>179.800</b>	<b>327.900</b>	<b>318.100</b>
Haufwerks- menge in t	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	71.300	71.300	71.300	390.200	390.200
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	256.000	337.900	315.600	315.300	294.100
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>327.300</b>	<b>409.200</b>	<b>386.900</b>	<b>705.500</b>	<b>684.300</b>
Haufwerks- menge in m <sup>3</sup>	Blindschächte bzw. Blind- schacht/Schrägstrecke	(entfällt)	51.100	51.100	51.100	278.900	278.900
	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	183.200	241.800	225.700	225.600	210.300
	<b>Summe</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>234.300</b>	<b>292.900</b>	<b>276.800</b>	<b>504.500</b>	<b>489.200</b>

Tabelle 59 Übersicht zur Zeitschätzung für die Varianten III.1 – III.6

Position	Gewerk	2 Blindschächte				Blindschacht/Schrägstrecke	
		Variante III.1 in AT	Variante III.2 in AT	Variante III.3 in AT	Variante III.4 in AT	Variante III.5 in AT	Variante III.6 in AT
1	Geologische Vorerkundung	(entfällt)	600	600	600	600	600
2	Planungsleistungen	(entfällt)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)
3	Umrüstung Förderanlage Schacht Asse 2	(entfällt)	(300)	(300)	(300)	(300)	(300)
4	Paralleles Abteufen Blind- schächte bzw. Abteufen Blind- schacht und Auffahrung Schrägstrecke	(entfällt)	1.040	1.040	1.040	1.100	1.100
5	Herstellen der Verbindungs- strecken im Einlagerungsni- veau	(entfällt)	450	450	450	80	80
6	Herstellung Einlagerungskaver- nen/-kammern LAW und Einla- gerungskaverne MAW	(entfällt)	1.120	890	340	890	340
7	Einlagerung der Abfälle	(entfällt)	2.267	2.267	2.267	2.267	2.267
<b>Summe in AT</b>		<b>(entfällt)</b>	<b>5.477</b>	<b>5.247</b>	<b>4.697</b>	<b>4.937</b>	<b>4.387</b>
<b>Summe in Jahren</b>		<b>(entfällt)</b>	<b>18,3</b>	<b>17,5</b>	<b>15,7</b>	<b>16,5</b>	<b>14,6</b>

Tabelle 60 Übersicht zur Kostenschätzung für die Varianten III.1 – III.6

Position	Gewerk	Variante III.1 in EURO	2 Blindschächte		Blindschacht/Schrägstrecke		
			Variante III.2 in EURO	Variante III.3 in EURO	Variante III.4 in EURO	Variante III.5 in EURO	Variante III.6 in EURO
Titel 1.1	Baustelleneinrichtung (ohne Titel 1.8)	(entfällt)	51.600.000	60.800.000	47.400.000	67.800.000	59.600.000
Titel 1.2	Umrüstung Schacht Asse 2	(entfällt)	8.300.000	8.300.000	8.300.000	8.300.000	8.300.000
Titel 1.3	Streckenauffahrung im Gewin- nungsniveau, Abteufen Blind- schacht/-schächte und Auffah- rung Schrägstrecke	(entfällt)	72.601.000	72.601.000	72.601.000	88.205.000	88.205.000
Titel 1.4	Auffahrungen im Einlagerungs- niveau	(entfällt)	11.128.000	11.128.000	11.128.000	5.916.000	5.916.000
Titel 1.5	Herstellung Einlagerungskaver- nen/-kammern LAW und Einla- gerungskaverne MAW	(entfällt)	52.295.500	62.338.000	30.076.000	62.338.000	30.076.000
Titel 1.6	Aufhaltung Steinsalzhaufwerk über Tage	(entfällt)	7.235.000	11.000.000	19.345.000	25.815.000	34.215.000
Titel 1.7	Erkundung, Dokumentation, Bauablauf/Beweissicherung, Bauüberwachung	(entfällt)	13.900.000	13.900.000	13.900.000	13.900.000	13.900.000
Titel 1.8	Abfallgewinnung, -konditionierung und -umlagerung	(entfällt)	365.971.800	365.971.800	365.971.800	365.971.800	365.971.800
Titel 1.9	Planungen	(entfällt)	5.500.000	5.500.000	5.500.000	5.500.000	5.500.000
	<b>Zwischensumme</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>588.531.300</b>	<b>611.538.800</b>	<b>574.221.800</b>	<b>643.745.800</b>	<b>611.683.800</b>
	20% Unvorhergesehenes	(entfällt)	117.706.300	122.307.800	114.844.400	128.749.200	122.336.800
	<b>Gesamtsumme</b>	<b>(entfällt)</b>	<b>706.237.600</b>	<b>733.846.600</b>	<b>689.066.200</b>	<b>772.495.000</b>	<b>734.020.600</b>

#### **9.4.3.1 Sub-Variante III.1 - Umlagerung innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus 511-m- und 725-m- bis 775-m-Sohle**

Die Umlagerung der Abfälle innerhalb der bisherigen Einlagerungsniveaus wurde bereits im Kapitel 9.4.1.1 diskutiert. Es wurde belegt, dass diese Variante **als nicht realisierbar zu verwerfen ist**.

#### **9.4.3.2 Sub-Variante III.2 - Zwei Blindschächte mit zwei Kavernen unterhalb der Schächte im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante III.2 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von zwei Kavernen für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle unterhalb der beiden Schächte.

Analog der Variante I.2 sollen beide Blindschächte parallel abgeteuft werden. Unterhalb der Blindschächte werden anschließend die beiden Einlagerungskavernen abgeteuft. Die Lage der Kavernen für LAW und MAW sowie die der Blindschächte und der notwendigen Auffahrungen zur Variante III.2 sind der Anlage 48 zu entnehmen.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die Einlagerungskaverne transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt.

Aus Tabelle 58 sind die zu bewegendenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte ersichtlich. Bei der Variante III.2 fallen insgesamt ca. 327.300 t Haufwerk an. Hiervon müssen ca. 144.700 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden. Die restlichen Steinsalzmengen (ca. 182.600 t) werden durch Solung der Kaverne für LAW gelöst (ca. 676.000 m<sup>3</sup> Lösung mit einem Gehalt von 270 g/l) und müssen mittels Rohrleitungen nach über Tage transportiert und entsorgt werden.

In Anlage 63 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante III.2 und in Tabelle 59 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante III.2 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 5.480 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 18,3 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 63). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante III.2 ist der Anlage 53 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 60 werden die Gesamtkosten für die Variante III.2 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 58 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 60 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante III.2 im Bergwerk Asse II bei 706.237.600 EURO.

#### **9.4.3.3 Sub-Variante III.3 - Zwei Blindschächte mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante III.3 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von einer Kaverne für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle (MAW) unterhalb des westlichen Blindschachtes. Für die Einlagerung der insgesamt 61.640 m<sup>3</sup> LAW werden acht Kavernen hergerichtet.

Beide Blindschächte sollen parallel abgeteuft werden. Unterhalb des westlichen Blindschachtes wird anschließend die Einlagerungskaverne für MAW abgeteuft. Die Lage der Kavernen für LAW sowie die Lage der Blindschächte und der notwendigen Auffahrungen zur Variante III.3 sind der Anlage 49 zu entnehmen.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskavernen transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt.

Die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 58 ersichtlich. Bei der Variante III.3 fallen insgesamt ca. 409.200 t Haufwerk an. Hiervon müssen ca. 220.000 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden. Die restlichen Steinsalzmengen (ca. 189.200 t) werden durch Solung der Kavernen für LAW gelöst (ca. 700.800 m<sup>3</sup> Lösung mit einem Gehalt von 270 g/l) und müssen mittels Rohrleitungen nach über Tage transportiert und entsorgt werden.

In Anlage 64 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante III.3 und in Tabelle 59 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante III.3 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 5.250 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 17,5 Jahre notwendig (siehe auch

Anlage 64). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante III.3 ist der Anlage 54 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 60 werden die Gesamtkosten für die Variante III.3 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 59 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 60 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante III.3 im Bergwerk Asse II bei 733.846.600 EURO.

#### **9.4.3.4 Sub-Variante III.4 - Zwei Blindschächte mit bergmännischer Auffahrung von Einlagerungskammern im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante III.4 beinhaltet das Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont. Weiterhin umfasst diese Variante das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes von der 511-m-Sohle für die Umlagerung der MAW und die Auffahrung von mehreren Einlagerungskammern für die LAW. Bei dieser Variante wird davon ausgegangen, dass die Auffahrung einer Schrägstrecke nicht möglich ist.

Wie bereits im Abschnitt 9.4.1.2 erläutert, könnten beide Blindschächte parallel abgeteuft werden. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Beide Schächte werden aus wettertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppelstreckensystem miteinander verbunden. Der eigentliche Einlagerungsbereich für die LAW wird mittels eines Doppelstreckensystems vorgerichtet.

Für die Einlagerung der insgesamt 61.640 m<sup>3</sup> LAW sind zwölf Einlagerungskammern aufzufahren. Diese können maschinell bzw. durch Bohren & Sprengen aufgefahren werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskammern transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt.

Die Lage der Kammern für LAW sowie die Lage der Blindschächte und der notwendigen Auffahrungen zur Variante III.4 sind der Anlage 50 zu entnehmen.

Die zu bewegendenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 58 ersichtlich. Bei der Variante III.4 fallen insgesamt ca. 386.900 t Haufwerk an, welche durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden müssen.

In Anlage 65 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante III.4 und in Tabelle 59 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante III.4 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 4.700 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 15,7 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 65). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante III.4 ist der Anlage 55 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 60 werden die Gesamtkosten für die Variante III.4 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 60 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 60 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante III.4 im Bergwerk Asse II bei 689.066.200 EURO.

#### **9.4.3.5 Sub-Variante III.5 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kavernen für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante III.5 untersucht das Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und die Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie die Herrichtung von einer Kaverne für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle (MAW) unterhalb des westlichen Blindschachtes. Für die Einlagerung der insgesamt 61.640 m<sup>3</sup> LAW werden acht Kavernen hergerichtet.

Das Abteufen des Blindschachtes und die Auffahrung der Schrägstrecke könnten parallel erfolgen. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Der Blindschacht und die Schrägstrecke werden aus wettertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppelstreckensystem miteinander verbunden. Der eigentliche Einlagerungsbereich für die LAW wird mittels eines Doppelstreckensystems vorgerichtet. Insgesamt sind acht Kavernen geplant. Diese sollten soltechnisch hergerichtet werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskavernen transportiert.

Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt. Die Lage der Kavernen für LAW und MAW sowie die Lage des Blindschachtes, der Schrägstrecke und der notwendigen Auffahrungen zur Variante III.5 sind der Anlage 51 zu entnehmen.

Aus Tabelle 58 sind die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte ersichtlich. Bei der Variante III.5 fallen insgesamt ca. 705.500 t Haufwerk an, wovon ca. 516.300 t Haufwerk durch den Schacht Asse 2 nach über Tage gefördert und aufgehaldet werden müssen. Weitere 189.200 t Steinsalz fallen bei der Solung der Kavernen für LAW an. Dies entspricht einer Lösungsmenge von ca. 700.800 m<sup>3</sup> mit einem NaCl-Gehalt von 270 g/l.

In Anlage 66 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante III.5 und in Tabelle 59 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante III.5 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 4.940 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 16,5 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 66). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante III.5 ist der Anlage 56 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 60 werden die Gesamtkosten für die Variante III.5 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 61 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 60 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante III.5 im Bergwerk Asse II bei 772.495.000 EURO.

#### **9.4.3.6 Sub-Variante III.6 - Blindschacht und Schrägstrecke mit Auffahrung von mehreren Kammern für LAW im Bereich geplante 1.200-m-Sohle**

Die Variante III.6 untersucht das Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und die Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes für die Umlagerung der MAW und die Auffahrung von Einlagerungskammern für die LAW.

Das Abteufen des Blindschachtes und die Auffahrung der Schrägstrecke könnten parallel erfolgen. Die potentiellen Einlagerungsbereiche befinden sich im Bereich der geplanten 1.200-m-Sohle. Der Blindschacht und die Schrägstrecke werden aus wet-

tertechnischen und sicherheitlichen Gründen (zweiter Fluchtweg) durch ein Doppelstreckensystem miteinander verbunden. Der eigentliche Einlagerungsbereich für die LAW wird mittels eines Doppelstreckensystems vorgerichtet. Insgesamt sind zwölf Kammern geplant. Diese können maschinell bzw. durch Bohren & Sprengen aufgeföhren werden.

Die LAW-Gebinde werden über den westlich gelegenen Blindschacht zum Einlagerungshorizont und von dort in die einzelnen Einlagerungskammern transportiert. Nach Abschluss der Umlagerung der LAW-Gebinde wird dieser Schacht zum Transport der MAW-Gebinde genutzt. Die Lage der Kammern für LAW sowie die Lage des Blindschachtes, der Schrägstrecke und der notwendigen Aufföhhrungen zur Variante III.6 sind der Anlage 52 zu entnehmen.

Die zu bewegenden Haufwerksmengen der einzelnen Bauabschnitte sind aus Tabelle 58 ersichtlich. Bei der Variante III.6 fallen insgesamt ca. 684.300 t Haufwerk an, welche durch den Schacht Asse 2 nach über Tage geföhrt und aufgehaldet werden müssen.

In Anlage 67 werden die erforderlichen Arbeiten für die Variante III.6 und in Tabelle 59 der dafür notwendige Zeitbedarf dargestellt. Für die Variante III.6 müssen vom Beginn der Erkundungsarbeiten bis zum Abschluss der Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW und MAW) insgesamt ca. 4.390 Arbeitstage angesetzt werden. Geht man von ca. 300 AT pro Jahr aus, so wären etwa 14,6 Jahre notwendig (siehe auch Anlage 67). Bei der Abschätzung des Zeitbedarfes wurde der erforderliche Zeitaufwand für die Genehmigungsverfahren nicht einberechnet.

Die Lage der geotechnischen Barrieren für die Variante III.6 ist der Anlage 57 zu entnehmen.

Die Grundlagen der Kostenschätzung und deren zurzeit mögliche Genauigkeit sowie die Schnittstellen wurden bereits ausführlich im Kapitel 9.3 beschrieben. In der Tabelle 60 werden die Gesamtkosten für die Variante III.6 dargestellt. Die detailliert aufgeschlüsselte Kostenschätzung ist aus Anlage 62 ersichtlich.

Wie aus Tabelle 60 ersichtlich ist, liegen die geschätzten Gesamtkosten (Netto) für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle nach Variante III.6 im Bergwerk Asse II bei 734.020.600 EURO.

## 9.5 Zusammenfassung der einzelnen Konzepte

Im Folgenden sollen die einzelnen, in Kapitel 9.4 diskutierten Varianten zusammenfassend dargestellt werden:

- Sub-Variante 1 (der Varianten I, II und III)

Eine Auffahrung neuer Einlagerungskammern ist, wie bereits im Abschnitt 9.4.1.1 ausführlich beschrieben, aufgrund des hohen Durchörterungsgrades sowohl im Niveau der 511-m-Sohle als auch im Teufenbereich zwischen 725-m- und 775-m-Sohle nicht möglich. Aus diesem Grund wird die **Sub-Variante 1 als nicht realisierbar** verworfen.

- Sub-Variante 2, (der Varianten I, II und III)

Das Abteufen von Blindschächten in der Kali- und Steinsalzindustrie wurde schon vielfach durchgeführt und kann als machbar angesehen werden.

Aufgrund des geringen Abstandes der Blindschächte zu den einzelnen Kammern und Strecken zwischen der 750-m-Sohle und der 975-m-Sohle ist eine mögliche Gefährdung durch Eindringen des anstehenden Schutzfluides in die Blindschächte zu besorgen. Dies kann zum einen durch einen wasserdichten Ausbau der Schachtröhre bzw. zum anderen durch das Abpumpen des Schutzfluides erfolgen.

Da im geplanten Niveau des Einlagerungshorizontes keine Streckenauffahrungen vorhanden sind, muss das Abteufen der Blindschächte mittels Bohr- und Sprengtechnologie aus dem Vollen erfolgen. Beide Blindschächte sollten wegen der Zeitersparnis gleichzeitig abteuft werden.

Ausgehend von den technologischen Erfordernissen wird für beide Blindschächte ein lichter Durchmesser von 4,5 m vorgeschlagen. Aufgrund des notwendigen Ausbaus der Schachtröhre wäre somit ein Ausbruchsdurchmesser von ca. 5,5 m erforderlich.

Das Aussolen der Kaverne für LAW und Abteufen der Kaverne für MAW ist technisch anspruchsvoll, aber realisierbar.

Die Abfälle (LAW und MAW) sollten mittels Schachtförderung (Förderkorb) bis zur aufgefahrenen 1.200-m-Sohle transportiert werden und anschließend mit entsprechender Technik in die Einlagerungskavernen verbracht werden. Ein Verstürzen der Abfälle von der 511-m-Sohle bzw. 750-m-Sohle wird als problematisch angesehen.

Der Verschluss der Blindschächte nach Abschluss der Umlagerung der Abfälle ist Stand der Technik.

- Sub-Variante 3, (Varianten I, II und III)

Die Sub-Variante 3 basiert im Wesentlichen auf Sub-Variante 2, d.h. Abteufen von zwei Blindschächten und Herrichten von Kavernen für die Einlagerung der MAW und LAW.

Das Aussolen der Kavernen für LAW und Abteufen der Kaverne für MAW ist technisch anspruchsvoll, aber realisierbar.

Für die Herstellung der Kavernen für die LAW wird zunächst ein Vorrichtungssystem zu den Ansatzpunkten für die Kavernen aufgefahren. Anschließend erfolgen die Solbohrungen von diesen Ansatzpunkten aus. Ein Problem bei der Solung ist das vollständige Leeren der Kavernen nach Abschluss der Solarbeiten. In der Regel wird von einer Restlösung von ca. 10 %, welche im Kavernenhohlraum verbleibt, ausgegangen. Die Restlösung muss entweder komplett aus dem Kavernenhohlraum entfernt oder mit entsprechenden Bindemitteln (z. B. Magnesit) verfestigt werden.

Die Abfälle (LAW und MAW) sollten mittels Schachtförderung (Förderkorb) bis zur aufgefahrenen 1.200-m-Sohle transportiert und anschließend mit entsprechender Technik in die Einlagerungskavernen verbracht werden.

Ein Verstürzen der Abfälle von der 511-m-Sohle bzw. 750-m-Sohle wird als problematisch angesehen.

Das Einbringen von Salzversatz als technische Barriere in die bestehenden Hohlräume im Bereich des Einlagerungshorizontes und der Verschluss der Blindschächte nach Abschluss der Umlagerung der Abfälle ist Stand der Technik.

- Sub-Variante 4, (der Varianten I, II und III)

Die Verfahrensweise zur Herstellung der beiden Blindschächte wurde bereits in der Zusammenfassung der Sub-Variante 2 ausführlich beschrieben.

Das Abteufen der Kaverne für MAW und die Auffahrung der Einlagerungskammern ist ohne größere Probleme möglich. Mit der Auffahrung mehrerer Einlagerungskammern ist die zwischenzeitliche Abdämmung der bereits mit radioaktiven Abfällen gefüllten Kammern möglich.

Die Abfälle sollten mittels Schachtförderung (westlich gelegener Blindschacht) bis zur aufgefahrenen 1.200-m-Sohle transportiert werden und anschließend mit entsprechender Technik in die Einlagerungskammern für LAW transportiert bzw. in die Einlagerungskaverne für MAW eingebracht werden.

Ein Verstürzen der mittelradioaktiven Abfälle direkt von der 511-m-Sohle in die Kaverne wird, wie bereits ausgeführt, als problematisch angesehen.

Das Einbringen von Salzversatz als technische Barriere in die bestehenden Hohlräume im Bereich des Einlagerungshorizontes und der Verschluss der Blindschächte nach Abschluss der Umlagerung der Abfälle ist Stand der Technik.

- Sub-Variante 5, (der Varianten I, II und III)

Das Abteufen des Blindschachtes erfolgt analog der Sub-Variante 2. Die Auffahrung der Schrägstrecke ist aufgrund des Platzmangels ohne Durchörterung der vorhandenen Kammern bzw. die Aufwältigung der vorhandenen Wendel nicht möglich. Dies würde voraussetzen, dass vorab das eingebrachte Schutzfluid aus den tieferen Sohlen abgepumpt wird. Eine weitere Möglichkeit wäre die Auffahrung der Schrägstrecke im südöstlichen Bereich der Grube. Hierzu müssten jedoch in diesem Bereich umfangreiche geologische Vorerkundungen erfolgen.

Die Kavernen für LAW sollten durch Solung hergestellt werden. Hierzu muss zuerst die Auffahrung des Vorrichtungssystems zu den einzelnen Ansatzpunkten erfolgen. Anschließend erfolgt das Herstellen der einzelnen Solkavernen.

Die Abfälle (LAW und MAW) sollten durch den westlich gelegenen Blindschacht bis zur aufgefahrenen 1.200-m-Sohle transportiert werden und anschließend mit entsprechender Technik in die Einlagerungskaverne verbracht (MAW) bzw. in die Einlagerungskavernen für LAW transportiert und dort eingebracht werden (LAW).

Das Einbringen von Salzversatz als technische Barriere in die bestehenden Hohlräume im Bereich des Einlagerungshorizontes und der Verschluss des Blindschachtes und der Schrägstrecke nach Abschluss der Umlagerung der Abfälle ist Stand der Technik.

- Sub-Variante 6 (der Varianten I, II und III)

Das Abteufen des Blindschachtes erfolgt analog der Variante 2. Die Auffahrung der Schrägstrecke ist aufgrund des Platzmangels ohne Durchörterung der vorhandenen Kammern bzw. die Aufwältigung der vorhandenen Wendel nicht möglich. Dies würde voraussetzen, dass vorab das eingebrachte Schutzfluid aus den tieferen Sohlen abgepumpt wird. Eine weitere Möglichkeit wäre die Auffahrung der Schrägstrecke im südöstlichen Bereich der Grube. Hierzu müssten jedoch in diesem Bereich umfangreiche geologische Vorerkundungen erfolgen.

Das Abteufen der Kaverne für MAW und die Auffahrung der Einlagerungskammern ist ohne größere Probleme möglich. Mit der Auffahrung mehrerer Einlagerungskammern ist die zwischenzeitliche Abdämmung der bereits mit Gebinden gefüllten Kammern möglich.

Die Abfälle sollten durch den westlich gelegenen Blindschacht bis zur aufgefahrenen 1.200-m-Sohle transportiert werden und anschließend mit entsprechender Technik in die Einlagerungskaverne verbracht (MAW) bzw. in die Einlagerungskammern für LAW transportiert und dort eingebracht werden (LAW).

Das Einbringen von Salzversatz als technische Barriere in die bestehenden Hohlräume im Bereich des Einlagerungshorizontes und der Verschluss des Blindschachtes und der Schrägstrecke nach Abschluss der Umlagerung der Abfälle ist Stand der Technik.

In Tabelle 61 werden die Untersuchungsergebnisse zu den Sub-Varianten 2 bis 6 zusammenfassend dargestellt. Es zeigt sich, dass alle dargestellten Sub-Varianten technisch realisierbar sind. Sub-Variante 1 wurde als nicht realisierbar identifiziert und von der weiteren Betrachtung ausgenommen.

Die Blindschächte können im Bereich des eingebrachten Schutzfluids mittels wasserdichten Ausbaus gesichert werden. Dies ist bei der Auffahrung einer Schrägstrecke nur bedingt möglich. Falls die südöstliche Umfahrung des vorhandenen Grubenfeldes nicht möglich ist, würden somit die Sub-Varianten 4 und 5 entfallen. Die Festlegung der genauen Lokation der Schrägstrecke kann erst nach umfangreichen geologischen Untersuchungen erfolgen. Gleiches gilt für die genaue Lage der Schächte sowie die endgültige Festlegung des Einlagerungshorizontes.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass unter dem Aspekt der bergtechnischen Machbarkeit sowie der bergrechtlichen Genehmigungsfähigkeit keine der Sub-Varianten 2 bis 6 zu verwerfen ist.

Bei der Frage des Verbleibs des Schutzfluids im Bergwerk ist den Sub-Varianten 2 und 3 der Vorzug zu geben. Falls ein Abpumpen des Schutzfluids außer Frage steht, würden die (generell ebenfalls möglichen) Sub-Varianten 4 und 5 nur nach Erkundung eines für das Auffahren der Schrägstrecke geeigneten Bereichs in der Salzstruktur Asse realisierbar sein. Die knapp doppelt so große Steinsalzmenge aus der Auffahrung bei den Sub-Varianten 4 und 5 spricht gegen diese beiden Varianten.

Auch aus strahlenschutztechnischer Sicht ist die Durchführung der Umlagerung nach den in dieser Studie beschriebenen Varianten möglich. Die gesetzlichen Vorgaben für die Strahlenexposition der Bevölkerung werden in allen betrachteten Varianten der Umlagerung eingehalten. Weiterhin werden die für die Strahlenexposition des Personals geltenden Grenzwerte unterschritten.

Tabelle 61 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse zu den einzelnen Subvarianten

Kriterium	Variante	Sub-Variante 2	Sub-Variante 3	Sub-Variante 4	Sub-Variante 5	Sub-Variante 6
Zuwegung zum Einlagerungshorizont	Variante I , II, III	zwei Blindschächte	zwei Blindschächte	zwei Blindschächte	Blindschacht und Schrägstrecke	Blindschacht und Schrägstrecke
Auffahrungstechnologie für die Einlagerungshohlräume für LAW	Variante I , II, III	Solen einer Kaverne für LAW	Solen mehrerer Kavernen für LAW	Auffahrung von Kammern für LAW	Solen mehrerer Kavernen für LAW	Auffahrung von Kammern für LAW
Auffahrungstechnologie für die Einlagerungshohlräume für MAW	Variante I , II, III	Abteufen einer Kaverne für MAW				
Technische Machbarkeit	Variante I , II, III	ja	ja	ja	ja	ja
Schutzfluid verbleibt im Bergwerk Asse II	Variante I , II, III	ja	ja	ja	nein	nein
Notwendigkeit geologischer Vorerkundung	Variante I , II, III	ja	ja	ja	ja	ja
Atomrechtliche Genehmigungsfähigkeit	Variante I , II, III	ja	ja	ja	ja	ja
Umlagerung aus Einlagerungskammern (LAW)	Variante I	6, 7, 11 (750-m-Sohle)				
	Variante II	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12 (750-m-Sohle)	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12 (750-m-Sohle)	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12 (750-m-Sohle)	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12 (750-m-Sohle)	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12 (750-m-Sohle)
	Variante III	alle	alle	alle	alle	alle
VBA (in Anzahl / in m <sup>3</sup> )	Variante I	12.668 / 14.820	12.668 / 14.820	12.668 / 14.820	12.668 / 14.820	12.668 / 14.820
	Variante II	14.736 / 17.240	14.736 / 17.240	14.736 / 17.240	14.736 / 17.240	14.736 / 17.240
	Variante III	14.779 / 17.290	14.779 / 17.290	14.779 / 17.290	14.779 / 17.290	14.779 / 17.290

Kriterium	Variante	Sub-Variante 2	Sub-Variante 3	Sub-Variante 4	Sub-Variante 5	Sub-Variante 6
	Variante I	0	0	0	0	0
nVBA (in Anzahl / in m <sup>3</sup> )	Variante II	26.593 / 8.450	26.593 / 8.450	26.593 / 8.450	26.593 / 8.450	26.593 / 8.450
	Variante III	109.707 / 34.500	109.707 / 34.500	109.707 / 34.500	109.707 / 34.500	109.707 / 34.500
	Variante I	0	0	0	0	0
Salzgrus (in m <sup>3</sup> )	Variante II	2.760	2.760	2.760	2.760	2.760
	Variante III	9.850	9.850	9.850	9.850	9.850
	Variante I	14.280	14.280	14.280	14.280	14.280
Umlagerungsvolumen LAW gesamt (in m <sup>3</sup> )	Variante II	28.450	28.450	28.450	28.450	28.450
	Variante III	61.640	61.640	61.640	61.640	61.640
	Variante I	14.280	14.280	14.280	14.280	14.280
MAW-Fässer (in Anzahl)	Variante I , II, III	1301	1301	1301	1301	1301
Umlagerungsvolumen MAW (in m <sup>3</sup> )	Variante I , II, III	325	325	325	325	325
Umgelagertes LAW Aktivitäts- inventar (Stand 01.01.2005)	Variante I	70 %	70 %	70 %	70 %	70 %
	Variante II	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %
	Variante III	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Umgelagertes MAW Aktivitäts- inventar (Stand 01.01.2005)	Variante I , II, III	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Umgelagertes Aktivitätsinven- tar gesamt (Stand 01.01.2005)	Variante I	82 %	82 %	82 %	82 %	82 %
	Variante II	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %
	Variante III	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Kriterium	Variante	Sub-Variante 2	Sub-Variante 3	Sub-Variante 4	Sub-Variante 5	Sub-Variante 6
Kollektivdosis des Personals (gesamter Umlagerungsprozess, inkl. MAW) in Kavernen in mSv	Variante I	35	35		35	
	Variante II	67	67		67	
	Variante III	466	466		466	
Kollektivdosis des Personals (gesamter Umlagerungsprozess, inkl. MAW) in Kammern in mSv	Variante I			38		38
	Variante II			71		71
	Variante III			471		471
Max. Individualdosis <sup>1</sup> des Personals (entsteht im Gewinnungsbereich)	Variante I	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
	Variante II	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %
	Variante III	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
Strahlenexposition der Bevölkerung durch Ableitungen <sup>2</sup> -Einlagerungskavernen LAW (MAW + < 1 %)	Variante I	14 %	14 %	14 %	14 %	14 %
	Variante II	31 %	31 %	31 %	31 %	31 %
	Variante III	31 %	31 %	31 %	31 %	31 %
Strahlenexposition der Bevölkerung durch Ableitungen <sup>2</sup> -Einlagerungskammern LAW (MAW + < 1 %)	Variante I	< 14 %	< 14 %	< 14 %	< 14 %	< 14 %
	Variante II	< 31 %	< 31 %	< 31 %	< 31 %	< 31 %
	Variante III	< 31 %	< 31 %	< 31 %	< 31 %	< 31 %
Strahlenexposition der Bevölkerung durch Störfälle <sup>3</sup> -Einlagerungskavernen	Variante I , II, III	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Strahlenexposition der Bevölkerung durch Störfälle <sup>3</sup> -Einlagerungskammern	Variante I , II, III	<< 0,1 %	<< 0,1 %	<< 0,1 %	<< 0,1 %	<< 0,1 %

Kriterium	Variante	Sub-Variante 2	Sub-Variante 3	Sub-Variante 4	Sub-Variante 5	Sub-Variante 6
Haufwerksmenge in t	Variante I	136.600	144.800	138.300	356.400	349.900
	Variante II	163.600	214.100	191.400	425.700	403.000
	Variante III	234.300	292.900	276.800	504.500	489.200
Zeitbedarf (in Tagen / in Jahren) <sup>4</sup>	Variante I	3.597 / 12,0	3.627 / 12,1	3.107 / 10,4	3.317 / 11,1	2.797 / 9,3
	Variante II	4.082 / 13,6	4.022 / 13,4	3.552 / 11,8	3.712 / 12,4	3.242 / 10,8
	Variante III	5.477 / 18,3	5.247 / 17,5	4.697 / 15,7	4.937 / 16,5	4.387 / 14,6
Kosten <sup>5</sup> Netto für LAW (in Mio. EURO)	Variante I	315.751.000	318.038.800	303.930.400	357.887.200	347.378.800
	Variante II	377.924.000	398.917.400	367.402.400	440.205.800	412.290.800
	Variante III	637.371.600	664.980.600	620.200.200	703.629.000	665.154.600
Kosten <sup>5</sup> Netto für MAW (in Mio. EURO)	Variante I	68.866.000	68.866.000	68.866.000	68.866.000	68.866.000
	Variante II	68.866.000	68.866.000	68.866.000	68.866.000	68.866.000
	Variante III	68.866.000	68.866.000	68.866.000	68.866.000	68.866.000
Gesamtkosten <sup>5</sup> Netto (in Mio. EURO)	Variante I	384.617.000	386.904.800	372.796.400	426.753.200	416.244.800
	Variante II	446.790.000	467.783.400	436.268.400	509.071.800	481.156.800
	Variante III	706.237.600	733.846.600	689.066.200	772.495.000	734.020.600

<sup>1</sup> Höchster Ausschöpfungsgrad des Grenzwertes nach § 55 (1) StrlSchV

<sup>2</sup> Bestimmungsgemäßer Betrieb (höchster Ausschöpfungsgrad der Grenzwerte nach § 47 StrlSchV)

<sup>3</sup> Höchster Ausschöpfungsgrad der Störplanungswerte nach § 49 StrlSchV

<sup>4</sup> Ohne Zeiten für das Anordnungs- und Genehmigungsverfahren, 300 AT (Arbeitstage) entsprechen 1 Kalenderjahr,

<sup>5</sup> Ohne Kostenbedarf für das Anordnungs- und Genehmigungsverfahren

## 10 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Machbarkeitsstudie wurden insgesamt drei Varianten zur Umlagerung der radioaktiven Abfälle (LAW) abgestuft nach Anteil der Umlagerungsmengen am radiologisch relevanten Gesamtinventar untersucht. Innerhalb dieser Varianten wurden jeweils eine Sub-Variante zur Umlagerung der Abfälle im Bereich der 511-m-Sohle bzw. 725-m- bis 775-m-Sohle und weitere fünf Sub-Varianten zur Umlagerung in tiefer liegende Gesteinsformationen untersucht. Unabhängig von den Varianten ist in jedem Fall die Umlagerung der gesamten MAW-Abfälle vorgesehen.

Anhand der Lage und der Aktivität des vorliegenden radiologischen Inventars wurden drei Varianten entwickelt, bei welchen zwischen 82 % und 100 % des Aktivitätsinventars (LAW und MAW) umgelagert werden können. Hierfür wurden Konzepte zur Rückgewinnung, Konditionierung, zum Transport und zur Einlagerung der LAW-Abfälle erstellt. Die MAW-Abfälle werden über ein gesondertes Transportsystem ohne weitere Umverpackung in die hierfür vorgesehene Endlagerkaverne verbracht. Der Transport erfolgt fernbedient. Transportbereiche und Kaverne werden als Sperrbereich eingerichtet.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden folgende Varianten zur Umlagerung der LAW untersucht:

- Variante I

Rückholung der VBA aus den Kammern 6/750, 7/750 und 11/750 (750-m-Sohle): 70 % des radiologisch relevanten Inventars (LAW) (12.668 VBA), nicht handhabbare Gebinde bleiben liegen.

Gesamtes Rückholvolumen: 14.820 m<sup>3</sup>.

- Variante II

Rückholung der VBA aus den Kammern 6/750, 7/750 und 11/750 (750-m-Sohle) sowie aller Gebinde aus den Kammern 1/750, 2/750, 5/750 und 12/750: alle Gebinde aus den genannten Kammern, d.h. 92 % des radiologisch relevanten Inventars (LAW) (14.736 VBA, 33.340 Fässer, Schüttgut) und Salzgrus (Versatz) bzw. Schüttgut werden gewonnen.

Gesamtes Rückholvolumen: 28.450 m<sup>3</sup>.

- Variante III (Umlagerung aller Gebinde):

Rückholung aller Gebinde aus den Einlagerungskammern: 14.932 VBA, 109.707 Fässer bzw. Schüttgut.

Rückholung von 15.000 m<sup>3</sup> Salzgrus/Schüttgut.

Gesamtes Rückholvolumen: 61.640 m<sup>3</sup>.

Für die Umlagerung der radioaktiven Abfälle in tiefer liegende Gesteinsformationen wurde verschiedene Möglichkeiten des Aufschlusses sowie der Auffahrung der Einlagerungshohlräume untersucht. Hierbei kommen zwei Möglichkeiten des Aufschlusses in Betracht, erstens das Abteufen von zwei Blindschächten sowie zweitens das Abteufen eines Blindschachtes und die Auffahrung einer Schrägstrecke. Aufgrund der geringen flächenhaften Erstreckung des Bergwerksfeldes Asse II wurde eine Variante mit Auffahrung von zwei Schrägstrecken nicht in die Betrachtungen einbezogen.

Bezüglich der möglichen Auffahrung wurden folgende Subvarianten untersucht:

- Sub-Variante 1:  
Umlagerung der MAW im Bereich der 511-m-Sohle und der LAW im Bereich der 725-m- bis 775-m-Sohle,
- Sub-Variante 2:  
Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie Abteufen der Kaverne für die Umlagerung der MAW unterhalb des westlich gelegenen Blindschachtes und Solen der Kaverne für die Umlagerung der LAW unterhalb des östlich gelegenen Blindschachtes,
- Sub-Variante 3:  
Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie Abteufen der Kaverne für die Umlagerung der MAW unterhalb des westlich gelegenen Blindschachtes und Solen von mehreren Kavernen für die Umlagerung der LAW,
- Sub-Variante 4:  
Abteufen von zwei Blindschächten, für die MAW ab der 511-m-Sohle und für die LAW ab der 750-m-Sohle, bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie Abteufen der Kaverne für die Umlagerung der MAW unterhalb des westlich gelegenen Blindschachtes und bergmännische Auffahrung von Einlagerungskammern für die Umlagerung der LAW,
- Sub-Variante 5:  
Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes für die Umlagerung der MAW und das Abteufen von Kavernen mittels Solung für die Umlagerung der LAW,
- Sub-Variante 6:

Abteufen eines Blindschachtes für die MAW ab der 511-m-Sohle und Auffahrung einer Schrägstrecke von der 750-m-Sohle bis zum neuen Einlagerungshorizont sowie das Abteufen einer Kaverne unterhalb des Blindschachtes für die Umlagerung der MAW und die bergmännische Auffahrung von Einlagerungskammern für die Umlagerung der LAW.

Folgende wichtige Erkenntnisse haben sich im Rahmen der Studie bei den einzelnen Sub-Varianten herauskristallisiert:

- Die Sub-Variante 1 - Umlagerung innerhalb des bisherigen Einlagerungsniveaus 511-m- und 725-m- bis 775-m-Sohle - wurde bezüglich ihrer Eignung untersucht. Es wurde belegt, dass diese Variante als nicht realisierbar zu verwerfen ist.
- Die Sub-Varianten 2, 3 und 4, d. h. Abteufen von zwei Blindschächten innerhalb des heutigen Grubengebäudes der Schachanlage Asse II, sind ohne größere Probleme realisierbar. Der Bereich zwischen der 750-m-Sohle und der 975-m-Sohle (plus Sicherheitsabstand) könnte durch einen wasserdichten Ausbau, wie er in der deutschen Kaliindustrie üblich ist, gesichert werden.
- Die Sub-Varianten 5 und 6 sind bei der Auffahrung der Schrägstrecke im jetzigen Grubenfeld nur durch Abpumpen des vorhandenen Schutzfluides unterhalb der 750-m-Sohle realisierbar. Inwieweit eine Verlegung der Schrägstrecke in Bereiche außerhalb des Grubenfeldes zwischen der 750-m-Sohle und der 975-m-Sohle möglich ist, kann nur durch ein umfangreiches Erkundungsprogramm von über und unter Tage nachgewiesen werden. Wenn beides nicht möglich sein sollte, würden die Sub-Varianten 4 und 5 entfallen.
- Das Abteufen der Kaverne für MAW sowie die Auffahrung der Einlagerungskammern für LAW ist ohne Probleme bergtechnisch möglich und könnte somit ohne Einwände (berg-) behördlich genehmigt werden (Sub-Variante 4 und 6)
- Das Aussolen einer großen Kaverne bzw. mehrerer kleiner Kavernen ist bergtechnisch ebenfalls möglich und könnte somit ebenfalls ohne Einwände (berg-) behördlich genehmigt werden (Sub-Variante 2, 3 und 5).
- Ein größeres Problem wird bei der vollständigen Abförderung der im Kavernenhohlraum verbleibenden Lösung gesehen. Technisch nicht erfassbare Restmengen von Lösung müssten zuverlässig gebunden werden. Weiterhin ist mit größeren Hohlraumkonvergenzen aufgrund der Kavernengröße und der Teufe von >1.200 m zu rechnen. Zum Nachweis der Standsicherheit des Kavernenhohlraumes sind weitere geomechanische Modellrechnungen erforderlich.
- Die Ermittlung der notwendigen Zeiten erfolgte unter dem Ansatz konservativer Annahmen, d. h. mögliche Zeitersparnisse durch mögliche parallele Auffahrungs- und Einlagerungszeiten wurden nicht weiter untersucht.

- Bei den Sub-Varianten 2 bis 6 wurde der kritische Pfad zur Ermittlung der Zeiten **ohne die Zeiten für die einzelnen Genehmigungsverfahren** zugrundegelegt.
- Gleiches gilt bei der Ermittlung der Kosten für die einzelnen Varianten.
- Eine genauere monetäre Bewertung der einzelnen Varianten ist zurzeit aufgrund fehlender Planungsgrundlagen nicht möglich. Hier wurden analog der Ermittlung der Bauzeiten konservative Ansätze zugrunde gelegt und darüber der prozentuale Anteil für Unvorhergesehenes auf 20 % festgelegt. Mit der Kostenrechnung wird jedoch die Kostenentwicklung bei den einzelnen Varianten gut ersichtlich.

Im Kapitel 9.5 wurden die Auffahrmengen und die Zeiten für die Auffahrungen und die Umlagerung der radioaktiven Abfälle zusammenfassend dargestellt. Die Steinsalzmengen aus dem Aufschluss des Einlagerungsbereiches und der Vorrichtung sowie Auffahrung der Einlagerungshohlräume liegen bei

Variante I	136,6 kt bis 356,4 kt,
Variante II	163,6 kt bis 425,7 kt,
Variante III	234,3 kt bis 504,5 kt.

Die erforderlichen Zeiten für die bergmännische Auffahrung und die Umlagerung der radioaktiven Abfälle liegen bei

Variante I	9,3 Jahre bis 12,1 Jahre,
Variante II	10,8 Jahre bis 13,6 Jahre,
Variante III	14,6 Jahre bis 18,3 Jahre.

Bezüglich der Kosten für die einzelnen Varianten wurden folgende Größen bestimmt:

Variante I	372,8 Mio. EURO bis 426,7 Mio. EURO,
Variante II	436,3 Mio. EURO bis 509,1 Mio. EURO,
Variante III	689,1 Mio. EURO bis 772,5 Mio. EURO.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird gezeigt, dass die Umlagerung der radioaktiven Abfälle technisch möglich ist. Die Gewinnung, der Transport und die Einlagerung der Abfälle in den Bereichen in 1.200 m Teufe kann entsprechend dem beschriebenen Konzept durchgeführt werden. Die hier vorgestellten technischen Einrichtungen und Maßnahmen basieren auf vorhandenen Entwicklungen und sind kurzfristig verfügbar.

Auch aus strahlenschutztechnischer Sicht ist die Durchführung der Umlagerung nach den in dieser Studie beschriebenen Varianten möglich. Die gesetzlichen Vorgaben für die Strahlenexposition der Bevölkerung werden in allen betrachteten Varianten der Umlagerung eingehalten. Weiterhin werden die für die Strahlenexposition des Personals geltenden Grenzwerte unterschritten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass unter dem Aspekt der bergtechnischen Machbarkeit oder bergrechtlichen Genehmigungsfähigkeit keine der Sub-Varianten 2 bis 6 zu verwerfen ist.

---

## Quellenverzeichnis

- /1/ Ahlbrecht, Th. (2004): Das Abteufen des Schachtes Konradsberg bei den Südwestdeutschen Salzwerken in Heilbronn.- Freiberg, 55. Berg- und Hüttenmännischer Tag 2004.
- /2/ Arbeitsgruppe Optionenvergleich (2009): Anlage 2 zur Bewertung von Optionen zur Verbesserung der Sicherheitssituation im Rahmen der Stilllegung der Schachtanlage Asse II (Abschlussbericht der AGO-Phase-1 (2008)).- Burgdorf, 09.01.2009, 17 Seiten.
- /3/ Appel, D. (1971): Bericht über die geologische Neuaufnahme der Asse bei Wolfenbüttel (Niedersachsen) unter besonderer Berücksichtigung ihrer Quartärbedeckung und der Tektonik der Südwestflanke.- AZ.IV-1306/71, S. 129, TH Hannover, Hannover.
- /4/ Asse GmbH (2009): Rißwerk Schachtanlage Asse II.- Remlingen, 20.04.2009, 72 Blatt.
- /5/ Baldschuhn, R.; Frisch, U.; Kockel, F. (1996): Geotektonischer Atlas von NW-Deutschland.- 2 Kt., Geotektonischer Atlas von NW-Deutschland, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- /6/ Batsche, H.; Klarr K.; v. Stempel, Ch. (1994): Hydrologisches Forschungsprogramm Asse, Abschlußbericht.- Neuherberg, 1994, unveröffentlichter Abteilungsbericht IFT 4/94, 662 Seiten.
- /7/ Beutler, G. (2002): Tektonische Übersichtskarte von Sachsen-Anhalt 1:500000, Saxonische Strukturen.- 1. Auflage, Halle/S.
- /8/ Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau und Energie in NRW (2007): Leitfaden für das Verwahren von Tagesschächten.- Arnsberg , 05.12.2007, – 86.18.13.1–8–35 –
- /9/ Börger (1943): Vorlage betr. Laugenzuflüsse auf der Schachtanlage Asse II.- April 1943, unveröffentlicht, 7 Seiten.
- /10/ Boigk, H. (1957): Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover.- Geol. Jb., 72, S. 325-340, Hannover.
- /11/ COLENCO (2002): Hydrogeologisches Konzeptmodell.- Colenco Power Engineering AG, Baden/Schweiz, Januar 2002, Colenco-Bericht 4965/04.
- /12/ Diem, W. (1985): Feinstratigraphie und Petrofazies des Staßfurt-Steinsalzes (Zechstein 2) im Aufschlußbereich des Salzbergwerkes Asse II bei Braunschweig.- GSF-Bericht 29/85, S. 206, GSF, Braunschweig.
- /13/ DIN 21500 Schachtausbau (2001): Schachtausbau im Bergbau November 2001 Normenausschuss Bergbau (FABERG) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 18 Seiten.
- /14/ Dobert, H. (1984): Zwischenbericht - Abteufen des Wetterschachtes Riedel.- Firmenzeitschrift "Unser Betrieb", Dezember 1984.
- /15/ ERCOSPLAN (2004): Zusammenfassung der Grundlagen für die Langzeitsicherheitsbewertung der Schachtanlage Asse II.- ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH, 94 Seiten, 9 Anlagen, Erfurt.
- /16/ Essaid, S.; Klarr, K. (1982): Zum Innenbau der Salzstruktur Asse.- Deutsche Geologische Gesellschaft, Bd. 133, S. 135-154, Deutsche Geologische Gesellschaft, Hannover.
- /17/ Franzke, H. J. & Schwandt, A. (2008): Ergänzende Untersuchung/Beurteilung der strukturellen Situation des Deckgebirges im Bereich der Schachtanlage Asse II.- 78 Seiten, 28 Abbildungen., 1 Tabelle, GSF-Bericht, Bestellung: 31/175600/07/T; Erfurt.

- /18/ Gärtner, H.-H. (2001): Die Geschichte des Salzbergwerkes Asse.- Helmholtz Zentrum München, Schachtanlage Asse Remlingen, 21.09.2001, 14 Seiten.
- /19/ Gimm, W. (1968): Kali- und Steinsalzbergbau, Band I, Aufschluß und Abbau von Kali- und Steinsalzlagerstätten, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1968.
- /20/ GSF (2003): Zusammenstellung und Bewertung der vor 1988 im Grubengebäude der Schachtanlage Asse II aufgetretenen Salzlösungen und Gase.- Remlingen, 30.05.2003, 40 Seiten.
- /21/ Hartmann, O.; Zeibig, S. (2006): Erfassung der Schächte des Kali- und Steinsalzbergbaus in Deutschland.- Kali und Steinsalz, 10, H.: 1/2006, S. 38 - 43.
- /22/ Helmholtz Zentrum München, Asse (2008): Arbeitspaket 3 – Betriebsbeschreibung, Stand: Oktober 2008.- Remlingen, 04.10.2008, 14 Seiten, 10 Anlagen.
- /23/ Heydorn, M.; Herrmann, F. (2009): Beschreibung der Lagerbereiche der Abfälle.- Asse GmbH Remlingen, 27.03.2009, 28 Seiten, 2 Anhänge, 15 Anlagen.
- /24/ Hofmeister, W. (1990): Streckenauffahrungen mit schweren Teilschnittmaschinen.- Kali und Steinsalz, 10, H.: 7/8, S. 240 - 250.
- /25/ Jessberger, H.-L. (1995): Gefrierschächte Gorleben, Beiträge zum Symposium Gorleben, Bochum 21.-22. September 1994, Balkema, Rotterdam, S. 1-290, (ISBN9054105259).
- /26/ Jürgens, H.-H. (1979): Atommülldeponie Salzbergwerk Asse II: Gefährdung der Biosphäre durch mangelnde Standsicherheit und das Ersaufen des Grubengebäudes.- Braunschweig, 01.03.1979, Braunschweiger Arbeitskreis gegen Atomenergie, 81 Seiten.
- /27/ Klarr, K. (1981): Grundlagen zur Geologie der Asse.- GSF-Bericht T117, S. 92, 5 Tabellen, GSF, Braunschweig.
- /28/ Klarr, K.; Kolditz, H.; Kull, H.; Schmidt, M.W.; Schweinsberg, A.; Steinberg, G.; Starke C.; Wallmüller, R. (1991): Erstellung von Tiefbohrungen auf der Südwestflanke der Asse.- GSF-Bericht 36/90, S. 121, GSF, Neuherberg.
- /29/ Klarr, K.; Richter-Bernburg G.; Rothfuchs, T. (1987): Der Zechstein in der Asse südöstlich Braunschweig und geowissenschaftliche Versuche zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle.- Wiesbaden, Int. Symp. Zechstein 87, Exkursionsführer 1, Seiten 101-122.
- /30/ Klein, J. (1987): Schachtbautechnische Entwurfsplanung für die tiefen Gefrierschächte in der VR China- Glückauf 135 (1999), Nr. 4.
- /31/ Klein, J. (1993): Die Baukonstruktion der Gleitschächte im Steinkohlenbergbau.- Glückauf 129 (1993) Nr. 10.
- /32/ Klein, J. (1999): Abteufen und Ausbauen des Gefrierschachtes Sophia- Jacoba 8, Glückauf 123 (1987), Nr. 22.
- /33/ Kockel, F. (2003): Inversion structures in Central Europe - Expressions and reasons, an open discussion. - Netherlands Journ. Geosc./Geologie en Mijnbouw, 82/4: 367-382; Amsterdam.
- /34/ Kratzsch, H. (1997): Bergschadenkunde.- Bochum, Deutscher Markscheider – Verein e.V., 1997.
- /35/ K+S Aktiengesellschaft (2002): Forschungsprojekt Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II (Kurzfassung)- BMBF – Forschungsvorhaben, Förderkennzeichen 02C0516.- Bad Salzdetfurth, August 2002, 37 Seiten, 11 Abbildungen.
- /36/ Kühn, K.; Klarr, K.; Borchert, H. (1967): Studie über die bisherigen Laugenzuflüsse auf den Asse-Schächten und die Gefahr eines Wasser- oder Laugeneinbruchs in das Gruben-

- gebäude des Schachtes II.- Gesellschaft für Strahlenforschung mbH München, Institut für Tief Lagerung Clausthal-Zellerfeld, 01.11.1967, GSF-Bericht T10, 42 Seiten.
- /37/ Michael, E. & Pape, H. (1971): Eine bemerkenswerte Bio- und Lithofazies an der Basis des Unter-Hauterivium Nordwestdeutschlands.- Mitt. Geol. Inst. Techn. Univ. Hannover, 10, 43-108, Hannover.
- /38/ Müller-Lyda, I.; Schauer mann, V.; Dahle, H.; Hirsch, R. (2009): Systembeschreibung: Bewetterung der Schachanlage Asse II.- Institut für Sicherheitstechnologie GmbH Köln, 21.04.2009, 24 Seiten, 2 Anhänge.
- /39/ Oellers, T. (2000): Teufen und Ausbauen des Gefrierschachtes Mol 2.- Firmenzeitschrift "Unser Betrieb", 2000.
- /40/ Paul, J.; Klarr, K. (1988): Feinstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins in der Bohrung Remlingen 5.- GSF-Bericht 8/87, S. 148, GSF, Neuherberg.
- /41/ Phillippi (1899): Ein Triasprofil von Ührde im Braunschweigischen.- Z. deut. geol. Gesel., 61, S. 70-73, Berlin.
- /42/ Reuther, E.-U. (1989): Lehrbuch der Bergkunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues, Verlag Glückauf GmbH, Essen, 1989.
- /43/ Schönfeld, E. (1986): Die Grundwasserbewegung im Deckgebirge und am Salzspiegel des Salzstockes Asse.- GSF-Institut für Radiohydrometrie Neuherberg, Juli 1986, GSF-Bericht 26/86, 107 Seiten.
- /44/ Schütte, H. (1986): Untersuchungen von Klüften und Spalten in halotektonisch verformten Salzgesteinen im Aufschlussbereich d. Schachanlage Asse II Remlingen b. Wolfenbüttel.- Clausthaler Geowiss. Dissertation, H.: 20, S. 274, Uni Clausthal, Clausthal-Zellerfeld.
- /45/ Sitz, P. u. a. (1999): Langzeitfunktionstüchtiger Streckenverschluß aus kompaktiertem Bentonit im Bergwerk Sondershausen.- Glückauf 135 (1999) 3, S. 134 - 139.
- /46/ Stockmann, N.; Heydorn, M.; Bracke, G.; Hensel, G. (2001): Zusammenstellung der Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachanlage Asse II.- Remlingen, 2001, GSF-Bericht SG 2110, 94 Seiten.
- /47/ Voigt, Th.; Wiese, F.; v. Eynatten, H.; Franzke, H. J. & Gaupp, R. (2008): Facies evolution of syntectonic Upper Cretaceous deposits in the Subhercynian Basin and adjoining areas (Germany).- Z. dt. Ges. Geowiss., 157/2: 203-244; Stuttgart.
- /48/ Woldstedt, P.; Harbort, E.; Fulda, E.; Görz, G. (1931): Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Schöppenstedt, Nr. 2095.- Preußische Geologische Landesanstalt Berlin, 1931, 66 Seiten.
- /49/ Woldstedt, P.; Harbort, E.; Görz, A. (1931): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Wolfenbüttel, Nr. 2094.- Preußische Geologische Landesanstalt Berlin, 1931, 55 Seiten.
- /50/ Zhang, Chun-Liang (2000): Kataster der gesteinsmechanischen Daten und Parameter für den Standort Asse Band 2: Anhang 1.- GSF-Forschungszentrum Asse Teilbereich Standortüberwachung, April 2000.
- /51/ DMT & TÜV NORD (2009): Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachanlage Asse. Bericht.- Deutsche Montan Technologie GmbH & Co. KG und TÜV Nord Systec GmbH & Co. KG, Essen.

- /52/ StrlSchV (2001): Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, (2002, 1459)), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 29. August 2008 (BGBl. I S. 1793) geändert worden ist.
- /53/ ASSEKAT-Datenbank: ASSEKAT Endversion Entwurf mit ISS 8.0, erstellt am 29.03.2009
- /54/ EWN & TÜV NORD (2008): Möglichkeit einer Rückholung der MAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse.- EWN GmbH Lubmin und TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG, Hamburg.
- /55/ Lange, F., Gründler, D. & Schwarz, G. (1991): Transportstudie Konrad: Sicherheitsanalyse des Transportes radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad – GRS-84.- GRS Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH.
- /56/ ISTec (2009): Sicherheitsüberprüfung des bestimmungsgemäßen Betriebes der Schachtanlage Asse II (Rev. 00).- 04/2009, ISTec GmbH.
- /57/ Gründler, D. (1987): Systemanalyse Konrad, Teil 3, Bestimmung störfallbedingter Aktivitätsfreisetzung – GRS-A-1389.- GRS Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH.
- /58/ Brenk Systemplanung (2001): Rechnungen gemäß der neuen Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zu §47 der Strahlenschutzverordnung für den Standort der Schachtanlage Asse.- Brenk Systemplanung GmbH.
- /59/ STEAG encotec (2007): Programmsystem EXPO47 - Jahresabgaben Abluft auf Basis der AVV zum § 47 StrlSchV (neu), gemäß Entwurf des BfS vom 13.5.2005 Version 5.1, Stand 16.02.2007.- STEAG encotec GmbH, Essen.
- /60/ AVV StrlSchV (2005): Entwurf der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen.
- /61/ GSF (2009): Anordnung der Probenahmeeinrichtungen im Abluftstrom der Asse II.- Zeichnung, GSF Institut für Tieflagerung/TA, 1 Blatt.
- /62/ STRESS (2007): Programm Strahlenexposition in der Umgebung gemäß den Störfallberechnungsgrundlagen zu den Leitlinien gemäß § 28 (3) StrlSchV (alt) aktualisiert gemäß § 49 StrlSchV 2001 (neu), Version 4.0.1, Stand 2007.
- /63/ Strahlenschutzkommission (2003): Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV, Neufassung des Kapitels 4: Berechnung der Strahlenexposition, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Verabschiedet in der 186. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 11.September 2003.
- /64/ BMU (2001): Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strahlenexposition vom 23.Juli 2001, Bundesanzeiger Nr. 160 a/b vom 28.August 2001.
- /65/ ISTec (2006): Ermittlung der Quellterme für die radiologisch relevanten Störfälle bei der Stilllegung des ERAM (Rev. 0).- 12/2006, ISTec GmbH.

<b>PFAD</b>	O:\@Projekte EGB aktuell\EGB_07-036_Rahmenvereinbarung_Schließung_Asse\EGB_07-036.01_Machbarkeit_Umlagerung\03proj_AUSLIEFERUNG\2009-10-01_Endfassung_Rev01\07-036_Textteil_Rev01.doc
<b>REVISION</b>	00
<b>GEPRÜFT VON</b>	AdM Dipl.-Ing. Carsten Ackermann