



Bundesamt für Strahlenschutz

**Planfeststellungsverfahren
zur Stilllegung des Endlagers für
radioaktive Abfälle Morsleben**

Titel: Bewertung der Rückholbarkeit der im ERAM eingelagerten
radioaktiven Abfälle

Autor: TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG

Erscheinungsjahr: 2006

Bewertung der Rückholbarkeit der im ERAM eingelagerten radioaktiven Abfälle

TÜV NORD SysTec GmbH & Co

Verfasser: Dr. J. Feinhals

Hamburg, 30. Mai 2006

Der Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) erstellt. Das BfS behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des BfS zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Meinung und Auffassung des Auftragnehmers wieder und muss nicht in jedem Fall mit der Meinung des BfS übereinstimmen.

BFS2005/0003

Zusammenfassung

Dr. J. Feinhals: Bewertung der Rückholbarkeit der im ERAM eingelagerten radioaktiven Abfälle

Endlager, ERAM, Kollektivdosis, radioaktive Abfälle, Rückholbarkeit, Störfallrisiko.

Im ERAM sind etwa 37.000 m³ niedrig- und mittelaktive Abfälle mit überwiegend kurzlebigen Radionukliden und einer Gesamtaktivität von weniger als $6 \cdot 10^{14}$ Bq eingelagert. Im Hinblick auf nicht auszuschließende Diskussionen in der Öffentlichkeit soll auch das Erfordernis für eine mögliche Auslagerung der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM betrachtet werden. Dabei sollen aufbauend auf der vorliegenden aktuellen Bestandsaufnahme die Strahlenschutzaspekte der zugehörigen Maßnahmen für eine andere Entsorgung (Zwischen- und/oder Endlagerung) im Hinblick auf § 6 Abs. 1 StrlSchV /2/ in Form eines Berichtes bewertet werden.

Aus den vorliegenden Daten wird abgeschätzt, dass bei der Rückholung von ca. 37.000 m³ radioaktiven Abfällen weitere ca. 80.000 m³ kontaminierte Materialien (z.B. kontaminierter Salzgrus) anfallen, so dass insgesamt ca. 117.000 m³ zu entsorgen sind. Der fernbediente Rückbau der radioaktiven Abfälle erfolgt mit Hydraulikbaggern in lufttechnisch abgegrenzten Bereichen untertage. Mit Braunkohlenfilteraschen verfestigte Eindampfrückstände sowie kontaminierter Salzgrus werden noch vor Ort nachgebrochen. In Fässer verpackte und unverpackte Abfälle werden bereits untertage auf kubische Maße vorgepresst. Einige Abfallgebinde benötigen diese Vorbehandlung nicht. Die so vorbehandelten Abfälle werden in Press-Container eingestellt, deren Aktivität dann ausgemessen wird.

Die Press-Container werden über die Schachtförderanlage Bartensleben nach über- tage gebracht, um vor Ort zu Presslingen (Pellets) kompaktiert und zwischengelagert zu werden. Hierfür ist ein zum Zwischenlager Nord am Standort Lubmin teilweise analoges Zwischenlager und Konditionierungszentrum erforderlich. Kontaminierter Salzgrus wird weitgehend zu Salzbeton verarbeitet, welcher als Betonauskleidung für die vorgesehenen KONRAD-Container Typ V verwendet wird. Anschließend erfolgt eine optimierte Beladung der KONRAD-Container mit diesen Pellets und eine Hohl-

raumverfüllung mit kontaminiertem Salzgrus. Die KONRAD-Container sollen dann vor Ort zwischengelagert werden, bis eine Endlagerung an einem alternativen Standort erfolgen kann.

Für die vorbereitenden Tätigkeiten zur Rückholung werden ca. 14 Jahre abgeschätzt. Ein Abschluss der Tätigkeiten im atomrechtlichen Verfahren kann nach ca. 30 Jahren erreicht werden. Danach ist eine Stilllegung des Bergwerkes ausschließlich nach Bergrecht möglich. Für die Zeit der Auslagerung der radioaktiven Abfälle ergibt sich ein Personalaufwand von ca. 233 Personen.

Für die Betrachtung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung infolge der Ableitungen aus dem Schacht Bartensleben mit der Fortluft wird angenommen, dass durch Einsatz von Schwebstofffiltern der Klasse H 13 Aerosole weitgehend zurückgehalten werden, so dass durch die zu erwartenden Tätigkeiten im Rahmen der Rückholung kein radiologisch signifikanter Anstieg der betrieblichen Ableitungen bzgl. der Aerosole zu rechnen ist. Gasförmige Radionuklide wie Radon, Tritium oder C-14 bewirken eine potenzielle Strahlenexposition für die Bevölkerung von weniger als $1 \mu\text{Sv/a}$. Die gesetzliche Begrenzung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung mit der Fortluft (Abwetter) ist daher einhaltbar. Eine Ableitung radioaktiver Wässer erfolgt nicht mehr.

Im Ergebnis der Betrachtung der für das Personal zu erwartenden Strahlenexposition wird festgestellt, dass für den Fall einer Rückholung der Abfälle aus dem ERAM mit einer Kollektivdosis von insgesamt ca. 12,6 Sv gerechnet werden muss. Aus den o. g. Kollektivdosiswerten ergibt sich unter Berücksichtigung der aufgeführten Dauer der Tätigkeiten und der hierfür abgeschätzten Personenzahl keine Überschreitung von Dosisgrenzwerten für das Personal.

Die Betrachtung der möglichen Störfälle zeigt, dass für den Fall einer Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM mit einer deutlichen Steigerung des Störfallrisikos gerechnet werden muss, da zusätzliche Tätigkeiten mit radioaktiven Abfällen sowohl untertage als auch übertage durchgeführt werden und sich danach eine möglicherweise längerfristige Zwischenlagerung übertage anschließt, die bezüglich auslegungsüberschreitenden Ereignissen (Flugzeugabsturz) im Vergleich zur untertägigen Lagerung nur einen deutlich reduzierten Schutz bietet. Darüber hinaus ist noch das zusätzliche Störfallrisiko durch einen verkehrstechnischen Unfall während der Beförderung der Abfallgebinde zum alternativen Endlager zu berücksichtigen.

Basierend auf den Aussagen der Machbarkeitsstudie der DBE und Erfahrungswerten von Herstellern von Behältern und Herstellern/Betreibern von Konditionierungseinrichtungen sowie auf Erfahrungswerten von Betreibern von Kernkraftwerken bzgl. der Stilllegung von Einrichtungen und der Räumung von Abfalllagern wurde eine Kostenschätzung vorgenommen. Die Gesamtkosten des Projektes betragen ca. 3,4 Mrd. €. Davon sind für Investitionsmaßnahmen ca. 719 Mio. €, für Betriebskosten ca. 932 Mio. € und für den Transport und die Endlagerung der Abfälle ca. 1,7 Mrd. € zu veranschlagen.

Es ist daher aus unserer Sicht weder ein Nutzen für Einzelpersonen der Bevölkerung noch aufgrund der hohen finanziellen Belastung ein gesellschaftlicher Nutzen erkennbar. Die abgeschätzte Kollektivdosis des Personals von ca. 12,6 Sv sowie die Strahlenexposition für die Bevölkerung stellen somit eine unnötige Strahlenexposition dar. Da gemäß § 6 StrlSchV jede unnötige Strahlenexposition zu vermeiden ist, ist die hier beschriebene Rückholung von radioaktiven Abfällen aus dem ERAM zwar machbar aber nicht zulässig.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Aufgabenstellung	9
2.1	Zielsetzung / Beschreibung	9
2.2	Grundlagen / Vorgaben	10
2.3	Abgrenzung	11
2.4	Gliederung der Aufgabe	11
3	Darstellung des Ist-Zustandes des ERAM	12
3.1	Grubengebäude	12
3.2	Untertägige Anlagen	14
3.3	Radioaktive Abfälle im ERAM	15
4	Konditionierung	26
4.1	Machbarkeitsstudie der DBE	26
4.2	Allgemeine Randbedingungen	27
4.3	Neufestlegung der Abfallkategorien	28
4.4	Rückbau- und Konditionierungskonzept	29
4.5	Rückbau	31
4.6	Messung	33
4.7	Konditionierung	34
4.8	Behälter, Beförderung	35
4.9	Konfektionierung	36
5	Aufwand	38
5.1	Abschätzung des Abfallaufkommens	38
5.2	Personeller Aufwand	39
5.3	Zeitlicher Aufwand – Rahmenterminplan	42
6	Dosisbetrachtung	45
6.1	Potenzielle Strahlenexposition der Bevölkerung	45
6.2	Individualdosis des Personals	47
6.3	Kollektivdosis des Personals	48
7	Vergleichende Störfallrisikobetrachtung	52
7.1	Störfallanalysen für die Stilllegung des ERAM	52
7.1.1	Anlageninterne Ereignisse	52
7.1.2	Ereignisse durch naturbedingte bzw. sonstige Einwirkungen von außen	53
7.2	Störfälle während der Rückholung	53

8	Kostenabschätzung	57
8.1	Investitionskosten	57
8.2	Betriebskosten	59
8.3	Weitere Kosten	59
9	Zusammenfassende Bewertung des Erfordernisses	62
10	Verzeichnisse	66
10.1	Literaturverzeichnis	66
10.2	Abkürzungsverzeichnis	69
10.3	Verzeichnis der Tabellen	70
10.4	Verzeichnis der Abbildungen	70

Gesamtseitenzahl 70

1 Einleitung

Im ERAM sind etwa 37.000 m³ niedrig- und mittelaktive Abfälle mit überwiegend kurzlebigen Radionukliden und einer Gesamtaktivität von weniger als $6 \cdot 10^{14}$ Bq (Bezugszeitpunkt: 30.06.2005) eingelagert. Auf diesen Zeitpunkt sind alle nachfolgenden Aktivitätsangaben bezogen.

Zurzeit wird vom BfS ein Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM betrieben /1/. Genehmigungsbehörde ist das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (MLU ST).

Im Hinblick auf nicht auszuschließende Diskussionen in der Öffentlichkeit soll auch das Erfordernis für eine mögliche Auslagerung der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM betrachtet werden. Dabei sollen aufbauend auf der vorliegenden aktuellen Bestandsaufnahme die Strahlenschutzaspekte der zugehörigen Maßnahmen für eine andere Entsorgung (Zwischen- und/oder Endlagerung) im Hinblick auf § 6 Abs. 1 StrlSchV /2/ in Form eines Berichtes bewertet werden. Endziel der Maßnahmen ist dabei die Freigabe des ERAM entsprechend den Anforderungen nach § 29 StrlSchV. Folgende Varianten sollen hierbei verglichen werden:

A) Verbleib der Abfälle im ERAM (Endlagerung)

B) Auslagerung der Abfälle:

B1: Konditionierung und anschließende direkte Auslagerung der hergestellten Abfallgebände ohne weitere Zwischenlagerung in ein alternatives, betriebsbereites Endlager, bis dahin wird das ERAM offen gehalten.

B2: Konditionierung und anschließend Auslagerung der hergestellten Abfallgebände in ein oberirdisches Zwischenlager am Standort Morsleben, bis ein alternatives Endlager betriebsbereit zur Verfügung steht.

Da derzeit ein Termin für die Inbetriebnahme eines alternativen Endlagers nicht bekannt ist, sollen Terminvarianten betrachtet werden. Die Bewertung erfolgt sowohl aus strahlenschutztechnischer als auch aus kostenspezifischer Sicht. Genehmigungsrechtliche sowie bergtechnische Aspekte werden in der Bewertung gemäß der Leistungsbeschreibung nicht berücksichtigt.

Mit Schreiben vom 23.09.2005 /3/ beauftragte das BfS die TÜV NORD SysTec mit der Bewertung der Rückholbarkeit der im ERAM eingelagerten radioaktiven Abfälle

2 Aufgabenstellung

2.1 Zielsetzung / Beschreibung

Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurde im ehemaligen Kali- und Steinsalzbergwerk Bartensleben eingerichtet. Nach ersten probeweisen Einlagerungen und einer befristeten Genehmigung wurde 1986 die unbefristete Genehmigung zum Dauerbetrieb /4/ erteilt. Die Zuständigkeit ging im Jahr 1990 auf das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) über. Am 21.05.2001 verzichtete das BfS aus genehmigungsrechtlichen und sicherheitstechnischen Gründen auf die weitere Annahme und Endlagerung radioaktiver Abfälle.

Im ERAM sind etwa 37.000 m³ niedrig- und mittelaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von weniger als $6 \cdot 10^{14}$ Bq eingelagert, wobei Radionuklide mit langen Halbwertszeiten (> 1.000 Jahren) infolge der Begrenzungen der Aktivitätskonzentrationen durch die Betrachtungen zu radiologischen Langzeitauswirkungen nur einen geringen Anteil an der Gesamtaktivität haben.

Zurzeit wird vom BfS ein Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM betrieben. Genehmigungsbehörde ist das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (MLU ST).

Im Hinblick auf nicht auszuschließende Diskussionen in der Öffentlichkeit soll eine mögliche Auslagerung der eingelagerten radioaktiven Abfälle aus dem ERAM betrachtet werden. Dabei sollen aufbauend auf der im Plan Stilllegung vorliegenden aktuellen Bestandsaufnahme die Strahlenschutzaspekte der zugehörigen Maßnahmen für eine andere Entsorgung (Zwischen- und/oder Endlagerung) im Hinblick auf § 6 Abs. 1 StrlSchV bewertet werden. Endziel der Maßnahmen für das ERAM ist dabei die Freigabe entsprechend den Anforderungen an eine untertägige konventionelle Deponie. Die genehmigungsrechtliche Situation und die bergtechnischen Gegebenheiten sind nicht mit zu betrachten bzw. einzubeziehen. Folgende Varianten sind zu vergleichen:

A) Verbleib der Abfälle (Endlagerung) im ERAM,

B) Auslagerung der Abfälle, Konditionierung, ggf. Zwischenlagerung und Endlagerung an einem anderen Ort einschl. aller dazu erforderlichen Transporte.

Diese technischen Varianten und/oder Einzelkonzepte für unterschiedlich eingelagerte Abfälle sind unter radiologischen und finanziellen Gesichtspunkten zu untersuchen und zu bewerten.

2.2 Grundlagen / Vorgaben

Grundlagen sind:

- „Machbarkeitsstudie zur Auslagerung der radioaktiven Abfälle aus dem Endlager Morsleben“ vom Juni 1992 /5/,
- die derzeit gültigen einschlägigen Vorschriften, wie z.B. Atomgesetz (AtG), Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /2/,
- „Plan zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (einschl. der Endlagerung bereits zwischengelagerter radioaktiver Abfälle und noch anfallender betrieblicher radioaktiver Abfälle) in der letzten Fassung /1/,
- Endlagerungsbedingungen Konrad /6/.

Vorgaben:

- Die Arbeiten sind auf der Machbarkeitsstudie aufzubauen und müssen den in der Anlage vom BfS /3/ dargestellten Aktualisierungsbedarf berücksichtigen. In dieser Anlage des BfS wird zusammenfassend festgestellt, dass sich nicht nur das Inventar an radioaktiven Abfällen im ERAM seit 1992 sondern auch die gültigen Rechtsvorschriften (z.B. Strahlenschutzverordnung) und der Stand von Wissenschaft und Technik geändert haben. Eine Störfallbetrachtung für die hier betrachtete Auslagerung ist bisher nicht erfolgt und wird als notwendig erachtet. Weiterhin ist bei der Betrachtung der Kosten das heutige Preisniveau zu berücksichtigen.
- Der Bericht hat nationale und internationale Erfahrungen und Kenntnisse bei der Rückholbarkeit radioaktiver Abfälle sowie beim Rückbau kerntechnischer Anlagen zu berücksichtigen, soweit sie auf den vorliegenden Fall übertragbar sind.

2.3 Abgrenzung

Aufgrund der Aufgabenstellung handelt es sich um eine in sich geschlossene Aufgabe. Die Planungen für das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung sind nicht Gegenstand dieser Aufgabe. Gleiches gilt für Betrachtungen zur potenziellen Strahlenexposition in der Nachbetriebsphase. Die genehmigungsrechtliche Situation und die bergtechnischen Gegebenheiten sind nicht mit zu betrachten bzw. einzubeziehen.

2.4 Gliederung der Aufgabe

Die Aufgabe umfasst im Wesentlichen folgende Punkte:

- Ermittlung/Aktualisierung des Umfangs der Maßnahmen in Bezug auf den Rückbau und die Konditionierung der Abfälle im ERAM unter Berücksichtigung des heutigen Standes der Technik und der veränderten Randbedingungen im ERAM (soweit diese Angaben für die radiologische Bewertung erforderlich sind).
- Ermittlung/Vergleich der radiologischen Auswirkungen der beiden Alternativen A und B unter Berücksichtigung folgender Aspekte:
 - 1) Im ERAM:
 - Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Wetter und die daraus resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung (ggf. nur qualitativ),
 - Strahlenexposition des Personals (Konditionierung, innerbetrieblicher Transport).
 - 2) Bei einer oberirdischen Zwischenlagerung oder Pufferlagerung die Strahlenexposition des Personals und ggf. der Bevölkerung
 - 3) Endlagerung an einem anderen Ort
 - Delta-Betrachtung zu Konrad bzgl. der Strahlenexposition des Personals und ggf. der Bevölkerung.
 - 4) Transporte, sofern die von ihnen ausgehenden radiologischen Auswirkungen für die Gesamtbewertung relevant sind.
- vergleichende Bewertung des Störfallrisikos der Varianten
- Abschätzung der Kosten
- Abschließende Bewertung des Erfordernisses im Sinne von § 6 Abs. 1 StrISchV

3 Darstellung des Ist-Zustandes des ERAM

Die folgenden Angaben zur Darstellung des Grubengebäudes und zum Inventar an radioaktiven Abfällen sind dem Plan zur Stilllegung des ERAM /1/ entnommen worden.

3.1 Grubengebäude

Die Grubengebäude der Schachtanlagen Bartensleben und Marie (siehe Abb. 1) sind durch die beiden Schächte „Bartensleben“ und „Marie“ von der Tagesoberfläche aus erschlossen und durch Verbindungsstrecken im Niveau der -291 m-Sohle (2. Sohle) und der -332 m-Sohle (3. Sohle) miteinander verbunden.

Im Grubengebäude Bartensleben liegen die Einlagerungsbereiche. Während des Einlagerungsbetriebes diente Schacht Bartensleben als Endlagerschacht mit allen Förder-, Ver- und Entsorgungsfunktionen. Schacht Marie diente und dient bis zum Verschluss der Verbindungsstrecken als Flucht- und Wetterweg für das ERAM und hat Ver- und Entsorgungsfunktionen für das Grubengebäude Marie. Die Versorgung der Grubengebäude mit Frischwettern erfolgt über Schacht Bartensleben mit einer einziehenden Gesamtwettermenge von bis zu 4.570 m³/min. Die Wetter werden mit Hilfe von Ventilatoren und Wetterleiteinrichtungen entsprechend dem Bedarf im Grubengebäude verteilt. Ein Teil der Abwetter (bis zu 1.900 m³/min) zieht im Schacht Bartensleben luttengeführt aus. Die restlichen Wetter ziehen über die Verbindungsstrecken in das Grubengebäude Marie und über Schacht Marie aus.

Im Grubengebäude Bartensleben wurden 4 Hauptsohlen mit einem vertikalen Abstand von ca. 40 m untereinander aufgefahren:

- 253 m-Sohle (1. Sohle Bartensleben, 380 m-Sohle, -253 m NN),
- 291 m-Sohle (2. Sohle Bartensleben, 420 m-Sohle, -291 m NN),
- 332 m-Sohle (3. Sohle Bartensleben, 460 m-Sohle, -332 m NN),
- 372 m-Sohle (4. Sohle Bartensleben, 500 m-Sohle, -372 m NN).

Vom Schacht aus wurden auf allen Hauptsohlen Querschläge vorzugsweise nach Osten aufgefahren. Im Bereich der Kalilager wurde dann die Kalisalzgewinnung nach Süden und Norden entwickelt. Die angetroffenen Kalilager sind überwiegend steilstehende Flöze mit einer Mächtigkeit zwischen 2 m und 8 m. Der Abbau erfolgte von unten nach oben und folgte der Lagerstätte, soweit sie abbauwürdig war. Kalisalz wurde auch im Unterwerksbau von der -475 m-Sohle (6. Sohle) aufwärts abgebaut. Die entstandenen Abbauhohlräume sind größtenteils versetzt.

Nach Aufgabe der Kalisalzgewinnung erfolgte die Steinsalzgewinnung. Dazu wurden ausgehend von den Hauptquerschlägen in den abbauwürdigen Lagerstättenteilen Abbaustrecken aufgefahren. Sie folgen weitgehend dem unregelmäßigen Verlauf der Lagerstätte und verlaufen damit im Generalstreichen der Lagerstätte näherungsweise parallel zu den Kalilagern. Von den Abbaustrecken aus erfolgte die Steinsalzgewinnung. Zur Begrenzung der Abbauhöhen wurden zwischen den Hauptsohlen Zwischensohlen angelegt.

Die durch die Steinsalzgewinnung geschaffenen Hohlräume sind überwiegend unversetzt und haben in der Regel Abmessungen von ca. 100 m Länge, 30 m bis 35 m Breite und ca. 15 m Höhe. Im Einzelfall sind auch Abbauhohlräume vorhanden, die 140 m Länge, 40 m Breite und 45 m Höhe erreichen. Die Abbauhohlräume sind, insbesondere im Zentralteil der Lagerstätte, teilweise kettenartig hintereinander im Generalstreichen angeordnet. Im Unterwerksbau unterhalb der untersten Hauptsohle (-420 m-Sohle (5. Sohle), -475 m-Sohle (6. Sohle) und -500 m-Sohle (7. Sohle)) hat Steinsalzabbau nur im Südfeld in geringerem Umfang stattgefunden. Es sind nur wenige Abbaue entstanden.

Grubenbaue unterschiedlicher Sohlen sind durch zahlreiche Gesenke und Rolllöcher miteinander verbunden. Die Einlagerungsbereiche befinden sich auf der -372 m-Sohle (4. Sohle), der -346 m-Sohle (4a Sohle) und der -395 m-Sohle (5a Sohle).

3.2 Untertägige Anlagen

Die Schächte und technischen Einrichtungen, die für den ordnungsgemäßen Grubenbetrieb erforderlich sind, bleiben in ihrer Substanz und Funktion erhalten.

- Die Schachtförderanlage Bartensleben steht mit der Nutzlast von 10 t zur Verfügung.
- Die Schachtförderanlage Marie steht mit einer Nutzlast von 4 t zur Verfügung.

Die vorhandenen untertägigen Verbindungen zwischen den Schachtanlagen Bartensleben und Marie dienen als Flucht- und Rettungsweg sowie als Wetterwege. Zur Versorgung der unter Tage eingesetzten Fahrzeuge und Geräte mit Dieselkraftstoff befinden sich im Bereich der Schachtanlage Bartensleben je ein Betriebsstofflager mit Betankungsplatz auf der -291 m-Sohle (2. Sohle) und -372 m-Sohle (4. Sohle) und auf der Schachtanlage Marie ein Betankungsplatz auf der -231 m-Sohle (Nordfeld). Die Betankungsplätze werden über mobile Kraftstoffcontainer versorgt. In Grubenbauen mit erhöhten Brandlasten wie dem Betriebsstofflager sowie in Gesenken ist durch die räumliche Trennung von Brandlasten und durch bauliche und anlagentechnische Maßnahmen die Brandgefährdung minimiert. Alle Materialien werden über das Fördergestell der Schachtanlage Bartensleben nach unter Tage gefördert und mit Transportfahrzeugen zum Einsatzort transportiert.

Die Bewetterungsanlagen sind für den Zeitraum vor der wettertechnischen Trennung auf eine einziehende Gesamtwettermenge von bis zu 5.500 m³/min ausgelegt. Die Wetterführung wird den sich ständig ändernden Verhältnissen angepasst.

Zur Konditionierung von gegebenenfalls zu Beginn der Stilllegung anfallenden flüssigen radioaktiven Betriebsabfällen wird die vorhandene Konditionierungsanlage im Bereich Südfeld -372 m-Sohle (4. Sohle) Bartensleben weiterbetrieben. Dabei werden die Flüssigkeiten in 200-l-Fässern mit Bindemitteln (einer Sand-Zement-Mischung) vermischt. Nach Aushärten der Mischung und Verdeckeln der Fässer sollen die konditionierten Abfälle im ERAM endgelagert werden.

3.3 Radioaktive Abfälle im ERAM

Im ERAM sind niedrig- und mittelradioaktive Abfälle überwiegend aus dem Zeitbereich von 1994-1998 mit kurzlebigen Radionukliden aus

- dem Betrieb von Kernkraftwerken (KKW),
- der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen,
- der kerntechnischen Industrie,
- Forschungseinrichtungen,
- Landessammelstellen bzw. direkt von Kleinverursachern und
- dem Umgang sonstiger Anwender (z. B. Bundeswehr)

endgelagert worden. Weiterhin sind bereits Abfälle aus dem Betrieb des ERAM endgelagert worden. Des Weiteren sollen die während der Stilllegung gemäß /1/ noch anfallenden Betriebsabfälle im ERAM endgelagert werden.

Die unterschiedlichen Rohabfälle waren so verarbeitet, dass sie bei ihrer Anlieferung im ERAM die Anforderungen an die endzulagernden radioaktiven Abfälle erfüllten. Die Einlagerungshohlräume sind in Abb. 1 dargestellt. Im Folgenden werden die radioaktiven Abfälle, die im ERAM end- und zwischengelagert sind, beschrieben. Aus der Zeit vor dem Übergang des Endlagers Morsleben in die Zuständigkeit des Bundes stammen auch mehrere Behälter mit radioaktiven Stoffen, die im ERAM lediglich zwischengelagert sind. Teilweise wurden diese radioaktiven Stoffe im Untertage-Messfeld (UMF) für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Erprobung neuer Endlagerungstechnologien eingesetzt. Die endgelagerten radioaktiven Abfälle sind im Zeitraum von 1994 bis 1998 in der Regel in standardisierten Behältern, z. B. 200 l- bis 570 l-Fässern und zylindrischen Betonbehältern, verpackt. Bestimmte Abfälle, wie z. B. sperrige Abfälle oder Filter, sind in Sonderverpackungen endgelagert. Zum geringeren Teil sind die Abfälle unverpackt. Im ERAM sind je nach Beschaffenheit des Abfalls verschiedene Einlagerungstechniken angewendet worden. Die wichtigsten sind folgende:

- Niedrigradioaktive feste Abfälle wurden von 1994 bis 1998 in Fässern oder in zylindrischen Betonbehältern in Einlagerungshohlräumen auf der -372 m-Sohle (4. Sohle) gestapelt.

- Niedrig- und mittelradioaktive feste Abfälle sowie umschlossene Strahlenquellen wurden im Südfeld von der -372 m-Sohle (4. Sohle) aus in darunter liegende Hohlräume der -395 m-Sohle (5a-Sohle) verstürzt.
- Ebenfalls im Südfeld wurden von der -372 m-Sohle (4. Sohle) aus niedrigradioaktive flüssige Abfälle in die Abbaue 2 und 3 (5a-Sohle) eingebracht und mit Braunkohlenfilterasche verfestigt.
- Umschlossene Strahlenquellen und geringe Mengen fester mittelradioaktiver Abfälle wurden in sieben Spezialcontainern (Stahlzylinder) mit einem Volumen von je 4 l im UMF in Sohlenbohrlöchern zur Zwischenlagerung eingebracht.
- Weiterhin ist im Ostfeld in einem Sohlenloch in einer abgemauerten Nische ein 280 l-Fass mit Ra-226-Abfällen zwischengelagert.

Die Abfalldaten der end- und zwischengelagerten radioaktiven Abfälle sind dokumentiert und archiviert.

Im ERAM sind insgesamt 36.754 m^3 niedrig- und mittelradioaktive Abfälle und einige 100 m^3 Betriebsabfälle end- und zwischengelagert. Die Gesamtaktivität aller eingelagerten radioaktiven Abfälle beträgt weniger als $6 \times 10^{14} \text{ Bq}$, die Aktivität der Alpha-Strahler liegt in der Größenordnung von 10^{11} Bq . In der Tab. 1 ist eine Übersicht über die Einlagerungshohlräume und deren Lage gegeben. Weiterhin sind die Volumina der in den jeweiligen Hohlräumen eingelagerten radioaktiven Abfälle aufgeführt. Das Volumen des im Ostfeld zwischengelagerten Radiumfasses sowie der in den Sohlenbohrlöchern im UMF zwischengelagerten Spezialcontainer ist im Vergleich zu dem der übrigen Abfälle gering (ca. $0,3 \text{ m}^3$).

Im Folgenden werden die in den einzelnen Einlagerungshohlräumen end- und zwischengelagerten radioaktiven Abfälle im Überblick dargestellt. Die Aktivität relevanter Radionuklide wird im Detail für die Einlagerungshohlräume in Tab. 2 aufgeführt. Die Tabelle enthält neben den für die Langzeitsicherheit relevanten Radionukliden diejenigen Radionuklide, die einen wesentlichen Beitrag zur Gesamtaktivität der Abfälle leisten. Dazu gehören Co-60 und Cs-137 sowie H-3. Darüber hinaus beinhaltet die im Text angegebene Gesamtaktivität noch die Aktivität von weiteren Radionukli-

den, die in den Datenblättern der Abfallverursacher aufgeführt sind, jedoch für die Sicherheitsanalysen keine Bedeutung haben. Die Angaben zu den radionuklidspezifischen Aktivitäten werden als abdeckend eingeschätzt; gemäß Endlagerungsbedingungen des ERAM war die Angabe von Höchstwerten zulässig. Eine Abschätzung der stofflichen Zusammensetzung der Abfälle in den wichtigsten Stoffgruppen wird in Tab. 3 zusammengefasst. Neben den Abfällen selbst werden auch die Verpackungen und die zur Konditionierung verwendeten Fixierungsmittel betrachtet.

Tab. 1: Einlagerungshohlräume für radioaktive Abfälle im ERAM.

Einlagerungsbereich	Sohle	Einlagerungshohlraum	Abfallvolumen in m ³
Nordfeld	4	Nordstrecke (Ende) und nordöstlicher Querschlag	1.701
Zentralteil	4a	Abbaue 1a südlich und 1a nördlich	133
Zentralteil	4	Durchsumpfungsrube	24
Südfeld	5a	Abbau 1	1.013
Südfeld	5a	Abbau 2	1.498
Südfeld	5a	Abbau 3	7.608
Westfeld	4	Nördliche Richtstrecke/ Abbau 4/5 (Westfeld 1)	6.249
Westfeld	4	Westgesenk	61
Westfeld	4	Abbau 1, 2/3 (Westfeld 2)	12.327
Ostfeld	4	Abbau 2 und Sohlenloch	6.140
UMF	4	Sohlenbohrlöcher	ca. 0,03

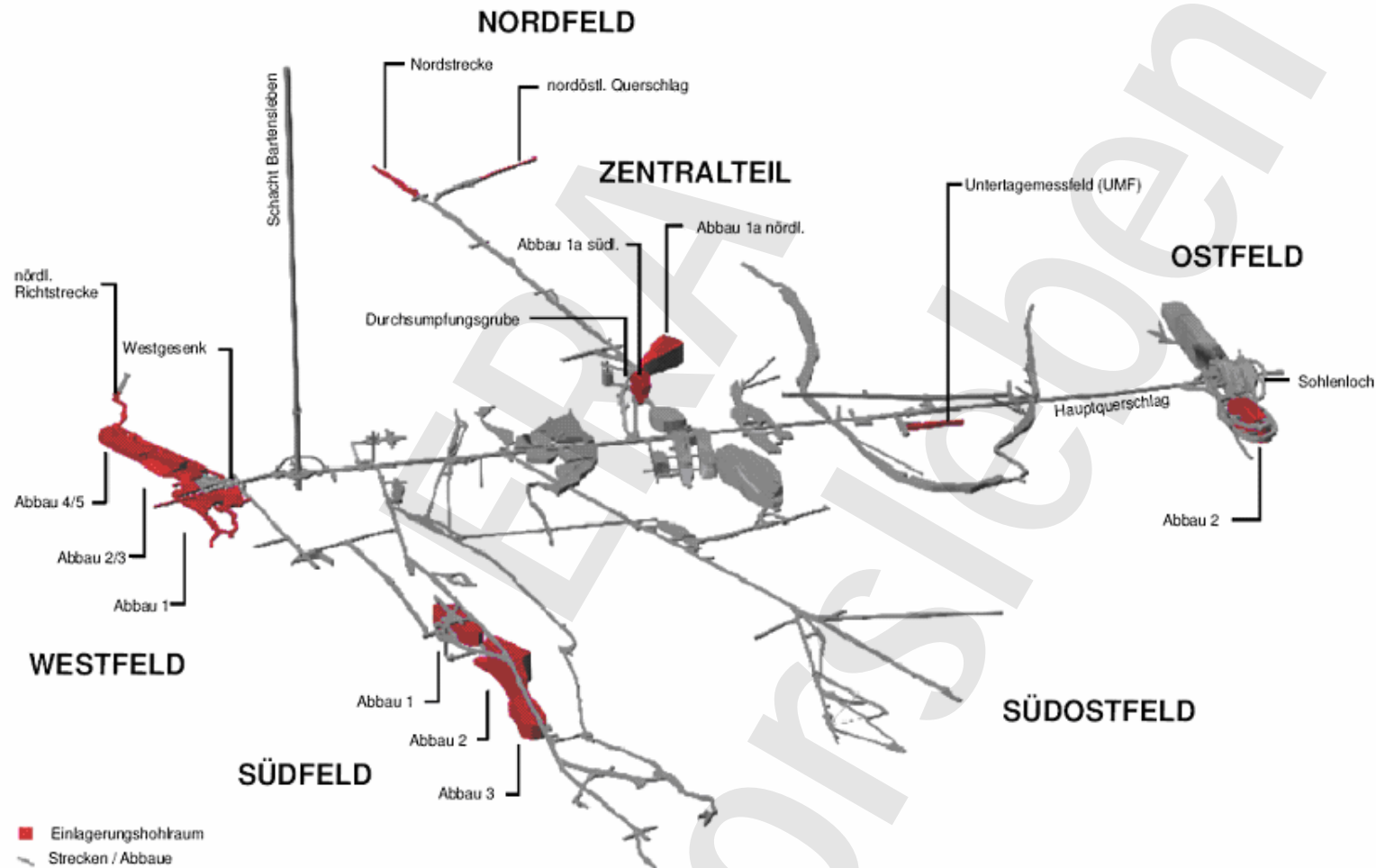


Abb. 1: Einlagerungshohlräume -372 m-Sohle (4. Sohle).

Nordfeld

In der Nordstrecke und im nordöstlichen Querschlag auf der -372 m-Sohle (4. Sohle) sind 1.701 m³ niedrigradioaktive Abfälle endgelagert. Bei diesen Abfällen handelt es sich um in 200-l-Fässer verpackte feste Abfälle, Filter und sperrige Abfälle aus dem Betrieb der Kernkraftwerke und von Kleinverursachern. Die Abfälle sind etwa zu gleichen Teilen auf den Bereich der Nordstrecke und den nordöstlichen Querschlag verteilt. Beide Einlagerungshohlräume wurden mit Mauern abgeschlossen. Die Einlagerung erfolgte bis 1981. Die Gesamtaktivität der endgelagerten radioaktiven Abfälle beträgt ca. $1,9 \cdot 10^{12}$ Bq.

Zentralteil

In den Einlagerungshohlräumen im Zentralteil auf der -346 m-Sohle (4a-Sohle in den Abbauen 1a südlich und nördlich) des ERAM wurden insgesamt 133 m³ niedrigradioaktive feste Abfälle endgelagert. Es handelt sich um sperrige Abfälle, z. B. Filter, sowie um Strahlerköpfe mit Co-60-Strahlenquellen. Die Abfälle wurden von 1983 bis 1990 endgelagert und mit Salzgrus überdeckt. Die Gesamtaktivität der endgelagerten Abfälle beträgt ca. $3,1 \cdot 10^{12}$ Bq.

In der Durchsumpfungsrube in der Nordstrecke des Zentralteils auf der -372 m-Sohle (4. Sohle) lagern 24 m³ flüssige mit Braunkohlenfilterasche verfestigte radioaktive Abfälle. Die Einlagerung erfolgte 1984. Die flüssigen Abfälle stammen aus dem Betrieb der Kernkraftwerke der EWN. Die Gesamtaktivität der endgelagerten Abfälle beträgt ca. $6,7 \cdot 10^{10}$ Bq.

Westfeld

Die Einlagerungshohlräume des Westfeldes sind die nördliche Richtstrecke, die Abbaue 1 bis 5 und das Westgesenk auf der -372 m-Sohle (4. Sohle).

In der nördlichen Richtstrecke und in den Abbauen 4 und 5 wurden von 1981 bis 1996 insgesamt 6.249 m³ niedrigradioaktive Abfälle endgelagert. Die Einlagerung erfolgte dort in zwei Ebenen. Die Abfälle der ersten Ebene wurden vollständig mit Salzgrus überdeckt. Die in der zweiten Ebene endgelagerten Abfallgebände wurden mit 4.082 m³ Braunkohlenfilterasche versetzt. Die einzelnen Einlagerungshohlräume sind durch Mauern abgeschlossen. Die in diesen Bereichen des Westfeldes endge-

lagerten niedrigradioaktiven Abfallgebinde wurden gestapelt. Die Abfälle sind in 200 l-, 280 l- und 400 l-Fässer verpackt. Weiterhin sind Abfälle in Sonderverpackungen gestapelt. Die Gesamtaktivität der endgelagerten Abfälle beträgt ca. $1,4 \cdot 10^{13}$ Bq. Es sind hier Abfälle mit sehr unterschiedlichen Inhaltsstoffen endgelagert. Dabei überwiegen Abfallgebinde mit silikatischen Anteilen (wie zementierte Abfälle) und Bauschutt, sowie Metall, das hauptsächlich von den Abfallfässern herrührt.

In den Jahren 1974 und 1975 wurden in das Westgesenk des Westfeldes 61 m^3 niedrigradioaktive Abfälle endgelagert. Es handelt sich bei diesen Abfällen um in Kunststoffsäcke verpacktes Isoliermaterial aus einem Kernkraftwerk. Die Abfälle wurden mit Salzgrus versetzt. Die Gesamtaktivität der endgelagerten Abfälle beträgt ca. $5,4 \cdot 10^9$ Bq.

In den Abbauen 1, 2 und 3 wurden in der Zeit von 1995 bis 1998 insgesamt 12.327 m^3 niedrigradioaktive feste Abfälle in 200 l-, 280 l- und 400 l-Fässern sowie in zylindrischen Betonbehältern gestapelt. Die Abfälle stammen überwiegend aus dem Betrieb von Kernkraftwerken. Bei den Abfällen handelt es sich z. B. um hochdruckverpresste Mischabfälle, zementierte Verdampferkonzentrate, Harze und Filterkonzentrate sowie um Bauschutt. Nach Beendigung der Einlagerung wurden die Abfälle mit Braunkohlenfilterasche versetzt.

Die einzelnen Einlagerungshohlräume sind abgemauert. Die Gesamtaktivität der endgelagerten Abfälle beträgt ca. $1,0 \cdot 10^{13}$ Bq. Die Hauptmasse der endgelagerten Materialien stellen Metalle dar, die hauptsächlich von den Abfallfässern herrühren sowie Bauschutt und silikatische Bestandteile in Mischabfällen.

Südfeld

Einlagerungshohlräume des Südfeldes sind die Abbaue 1, 2 und 3. Sie befinden sich auf dem Niveau der -395 m-Sohle (5a-Sohle). In den Abbau 1 des Südfeldes wurden von 1981 bis 1998 niedrig- und mittelradioaktive feste Abfälle und umschlossene Strahlenquellen verstürzt. Bei den festen Abfällen handelt es sich um in Fässer verpackte sowie um unverpackte Abfälle. Es sind 1.013 m^3 Abfälle sowie 6.617 umschlossene Strahlenquellen endgelagert. Die verstürzten Abfälle sind mit Braunkohlenfilterasche bzw. Salzgrus überdeckt und der Resthohlraum ist mit Salzgrus verfüllt. Die Gesamtaktivität der endgelagerten Abfälle beträgt ca. $6,2 \cdot 10^{13}$ Bq. Die

Hauptanteile der Abfälle sind getrocknete Verdampferkonzentrate, Metalle sowie zementierte Verdampferkonzentrate, Harze und Filterkonzentrate.

In den Abbau 2 des Südfeldes wurden von 1988 bis 1998 niedrig- und mittelradioaktive Abfälle verstürzt. Es handelt sich um in Fässer verpackte feste Abfälle sowie um niedrigradioaktive flüssige Abfälle, die bis 1990 eingebracht und mit etwa 2.400 m³ Braunkohlenfilterasche verfestigt wurden. Es wurden 1.498 m³ Abfälle mit einer Gesamtaktivität von ca. $7,3 \cdot 10^{12}$ Bq endgelagert. Die Abfälle sind mit Braunkohlenfilterasche bzw. Salzgrus überdeckt, der Resthohlraum ist mit Salzgrus verfüllt.

Im Abbau 3 wurden im Zeitraum von 1978 bis 1988 insgesamt 7.608 m³ flüssige niedrigradioaktive Abfälle endgelagert. Hierbei handelt es sich überwiegend um Verdampferkonzentrate aus dem Betrieb der Kernkraftwerke. Insgesamt wurden ca. 14.700 m³ Braunkohlenfilterasche als Bindemittel für die Verfestigung der eingespritzten Verdampferkonzentrate und 1.400 m³ als Versatz zur Resthohlraumverfüllung eingebracht. Die im Abbau 3 endgelagerte Gesamtaktivität beträgt ca. $1,9 \cdot 10^{13}$ Bq.

Zu Beginn der Verfestigung flüssiger Abfälle im Abbau 3 sind kontaminierte Lösungen in die Unterwerksbaue bis zur -500 m-Sohle (7. Sohle) abgeflossen. Durch Eintrocknung hat sich dieses Volumen auf ca. 300 m³ reduziert. Die Aktivität der abgeflossenen Abfälle ist in der Aktivitätsbilanz der Abfälle im Abbau 3 enthalten.

Ostfeld

In den Abbau 2 des Ostfeldes auf der -372 m-Sohle (4. Sohle) wurden von 1997 bis 1998 6.140 m³ niedrigradioaktive Abfälle gestapelt. Die Abfälle sind in 200-I-, 280-I-, 400-I- und 570-I-Fässern sowie in zylindrischen Betonbehältern verpackt. Die Abfallbinde sind in drei Ebenen gestapelt. Die einzelnen Ebenen sind durch Salzgruslagen voneinander getrennt. Endgelagert sind überwiegend hochdruckverpresste Mischabfälle, zementierte Verdampferkonzentrate, Harze und Filterkonzentrate, metallische Abfälle, Bauschutt sowie betriebliche Abfälle. Die in das Ostfeld eingebrachte Gesamtaktivität beträgt ca. $1,2 \cdot 10^{13}$ Bq. Die weiteren Planungen sehen vor, dass das 280 I-Fass mit Ra-226-Abfällen (s.S. 15) in einer abgemauerten Nische am östlichen Ende des Hauptquerschlages auf der -372 m-Sohle (4. Sohle) in einem zylindrischen Betonbehälter in ein Sohlenloch verbracht wird. Die Ra-226-Aktivität beträgt

ca. $3,7 \cdot 10^{11}$ Bq. Der zylindrische Betonbehälter mit Radiumabfällen befindet sich bereits vor dem Planfeststellungsbeschluss (PFB) Stilllegung in einem endlagergerechten Zustand, so dass in der Stilllegungsphase keine weiteren technischen Maßnahmen erforderlich sind. Das Radium-Fass soll vor dem PFB Stilllegung mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde vom 27. Januar 2005 an den Endlagerstandort im Ostfeld verbracht werden.

Untertage-Messfeld (UMF)

Im UMF auf der -372 m-Sohle (4. Sohle) südlich des Hauptquerschlages zwischen Zentralteil und Ostfeld sind in zwei Sohlenbohrlöchern sieben Spezialcontainer mit überwiegend Co-60-Strahlenquellen zwischengelagert. Neben diesen Strahlenquellen sind in geringerem Umfang Cs-137-Strahlenquellen sowie feste Kobalt- und Europiumabfälle enthalten. Insgesamt sind etwa 885 Strahlenquellen zwischengelagert. Die Einlagerung erfolgte von 1985 bis 1990. Die Gesamtaktivität der Abfälle in den Sohlenbohrlöchern beträgt ca. $3,9 \cdot 10^{14}$ Bq. Die im UMF zwischengelagerten Abfälle befinden sich bereits in einem endlagergerechten Zustand, so dass im Hinblick auf die beabsichtigte Endlagerung dieser Abfälle in der Stilllegungsphase keine weiteren technischen Maßnahmen erforderlich sind.

Tab. 2a: Aktivität der relevanten Radionuklide in den einzelnen Einlagerungshohlräumen des ERAM; Angaben in Bq bezogen auf den 30.06.2005

Radio-nuklid	Südfeld			Westfeld			Nordfeld	Zentralteil		Ostfeld	UMF	Gesamtes ERAM
	Abbau 1	Abbau 2	Abbau 3	Nördliche Richtstrecke, Abbau 4 u. 5	Abbaue 1, 2 und 3	West-gesenk	Nordstrecke, nordöstlicher Querschlag	4a-Sohle	Durch-sumpfung-grube	Abbau 2, Sohlenloch		
H-3	2,7·10 ¹¹	1,6·10 ¹¹	3,3·10 ¹¹	7,9·10 ¹¹	4,3·10 ¹¹	2,5·10 ⁸	1,1·10 ¹²	6,8·10 ⁸	9,1·10 ⁷	1,0·10 ¹¹	0	3,2·10 ¹²
C-14	2,2·10 ¹²	3,2·10 ¹⁰	1,8·10 ¹¹	6,5·10 ¹¹	1,2·10 ¹¹	2,9·10 ⁸	5,8·10 ¹⁰	2,7·10 ⁹	2,1·10 ⁸	1,2·10 ¹¹	0	3,4·10 ¹²
Cl-36	1,5·10 ⁸	2,5·10 ⁸	3,7·10 ⁸	1,1·10 ⁹	1,1·10 ⁹	3,1·10 ⁶	1,7·10 ⁷	3,9·10 ⁶	1,3·10 ⁶	8,3·10 ⁸	0	3,8·10 ⁹
Ca-41	7,4·10 ⁸	1,1·10 ⁷	1,2·10 ⁷	9,8·10 ⁶	2,7·10 ⁷	3,5·10 ³	2,4·10 ⁴	5,3·10 ³	4,3·10 ⁴	6,0·10 ⁶	0	7,3·10 ⁷
Co-60	6,5·10 ¹²	1,0·10 ¹²	9,0·10 ¹¹	1,1·10 ¹²	1,5·10 ¹²	1,9·10 ⁸	9,2·10 ¹⁰	3,0·10 ¹²	4,6·10 ⁹	2,4·10 ¹²	2,3·10 ¹⁴	2,5·10 ¹⁴
Ni-59	3,4·10 ¹⁰	1,4·10 ¹⁰	4,1·10 ¹⁰	6,1·10 ⁹	3,1·10 ¹⁰	5,0·10 ⁷	3,8·10 ⁸	8,6·10 ⁷	1,4·10 ⁸	4,9·10 ¹⁰	0	1,8·10 ¹¹
Ni-63	7,5·10 ¹²	1,5·10 ¹²	4,0·10 ¹²	5,9·10 ¹¹	1,7·10 ¹²	1,1·10 ⁹	1,2·10 ¹⁰	3,9·10 ⁹	1,3·10 ¹⁰	2,8·10 ¹²	0	1,8·10 ¹³
Se-79	5,5·10 ⁷	1,3·10 ⁷	6,2·10 ⁷	7,9·10 ⁶	3,1·10 ⁷	9,4·10 ³	6,4·10 ⁴	1,4·10 ⁴	2,1·10 ⁵	2,5·10 ⁷	0	1,9·10 ⁸
Rb-87	2,3·10 ³	3,1·10 ²	2,0·10 ³	8,0·10 ⁶	9,9·10 ⁶	0	1,2·10 ⁶	2,7·10 ⁵	6,9	8,2·10 ⁶	0	2,8·10 ⁷
Sr-90	2,7·10 ¹²	4,4·10 ¹¹	1,2·10 ¹¹	1,5·10 ¹²	7,2·10 ¹¹	7,2·10 ⁸	9,3·10 ⁹	1,2·10 ⁹	2,9·10 ⁶	4,1·10 ¹¹	0	5,9·10 ¹²
Zr-93	9,6·10 ⁸	1,5·10 ⁹	1,6·10 ⁹	1,2·10 ⁹	3,2·10 ⁹	3,5·10 ⁵	2,7·10 ⁶	6,1·10 ⁵	5,7·10 ⁶	7,9·10 ⁸	0	9,3·10 ⁹
Nb-94	3,0·10 ⁹	8,3·10 ⁸	4,4·10 ⁹	6,4·10 ⁸	8,7·10 ⁹	2,1·10 ⁷	8,5·10 ⁷	2,0·10 ⁷	1,5·10 ⁷	9,5·10 ⁹	0	2,7·10 ¹⁰
Mo-93	2,1·10 ⁷	3,0·10 ⁷	3,6·10 ⁷	3,0·10 ⁷	1,1·10 ⁸	4,5·10 ⁵	1,4·10 ⁶	3,1·10 ⁵	1,2·10 ⁵	2,2·10 ⁷	0	2,5·10 ⁸
Tc-99	1,5·10 ¹⁰	5,3·10 ⁹	2,5·10 ¹⁰	1,3·10 ¹⁰	1,7·10 ¹⁰	1,1·10 ⁸	8,3·10 ⁸	1,3·10 ⁸	8,6·10 ⁷	2,7·10 ¹⁰	0	1,0·10 ¹¹
Pd-107	3,1·10 ⁹	2,6·10 ⁸	6,7·10 ⁸	2,5·10 ⁷	2,9·10 ⁷	7,3·10 ²	4,1·10 ³	9,3·10 ²	2,3·10 ⁴	5,4·10 ⁵	0	6,7·10 ⁷
Sn-126	3,6·10 ⁷	3,1·10 ⁷	3,4·10 ⁷	2,0·10 ⁷	7,0·10 ⁷	1,8·10 ⁵	7,4·10 ⁵	1,7·10 ⁵	1,1·10 ⁵	5,0·10 ⁷	0	2,4·10 ⁸
I-129	3,5·10 ⁸	1,4·10 ⁸	4,2·10 ⁸	3,6·10 ⁷	1,6·10 ⁸	9,9·10 ²	6,7·10 ³	1,5·10 ³	1,4·10 ⁴	8,6·10 ⁶	0	2,1·10 ⁸
Cs-135	1,3·10 ⁸	2,2·10 ⁷	1,1·10 ⁸	1,1·10 ⁷	4,4·10 ⁷	1,3·10 ⁴	8,4·10 ⁴	1,9·10 ⁴	3,6·10 ⁵	5,7·10 ⁷	0	3,7·10 ⁸
Cs-137	4,2·10 ¹³	3,8·10 ¹²	1,3·10 ¹³	7,7·10 ¹²	5,0·10 ¹²	2,1·10 ⁹	5,6·10 ¹¹	1,1·10 ¹¹	4,9·10 ¹⁰	4,9·10 ¹²	6,1·10 ¹³	1,4·10 ¹⁴
Sm-151	6,5·10 ⁹	7,3·10 ¹⁰	1,7·10 ⁹	2,5·10 ¹⁰	1,2·10 ¹¹	1,5·10 ⁸	4,5·10 ⁸	1,1·10 ⁸	6,0·10 ⁸	4,7·10 ¹⁰	0	2,7·10 ¹¹
Pu-241	2,6·10 ¹¹	1,2·10 ¹⁰	1,3·10 ¹⁰	6,0·10 ¹¹	3,4·10 ¹¹	7,1·10 ⁷	1,6·10 ¹⁰	1,1·10 ⁸	4,7·10 ⁷	1,1·10 ¹¹	0	1,4·10 ¹²
Ra-226	1,1·10 ¹⁰	1,7·10 ⁸	0	1,2·10 ¹⁰	4,7·10 ⁷	0	0	0	0	3,7·10 ¹¹	0	3,9·10 ¹¹
Th-229	1,1·10 ²	2,6·10 ³	0	1,4·10 ⁵	2,3·10 ⁵	7,1·10 ³	2,0·10 ⁴	4,5·10 ³	0	4,6·10 ⁴	0	4,5·10 ⁵
Th-230	2,9·10 ²	6,9·10 ⁵	3,0·10 ²	3,5·10 ⁴	5,8·10 ⁵	4,9	3,8·10 ¹	8,4	1,0	4,1·10 ⁵	0	1,7·10 ⁶
Th-232	0	3,8·10 ⁵	0	1,2·10 ⁶	3,4·10 ⁶	0	0	0	0	8,0·10 ⁵	0	5,8·10 ⁶
Pa-231	1,7·10 ¹	4,8·10 ⁴	1,1·10 ¹	1,4·10 ⁸	1,4·10 ⁵	3,6	1,1·10 ¹	2,5	0	3,9·10 ⁴	0	1,6·10 ⁶

Im UMF sind von den aufgeführten Radionukliden ausschließlich Co-60 und Cs-137 enthalten

Tab. 2b: Aktivität der relevanten Radionuklide in den einzelnen Einlagerungshohlräumen des ERAM; Angaben in Bq bezogen auf den 30.06.2005

Radio-nuklid	Südfeld			Westfeld			Nordfeld	Zentralteil		Ostfeld	UMF	Gesamtes ERAM
	Abbau 1	Abbau 2	Abbau 3	Nördliche Richtstrecke, Abbaue 4 u. 5	Abbaue 1, 2 und 3	Westgesenk	Nordstrecke, nordöstlicher Querschlag	4a-Sohle	Durchsumpfung-grube	Abbau 2, Sohlenloch		
U-233	1,7·10 ²	3,5·10 ³	5,7·10 ¹	1,4·10 ⁵	3,9·10 ⁶	7,1·10 ³	2,0·10 ⁴	4,6·10 ³	0	9,6·10 ⁵	0	5,0·10 ⁶
U-234	2,8·10 ⁶	2,3·10 ⁷	4,6·10 ⁷	6,2·10 ⁸	1,2·10 ⁸	3,9·10 ⁴	3,0·10 ⁵	6,7·10 ⁴	8,3·10 ³	3,2·10 ⁸	0	1,1·10 ⁹
U-235	4,3·10 ⁴	8,4·10 ⁵	1,1·10 ⁶	4,8·10 ⁷	1,2·10 ⁷	1,2·10 ⁴	3,7·10 ⁴	8,4·10 ³	1,3·10 ²	2,0·10 ⁷	0	8,2·10 ⁷
U-236	6,4·10 ⁵	7,0·10 ⁶	5,5·10 ⁵	8,2·10 ⁵	1,0·10 ⁷	1,1·10 ⁴	7,4·10 ⁴	1,7·10 ⁴	1,9·10 ³	3,0·10 ⁷	0	4,9·10 ⁷
U-238	1,2·10 ⁶	1,5·10 ⁷	4,1·10 ⁶	2,7·10 ⁸	4,2·10 ⁷	2,0·10 ⁴	1,3·10 ⁵	3,0·10 ⁴	3,5·10 ³	1,0·10 ⁸	0	4,3·10 ⁸
Np-237	1,5·10 ⁶	1,2·10 ⁷	9,3·10 ⁵	4,1·10 ⁶	1,2·10 ⁷	1,8·10 ⁴	1,2·10 ⁵	2,8·10 ⁴	3,2·10 ³	5,4·10 ⁷	0	8,5·10 ⁷
Pu-239	6,2·10 ⁸	4,6·10 ⁸	3,4·10 ⁷	6,1·10 ¹⁰	4,2·10 ⁹	2,7·10 ⁶	8,4·10 ⁶	1,9·10 ⁶	4,2·10 ⁴	1,7·10 ⁹	0	6,8·10 ¹⁰
Pu-240	4,9·10 ⁸	8,4·10 ⁸	2,3·10 ⁷	5,7·10 ¹⁰	4,9·10 ⁹	2,8·10 ⁶	9,5·10 ⁶	2,2·10 ⁶	7,7·10 ⁴	1,9·10 ⁹	0	6,6·10 ¹⁰
Pu-242	1,3·10 ⁷	3,9·10 ⁶	1,2·10 ⁵	1,9·10 ⁶	6,4·10 ⁷	4,1·10 ⁴	1,3·10 ⁵	2,9·10 ⁴	4,0·10 ²	3,5·10 ⁷	0	1,2·10 ⁸
Pu-244	< 1	< 1	< 1	1,1	2,0·10 ⁴	< 1	< 1	< 1	< 1	7,8·10 ²	0	2,1·10 ⁴
Am-241	9,1·10 ¹⁰	2,7·10 ⁹	4,9·10 ⁸	8,4·10 ¹⁰	2,5·10 ¹⁰	2,3·10 ⁷	5,8·10 ⁶	2,1·10 ⁷	1,8·10 ⁶	1,4·10 ¹⁰	0	2,2·10 ¹¹
Am-243	1,8·10 ⁶	2,0·10 ⁷	2,8·10 ⁵	9,2·10 ⁶	5,0·10 ⁷	9,3·10 ³	3,5·10 ⁴	7,9·10 ³	9,5·10 ²	1,4·10 ⁷	0	9,5·10 ⁷
Cm-244	1,5·10 ⁸	1,4·10 ⁹	5,8·10 ⁶	4,2·10 ⁸	3,6·10 ⁹	4,6·10 ⁵	1,8·10 ⁶	4,2·10 ⁵	2,0·10 ⁴	1,0·10 ⁹	0	6,6·10 ⁹
Cm-245	4,4·10 ⁴	4,5·10 ⁵	5,2·10 ³	1,9·10 ⁵	1,2·10 ⁶	2,3·10 ²	8,3·10 ²	1,9·10 ²	1,8·10 ¹	3,6·10 ⁵	0	2,3·10 ⁶
Cm-246	1,0·10 ⁴	1,1·10 ⁵	8,8·10 ²	6,3·10 ⁴	2,4·10 ⁶	0	0	0	3,0	6,9·10 ⁴	0	2,7·10 ⁶
Cm-247	0	0	0	0	2,6·10 ⁴	0	0	0	0	3,4·10 ²	0	2,6·10 ⁴
Cm-248	0	0	0	2,2·10 ⁷	1,0·10 ⁴	0	0	0	0	3,4·10 ²	0	2,2·10 ⁷

Im UMF sind von den aufgeführten Radionukliden ausschließlich Co-60 und Cs-137 enthalten.

Tab. 3: Stoffliche Zusammensetzung der radioaktiven Abfälle in den einzelnen Einlagerungshohlräumen, Mengenangaben in t

Stoffgruppen	Südfeld			Westfeld			Nordfeld	Zentralteil		Ostfeld	UMF	gesamtes ERAM
	Abbau 1	Abbau 2	Abbau 3	Nördliche Richtstrecke, Abbaue 4 u. 5	Abbaue 1, 2 und 3	Westgesenk	Nordstrecke, nordöstlicher Querschlag	4a-Sohle	Durchsumpfung-grube	Abbau 2, Sohlenloch		
Zellulosehaltige Stoffe	22	1	-	535	848	-	98	2	-	231	-	1.737
Metalle	159	305	-	2.082	6.011	-	311	64	-	2.897	129	11.958
Kunststoffe	22	5	-	863	1.556	0,3	87	1,5	-	279	-	2.814
Silikate	149	697	-	3.074	7.779	34	472	17	-	4.535	-	16.757
Aktivkohle	3	-	-	30	76	-	-	-	-	10	-	119
Organische Stoffe	<1	-	-	62	0	-	73	-	-	-	-	135
Bitumen	6	-	-	77	-	-	146	-	-	-	-	229
Ionenaustauscherharze (Styrol-Copolymerisat)	35	105	-	303	606	-	-	-	-	291	-	1.340
Borsäure/Borate	364	196	1.144	20	125	-	-	-	4	170	-	2.023
Salze	156	143	687	121	99	-	18	-	2	116	-	1.342
Komplexbildner (EDTA)	25	17	83	1	3,5	-	-	-	0,3	5	-	135
Wasser (chem. geb.)	104	641	3.751	132	311	-	107	-	9,5	67	-	5.123
Wasser (phys. geb.)	21	124	3.069	379	575	4	105	2	12	220	-	4.511
Braunkohlenfilterasche	1.220	2.687	16.100	4.082	9.761	-	-	-	150	-	-	34.000

Alle Stoffe mit vergleichbaren Eigenschaften wurden zu folgenden Stoffgruppen zusammengefasst:

Zellulosehaltiges Material:	Papier, Zellstoff, Pappe, Holz, Textilien u. a.
Kunststoffe:	Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polystyrol (PS), Alkydharzlack, Gummi u. a.
Metalle:	Stahl (alle eisenhaltigen Materialien), Nichteisenmetalle (Zink, Aluminium, Blei)
Silikate:	Beton, Sand, Bauschutt, Glas, Keramik, Zement, Kieselgur u. a.

Wegen großer Massenanteile oder besonderer Eigenschaften wurden folgende Stoffe extra ausgewiesen:

Aktivkohle, organische Stoffe (Lösungsmittel, Öle, Tierkadaver), Bitumen, Bestandteile getrockneter oder zementierter Verdampferkonzentrate, Filterkonzentrate, Ionenaustauscherharze, wässrige Lösungen (Styrol-Copolymerisat, Borsäure/Borate, Salze, EDTA (Ethyldiamintetraessigsäure), gebundenes Wasser), Braunkohlenfilterasche als Bindemittel bzw. Versatz

4 Konditionierung

4.1 Machbarkeitsstudie der DBE

In der Machbarkeitsstudie der DBE von 1992 /5/ wurde folgendes Konditionierungskonzept betrachtet:

- A. Aufteilung der Abfälle in 7 Abfallkategorien entsprechend ihrem Vorkommen:
 1. in situ verfestigte Abfälle im Südfeld Abbau 3,
 2. in situ verfestigte Abfälle mit verstürzten Fässern im Südfeld Abbau 2,
 3. lose verstürzte Strahlenquellen ohne Versatz im Südfeld Abbau 1,
 4. verstürzte Fässer und sonstige lose Abfälle im Südfeld Abbau 1,
 5. lose, sperrige Abfälle (mit Versatz überdeckt) in den Abbauen der 4a Sohle,
 6. in Fässern verpackte Mischabfälle sowie Aerosolfilter und sperrige Abfälle im Nord- und im Westfeld,
 7. radioaktive Konzentrate, die aus dem Abbau 3 im Südfeld auf die 5.-7. Sohle geflossen sind.
- B. Fernbediente Räumung der Lagerbereiche.
- C. Konditionierung der Abfälle (untertage)
 1. Schadlos verwertbare Abfälle werden aussortiert.
 2. Fernbediente Befüllung von KONRAD-Containern und Zementierung.
 3. Ermittlung und Dokumentation der Aktivität der Abfallgebinde.
 4. Abtransport der Abfallgebinde zum alternativen Endlager.
- D. Rückbau der Einrichtungen.
- E. Dekontamination des Restbergwerks.

Dieses Konditionierungskonzept wird in seinen wesentlichen Punkten übernommen, da der Konditionierungsablauf strahlenschutztechnisch sinnvoll ist. Folgende Änderungen wurden aufgenommen:

- Eine Aufteilung der Abfälle in Abfallkategorien soll sich nicht am Vorkommen, sondern an der weiteren Konditionierung orientieren. Dies hat zum Vorteil, dass Abfälle unabhängig von der Herkunft dann gleich behandelt werden, wenn dieses zielführend ist.

- Eine Konditionierung der Abfälle soll nicht untertage erfolgen. Dieses wäre mit einer aufwändigen Aufrüstung der Hebezeuge verbunden. Weiterhin wäre eine Einrichtung und der Betrieb der Konditionierungsanlagen untertage erforderlich.
- Die Zementierung der Abfälle führt zu einer deutlichen Erhöhung des zukünftig benötigten Endlagervolumens. Nach Möglichkeit soll daher auf eine Zementierung verzichtet und stattdessen eine Hochdruckkompaktierung berücksichtigt werden.
- Für den Fall, dass zum Zeitpunkt der Herstellung der Abfallgebände noch kein Endlager zur Verfügung steht, soll eine ausreichende Zwischenlagerkapazität vorhanden sein.

Darüber hinaus muss im Konditionierungskonzept berücksichtigt werden, dass seit 1992 folgende wesentliche Änderungen im Endlagerbetrieb eingeführt wurden:

- Im DBE-Bericht /5/ werden die bis 1991 endgelagerten Abfälle (14.400 m³, 1,6·10¹⁴ Bq) betrachtet. Bis 1998 wurden weitere ca. 23.000 m³ mit ca. 9·10¹³ Bq eingelagert.
- Ab 1994 eingelagerte Abfälle konnten außerdem auch
 - in 280 l- bis 570 l-Fässern sowie
 - in zylindrischen Rundbehältern (VBA)

angeliefert werden.

4.2 Allgemeine Randbedingungen

Für die weitere Planung der Konditionierung wurden folgende Randbedingungen unterstellt:

1. Mit der Rückholung (Rückbau und Konditionierung der Abfälle) soll keine wesentliche Verschlechterung des Emissionsverhaltens der Anlage verbunden sein.
2. Abfallgebände, die eingelagert worden sind, erfüllen die zum Zeitpunkt der Annahme jeweils gültigen ERAM- Annahmebedingungen (Grundanforderungen). Es gibt jedoch Ausnahmen: z.B. das 280 l-Fass mit Ra-226-Abfällen sowie Einzelkomponenten. Die Abfälle sind trocken (ausgenommen die Eindampfrückstände in Sohle 7) und nicht gärfähig.

3. Bei allen Abfallbehältern ist ein Versagen der Integrität zu unterstellen. Ausnahmen: Verlorene Betonabschirmungen und Behälter im Untertagemessfeld Dementsprechend sind das Versatzmaterial sowie Firste, Stoß und Sohle potenziell kontaminiert und als radioaktive Abfälle zu behandeln. Außerdem kann den Abfallgebinden aufgrund des Integritätsverlustes eine Abfalldokumentation nicht mehr eindeutig zugeordnet werden, so dass eine erneute Aktivitätserfassung erforderlich ist. Hierfür ist eine Standardgeometrie notwendig. Weiterhin ist ein entsprechender apparativer Aufwand zur Rückhaltung der Luftkontamination einzuplanen, da mit dem Rückbau der Gebinde auch eine Aerosolfreisetzung verbunden ist.
4. Als Abfallbehälter sind vorrangig KONRAD-Container zu verwenden.
5. Die neu konditionierten Abfälle müssen den Abfallproduktgruppen und Abfallbehälterklassen der Endlagerungsbedingungen Konrad /6/ zugeordnet werden.
6. Das Abfallinventar der neu hergestellten Abfallgebinde muss nach einem Dokumentationssystem und dem Abfallartenkatalog dokumentiert werden.
7. Die Tätigkeiten sind z.T. aufgrund der hohen Dosisleistung und/oder der Inkorporationsgefahr fernbedient durchzuführen (insbesondere im Südfeld).
8. Die Freigabe des Grubengebäudes erfolgt nach den Festlegungen des § 29 StrlSchV. Aufgrund der Gegebenheiten (keine weitere Nutzung, Abschluss von der Umgebung für einen sehr langen Zeitraum) können standortspezifische Freigabewerte ermittelt werden, die durch die Freigrenzen limitiert sind.

4.3 Neufestlegung der Abfallkategorien

Abweichend vom bisherigen Konzept /5/ werden die Abfälle nicht nach dem Lagerort, sondern nach der Abfallbeschaffenheit unterschieden:

1. in situ eingebrachte Abfälle mit kontaminiertem Versatzmaterial (der Rückbau führt zu einem schütffähigem Abfallgemisch),
2. Abfälle mit Behältermaterialien und kontaminiertem Versatzmaterial (Abfälle sind bedingt schütffähig und können nicht einem Brecherwerk zugeführt werden),

3. Abfallgebinde, die noch voll erhalten und handhabbar sind und somit direkt in KONRAD-Container eingestellt werden können.

Die Kategorien 1 und 3 können kombiniert werden, indem zuerst die Gebinde in KONRAD-Container eingestellt und dann die verbleibenden Zwischenräume mit schüttfähigem Abfall aufgefüllt werden. Die Einstufung der Abfälle in nur 3 Abfallkategorien bietet den Vorteil, dass eine vereinfachte Behandlung der Abfälle möglich ist, die möglichst keine aufwändigen Sonderlösungen erfordert. Zur Kategorie 3 gehören auch Gebinde mit Tierkadavern und Gebinde mit flüssigen, biologischen Abfällen. Die hergestellten Abfallprodukte sind endlagerfähig, da die Kadaver vollständig und beständig in einem Harnstoff-Formaldehyd-Harz eingebunden und die flüssigen Abfälle vollständig an einem Sorptionsmittel gebunden und in einem Überfass einzementiert sind. Sollte ein Behälter beschädigt sein, empfiehlt sich das direkte Einbringen dieser Kunstharz- bzw. Zementblöcke in einen Container. Eine weitere Verarbeitung (Hochdruckkompaktierung) dieser Abfälle führt nicht zu einer Volumenreduktion und sollte daher entfallen. Dies gilt auch für Quellen, deren Umschließung aufgrund des Versturzes nicht mehr gewährleistet werden kann und die daher als offene radioaktive Stoffe zu behandeln sind.

4.4 Rückbau- und Konditionierungskonzept

Im Folgenden wird ein neues Konzept für die Rückholung der im ERAM eingelagerten radioaktiven Abfälle dargestellt. In den weiteren Abschnitten erfolgen hierzu detaillierte Ausführungen.

Entsprechend der Machbarkeitsstudie der DBE /5/ erfolgt auch in diesem Konzept der fernbediente Rückbau der radioaktiven Abfälle mit Hydraulikbaggern in lufttechnisch abgegrenzten Bereichen untertage. Mit Braunkohlenfilteraschen verfestigte Eindampfrückstände (Abfallkategorie 1) sowie kontaminierter Salzgrus werden noch vor Ort nachgebrochen. Abweichend von /5/ werden in Fässer verpackte und unverpackte Abfälle (Abfallkategorie 2) bereits untertage auf kubische Maße vorgepresst. Einige Abfallgebinde benötigen diese Vorbehandlung nicht (Abfallkategorie 3). Die so

vorbehandelten Abfälle werden in rechteckige Behälter eingestellt (hier im Folgenden Press-Container genannt), deren Aktivität dann ausgemessen wird.

Die Press-Container werden über die Schachtförderanlage Bartensleben nach über-tage gebracht, um vor Ort konditioniert und zwischengelagert zu werden. Hierfür ist ein zum Zwischenlager Nord am Standort Lubmin vergleichbares Zwischenlager und Konditionierungszentrum erforderlich. Die mit Abfällen befüllten Press-Container sol-len dort einer Hochdruckkompaktierung zugeführt werden. Wird bei dieser Hochdruckkompaktierung ein Flüssigkeitsaustritt festgestellt, erfolgt eine Trocknung der Pellets in einer Unterdruck-Wärmekammer. Kontaminierter Salzgrus wird weitge-hend zu Salzbeton verarbeitet, welcher als Betonauskleidung für die vorgesehenen KONRAD-Container Typ V verwendet wird. Anschließend erfolgt eine optimierte Be-ladung der KONRAD-Container mit diesen Pellets (Konfektionierung) und eine Hohl-raumverfüllung mit kontaminiertem Salzgrus. Die KONRAD-Container sollen dann vor Ort zwischengelagert werden, bis eine Endlagerung an einem alternativen Standort erfolgen kann.

Das Rückbau- und Konditionierungskonzept ist in Abb. 2 dargestellt. Es unterschei-det sich in folgenden Punkten von der Machbarkeitsstudie der DBE /5/:

- Der Rückbau wird vereinfacht durch die Reduzierung auf möglichst wenige Ab-fallkategorien (3 statt 7),
- es wird nur eine Behälterkonfiguration (Press-Container/KONRAD- Container verwendet, nur für wenige Ausnahmen MOSAIK-Behälter),
- der kontaminierte Salzgrus wird als Verfüllmaterial und zur Herstellung von Salz-beton für Auskleidungen des KONRAD-Containers genutzt,
- zur besseren Ausschöpfung des Behältervolumens werden rechteckige Maße für den Press-Container verwendet,
- die Begrenzung der Masse von 10 Mg für den beladenen Press-Container wird nicht erreicht, so dass die weitere Verwendung der bestehenden Schachtförder-anlade möglich ist,

- im Rahmen der Konditionierung werden deutlich weniger Abfallbinde bezogen auf das Abfallgesamtvolumen produziert als bei der Machbarkeitsstudie der DBE /5/, da dieses Konzept keine Zementierung der Abfälle vorsieht,
- Konditionierung und Zwischenlagerung erfolgt übertage mit betriebsbewährter Technik.

Dieses Konzept ist somit in der Ausführung einfacher gestaltet und bietet aufgrund der Verwendung von betriebsbewährten Systemen eine höhere Sicherheit als das in /5/ beschriebene Konzept.

Der Aufwand für das Entfernen von kontaminiertem Salzgrus und Braunkohlenfilterasche wird von der Höhe der Freigabewerte bestimmt. Gemäß § 29 (2) Satz 3 StrlSchV können auch von Anlage 3 Tabelle 1 StrlSchV abweichende Freigabewerte gewählt werden, sofern der Nachweis der Einhaltung des Schutzzieles (effektive Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung nur im Bereich von 10 $\mu\text{Sv/a}$) geführt werden kann. Derzeit werden von der SSK aktuelle Werte für die Freigabe von Abfällen auf Deponien ermittelt. Der dort gewählte Ansatz ist auch geeignet für die Anwendung der Freigabe einer Untertagedeponie. Hierfür sind Modifikationen erforderlich, die z.B. berücksichtigen, dass eine Aufnahme von Radionukliden durch Trinkwasser ausgeschlossen und eine Nutzung übertage nur für den anschließenden Zeitraum der konventionellen Stilllegung vorgesehen ist. Dies führt zu einer teilweise deutlichen Anhebung der Freigabewerte. Es wird darauf hingewiesen, dass die Freigrenzen nach Anlage 3 StrlSchV Obergrenzen für die Freigabewerte darstellen.

4.5 Rückbau

Aufgrund der Abfallkonsistenz werden die Rückbautätigkeiten durch fernbediente Hydraulikbagger mit Abbruchmeißel (Abfallkategorie 1) bzw. Greifklammer und fernbediente Radlader übertage ausgeführt. Der Rückbau erfolgt jeweils in einem von der Bewetterung abgeschlossenen Bereich, da aufgrund der Tätigkeiten mit einer deutlich erhöhten Luftkontamination zu rechnen ist. Der weitere Ablauf richtet sich nach der Abfallkategorie:

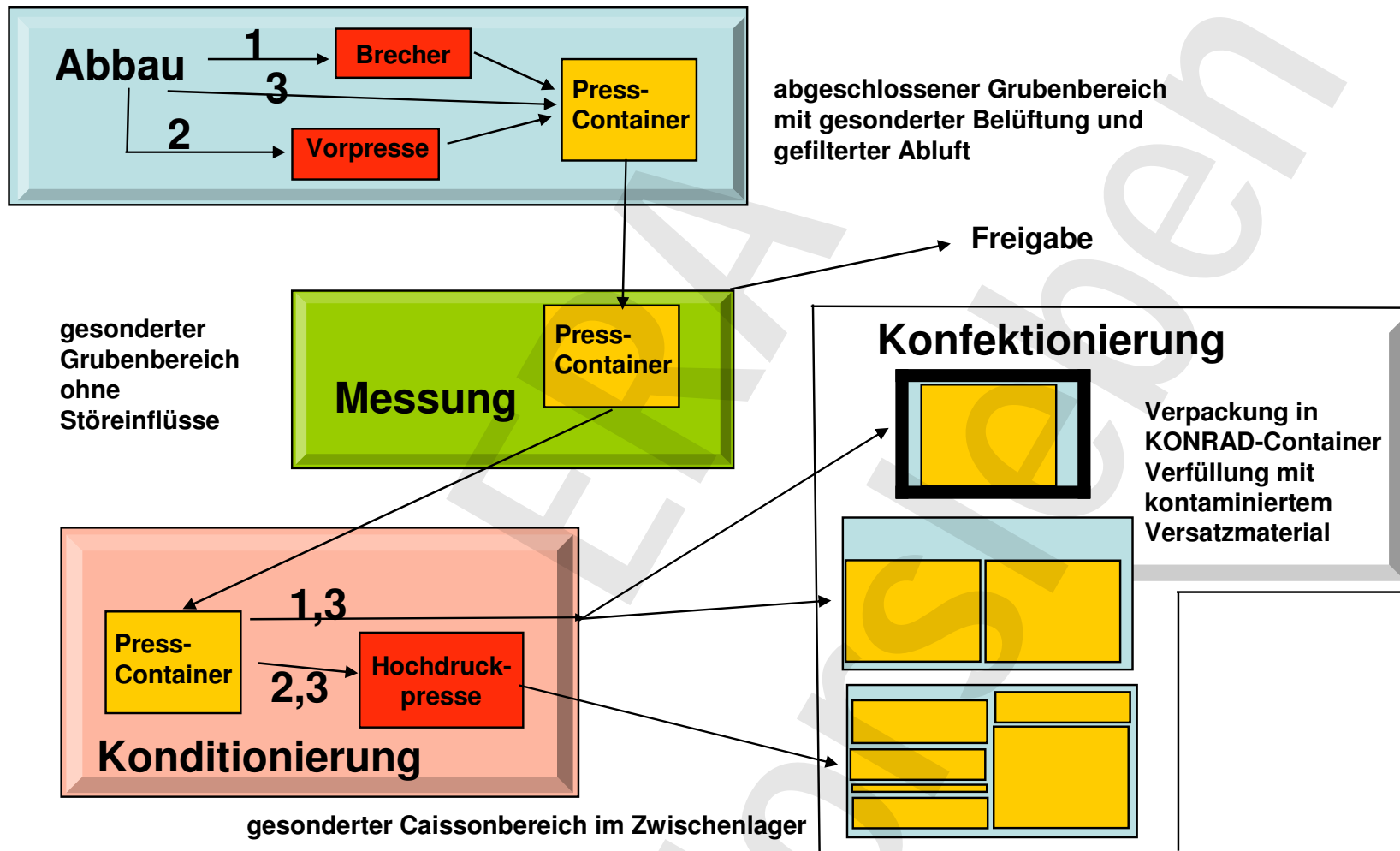


Abb. 2: Darstellung des Konditionierungskonzeptes für die mögliche Rückholung der ERAM-Abfälle

Abfallkategorie 1: In situ verfestigte Abfälle werden in ein Brecherwerk geführt, nachgebrochen und anschließend über ein Förderbandsystem in Press-Container gefüllt.

Abfallkategorie 2: Abfälle mit Behältermaterialien (nicht handhabbare Abfallgebände) werden in einer Presse auf minimale kubische Maße gebracht und mit Hilfe eines speziellen Fördersystems in die Press-Container eingestellt.

Abfallkategorie 3: Handhabbare Abfallgebände werden direkt in Press-Container eingestellt.

4.6 Messung

Zur Erfüllung der Anforderungen entsprechend den Endlagerungsbedingungen der Schachanlage Konrad /6/ müssen im Anschluss an den Rückbau folgende Messungen ausgeführt werden:

1. Die Abfälle in den Press-Containern werden gewogen, die Füllhöhe wird bestimmt. Auf der Basis dieser Daten wird dem Press-Container jeweils eine Kalibrierung für das Messsystem zugeordnet und eine gammanuklidspezifische Messung durchgeführt.
2. Nicht messbare Radionuklide werden über Korrelationen hinzugefügt. Die Korrelationsfaktoren werden durch Rückgriff auf vorhandene Abfallgebändedokumentationen bestimmt oder es werden Erfahrungswerte verwendet, die z.B. in elektronischen Buchführungssystemen (z.B. AVK) eingeflossen sind. Die Anwendung dieser Korrelationsfaktoren ist durch die Auswertung von Proben zu verifizieren.
3. Die Befüllung des Press-Containers wird hinsichtlich der Dosisleistung überwacht. Um eine Überschreitung der Aktivitätsbelastung zu vermeiden, werden entsprechende obere Dosisleistungsschranken festgelegt.
4. Bei Unterschreitung unterer Aktivitätsschranken erfolgt eine gesonderte Messung in einer Freimessanlage.

Die Messungen können in einem Grubenbereich durchgeführt werden, der möglichst wenig durch Untergrundstrahlung beeinflusst wird. Für die Freimessung ist ein gesonderter und deutlich abgegrenzter Bereich zu definieren. Außerdem sind für die unterschiedlichen Stoffströme Maßnahmen zu ergreifen, durch die ein Vertauschen von Materialien ausgeschlossen werden kann. Hierbei ist insbesondere eine Trennung von radioaktiven Abfällen, von freizugebenden und bereits freigegebenen Stoffen zu beachten.

4.7 Konditionierung

Zielsetzung ist einerseits eine möglichst optimale Ausnutzung des Behältervolumens (Ausschöpfen der Aktivitätswerte entsprechend den Endlagerungsbedingungen) bei möglichst geringen Behälterkosten, andererseits ein möglichst vereinfachter Konditionierungsablauf, der auf die unterschiedlichen Abfälle gleichermaßen anwendbar ist. Aus dieser prinzipiellen Überlegung heraus folgt als Zielsetzung die Ausschöpfung der Aktivitätsgrenzwerte der Abfallproduktgruppe 6 entsprechend den Endlagerungsbedingungen der Schachanlage Konrad /6/ durch Verwendung einer störfallfesten Verpackung der Abfallbehälterklasse I und einer entsprechenden Fixierung durch Schüttgut (Salzversatz). Für das Abfallprodukt ist dann nur der Nachweis der Grundanforderungen erforderlich. Dadurch wird dem Konditionierungsablauf ein Behälter zugeordnet, der in fast allen Fällen geeignet ist, die Aktivität unter Berücksichtigung der Endlagerungsbedingungen /6/ aufzunehmen. Durch die Beschränkung auf einen generellen Behälertyp mit abdeckenden Eigenschaften wird ein nachträgliches Umpacken von Gebinden aufgrund von Aktivitätsüberschreitungen im Wesentlichen vermieden. Zur Reduzierung des Abfallvolumens erfolgt die Konditionierung der Abfälle durch Hochdruckkompaktierung, die an die quadratische Geometrie der Press-Container angepasst ist.

Abfallkategorie 1: In situ verfestigte Abfälle werden nicht verpresst, da eine Verpressung keine deutliche Volumenreduktion erreicht (> 2 erforderlich, um mehrere Pellets übereinander im KONRAD-Container stapeln zu können).

Abfallkategorie 2: Abfälle mit Behältermaterialien (Abfälle sind bedingt schütffähig und können nicht einem Brecherwerk zugeführt werden) werden der Hochdruckkompaktierung zugeführt, da hier noch ein deutliches Volumenreduktionspotential besteht,.

Abfallkategorie 3: Handhabbare Abfallgebinde (VBA) sowie Abfallgebinde mit zementierten oder in Kunstharz eingeschlossenen Abfällen werden nicht verpresst. Bzgl. der Hochdruckkompaktierung anderer Abfallgebinde wird nach Angaben der bestehenden Abfalldokumentation entschieden.

Bis zur Erstellung der Gebindedokumentation und dem Abruf der Abfallgebinde durch das Endlager ist eine Zwischenlagerung erforderlich. Dieses Zwischenlager soll sich als übertägige Einrichtung am Standort Morsleben befinden. Die Konditionierung soll im Caissonbereich des Zwischenlagers erfolgen.

4.8 Behälter, Beförderung

Bzgl. der Auswahl der Press-Container sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Die Abmessungen müssen derart gestaltet sein, dass 2 aus Press-Containern erstellte Pellets in einen KONRAD-Container Typ V nebeneinander eingestellt werden können.
- Als Behältermaterial kann derselbe Stahl verwendet werden wie bei Fakir-Fässern. Bei der Wahl der Wandstärke ist aus statischen Gründen auf ein höheres Gewicht zu achten.
- Die Handhabbarkeit des Press-Containers soll auch noch als Pellet gewährleistet bleiben.

Die Press-Container dürfen gefüllt nicht das maximal zulässige Fördergewicht der Schachtförderanlage Bartensleben von 10 Mg erreichen. Hierauf ist bei der Befüllung zu achten. Der Transport untertage ist mit den vorhandenen Spezialfahrzeugen möglich, die bisher 12 Fässer gleichzeitig transportiert haben. Eine geringfügige Umrüstung auch der Hubfahrzeuge ist zu berücksichtigen.

Als Endlagerbehälter sollen vornehmlich KONRAD-Container Typ V zum Einsatz kommen. Für die Einstufung als störfallfeste Verpackung der Abfallbehälterklasse I verfügen diese Behälter über eine doppelwandige metallische Umschließung, die mit Beton gefüllt ist, und einem zusätzlichen Betoninnenbehälter. Dieser Betoninnenbehälter kann sinnvollerweise aus Salzbeton hergestellt werden, so dass bei der Herstellung der Container bereits kontaminiertes Salz verbraucht wird. Für die Herstellung dieses Innenbehälters ist ein gesonderter Caisson-Bereich im Zwischenlager vorzusehen. Bei der Herstellung der KONRAD-Container ist auf eine hochwertige Innenbeschichtung zu achten, die einen Korrosionsschutz zum angrenzenden Salzbeton über 40 Jahre gewährleistet.

4.9 Konfektionierung

Die konditionierten Abfälle werden den jeweils geeigneten Abfallbehältern zugeordnet. Dies sind vorrangig KONRAD-Container Typ V, die als störfallfeste Verpackung zugelassen sind. Aufgrund der Befüllung mit einem Betoninnenbehälter aus Salzbeton müssen die Innenbeschichtungen des Containers erhöhten Anforderungen zur längerfristigen Zwischenlagerung genügen. Presslinge und nicht kompaktierte, befüllte Press-Container werden jeweils so zusammengestellt und in den Container eingestellt, dass eine optimale Ausnutzung des Behältervolumens gegeben ist. Die formstabile Fixierung der Abfälle erfolgt entsprechend den Grundanforderungen der Endlagerungsbedingungen Konrad durch die Verwendung des Innenbehälters (Betonliner) und die Zugabe von kontaminiertem Versatzmaterial, welches ausreichend fein gemahlen sein muss, damit es einen fließfähigen Charakter annimmt. Hierzu ist weiterhin der Einsatz von Rüttlern erforderlich, um Hohlräume ausschließen zu können. Anschließend erfolgt eine Kontrolle der Kennzeichnung und ggf. der Dichtheit

der Behälter (z.B. bei MOSAIK-Behältern, die als Typ (B)-Behälter klassifiziert sind) sowie bei Bedarf eine Dekontamination. Die Konfektionierung erfolgt im Anschluss an die Konditionierung ebenfalls im Caissonbereich des Zwischenlagers. Eine schematische Darstellung des Konditionierungskonzeptes zeigt Abbildung 2.

ERA
Morsleben

5 Aufwand

5.1 Abschätzung des Abfallaufkommens

In der Machbarkeitsstudie der DBE /5/ sind für das im Jahr 1991 im ERAM eingelagerte Abfallvolumen zusätzlich auch Betrachtungen aufgeführt, wie sich das Abfallvolumen aufgrund der Kontamination im Einlagerungsbereich erhöht. Diese Angaben werden in der Tabelle 4 in den Spalten 2 und 3 für die einzelnen Abbaubereiche wiedergegeben. Auf der Basis der im Stilllegungsplan angegebenen aktuellen Daten zum eingelagerten Abfallvolumen wurden die Angaben zu den kontaminierten Bereichen entsprechend extrapoliert (s. Tabelle 4 Spalten 4 und 5).

Tabelle 4: Abfallaufkommen im ERAM – Angaben in m³

¹⁾ 1991 gemäß Machbarkeitsstudie der DBE /5/ und

²⁾ 1998 entsprechend dem Plan Stilllegung ERAM /1/

Abbaubereich	Abfall 1991 ¹⁾	zusätzlich kont. Bereich ¹⁾	Abfall 1998 ²⁾	zusätzlich kont. Bereich
Westfeld	3.433 ⁺	7.000	18.637 ⁺	37.000
Nordfeld	1.739 ⁺	870	1.701 ⁺	800
Ostfeld	-	-	6.140 ⁺	12.000
Südfeld				
Abbau 1	764 ⁺	750	1.013 ⁺	1.000
Abbau 2	100	2.900*	1.498 ⁺	2.400 ²⁾
Abbau 3		18.000*	7.608	16.100 ^{2) #)}
Abbau 4a	132	10.000	133	10.000
Durchsumpfungsgube Zentralteil		150*	24	130
Zukünftige Betriebsabfälle	1.160 ⁺		1.160 ⁺	
Summe	7.328	39.670	37.914	79.430

*) Hierbei handelt es sich um Monolithmaterial.

+) In Fässern eingelagerte Abfälle, Filter und sperrige Abfälle.

#) Die in Sohle 6 und 7 abgeflössenen Abfälle sowie kontaminierte Bereiche werden durch die Summation der Angaben zu Abbau 3 mitberücksichtigt.

Aus den in Tabelle 4 in den Spalten 4 und 5 angegebenen Daten folgt ein Gesamt-
abfallaufkommen von 117.344 m³ (Summe aus den Angaben in Spalte 4 zu radioak-
tiven Abfällen und Spalte 5 zu kontaminierten Bereichen), welches bei einer Planung
für eine Rückholung der Abfälle aus dem ERAM zu betrachten ist.

Gemäß dem im Kap. 4 vorgestellten Rückbau- und Konditionierungskonzept kann
dieses Volumen durch die Hochdruckkompaktierung auf ca. 100.000 m³ reduziert
werden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass eine Hochdruckkompaktierung des
kontaminierten Versatzmaterials nicht sinnvoll ist und eine Volumenreduzierung in-
folge einer Hochdruckkompaktierung der in Tabelle 4 Spalte 4 aufgeführten radioak-
tiven Abfälle ca. einen Faktor 2 liefert (Reduktion um ca. 17.000 m³). Darüber hinaus
ist das zusätzliche Volumen durch ca. 50.000 Press-Container mit ca. 1.500 m³ be-
rücksichtigt.

Das führt zu ca. 11.700 KONRAD-Container Typ V. Hierbei wird davon ausge-
gangen, dass das Netto-Volumen der KONRAD-Container durch den Betoninnen-
behälter sich auf ca. 7,5 m³ zwar reduziert, aber für die Herstellung des Betoninnen-
behälters und der Betonfüllung in der Außenwandung ca. 1 m³ kontaminiertes Salz
verwendet wird, so dass ein Netto-Volumen von 8,5 m³ pro Container nutzbar ist.

Für einige höher aktive Abfälle werden dickwandige Gusscontainer/MOSAIK-
Behälter bereitgehalten werden müssen. In der DBE-Studie wurden auf Basis des
damals eingelagerten Abfallvolumens 71 Stück für ausreichend gehalten. Aufgrund
der weiteren Einlagerung von Abfällen zwischen 1992 und 1998 werden hierfür nun
200 Stück als ausreichend bewertet.

5.2 Personeller Aufwand

Für die Betrachtung der Rückholbarkeit von radioaktiven Abfällen aus dem ERAM
wird davon ausgegangen, dass zur Aufrechterhaltung des Endlagerbetriebes bis zum
Beginn der Montagearbeiten für die Einrichtungen zur Rückholung eine Belegschaft

von 123 Personen als Betriebspersonal ausreichend ist. Diese Zahl orientiert sich an den Belegschaftszahlen der vergangenen Jahre und schlüsselt sich wie folgt auf:

• Betriebsleitung und Betriebsführung mit Archiv und Dokumentation, Objektschutz	ca. 40
• Grubenbetrieb	ca. 21
• Tagesbetrieb	ca. 42
• <u>Strahlenschutz</u>	<u>ca. 20</u>
Summe	ca. 123 Personen

Mit Beginn der Montagearbeiten und mit Beginn des Auslagerungsbetriebes ist jeweils die Belegschaft weiter aufzustocken. Dafür werden folgende Mannschaften für sinnvoll erachtet:

Personal für Auslagerung

Es wird davon ausgegangen, dass die Auslagerung gleichzeitig in 2 verschiedenen Rückbaubereichen in 2 Schichten durchgeführt wird. In den Rückbaubereichen können gleichzeitig 2 Trupps agieren. Für einen Rückbaubereich ist folgendes Personal sinnvoll:

• Bedienpersonal	Arbeitsverantwortlicher	4
	Bagger	4
	Radlader	4
	Brecher	2
	Vorpresse	2
	Reserve	4
• Instandhaltung	Schlosser	1
	<u>Elektriker</u>	<u>1</u>
Summe		22 Personen pro Schicht

Für die Auslagerungsarbeiten in den Rückbaubereichen sind somit 44 Personen erforderlich.

Personal für Messung

Für die Bedienung der

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| • Freimessanlage | 1 |
| • Messanlage für Press-Container | 3 |
| sowie Reserve | 1 |
| sind somit | 5 Personen erforderlich. |

Personal für Konditionierung/Konfektionierung und Zwischenlagerung

Die Abschätzungen zum Personalaufwand basieren auf Erfahrungswerten bestehender Konditionierungsanlagen. Die Tätigkeiten erfolgen im Dreischicht-Betrieb.

- | | |
|---------------------------|-------------|
| • Arbeitsverantwortlicher | 3 |
| • Hochdruckpresse | 9 |
| • Zementierung | 3 |
| • Konfektionierung | 6 |
| • Lagerbetrieb | 6 |
| • <u>Strahlenschutz</u> | 9 |
| Summe | 36 Personen |

Für die Konditionierung und Konfektionierung sowie für die Ein- und Auslagerungsvorgänge von Abfallgebinden im Zwischenlager am ERAM-Standort wird ein Personalbedarf von ca. 36 Personen abgeschätzt.

Personal für innerbetriebliche Transporte

Für den Transport der Press-Container vom Entnahmebereich zum Messbereich sowie vom Messbereich zur Konditionierung wird ein Personalbedarf von 12 Personen abgeschätzt. Hinzu kommen noch 2 Personen für den Personaltransport und 5 Personen für Reinigung/Dekontamination sowie Wartung und Wiederkehrende Prüfungen. Für innerbetriebliche Transporte wird daher ein Personalbedarf von ca. 19 Personen abgeschätzt.

Personal für Erstellung der Dokumentation

Für die Erstellung der Gebindedokumentationen werden ca. 5 Personen als erforderlich angesehen. Hinzu kommt eine weitere Person für die Dokumentation des Kontaminationszustandes des Grubengebäudes.

In der Tabelle 5 ist der abgeschätzte Personalaufwand zusammengestellt. Hieraus ergibt sich für die Zeit der Auslagerung der radioaktiven Abfälle ein Personalaufwand von ca. 233 Personen.

Tabelle 5: Zusammenstellung des Personalaufwands

Tätigkeit	Personalstärke	Schichtbetrieb
Endlagerbetrieb	123	teilweise 2 Schichten
Auslagerung	44	2 Schichten in 2 Bereichen
Messung	5	teilweise 2 Schichten
Konditionierung/Konfektionierung, Lagerung	36	3 Schichten
Transporte	19	2 Schichten
Dokumentation	6	1 Schicht
Summe	233	

5.3 Zeitlicher Aufwand – Rahmenterminplan

Im Folgenden wird eine Abschätzung für den zeitlichen Aufwand der Tätigkeiten für die Rückholung der im ERAM gelagerten Abfälle gegeben. Diese Abschätzung baut einerseits auf der Betrachtung des Zeitaufwandes in der Machbarkeitsstudie der DBE /5/ auf, berücksichtigt aber andererseits das seitdem erhöhte endgelagerte Abfallvolumen und vorliegende Erfahrungen aus atomrechtlichen Genehmigungsverfahren insbesondere bei der Stilllegung von Anlagen.

1. Erstellung der Genehmigungsunterlagen 3 Jahre
2. Genehmigungsverfahren 7 Jahre
3. Aufbau
 - a) Komponentenplanung und Herstellung während des Genehmigungsverfahrens
 - b) Ertüchtigung der Bergwerksstruktur 3 Jahre
 - keine Umrüstung der Schachtförderanlage erforderlich, da Press-Container mit Abschirmbehälter < 10 Mg
 - Auffahrung neuer Zugänge zu den Kammern mit verstützten Abfällen/Abfallgebinden bzw. EDR
 - Einrichtung von zusätzlichen Filteranlagen für die Abwetter
 - Einrichtung von Sonderbewetterungen für bestimmte Bereiche
 - c) Errichtung und Inbetriebnahme eines Konditionierungs- und Zwischenlagergebäudes (ZLM – Zwischenlager Morsleben) 4 Jahre (läuft parallel zu 3.b)
 - Konditionierungsbereich mit Hochdruckpresse, Zementieranlage, Konfektionierungsanlage
 - Freimessbereich mit Freimessanlage und gesonderten Lagerbereichen
 - Logistik, d.h. Eingangsbereich mit Kontrollmöglichkeiten, Pufferlagerbereich, Zwischenlagerbereich, Ver- und Entsorgung, Sanitärtrakt und Verwaltung mit Dokumentation
4. Montage der untertägigen Einrichtungen
erfolgt während der Errichtungsphase des Zwischenlagers

Ergebnis: Beginn der Rückholung nach 14 Jahren

5. Auslagerung aller Abfälle 11 Jahre
 - a) Erschließen des Auslagerbereiches
 - b) Auslagerung der Abfälle
 - c) Messung der Aktivität der Abfälle
 - d) Konditionierung im ZLM
 - e) Konfektionierung und Lagerung im ZLM

Es wird unterstellt, dass in 2 Schichten pro Tag an 2 verschiedenen Feldern insgesamt 5 Gebinde pro Tag hergestellt werden. Bei 215 Arbeitstagen im

Jahr können innerhalb von 11 Jahren die geplanten 11.900 Gebinde gefüllt werden. In diesem Zeitraum muss auch die Dokumentation erstellt und geprüft werden.

6. Rückbau der untertägigen Einrichtungen 3 Jahre

- a) Rückbau
- b) Konditionierung im ZLM (Hochdruckkompaktierung)
- c) Verpacken in KONRAD-Container

7. Dekontamination des Grubengebäudes

(läuft teilweise parallel zu 6.) 3 Jahre

- a) Erfassen und Abtrag der kontaminierten Schichten
- b) Entscheidungsmessungen (in situ-Gamma-Messungen)
- c) behördliche Kontrollmessungen
- d) behördliche Freigabe

8. Entlassung der Anlage aus dem Geltungsbereich des AtG 1 Jahr

- a) Freigabe der oberirdischen Anlagen des ERAM
- b) Gesamtfreigabe des Standortes ohne ZLM

9. Konventionelle Stilllegung des Bergwerkes

Beginn der konventionellen Stilllegung nach 30 Jahren

Für die vorbereitenden Tätigkeiten zur Rückholung werden ca. 14 Jahre abgeschätzt. Dieser Zeitraum wird insbesondere deswegen für erforderlich gehalten, da Erfahrungen bezüglich der Rückholung von Abfällen aus einem Endlager weder auf der Betreiber- noch auf der Behörden- und Gutachterseite vorliegen. Ein Abschluss der Tätigkeiten im atomrechtlichen Verfahren kann nach ca. 30 Jahren erreicht werden. Danach ist eine Stilllegung des Bergwerkes ausschließlich nach Bergrecht möglich. Ein Abschluss der Tätigkeiten mit Öffnung eines Endlagers (z.B. Konrad) ist nicht gegeben, da zu berücksichtigen ist, dass auch ein neues Endlager ca. 8-10 Jahre benötigt, um 11.900 Gebinde einzulagern. Dieser Zeitraum verlängert sich voraussichtlich um mehrere Jahre, da auch andere Abfallverursacher sowie Landessammelstellen und Zwischenlager in diesem Zeitraum dann radioaktive Abfälle zur Endlagerung abgeben wollen.

6 Dosisbetrachtung

6.1 Potenzielle Strahlenexposition der Bevölkerung

Gemäß § 47 StrlSchV /2/ darf bei dem Abbau von Anlagen oder Einrichtungen der Grenzwert für die effektive Dosis von 0,3 mSv der durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser jeweils bedingten Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung nicht überschritten werden. Beiträge zur Strahlenexposition /14, 15/ aus früheren Tätigkeiten an diesem oder anderen Standorten sind dabei miteinzubeziehen. Durch Berechnungen entsprechend der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV /8/ ist die Einhaltung der Grenzwerte nachzuweisen.

Ableitungen über den Wasserpfad

Abwässer aus dem Kontrollbereich werden vor ihrer Abgabe radionuklidspezifisch untersucht. Hierzu werden Proben entnommen und im Labor ausgewertet. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass nur Abwässer in die Umgebung geleitet werden, deren Aktivität unter den genehmigten Werten liegt /5/. Wässer mit einem höheren Aktivitätsgehalt werden entweder einer Abklinglagerung oder einer internen oder externen Konditionierung zugeführt. Aufgrund der Anforderungen an die im ERAM einzulagernden radioaktiven Abfälle bzgl. der Restfeuchte in Abfallgebinden ist jedoch mit einer Aufnahme von Flüssigkeiten im Rahmen der Rückholung von Abfallgebinden nicht zu rechnen. Sollte bei der Hochdruckkompaktierung aus Pellets Feuchtigkeit austreten, so sind diese einer anschließenden Trocknung zu unterziehen. Die dabei auftretenden Kondensate können den o. g. Abwässern zugeschlagen werden bzw. werden dann gemäß der für das Zwischenlager geltenden Genehmigung entsorgt.

Ableitung über den Luftpfad

Für die Betrachtung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung infolge der Ableitungen aus dem Schacht Bartensleben mit der Fortluft sind Kenntnisse sowohl des Quellterms als auch der Ausbreitungsbedingungen erforderlich. Hinsichtlich der Bestimmung des Quellterms wird darauf hingewiesen, dass durch Einsatz von Schwebstofffiltern der Klasse H 13 (ehemals Güteklasse S) Aerosole weitgehend zurückgehalten werden, so dass durch die zu erwartenden Tätigkeiten im Rahmen

der Rückholung kein radiologisch signifikanter Anstieg der betrieblichen Ableitungen mit der Fortluft bzgl. der Aerosole zu rechnen ist. Gasförmige Radionuklide wie Edelgase ($Rn-222$), Tritium oder C-14 (als CO_2 , Methan etc.) werden jedoch nicht durch das Filtersystem zurückgehalten. Zur Ermittlung des Quellterms werden folgende Annahmen getroffen:

Tritium und seine Verbindungen (HTO) werden konservativ als flüchtig angenommen, obwohl ein erheblicher Teil des Tritiuminventars z.B. im Kristallwasser von getrockneten Boraten gebunden vorliegt. Gemäß Tab. 2a sind somit $3,2 \cdot 10^{12}$ Bq (Bezugsdatum: 30.06.2005) insgesamt und gemittelt über eine Dauer der Tätigkeiten untertage von 26 Jahren von $1,2 \cdot 10^{11}$ Bq/a zu berücksichtigen. Die mittlere Freisetzungsrate reduziert sich aufgrund des Abklingens des Tritiuminventars im weiteren Verlauf der Rückholung auf ca. 1/4. Konservativ wird im folgenden nur von der mittleren Freisetzungsrate zum Beginn der Rückholung ausgegangen.

C-14 liegt vorrangig gebunden in organischen Anteilen von Ionenaustauscherharzen und Verdampferkonzentraten wie auch in anorganischer Form vor. Entsprechend den konservativen Annahmen in anderen Genehmigungsverfahren wird auch hier einen Anteil von 1% als flüchtig unterstellt. Gemäß den Angaben in Tab. 2a wären somit $3,4 \cdot 10^{10}$ Bq insgesamt und gemittelt über eine Dauer der Tätigkeiten untertage von 26 Jahren $1,3 \cdot 10^9$ Bq/a freisetzbar.

Für *Rn-222* wird im Plan Stilllegung /1/ eine Freisetzungsrate von $4 \cdot 10^{10}$ Bq/a beschrieben. Dieser Wert wird für die folgenden Betrachtungen übernommen.

Zur Abschätzung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung werden die Ausbreitungsbetrachtungen übernommen, die im Plan Stilllegung ERAM /1/ für die Abwetter über Schacht Bartensleben angegeben sind. Hieraus folgt, dass für die drei oben genannten Radionuklide jeweils eine potenzielle Strahlenexposition für die Bevölkerung von weniger als $1 \mu Sv/a$ vorliegt. Die gesetzliche Begrenzung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung mit der Fortluft (Abwetter) ist daher einhaltbar. Eine Ableitung radioaktiver Wässer erfolgt nicht mehr. Radiologische Aus-

wirkungen auf dem Wasserpfad gibt es daher nicht. Die Berechnung der potenziellen Strahlenexposition überschätzt die tatsächliche Strahlenexposition um ein Vielfaches, insbesondere weil die verwendeten Modelle auch Expositionspfade berücksichtigen, die am Standort nicht vorkommen. Bei dieser Betrachtung wurde vorausgesetzt, dass aufgrund des technischen Aufwandes zur Rückhaltung von Aerosolen eine ergänzende Betrachtung nicht notwendig ist. Es ist aber dennoch eine wesentliche Veränderung der betrieblichen Ableitungen infolge der Rückholung der Abfälle zu erwarten, da bei der bisher beantragten Stilllegung des ERAM eine Beendigung der Ableitungen mit dem Verschluss der 4. Sohle bereits nach ca. 3,7 Jahren erfolgen wird. Bei der hier geplanten Rückholung der Abfälle werden Personen der Bevölkerung einer Strahlenexposition bis einschließlich des Abbaus der kontaminierten untertägigen Einrichtungen nach ca. 28 Jahren ausgesetzt. Aufgrund der Geringfügigkeit der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung ist diese kein weiter zu verfolgendes Beurteilungskriterium.

Tabelle 6: Maximale Ableitung flüchtiger radioaktiver Stoffe mit den Abwettern über Schacht Bartensleben und resultierende potenzielle Strahlenexposition für die Bevölkerung während der Dauer der Rückholung der Abfälle

Radionuklid	Erwartete max. Ableitung Bq/a	Potenz. Strl.exposition $\mu\text{Sv/a}$	Kritische Altersgruppe
H-3	$1,2 \cdot 10^{11}$	<1	<1a
C-14	$1,3 \cdot 10^9$	<1	1-2a
Rn-222	$4 \cdot 10^{10}$	<1	<1a

6.2 Individualdosis des Personals

In der Machbarkeitsstudie der DBE von 1992 /5/ sind ausführlich für die einzelnen Vorhaben Angaben zur Ortsdosisleistung und Randbedingungen für die Tätigkeiten genannt. In der Studie wird zum Ausdruck gebracht, dass die damals gültigen Vorgaben der Strahlenschutzverordnung (§ 54 StrlSchV 10 mSv/a für Dauerarbeits-

plätze) eingehalten werden können. Hierzu müssen insbesondere an den Transportfahrzeugen entsprechende Abschirmungen vorhanden sein. Die Ergebnisse der Studie sind bei Berücksichtigung der geänderten Randbedingungen durch die Novellierung der Strahlenschutzverordnung auch heute noch gültig. Zwar ist der Umfang der Abfälle erheblich erhöht, andererseits ist durch das Abklingverhalten der Radionuklide die Ortsdosisleistung in vielen Bereichen gesunken. Als besondere Randbedingung sei hierbei erwähnt, dass der Abbau der Abfälle im wesentlichen fernbedient erfolgt und eine Strahlenexposition durch Inhalation durch konsequenten Einsatz entsprechender Schutzmaßnahmen vermieden wird (d.h. Einsatz von Atemschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten zur Rückholung von Abfällen, die nicht fernbedient erfolgen). Die Grenzwerte der Strahlenexposition bei der Berufsausübung sind daher einhaltbar.

6.3 Kollektivdosis des Personals

Zur Ermittlung der Kollektivdosis des Personals werden die in Abschnitt 4 dargestellten Tätigkeiten folgendermaßen gegliedert:

- a) Ertüchtigung der Bergwerksstruktur, Auf- und Abbau der untertägigen Einrichtungen,
- b) Abbau der Abfälle in den Einlagerbereichen,
- c) Transport der Gebinde in das Zwischenlager,
- d) Konditionierung der Abfälle,
- e) Zwischenlagerung,
- f) Abtransport und Einlagerung im Endlager.

Zu a) Ertüchtigung der Bergwerksstruktur, Auf- und Abbau der untertägigen Einrichtungen

Die Maßnahmen zur Ertüchtigung der Bergwerksstruktur sowie die Montage und Demontage der untertägigen Einrichtungen erfolgen in Bereichen des ERAM mit niedriger Ortsdosisleistung. Die Tätigkeiten sind bezüglich der damit verbundenen mittleren Dosisleistung vergleichbar zu den Tätigkeiten zur Einlagerung von Abfall-

gebunden. Die Kollektivdosis für diese Tätigkeiten kann daher aus der für das ERAM-Personal beschriebenen Jahresdosis (Jahresberichte Strahlenschutz 1996-1998: 40 mSv in 3 Jahren, gemessen mit amtlichen Dosimetern) ermittelt werden. Für die o. g. Tätigkeiten ist im Abschnitt 5.3 insgesamt ein Zeitaufwand von 7 Jahren geplant, so dass hierfür eine Kollektivdosis von ca. 93 mSv abgeschätzt wird.

Zu b) Abbau der Abfälle in den Einlagerungsbereichen

Aufgrund von Erfahrungen aus dem fernbedienten Abbau von Kernkraftwerken und aus der Räumung von Abfalllagern mit unkonditionierten Abfällen wird eine Kollektivdosis von ca. 7.000 mSv ermittelt. Diese Schätzung berücksichtigt, dass nur die radioaktiven Abfälle selbst sowie das Monolithmaterial fernbedient oder unter erschwerten radiologischen Bedingungen abgebaut werden brauchen, während ca. 60.000 m³ als kontaminierter Salzgrus konventionell abgetragen werden können.

Zu c) Transport der Gebinde in das Zwischenlager

Der Transport der Abfallgebände in den Messbereich und anschließend zur Konditionierung und Zwischenlagerung in den übertägigen Bereich ist vergleichbar zum Einlagerungsbetrieb im ERAM. In den Jahren 1996 bis 1998 wurde für die Einlagerung von 13.575 m³ radioaktiven Abfällen eine Kollektivdosis von 40 mSv erreicht. Für die hier in Rede stehenden Abfälle mit einem Volumen von 117.344 m³ wäre somit eine Kollektivdosis von 346 mSv einzuplanen. Die Ermittlung des Wertes ist konservativ, da einerseits die Aktivität der Abfälle aufgrund des Abklingverhaltens deutlich abgenommen hat, andererseits in dem Abfallvolumen auch gering kontaminiertes Salz aufgeführt ist, dass bezüglich des Transportes einen deutlich geringeren Anteil an der Kollektivdosis liefert als die radioaktiven Abfälle.

Zu d) Konditionierung der Abfälle

Es liegen aktuelle Erfahrungswerte von der Hochdruckkompaktierung sowohl mit kraftwerkseigenen als auch mit externen Konditionierungseinrichtungen vor (2001-2004). Demnach fällt bei der Hochdruckkompaktierung und Trocknung von Pellets sowie Konfektionierung der Endlagerbehälter eine Kollektivdosis von ca. 0,25 mSv pro 1 Mg Abfall an. Gemäß Tabelle 4 Spalte 4 sind ca. 30.000 m³ Abfall der

Hochdruckkompaktierung zuzuführen. Bei einer für Mischabfälle typischen Dichte von $0,6 \text{ Mg/m}^3$ erreichen diese eine Masse von ca. 18.000 Mg. Für die o. g. Tätigkeiten ist somit nach unserer Erfahrung eine Kollektivdosis von ca. 4.500 mSv zu berücksichtigen.

Zu e) Zwischenlagerung

Die für die Abschätzung der Kollektivdosis wesentlichen Beiträge aus dem Tätigkeitsbereich der Zwischenlagerung liefern die Ein- und Auslagerungsvorgänge. Während der eigentlichen Lagerung fällt keine signifikante Personendosis an (die amtliche Auswertung der Personendosimeter ist für das Lagerpersonal gleich Null, wenn keine Ein- oder Auslagerungsvorgänge stattfinden). Für Ein- und Auslagerungsvorgänge ist in früheren Betrachtungen zur Kollektivdosis bei der Entsorgung von radioaktiven Abfällen /9/ ein Wert von $0,025 \text{ mSv/Gebinde}$ abgeschätzt worden. Bei einer Gesamtzahl von 11.900 Gebinden werden somit ca. 300 mSv als Kollektivdosis für die Zwischenlagerung zu berücksichtigen sein.

Zu f) Abtransport und Einlagerung im Endlager

Aus Erfahrungswerten (nach Aussagen von Transportfirmen ist bisher keine amtliche Dosis beim Fahrpersonal festgestellt worden) kann hinsichtlich der Kollektivdosis bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle /9/ geschlossen werden, dass externe Transporte (z.B. zum Endlager) nicht relevant für die Kollektivdosisermittlung sind. Da sich die strahlenschutztechnischen Randbedingungen für Transporte nicht geändert haben, wird diese Aussage als weiterhin gültig angesehen. Für die Einlagerung der Abfallgebinde in das alternative Endlager wird eine Kollektivdosis von ca. $0,35 \text{ Sv}$ abgeschätzt. Dieser Beitrag ist bei der Einlagerung der radioaktiven Abfälle von 1979-1998 im ERAM angefallen und kann in gleicher Weise auch für die Einlagerung der neuen Abfallgebinde in das alternative Endlager verwendet werden.

Tabelle 7: Kollektivdosis des Personals bei der Rückholung von Abfällen

Tätigkeit	Kollektivdosis (Angaben in Sv)
Ertüchtigung der Bergwerksstruktur, Auf- und Abbau der untertägigen Einrichtungen	0,093
Rückbau der Abfälle in den Einlagerungsbereichen	7
Transport der rückgebauten Abfälle in das Zwischenlager	0,346
Konditionierung der Abfälle	4,5
Zwischenlagerung	0,3
Abtransport und Einlagerung im Endlager	0,35
Summe	ca. 12,6

Zusammenfassend wird festgestellt, dass für den Fall einer Rückholung der Abfälle aus dem ERAM mit einer Kollektivdosis von insgesamt ca. 12,6 Sv gerechnet werden muss. Für den Zeitbereich der Rückholung ist somit mit einer Jahreskollektivdosis von ca. 1 Sv/a zu rechnen. Dieser Wert entspricht einer mittleren Jahreskollektivdosis, die beim Betrieb eines typischen deutschen Leichtwasserreaktors in den letzten Jahren angefallen ist /17/. Aus den o. g. Kollektivdosiswerten ergibt sich unter Berücksichtigung der aufgeführten Dauer der Tätigkeiten und der hierfür abgeschätzten Personenzahl keine Überschreitung von Dosisgrenzwerten für das Personal. Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme eines alternativen Endlagers hat keinen Einfluss auf die Kollektivdosis, da mit der Dauer der Zwischenlagerung keine signifikante Dosis verbunden ist. Eine Zwischenlagerung und die damit verbundenen Ein- und Auslagerungsvorgänge sind aber in jedem Fall erforderlich, da für die Erstellung und Prüfung der Dokumentation sowie der logistischen Vorbereitung für den Abtransport erfahrungsgemäß ein längerer Zeitraum notwendig ist.

7 Vergleichende Störfallrisikobetrachtung

7.1 Störfallanalysen für die Stilllegung des ERAM

Im Rahmen der erforderlichen Vorsorge gegen Schäden gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG ist für die in der Stilllegungsphase durchzuführenden Arbeitsvorhaben eine Störfallanalyse durchgeführt worden und im Plan zur Stilllegung des ERAM /1/ in zusammengefasster Form enthalten. Es wird hierbei unterschieden zwischen anlageninternen Ereignissen und Ereignissen durch naturbedingte bzw. sonstige Einwirkungen von außen. Diese Ereignisse werden im Folgenden aufgeführt.

7.1.1 Anlageninterne Ereignisse

Zu den anlageninternen Ereignissen zählen:

- interner Brand oder Schwelbrand von eingelagerten radioaktiven Abfällen sowie von betrieblichen radioaktiven Abfällen und sonstigen Stoffen im Kontrollbereich infolge interner Einwirkungen (z. B. Selbstentzündung der Abfälle) innerhalb der Einlagerungshohlräume und Betriebsbereiche,
- Beaufschlagung der radioaktiven Abfälle in den Einlagerungshohlräumen sowie der betrieblichen radioaktiven Abfälle und sonstigen Stoffe im Kontrollbereich (thermische Beaufschlagung, z. B. durch einen Brand von Transport- und Grubenfahrzeugen, Maschinen, Fördereinrichtungen, Kabeln sowie mechanische Beaufschlagung, z. B. durch eine Fahrzeugkollision),
- gebirgsmechanische Einwirkungen mit mechanischer Beaufschlagung der radioaktiven Abfälle in den Einlagerungshohlräumen sowie der betrieblichen radioaktiven Abfälle und sonstigen Stoffe im Kontrollbereich,
- instantane Freisetzung der in den unversetzten bzw. nicht vollständig versetzten Einlagerungshohlräumen ggf. akkumulierten flüchtigen radioaktiven Stoffe (hauptsächlich H-3, C-14, Rn-222 und Folgeprodukte) durch plötzliches Undichtwerden einer Rückhaltebarriere (z. B. einer Abschlussmauer oder einer Abdichtung eines Sohlenbohrlochs),
- Deflagration zündfähiger Gasgemische in den Einlagerungshohlräumen und Betriebsbereichen (hauptsächlich Wasserstoffbildung durch Metall/Wasser-Reaktionen und Zündung),

- sonstige im Einzelfall zu betrachtende anlageninterne Ereignisse (z. B. Leckagen im Lager- und Konditionierungsbereich für flüssige radioaktive Abfälle, korrosionsbedingtes Versagen einer Rohrtour im UMF),
- Ferneinwirkungen auf Einlagerungshohlräume und Betriebsbereiche (z. B. durch Ereignisse im Öl- und Diesellager, an der Betankungsstelle, im Sprengmittellager, an Sprengorten, am Fahrzeugstellplatz im Abbau 3s auf der 4. Sohle, in der Zentralwerkstatt, am Standort Bartensleben auf der 4. Sohle, in sonstigen mit Fahrzeugen befahrbaren Grubenbauen, im Schachtbereich, bei Betriebsmitteltransporten).

7.1.2 Ereignisse durch naturbedingte bzw. sonstige Einwirkungen von außen

In Anlehnung an die Störfall-Leitlinien für Druckwasserreaktoren /10/ werden folgende Einwirkungen von außen auf das Endlager betrachtet:

- naturbedingte Einwirkungen durch Zutritt von Schachtwässern und salinaren Lösungen in die Grubenbaue,
- Erdbeben,
- Hochwasser,
- Sturm, Eis und Schnee, Blitzschlag,
- Flugzeugabsturz,
- Explosionsdruckwelle und
- Ansaugen von zündfähigen und toxischen Gasen.

In allen aufgeführten Fällen kommt das BfS /1/ zu dem Ergebnis, dass eine ausreichende Vorsorge getroffen ist. Ein Kritikalitätsstörfall wird ebenfalls aufgrund der Massenverteilung der spaltbaren Radionuklide in der Abfallmatrix ausgeschlossen.

7.2 Störfälle während der Rückholung

Durch die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Maßnahmen zur Rückholung der Abfälle aus dem ERAM ändern sich auch die Randbedingungen der Störfallszenarien, die im Rahmen der Stilllegung des ERAM entwickelt worden sind.

Anlageninterne Ereignisse

- Interner Brand: Eine vollständige Überdeckung der radioaktiven Abfälle mit Braunkohlenfilterasche bzw. Salzgrus als Versatzmaterial kann nicht mehr angenommen werden. Zusätzlich ist der Brand im übertägigen Konditionierungs- und Konfektionierungsbereich zu unterstellen.
- Beaufschlagung der radioaktiven Abfälle: Es muss davon ausgegangen werden, dass eine vollständige Überdeckung der radioaktiven Abfälle mit Braunkohlenfilterasche bzw. Salzgrus als Versatzmaterial, der Abschluss von Einlagerungshohlräumen und eine Einlagerung unterhalb der befahrbaren Sohle nicht mehr besteht. Zusätzlich sind ein Filterversagen für die lufttechnisch abgegrenzten Abbaubereiche sowie ein Lastabsturz von Abfallgebinden im übertägigen Bereich zu unterstellen. Es ist zu prüfen, ob der bisher als radiologisch repräsentativ geltende Störfall (Freisetzung des radioaktiven Inventars aus einer Charge von 24 Fässern mit verfestigten Eindampfrückständen - EDR) weiterhin als abdeckend anzusehen ist.
- Gebirgsmechanische Einwirkungen: Eine vollständige Überdeckung der radioaktiven Abfälle mit Braunkohlenfilterasche bzw. Salzgrus als Versatzmaterial kann nicht mehr unterstellt werden. Aufgrund der neu einzurichtenden Zugänge zu den Kammern mit verstürzten Gebinden bzw. verfestigten Eindampfrückständen erhöht sich das Risiko eines Lösefalls. Dieses Szenario ist insbesondere für das Südfeld zu betrachten, da hier bergbauliche Maßnahmen zur Gefahrenabwehr möglicherweise im Widerspruch zu Rückholmaßnahmen stehen. Es ist daher vorab zu prüfen, ob alle Einlagerungsbereiche ohne Einschränkungen bergbaulich erschlossen werden können. Sollte ein Bereich nicht mehr erschließbar sein, wäre die gesamte Rückholung in Frage gestellt.
- Deflagration zündfähiger Gasgemische: Eine vollständige Überdeckung der radioaktiven Abfälle mit Braunkohlenfilterasche bzw. Salzgrus als Versatzmaterial kann zwar nicht mehr unterstellt werden, mit Deflagrationen ist aber aufgrund der anhaltenden Bewetterung nicht zu rechnen.
- Sonstige im Einzelfall zu betrachtende Ereignisse: Die Randbedingungen bleiben erhalten.

- Ferneinwirkungen auf Einlagerungshohlräume und Betriebsbereiche: Die Randbedingungen bleiben erhalten.

Ereignisse durch naturbedingte und sonstige Einwirkungen von außen

- Erdbeben: Die erforderliche Vorsorge ist für die bisherigen Anlagen des ERAM getroffen. Eine entsprechende Planungsvorsorge ist auch für das Zwischenlager und für den Konditionierungs- und Konfektionierungsbereich zu treffen.
- Hochwasser: Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser sind aufgrund der Standortbedingungen nicht erforderlich.
- Sturm, Eis und Schnee, Blitzschlag: Die erforderliche Vorsorge ist für die bisherigen Anlagen des ERAM getroffen. Eine entsprechende Planungsvorsorge ist auch für das Zwischenlager und für den Konditionierungs- und Konfektionierungsbereich zu treffen.
- Explosionsdruckwelle: Aufgrund der zu berücksichtigenden Massen und der vorhandenen Sicherheitsabstände der nächstgelegenen Gefahrguttransportwege zum Standort sind keine Explosionsdruckwellen zu unterstellen.
- Ansaugen zündfähiger und toxischer Gase: Die Randbedingungen für die erdverlegte Erdgasleitung sind auch auf das zu errichtende Zwischenlager anzuwenden.
- Flugzeugabsturz: Eine Auslegung des ERAM gegen Flugzeugabsturz ist bisher als nicht erforderlich angesehen worden, da die radioaktiven Abfälle untertägig gelagert werden. Für den Fall der Rückholung der Abfälle ist eine übertägige Zwischenlagerung am Standort vorgesehen. Entsprechend der Empfehlung der RSK zur längerfristigen Zwischenlagerung von Abfallgebinden /11/ ist hierbei auch die Betrachtung eines Flugzeugabsturzes zu untersuchen und ggf. auch in die Planungsvorsorge mit einzubeziehen.
- Brand: Es ist ein externer Brand mit Auswirkungen auf das Zwischenlager zu unterstellen.

Die Betrachtungen zu den o. g. Störfällen zeigen, dass für den Fall einer Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM mit einer deutlichen Steigerung des Störfallrisikos gerechnet werden muss, da zusätzliche Tätigkeiten mit radioaktiven Abfällen sowohl untertage als auch übertage durchgeführt werden und sich danach eine möglicherweise längerfristige Zwischenlagerung übertage anschließt, die bezüglich auslegungsüberschreitenden Ereignissen (Flugzeugabsturz) im Vergleich zur untertägigen Lagerung nur einen deutlich reduzierten Schutz bietet. Darüber hinaus ist noch das zusätzliche Störfallrisiko durch einen verkehrstechnischen Unfall während der Beförderung der Abfallgebinde zum alternativen Endlager zu berücksichtigen. Bezüglich der Auswirkungen und der Bewertung des Transportunfallrisikos verweisen wir auf die Ausführungen der Transportstudie Konrad /16/.

8 Kostenabschätzung

Die nachfolgende Kostenschätzung basiert zum einen auf den Aussagen der Machbarkeitsstudie der DBE /5/ sowie Erfahrungswerten von Herstellern von Behältern und Herstellern/Betreibern von Konditionierungseinrichtungen. Des Weiteren sind Erfahrungswerte von Betreibern von Kernkraftwerken bzgl. der Stilllegung von Einrichtungen und Räumung von Abfalllagern eingeflossen.

8.1 Investitionskosten

Die Investitionskosten umfassen sowohl die Kosten der Planung und Bauüberwachung als auch die Kosten der Baumaßnahmen und der technischen Einrichtungen. Die Kosten der Planung und Bauüberwachung beinhalten die Personal- und Verwaltungskosten der DBE und die Leistungen der Subunternehmer für die Konzeptplanung, die Entwurfs- und Ausführungsplanung sowie für die Bauüberwachung. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in der geschätzten Summe von 30.000 T€ auch bereits Tätigkeiten und Untersuchungen zur standortspezifischen Charakterisierung der Endlagerbereiche im ERAM zur Planungsvoraussetzung enthalten sind.

Tabelle 8: Aufstellung der Investitionskosten für die Rückholung der Abfälle

a) Investitionsmaßnahmen übertage:	
Planung/Bauüberwachung	30.000 T€
Neubau und Einrichtung Sozialbereich, Ertüchtigung der Containerhalle, Brandschutzmaßnahmen, Ersatzstromversorgung	30.000 T€
Errichtung Zwischenlager mit Caisson und Konfektionierungsbereich	430.000 T€
Presse	6.000 T€
Trockner	2.000 T€
Zementierungseinrichtung	2.000 T€

11.700 störfallfeste KONRAD-Container Typ V (10 T€/Beh.)	117.000 T€
200 Mosaik-Behälter (30 T€/Beh.)	6.000 T€
Sachverständige (Gutachten)	2.000 T€
Summe	625.000 T€
b) Investitionsmaßnahmen untertage:	
2 dezentrale Abwettereinrichtungen mit Filtereinheiten, Fahrzeuge für Personen- und Lasttransporte	20.000 T€
4 elektrisch betriebene fernbedienbare Hydraulikbagger mit Gesteinsbrecher, 4 elektrisch betriebene fernbedien- bare Radlader, Videoüberwachungssystem und Steuer- stand, 2 Aufgabetrichter, 2 Kompakt-Hydraulik- Gesteinsbrecher, 2 Rohrgurtt Förderer, 2 Vorpresseinrich- tungen, 4 Manipulatorfahrzeuge mit Steuerung und Vi- deoüberwachung für Bergung von Quellen und Hochdo- sis-Gebinden	16.000 T€
Einrichtungen zur Messung der Aktivität an Press- Container und Proben (gammasspektrometrisch), Einrich- tungen zur Messung der Dosisleistung und Kontamination an Behältern, Einrichtungen zur Erfassung der Raumluft- aktivität und Dosisleistung/Kontamination am Arbeitsplatz	8.000 T€
50.000 Press-Container (1 T€/Beh.)	50.000 T€
Summe	94.000 T€
Gesamtkosten der Investitionsmaßnahmen über- und un- tertage	719.000 T€

8.2 Betriebskosten

Aufgrund des Rahmenterminplanes und der Personalplanung ist eine 10-jährige Periode mit einem Personalstand von 123 Personen geplant, gefolgt von einer 20-jährigen Abbauphase mit insgesamt 216 Personen. Für die in diesem Zeitraum im ERAM Beschäftigten werden durchschnittlich 16.000 T€ Personalkosten pro Jahr für die Stammebelegung von 123 Personen betrachtet (Mittelwert für die Offenhaltung des ERAM), die Betriebskosten (Personalkosten sowie Kosten für Bewachung, laufende Betriebsstoffe etc.) betragen dann insgesamt 24.000 T€ pro Jahr.

Tabelle 9: Aufstellung der Betriebskosten für die Rückholung der Abfälle

Personalkosten 123 Personen für Planungsphase 10 Jahre sowie Kosten für Bewachung, Betriebsstoffe etc (Offenhaltungsbetrieb)	240.000 T€
Personalkosten 233 Pers für Abbauphase 20 Jahre	606.000 T€
Sachverständige (200 T€/a für 20 Jahre)	4.000 T€
zusätzliche Betriebs- und Hilfsstoffe während des Abbaus (600 T€/a für 20 Jahre)	12.000 T€
Wartung, Reparatur und Instandhaltung (5.000 T€/a für 14 Jahre)	70.000 T€
Summe	932.000 T€

8.3 Weitere Kosten

Als weiterer Aufwand sind die Kosten für den Transport zum Endlager und die Einlagerungskosten zu berücksichtigen. Für die Betrachtung der Endlagerkosten wurde das gesamte Lagervolumen der KONRAD-Container (10,9 m³/Behälter) und der MOSAIK-Behälter (1,3 m³/Behälter) ermittelt und ein Kostensatz von 12.782 €/m³ (Stand 2001) berücksichtigt. Für den Transport der Abfallgebände wird ein Straßentransport unterstellt. Aufgrund der Masse der Abfallgebände und der Umverpackung (20-Fuß-Container) ist eine Beladung eines LKW mit 2 Containern nicht möglich. Insofern sind 11.700 Straßentransporte für die KONRAD-Container und weitere

100 Straßentransporte für 200 MOSAIK-Behälter zu unterstellen. Für den Transport von einem 20-Fuß-Container über eine Strecke, die mit der Entfernung der beiden Endlager Morsleben und Konrad vergleichbar ist, fallen derzeit Kosten von ca. 7,5 T€ an.

Tabelle 10: Aufstellung von weiteren Kosten zur Beförderung und Endlagerung der rückgeholten Abfälle

Transport der 11.900 Gebinde	88.000 T€
Endlagerung (Endlagergebundevolumen 127.790 m ³)	1.633.500 T€
Summe	1.721.500 T€

Die Gesamtkosten des Projektes sind in Tabelle 11 aufgeführt und betragen **ca. 3,4 Mrd. Euro.**

Tabelle 11: Aufstellung der Gesamtkosten für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM

Gesamtkosten der Investitionsmaßnahmen über- und untertage	719.000 T€
Betriebskosten	932.000 T€
Weitere Kosten	1.721.500 T€
Summe	3.372.500 T€

Die Kostenbetrachtung berücksichtigt nicht einen weiteren Personalbedarf für den Betrieb des Zwischenlagers am Standort Morsleben nach Abschluss der Tätigkeiten zur Freigabe nach § 29 StrISchV für das ERAM. Es wird insofern davon ausgegangen, dass ein alternatives Endlager bereits während der Rückbauarbeiten im ERAM seinen Betrieb aufnimmt, so dass ca. 2 Jahre nach Abschluss der Freigabe am Standort ERAM auch die letzten Abfallgebinde zum neuen Endlager transportiert werden. Anderenfalls sind die Betriebskosten für einen reduzierten Betrieb des Zwischenlagers (Lagerung und Abtransport, ohne Konditionierung) für einen entsprechenden Zeitraum hinzuzufügen.

Des Weiteren sind weder entsprechende Kosten für die Stilllegung des Zwischenlagers (Dekontamination und Freigabe) mit seinen Konditionierungseinrichtungen noch ein entsprechender Erlös aus dem Verkauf der Anlagen berücksichtigt.

9 Zusammenfassende Bewertung des Erfordernisses

Jede Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in Wissenschaft und Technik sowie in der Medizin bedarf einer Rechtfertigung, d.h. einer Abwägung zwischen dem Nutzen der Anwendung (für den Einzelnen sowie für die Gesellschaft) und dem Strahlenrisiko (für den Einzelnen, für Bevölkerungsgruppen oder die Bevölkerung insgesamt). Da es nicht sinnvoll ist, vor jeder Tätigkeit vorab den gesellschaftlichen Nutzen zu prüfen, wird in der Strahlenschutzverordnung unterschieden zwischen der Rechtfertigungsprüfung von neuen, genehmigungspflichtigen Tätigkeiten, die bisher noch keinem atomrechtlichen Genehmigungsverfahren unterworfen waren, (§ 4 StrlSchV) und der Erfordernisprüfung (Vermeidung unnötiger Strahlenexpositionen) für bereits schon genehmigte Tätigkeiten (§ 6 StrlSchV).

Bei der Rechtfertigungsprüfung erfolgt eine generelle Abwägung der infolge der Tätigkeit zu erwartenden, strahlenbedingten Risiken und des mit einer solchen Anwendung für den Einzelnen und für die Gesellschaft verbundenen Nutzens. Im Rahmen dieses Abwägungsprozesses sind auch Überlegungen anzustellen, ob das mit einer solchen Anwendung verbundene Ziel auch ohne den Einsatz ionisierender Strahlung bzw. radioaktiver Stoffe erreicht werden kann. Ablehnende Ergebnisse dieses Abwägungsprozesses werden in einer Rechtsverordnung verbindlich für weitere Genehmigungsverfahren festgelegt.

Bei der Erfordernisprüfung erfolgt die Abwägung im konkreten Anwendungsfall. Hierbei ist nachzuweisen, dass mit der Tätigkeit mehr Vorteile als Nachteile verbunden sind. Unter Vorteile sind zum Beispiel Dosisreduktionen für das Personal bzw. der Bevölkerung sowie sicherheitstechnische Verbesserungen (Reduzierung des Störfallrisikos) zu verstehen, die in Folge der Tätigkeit erwartet werden. Bei der Bewertung der Nachteile sind nicht nur alle negativen Aspekte (Erhöhung der Strahlenexposition, sonstige Beeinträchtigungen, Erhöhung des Störfallrisikos) zu betrachten, sondern auch die finanziellen Aufwendungen, die für die Durchführung der Tätigkeit erforderlich sind. Das Ergebnis der Abwägung der Vor- und Nachteile wird auch als Dosis-Netto-Nutzen bezeichnet. Bei dieser Abwägung wird vorausgesetzt, dass im

Rahmen der Dosis-Optimierung bereits aus den möglichen Maßnahmen diejenigen ausgewählt worden sind, die den maximalen Nutzen ergeben.

Der Umgang mit radioaktiven Abfällen im ERAM ist bereits eine genehmigte Tätigkeit. Die Notwendigkeit einer Rechtfertigungsprüfung ergibt sich daher hierfür nicht. Im Rahmen der Bewertung der Rückholbarkeit der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM ist daher zu prüfen, ob die mit der Rückholung verbundene Strahlenexposition im Sinne des § 6 StrlSchV erforderlich ist. Hierzu ist sowohl die Kollektivdosis des Personals, die Strahlenexposition der Bevölkerung als auch das Störfallrisiko zu betrachten. Die finanziellen Aufwendungen sind ebenfalls in die Betrachtung des Dosis-Netto-Nutzens aufzunehmen.

Die Ortsdosisleistung im gesamten Grubengebäude liegt in den meisten Bereichen unterhalb des natürlichen Untergrundpegels. Nur in wenigen Bereichen werden Dosisleistungen von 0,1 bis 1 $\mu\text{Sv/h}$ gemessen. Daher kann davon ausgegangen werden, dass bei den gemäß dem Plan Stilllegung/1/ vorgesehenen Tätigkeiten keine über den durch natürlichen Untergrundpegel hervorgerufene Dosis anfällt. Die im o. g. Abschnitt abgeschätzte Kollektivdosis des Personals von 12,6 Sv für die Rückholung der im ERAM gelagerten radioaktiven Abfälle zeigt somit eine gegenüber dem für die Stilllegung des ERAM deutlich erhöhte Strahlenexposition auf. Darüber hinaus werden Personen der Bevölkerung in der Umgebung des ERAM für einen wesentlich längeren Zeitraum (> 20 Jahre) den Emissionen durch die Abwetter der Schachtanlagen Bartensleben und Marie ausgesetzt sein. Es muss daher im Rahmen der Bewertung geprüft werden, ob die Tätigkeiten für die Rückholung der radioaktiven Abfälle im Sinne des § 6 StrlSchV eine unnötige Strahlenexposition darstellen.

Wie in Abschnitt 7 gezeigt, ist mit einer Rückholung der Abfälle aus dem ERAM kein sicherheitstechnischer Gewinn gegenüber der Stilllegung verbunden. Vielmehr treten zusätzliche Störfallrisiken durch die Tätigkeiten untertage im Rahmen der Handhabung der Gebinde und der Rückhaltung der radioaktiven Stoffe durch eine gesonderte Lüftungstechnik auf. Weitere Störfallrisiken bestehen übertage im Rahmen der erforderlichen Konditionierung und Konfektionierung und der hohen Transportzahlen

(ca. 2300 Transportlose à 5-6 Container bzw. Mosaik-Behälter vom ERAM zum alternativen Endlager Konrad). Eine Vorsorge gegenüber auslegungsüberschreitenden Ereignissen wie Flugzeugabsturz ist für übermäßige Tätigkeiten zumeist nicht gegeben.

Die Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls weist außerdem eine hohe finanzielle Belastung von ca. 3,4 Mrd. Euro. Es ist daher aus unserer Sicht weder ein Nutzen für Einzelpersonen der Bevölkerung noch ein gesellschaftlicher Nutzen erkennbar. Die abgeschätzte Kollektivdosis des Personals von ca. 12,6 Sv sowie die Strahlenexposition für die Bevölkerung stellen somit eine unnötige Strahlenexposition dar. Da gemäß § 6 StrlSchV jede unnötige Strahlenexposition zu vermeiden ist, ist die hier beschriebene Rückholung von radioaktiven Abfällen aus dem ERAM zwar machbar aber im Sinne der Strahlenschutzverordnung nicht zulässig.

Über die Rückholbarkeit radioaktiver Abfälle aus einem Endlager sind bereits verschiedene Studien angefertigt worden /12/. In der Bewertung solcher Studien kommt der Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte - AkEnd in seinem Abschlussbericht /13/ zu dem Ergebnis, dass er keinen Anlass sieht, die Rückholbarkeit von Abfällen aus dem Endlager zu berücksichtigen. Auch der BMU kommt in seiner Arbeitsgrundlage zum nationalen Entsorgungsplan /12/ zu dem Ergebnis, dass das Prinzip der Rückholbarkeit nach gegenwärtigem Stand von Wissenschaft und Technik mehr Nach- als Vorteile beinhaltet. Diese Betrachtungen beschränken sich allerdings auf Endlager vor dem Beginn der Betriebsphase. In der Studie /12/ werden folgende Sicherheitsaspekte als Begründung einer Rückholung angeführt:

- Das Verhalten des Endlagers weicht von der Vorhersage ab.
- Sicherheitsprobleme werden erst nach Einlagerung der Abfälle erkannt.
- Neue Erkenntnisse als Stand von Wissenschaft und Technik ermöglichen es, das Gefährdungspotential der langlebigen Nuklide zu verringern.
- Neue Erkenntnisse bezüglich der Gewährleistung der Langzeitsicherheit eines geologischen Endlagers liegen vor (Zweifel am Nachweis der Langzeitsicherheit).

Aus diesen Aspekten können sich bei der Kontrolle und Überprüfung der Sicherheitsanalyse des Endlagers möglicherweise Sicherheitsdefizite ergeben, die eine ggf. teilweise Rückholung von Abfällen nach heutigem Kenntnisstand als zweckmäßig erscheinen lassen. Solche Aspekte liegen bei dem hier betrachteten Endlager Morsleben jedoch nicht vor, so dass eine Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM aus heutiger Sicht nicht zu befürworten ist.

ERA
Morsleben

10 Verzeichnisse

10.1 Literaturverzeichnis

- /1/ Plan zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle
Bundesamt für Strahlenschutz
Stand 22.08.2005
- /2/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen
(Strahlenschutzordnung – StrlSchV) vom 20.07.2001
zuletzt geändert durch Art. 2 §3 Abs. 31 des Gesetzes vom 01.09.2005
BGBl Jg. 2005 I S. 2618 ff
- /3/ Bundesamt für Strahlenschutz
Schreiben vom 23.09.2005, Az.: Z 4.2 9M 280 00051 8562-5
Vertrag zur Bewertung der Rückholbarkeit der im ERAM eingelagerten radio-
aktiven Abfälle
(BFS2005/0003)
- /4/ Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz
Genehmigung zum Dauerbetrieb des Endlagers für radioaktive Abfälle
Genehmigung vom 22.04.1986
- /5/ DBE
Machbarkeitsstudie zur Auslagerung radioaktiver Abfälle aus dem Endlager
Morsleben
Abschlussbericht vom 20.08.1992, Az.: 9M NN BY 0001 00
- /6/ Bundesamt für Strahlenschutz
Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle – Schachtanlage Konrad
(Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995)
ET-IB-79

- /7/ Bundesamt für Strahlenschutz
Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur
Produktkontrolle radioaktiver Abfälle
Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
Teil I: Endlagerungsbedingungen, Stand August 1996
Teil II: Produktkontrolle, Stand Dezember 1996
- /8/ Bundesamt für Strahlenschutz
Entwurf der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum § 47 StrlSchV
Stand 11.08.2003
- /9/ TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG
Bericht zur Erhebung abfallspezifischer Daten zum Mengenfluss und zur
beruflichen Strahlenexposition aufgeschlüsselt nach Abfallströmen und Per-
sonengruppen
Beauftragung 9M/26, 30.10.1996
- /10/ Störfall-Leitlinien (Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwer-
ken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3
StrlSchV (Störfall-Leitlinien), Bundesanzeiger 35, Nr. 245a (1983), Beilage Nr.
59/83)
- /11/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Sicherheitsanforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung schwach-
und mittelradioaktiver Abfälle, die einer Genehmigungspflicht nach
§§ 6, 7, 9 AtG und § 7 StrlSchV unterliegen - Empfehlung der RSK
Schreiben vom 30.01.2004 Az.: RSIII 3 – 17031-4/1

- /12/ Untersuchung der Möglichkeiten und der sicherheitstechnischen Konsequenzen einer Option zur Rückholung eingelagerter Abfälle aus einem Endlager
Abschlussbericht der AG Colenco, DBE TEC und SKB Int. Consultants
Z2.2.7/WS 1006/8489-2, Mai 2005
(SON2005/0423)
- /13/ AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte
Abschlussbericht
2002
- /14/ TÜV Nord e.V.
Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)
ERAM, Grundbelastung von Luft, Boden, Bewuchs und Wasser am Standort
BfS Teilbeauftragung 9M/ 666 200 11/41
Bericht vom 3. Juni 2003
(BfS-2003-01)
- /15/ TÜV Nord e.V.
Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)
ERAM, Vorbelastung von Luft, Boden, Bewuchs und Wasser des Standortes
und der näheren Umgebung
BfS Teilbeauftragung 9M/ 666 200 11/41
Bericht vom 4. Juni 2003
(BfS-2003-002)
- /16/ Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS)
Transportstudie Konrad:
Sicherheitsanalyse des Transports radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad
GRS-84 (Juli 1991)

/17/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Umweltpolitik, Jahresbericht 2004 zur Umweltradioaktivität und
Strahlenbelastung

10.2 Abkürzungsverzeichnis

AtG	Atomgesetz
AVK	Abfallflussverfolgungs- und Kontrollsystem
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
DBE	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH
EDR	Eindampfrückstände
ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
EWN	Energiewerke Nord GmbH
MLU ST	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt
mSv	Millisievert
PFB	Planfeststellungsbeschluss
RSK	Reaktorsicherheitskommission
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
UMF	Untertagemessfeld
VBA	Verlorene Betonabschirmung
ZLM	Zwischenlager Morsleben

10.3 Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tab. 1: Einlagerungshohlräume für radioaktive Abfälle im ERAM	17
Tab. 2a: Radionuklidinventar der relevanten Radionuklide in den einzelnen Einlagerungshohlräumen des ERAM; Aktivitätsangaben in Bq bezogen auf den 30.06.2005	23
Tab. 2b: Radionuklidinventar der relevanten Radionuklide in den einzelnen Einlagerungshohlräumen des ERAM; Aktivitätsangaben in Bq bezogen auf den 30.06.2005	24
Tab. 3: Stoffliche Zusammensetzung der radioaktiven Abfälle in den einzelnen Einlagerungshohlräumen, Mengenangaben in Mg	25
Tab. 4: Abfallaufkommen im ERAM – Angaben in m ³ 1) 1991 gemäß Machbarkeitsstudie der DBE /5/ und 2) 2005 entsprechend dem Stilllegungsplan ERAM /1/	38
Tab. 5: Zusammenstellung des Personalaufwands	42
Tab. 6: Maximale Ableitung flüchtiger radioaktiver Stoffe mit dem Abwettern über Schacht Bartensleben und resultierende potenzielle Strahlenexposition für die Bevölkerung während der Dauer der Rückholung der Abfälle	47
Tab. 7: Kollektivdosis bei der Rückholung von Abfällen	51
Tab. 8: Aufstellung der Investitionskosten für die Rückholung der Abfälle	57
Tab. 9: Aufstellung der Betriebskosten für die Rückholung der Abfälle	59
Tab. 10: Aufstellung von weiteren Kosten zur Beförderung und Endlagerung der rückgeholtten Abfälle	60
Tab. 11: Aufstellung der Gesamtkosten für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem ERAM	60

10.4 Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Einlagerungshohlräume -372 m-Sohle (4. Sohle)	18
Abb. 2: Darstellung des Konditionierungskonzeptes für die mögliche Rückholung der ERAM-Abfälle	32