

Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben

Verfahrensunterlage

Titel: Ermittlung der Quellterme für die radiologisch relevanten Störfälle bei der Stilllegung des ERAM

Autor: Maric, D.

Erscheinungsjahr: 2006

Unterlagen-Nr.: P 273

Revision: 00

Unterlagenteil:



Dubravko Marić

„Ermittlung der Quellterme für die radiologisch relevanten Störfälle bei der Stilllegung des ERAM“

ERAM, Stilllegungsbetrieb, Störfallanalyse, Quellterme

KURZFASSUNG

Im vorliegenden Bericht werden Quellterme für die radiologisch relevanten Störfälle (Ereignisse der Störfallklasse 1) bei der Stilllegung des ERAM ermittelt. Um sicherzustellen, dass keine Abwägungsdefizite vorliegen, werden Quellterme auch für ausgewählte Ereignisse der Störfallklasse 2 ermittelt.

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	3
1 EINLEITUNG	7
2 QUELLTERMERMITTLUNG	10
2.1 Fässer mit zementierten verdünnten Eindampfrückständen	11
2.2 EDR-Tanks	14
2.3 Altbehälter L 5700	16
2.4 Altbehälter PC 55	18
2.5 Radioaktive Stoffe am Radionuklid-Laborplatz	20
2.6 Umschlossene Strahlenquellen	21
2.7 Radioaktive Stoffe im Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung	24
2.8 Mit Braunkohlenfilterasche verfestigte radioaktive Flüssigabfälle	26
2.9 Radioaktive Flüssigabfälle in den Grubenbauen der 7. Sohle	34
2.10 Wetter mit akkumulierten flüchtigen radioaktiven Stoffen	36
3 LITERATUR	39
ANHANG 1: FREISETZUNGSBRUCHTEILE JE PARTIKELGRÖSSENFRAKTION FÜR LUFTGETRAGENE AEROSOLE AM STÖRFALLORT INFOLGE MECHANISCHER BEAUFSCHLAGUNGEN VON ZEMENTIERTEN ABFALLPRODUKTEN	42
ANHANG 2: EIGENSCHAFTEN DER BRAUNKOHLLENFILTERASCHE	48
Seitenzahl gesamt	48
VERZEICHNIS DER BILDER	
Bild A1-1 Aerosoldispersierungsfaktor bei typischer Strömungsgeschwindigkeit der Grubenwetter als Funktion der Partikelgrößenfraktion und der Fallhöhe	43

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tabelle 2.1-1	Freisetzungbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort für zementierte verdünnte Eindampfrückstände (pro Fass)	12
Tabelle 2.1-2	Inventar radioaktiver Stoffe in einer Charge von 24 Fässern mit zementierten verdünnten Eindampfrückständen und Quellterme an den Abwetterschloten infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	13
Tabelle 2.1-3	Inventar radioaktiver Stoffe in einem Fass mit zementierten verdünnten Eindampfrückständen und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)	14
Tabelle 2.2-1	Inventar radioaktiver Stoffe im EDR-Tank 1 und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	15
Tabelle 2.2-2	Inventar radioaktiver Stoffe im EDR-Tank 2 und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	16
Tabelle 2.3-1	Inventar radioaktiver Stoffe in den Altbehältern L 5700 (beide zusammen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	17
Tabelle 2.4-1	Inventar radioaktiver Stoffe in den Altbehältern PC 55 (alle 24 zusammen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	19
Tabelle 2.5-1	Zugelassenes Umgangsinventar der radioaktiven Stoffe am Radionuklid-Laborplatz (einschließlich umschlossener Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	21
Tabelle 2.5-2	Zugelassenes Lagerinventar der radioaktiven Stoffe am Radionuklid-Laborplatz (einschließlich umschlossener Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	21
Tabelle 2.6-1	Inventar radioaktiver Stoffe im Kalibrierungsraum (nur umschlossene Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	23
Tabelle 2.6-2	Inventar radioaktiver Stoffe in der SSÜ-Warte (nur umschlossene Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	24
Tabelle 2.6-3	Inventar radioaktiver Stoffe in der Dosimetriewarte (nur umschlossene Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	24
Tabelle 2.6-4	Inventar radioaktiver Stoffe im Abbau 1a auf der 1. Sohle und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	24

Tabelle 2.7-1	Inventar radioaktiver Stoffe im Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung (einschließlich umschlossener Strahlenquellen) und Quellterm am Freisetzungsort infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)	26
Tabelle 2.8-1	Freisetzungbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort für die mit BFA verfestigten radioaktiven Flüssigabfälle (bezogen auf die jeweilige Gesamtmenge)	28
Tabelle 2.8-2	Charakteristiken der Einlagerungsgrubenbaue und Zusammensetzung des Abfallprodukts	28
Tabelle 2.8-3	Freisetzungbruchteile je Partikelgrößenfraktion infolge der Abscheidung zwischen Störfallort und Abwetterschlot /IST 06b/	29
Tabelle 2.8-4	Inventar radioaktiver Stoffe in der Durchsumpfungsrube und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)	29
Tabelle 2.8-5	Inventar radioaktiver Stoffe im Versuchsbereich zur Durchsumpfung 1w und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)	31
Tabelle 2.8-6	Inventar radioaktiver Stoffe im Versuchsbereich zur Durchsumpfung 1ö und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)	32
Tabelle 2.9-1	Freisetzungbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort für radioaktive Flüssigabfälle in den Grubenbauen der 7. Sohle (bezogen auf das beaufschlagte Volumen von 100 m^3)	35
Tabelle 2.9-2	Inventar radioaktiver Stoffe in den Grubenbauen der 7. Sohle und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)	36
Tabelle 2.10-1	Inventar akkumulierter flüchtiger radioaktiver Stoffe im Einlagerungsgrubenbau im Streckentiefsten der Nordstrecke 4. Sohle und Quellterm am Abwetterschlot infolge ihrer störfallbedingten Freisetzung (in Bq)	38
Tabelle 2.10-2	Inventar akkumulierter flüchtiger radioaktiver Stoffe in der vorderen Kammer des Einlagerungsgrubenbaus im nordöstlichen Querschlag zur Nordstrecke 4. Sohle und Quellterm am Abwetterschlot infolge ihrer störfallbedingten Freisetzung (in Bq)	38
Tabelle 2.10-3	Inventar akkumulierter flüchtiger radioaktiver Stoffe im Bremsberg im Westfeld und Quellterm am Abwetterschlot infolge ihrer störfallbedingten Freisetzung (in Bq)	38
Tabelle A2-1	Korngrößenverteilung von Braunkohlenfilterasche	48

1 EINLEITUNG

Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurde 1971 im ehemaligen Kali- und Steinsalzbergwerk Bartensleben eingerichtet. Nach Abschluss des Versuchsbetriebes wurde 1981 zunächst eine auf fünf Jahre befristete und 1986 eine Genehmigung zum Dauerbetrieb für die Endlagerung niedrig- und mittelaktiver radioaktiver Abfälle erteilt /STA 86/. Nach der Wiedervereinigung galt diese Dauerbetriebsgenehmigung (DBG) nach § 57a Abs. 1 Nr. 1 Atomgesetz (AtG) /BMU 05/ als fiktiver Planfeststellungsbeschluss befristet bis zum 30. Juni 2000 fort. Durch den aufgrund des Einigungsvertrages in das Atomgesetz (AtG) eingefügten § 57 a und das Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes vom 22.04.2002 gilt die DBG mit Ausnahme der Regelungen für die Annahme und Endlagerung weiterer radioaktiver Abfälle als Planfeststellungsbeschluss (PFB) i. S. d. § 9 b AtG fort.

Im ERAM sind niedrig- und mittelaktive radioaktive Abfälle mit überwiegend kurzlebigen Radionukliden /BFS 96/ endgelagert /BFS 06/, /BFS 06a/. Weiterhin sind radioaktive Abfälle in einem endlagerechten Zustand zwischengelagert. Radioaktive und potenziell kontaminierte Eigenabfälle des ERAM sind in den Einlagerungsgrubenbauen endgelagert bzw. auch in eigens den Eigenabfällen zugewiesenen Einlagerungsgrubenbauen zwischengelagert. Der am 13. Oktober 1992 bei der zuständigen Planfeststellungsbehörde des Landes Sachsen-Anhalt gestellte Antrag auf Weiterbetrieb und Stilllegung wurde mit Antrag vom 9. Mai 1997 auf die Stilllegung des ERAM beschränkt. Mit dem Änderungsantrag des BfS vom 12. September 2005 werden die während des Stilllegungsbetriebes noch anfallenden radioaktiven Eigenabfälle einbezogen. Ferner soll gemäß dem Änderungsantrag im Rahmen des Verfahrens auch die Endlagerung der zwischengelagerten radioaktiven Abfälle genehmigt werden.

Die unterschiedlichen radioaktiven Rohabfälle waren so verarbeitet, dass sie bei ihrer Anlieferung im ERAM die jeweils gültigen Anforderungen an die endzulagernden radioaktiven Abfälle erfüllten /BFS 96/.

Hinsichtlich der Stilllegung wird von den folgenden Definitionen ausgegangen:

Ab dem Zeitpunkt der Ausnutzung des Planfeststellungsbeschlusses (PFB) beginnt die Umrüstung für die Stilllegung. Diese wird im Folgenden "Umrüstphase" genannt. Anschließend beginnt die Stilllegungsphase (Verfüllen und Abdichten). Zusammen werden die Umrüstphase und die Stilllegungsphase im Weiteren als Stilllegungsbetrieb bezeichnet.

Zur Stilllegung des ERAM ist gemäß § 9b Abs. 1 AtG eine Planfeststellung erforderlich und gemäß § 9b Abs. 4 AtG i. V. m. § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG nachzuweisen, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden bei der Stilllegung der Anlage getroffen ist. Als eine der zu erfüllenden Voraussetzungen für den Nachweis der Einhaltung der grundsätzlichen Schutzziele wird in den Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk /BMI 83/ die Durchführung einer Sicherheitsanalyse vorgeschrieben. Bestandteil einer Sicherheitsanalyse ist u. a. eine Störfallanalyse. Ein Störfall ist in § 3 Abs. 2 Nr. 28 StrlSchV /BMU 05a/ definiert als ein Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und für den die Anlage auszulegen ist oder für den bei der Tätigkeit vorsorglich Schutzvorkehrungen vorzusehen sind. Sicherheitstechnisch re-

levant i. S. des § 3 Abs. 2 Nr. 28 StrlSchV kann eine Freisetzung radioaktiver Stoffe am Störfallort innerhalb der Anlage sein. Zudem soll nach § 49 Abs. 1 StrlSchV eine störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage begrenzt werden.

Grundlage für die Störfallanalyse des ERAM /IST 06/ sind die „Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV (Störfall-Leitlinien)“ /BMI 83a/ (Anmerkung: § 49 StrlSchV ersetzt aufgrund der Novellierung vom 20.07.2001 den § 28 StrlSchV alter Fassung). Für das ERAM werden in Anlehnung an die Störfallanalyse für das Endlager Konrad diejenigen Ereignisabläufe identifiziert und betrachtet, die aufgrund potenzieller Freisetzung radioaktiver Stoffe am Störfallort relevant sind und die nicht als anomale Zustände des bestimmungsgemäßen Betriebes in der betreffenden Sicherheitsanalyse /IST 06a/ betrachtet werden. Die identifizierten Ereignisabläufe werden als potenzielle Störfälle bezeichnet, unabhängig vom Ergebnis der Betrachtung, ob eine Freisetzung radioaktiver Stoffe am Störfallort oder in die Umgebung der Anlage ggf. vermieden wird oder so gering ist, dass das Ereignis kein Störfall i. S. des § 3 Abs. 2 Nr. 28 StrlSchV ist. Durch diese systematische Vorgehensweise wird sichergestellt, dass alle unerwünschten Ereignisse erfasst und die erforderlichen Vorsorgemaßnahmen getroffen werden.

Für die identifizierten Ereignisabläufe mit potenzieller Freisetzung radioaktiver Stoffe am Störfallort während des Stilllegungsbetriebes wird in der Störfallanalyse /IST 06/ unter Einbeziehung der Ergebnisse aus dem vorliegenden Bericht nachgewiesen, dass

- entweder die Störfallplanungswerte nach § 49 Abs. 1 StrlSchV eingehalten werden, wobei eine störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage gemäß dem Minimierungsgebot nach § 6 Abs. 2 StrlSchV auch unterhalb der Grenzwerte des § 49 Abs. 1 StrlSchV so gering wie möglich gehalten wird (Definition der Störfallklasse 1),
- oder eine ausreichende Vorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik gegen Störfälle getroffen ist, um eine störfallbedingte Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage gemäß dem Vermeidungsgebot nach § 6 Abs. 1 StrlSchV zu vermeiden (Definition der Störfallklasse 2).

Die obigen Definitionen bzw. Abgrenzung der Störfallklassen orientieren sich an den §§ 6 und 49 StrlSchV, an den Störfall-Leitlinien für Druckwasserreaktoren sowie an den entsprechenden Definitionen aus der Störfallanalyse für das Endlager Konrad.

Die potenziellen Störfälle in einem Endlager bestehen i. d. R. aus einem primären Ereignis (z. B. einem Brand), der Freisetzung radioaktiver Stoffe am Störfallort infolge des primären Ereignisses, ihrer Ausbreitung mit den Grubenwettern bis zum Freisetzungsort aus der Anlage (z. B. einem Abwetterschlot) und der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung gemäß den Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV. Beruhend auf der zu Beginn des Stilllegungsbetriebes bereits vorhandenen Störfallvorsorge werden bis auf wenige, nachfolgend beschriebene Ausnahmen alle betrachteten Ereignisabläufe der Störfallklasse 2 zugeordnet.

Für die identifizierten Ereignisse der Störfallklasse 1 wird im Bericht /GRS 06/ nachgewiesen, dass die Störfallplanungswerte des § 49 Abs. 1 StrlSchV eingehalten werden. Um sicherzu-

stellen, dass keine Abwägungsdefizite vorliegen, wird der Nachweis auch für ausgewählte Ereignisse der Störfallklasse 2 erbracht. Das Vorgehen ist dabei prinzipiell jeweils gleich: Zunächst werden im vorliegenden Bericht die Quellterme am Störfallort, d. h. die am Störfallort freigesetzten radioaktiven Stoffe in Abhängigkeit von ihrer stofflichen Beschaffenheit (aerosolförmig, flüchtig, chemische Zusammensetzung) ermittelt. Für die störfallbedingt entstandenen Aerosole werden die Quellterme partikelgrößenabhängig bestimmt. Bei Störfällen unter Tage werden die am Störfallort freigesetzten luftgetragenen radioaktiven Stoffe mit den Grubenwettern transportiert und in die Umgebung freigesetzt. Ein Teil der Abwetter zieht im Schacht Bartensleben luttengeführt über einen Abwetterschlot aus. Die restlichen Wetter ziehen über die Verbindungsstrecken in das Grubenfeld Marie und danach über den Abwetterschlot am Schacht Marie aus. Während des untertägigen Transports kommt es zur Abscheidung radioaktiver Stoffe. Für Störfälle infolge mechanischer Beaufschlagungen wird die Berechnung der Abscheidung im Bericht /IST 06b/ dargestellt. Bei Störfällen infolge thermischer Beaufschlagungen wird unterstellt, dass keine Abscheidung zwischen dem Störfallort und dem Abwetterschlot stattfindet. Die Quellterme am Ort der Freisetzung in die Umgebung (Abwetterschlot) werden unter Zugrundelegung dieser Vorgehensweisen für die Abscheidung radioaktiver Aerosole im vorliegenden Bericht ermittelt.

Aus den Quelltermen werden im Bericht /GRS 06/ die potenziellen Strahlenexpositionen des Menschen in der Umgebung des ERAM mit deterministischen Verfahren in Anlehnung an die Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV berechnet. Für den jeweils betrachteten Störfall werden die höchsten radiologischen Auswirkungen bestimmt. Diese sind durch die Organdosis der Referenzperson gegeben, für die das Verhältnis der Organdosis zum zugehörigen Störfallplanungswert am höchsten ist. Die Störfallplanungswerte des § 49 Abs. 1 StrlSchV werden eingehalten, wenn das so bestimmte höchste Verhältnis kleiner eins ist.

Die Quelltermmittlung orientiert sich an der bestehenden Auslegung der Anlage /DBE 06/, den bestehenden Betriebsvorschriften sowie an den im Vorfeld und während des Stilllegungsbetriebes durchzuführenden Änderungen. Gegenstand der Betrachtungen sind die im ERAM eingelagerten radioaktiven Abfälle sowie radioaktive und potenziell kontaminierte Eigenabfälle und Stoffe. Eigenabfälle und Stoffe mit Oberflächenkontaminationen unterhalb der in § 44 Abs. 2 Nr. 1 StrlSchV genannten Werte /DBE 06a/ können unter Störfallgesichtspunkten außer Acht gelassen werden /IST 06/.

Hinsichtlich der Eigenabfälle wird vom Bericht /IST 06c/ ausgegangen: Dort sind die zu betrachtenden Eigenabfälle des ERAM im Hinblick auf die erforderliche Schadensvorsorge gegen Störfälle identifiziert und solche Lagerorte für diese ausgewiesen, die mit dem Verfüllkonzept /DBE 05/, /DBE 05a/ kompatibel sind. Durch ihre Verbringung vor dem Beginn der Umrüstphase an diese Lagerorte (sofern sie nicht bereits dort eingelagert sind) wird die erforderliche Schadensvorsorge gegen Störfälle gewährleistet. Bereits existierende radioaktive und potenziell kontaminierte Eigenabfälle sind im Bericht /IST 06c/ aufgeführt und ihre nuklidspezifischen Inventare radioaktiver Stoffe, sofern radiologisch relevant, dokumentiert.

Ferner werden die im Rahmen der DBG geplanten und geschaffenen Rahmenbedingungen beachtet. Konkret werden die folgenden Änderungsmaßnahmen als bereits bis zum Beginn der Umrüstphase umgesetzt angenommen:

- Überdeckung der obersten Stapelebene im Abbau 2 des Ostfeldes mit Salzgrus;

- Rückbau des aktiven Labors über Tage;
- Errichtung eines Radionuklid-Laborplatzes unter Tage im Südfeld 4. Sohle;
- Rückbau der speziellen Kanalisation über Tage;
- Abwesenheit von radioaktiven Stoffen über Tage und im Schachtbereich Bartensleben (bis auf das Inventar des Laborcontainers zur Umgebungsüberwachung über Tage);
- Aufhebung des Kontrollbereichs über Tage sowie in der Schachtröhre und im unteren Teil des Fördergestells, d. h. Reduzierung des Kontrollbereichs auf die 4. Sohle im Grubenfeld Bartensleben;
- Verlegung der Dosimetriewarte vom derzeitigen Eingang zum Kontrollbereich im Förder-turm Bartensleben zum künftigen Eingang am Füllort Bartensleben 4. Sohle (17YEF00);
- Auflösung der im Störreservelager östlich der Wetterstrecke befindlichen Außenstelle der Zentralwerkstatt und Leerräumung des Störreservelagers;
- Ableitung der Abwetter aus den Einlagerungsbereichen¹ Nordfeld, Zentralteil, UMF und Ostfeld über den Abwetterschlot des neuen Abwetterbauwerks am Schacht Marie.

2 QUELLTERMERMITTLUNG

Im Folgenden werden zuerst die in der Störfallanalyse /IST 06/ getroffenen Zuordnungen der betrachteten Ereignisse zu jeweils einer der beiden Störfallklassen wiedergegeben und begründet. Danach werden die Quellterme am Störfallort, d. h. die am Störfallort freigesetzten radioaktiven Stoffe in Abhängigkeit von ihrer stofflichen Beschaffenheit (aerosolförmig, flüchtig, chemische Zusammensetzung) ermittelt. Dazu werden die folgenden Literaturquellen herangezogen: /IST 06c/ bzgl. der Eigenabfälle, /BFS 06/ bzgl. sonstiger radioaktiver Abfälle und die Sicherheitsanalyse des bestimmungsgemäßen Betriebes /IST 06a/ bzgl. der Wetter mit akkumulierten flüchtigen radioaktiven Stoffen. Für die störfallbedingt entstandenen Aerosole werden die Quellterme partikelgrößenabhängig bestimmt. Ebenfalls ermittelt wird der Ort der Freisetzung in die Umgebung (Abwetterschlot am Schacht Bartensleben und/oder Abwetterschlot am Schacht Marie oder Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung über Tage). Dieser wird aus der Bewetterungsplanung /DBE 05b/, /DBE 05c/ entnommen. Für Störfälle infolge mechanischer Beaufschlagungen wird die Berechnung der Abscheidung von Aerosolen zwischen dem Störfallort und dem Abwetterschlot im Bericht /IST 06b/ dargestellt. Bei Störfällen infolge thermischer Beaufschlagungen wird unterstellt, dass keine Abscheidung stattfindet. Die Quellterme am Ort der Freisetzung in die Umgebung werden im Folgenden unter Zugrundelegung dieser Vorgehensweisen für die Abscheidung radioaktiver Aerosole ermittelt.

Alle Angaben zu Inventaren radioaktiver Stoffe beziehen sich auf den 30.06.2005.

¹ Einlagerungsbereich: begrenzter Bereich im Grubengebäude, in dem mehrere Einlagerungsgrubenbaue liegen. Zur Bewetterung der Einlagerungsbereiche siehe /DBE 05b/ und /DBE 05c/.

2.1 Fässer mit zementierten verdünnten Eindampfrückständen

2.1.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 1 zugeordnet, da eine Beaufschlagung der radioaktiven Eigenabfälle mit einer Freisetzung radioaktiver Stoffe bei ihrer Handhabung, ihrem Transport oder ihrer Einlagerung nicht ausgeschlossen werden kann.

Eine Beaufschlagung der radioaktiven Eigenabfälle mit einer Freisetzung radioaktiver Stoffe bei der Konditionierung in Fässern im Abfüllraum (17YEA33 R004), beim Transport der Fässer mit unausgehärtetem Abfallprodukt aus dem Abfüllraum zum Dekontaminationsraum (17YEA33 R003) oder während des Aushärtens des Abfallprodukts in abgestellten Fässern im Dekontaminationsraum wird der Störfallklasse 2 zugeordnet bzw. durch die unten betrachteten Störfallszenarien in ihren Auswirkungen als abgedeckt angenommen. Welche von den beiden Möglichkeiten zutrifft (Zuordnung zur Störfallklasse 2 oder Betrachtung als abgedeckt), ist nicht erforderlich festzulegen.

2.1.2 Ereignisablauf

1. Thermische Beaufschlagung: Eine komplette Charge von 24 Fässern mit zementierten verdünnten Eindampfrückständen wird beim Transport infolge eines Fahrzeugbrandes thermisch beaufschlagt. Der Störfallort liegt auf dem Transportweg aus dem Dekontaminationsraum (17YEA33 R003), über die Zufahrt (17YEA32 R001) vom Südgesenk B, die Südstrecke (17YER31 R001), den Ostquerschlag (17YEQ01 R001), den Füllort Bartensleben (17YEF01) und den Westquerschlag (17YEQ02 R001) zum Lagerort für Eigenabfälle im noch nicht abgeschlossenen Teil des Westfelds 2 (4. Sohle).
2. Mechanische Beaufschlagung: Ein Fass mit zementierten verdünnten Eindampfrückständen wird bei der Einlagerung infolge eines Sturzes aus einer Höhe von 2 m mechanisch beaufschlagt. Der Störfallort ist der Lagerort für Eigenabfälle im noch nicht abgeschlossenen Teil des Westfelds 2 (4. Sohle). Die freie Firsthöhe beträgt dort 3 m.

2.1.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind die durch das Zementieren endlagergerecht in 200-l-Fässern verarbeitete verdünnte Eindampfrückstände aus den EDR-Tanks sowie andere radioaktive oder potenziell kontaminierte flüssige Eigenabfälle. Bei den betrachteten Störfällen ist das Abfallprodukt ausgehärtet.

2.1.4 Quellterm am Störfallort

1. Thermische Beaufschlagung: Der Freisetzungsbruchteil für nicht-flüchtige radioaktive Stoffe in zementierten Abfallprodukten beträgt $5 \cdot 10^{-4}$ /GRS 87/. C-14 und flüchtige radioaktive Stoffe wurden nicht gemessen und sind deshalb im angegebenen Inventar nicht enthalten. H-3 ist allerdings in Eindampfrückständen kaum relevant, da prozessbedingt verflüchtigt. Die ausschlaggebenden Freisetzungsmechanismen sind die Pyrolyse des Abfallprodukts im Teilvolumen mit Temperaturen $> 300^\circ\text{C}$ und das Verdampfen vom Wasser im Abfallprodukt mit Temperaturen $> 100^\circ\text{C}$ /GRS 87/. Der Quellterm am Störfal-

ort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe in einer Charge von 24 Fässern (siehe Tabelle 2.1-2) und dem vorgenannten Freisetzungsbruchteil.

2. Mechanische Beaufschlagung: Tabelle 2.1-1 zeigt die Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort. Die Angabe erfolgt pro Fass. Die Herleitung befindet sich im Anhang 1. Die unterstellten Randbedingungen sind: Wandstärke des Fasses $w = 1 \text{ mm}$ (nur Fasshaut ohne inaktive Schicht); Fassaußenradius $r = 30 \text{ cm}$; Dichte des radioaktiven zementierten Abfallprodukts $\rho_{\text{Abfallprodukt}} = 2 \text{ Mg/m}^3$; Fassbruttovolumen $V = 0,2 \text{ m}^3$ (Das Volumen der Fasshaut wird vernachlässigt); Volumen des radioaktiven zementierten Abfallprodukts $V_{\text{Abfallprodukt}} = V$. Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe in einem Fass (1/24 des Inventars einer Charge, siehe Tabelle 2.1-3) und den vorgenannten Freisetzungsbruchteilen je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole am Störfallort.

Tabelle 2.1-1 Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort für zementierte verdünnte Eindampfrückstände (pro Fass)

Störfallort	Partikelgrößenfraktion						
	0...1 μm	1...5 μm	5...10 μm	10...20 μm	20...40 μm	40...70 μm	70...100 μm
Lagerort für Eigenabfälle im Westfeld 2 (4. Sohle)	1,9E-13	7,0E-12	2,3E-11	8,5E-11	2,9E-10	6,7E-10	8,6E-10

2.1.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

1. Thermische Beaufschlagung: Nicht-flüchtige radioaktive Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für thermische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung (zu 100% Partikelgrößenfraktion $< 5 \mu\text{m}$). Flüchtige radioaktive Stoffe sind im angegebenen Inventar nicht enthalten (H-3 ist allerdings in Eindampfrückständen kaum relevant, da prozessbedingt verflüchtigt).
2. Mechanische Beaufschlagung: Alle radioaktiven Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für mechanische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung mit Freisetzungsbruchteilen gemäß Tabelle 2.1-1.

2.1.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

1. Thermische Beaufschlagung: Der Lager- und Konditionierungsbereich für flüssige radioaktive Abfälle, der Transportweg über die Zufahrt zum Südgesenk B, die Südstrecke und den Westquerschlag sowie der Lagerort für Eigenabfälle im Westfeld 2 (4. Sohle) werden bewettert. Die Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Aus einem Abschnitt der Südstrecke zwischen der alten Zentralwerkstatt und dem Ostquerschlag werden die Wetter zu 6% über den Abwetterschlot am Schacht Marie abgeleitet. Der Transportweg über den Ostquerschlag und den Füllort Bartensleben wird auch bewettert. Diese Wetter werden zu 87% über den Abwetterschlot am Schacht Marie und zu 13% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgelei-

tet. Die für die Expositionsberechnung abdeckende Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit entweder zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben oder zu 13% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben und zu 87% über den Abwetterschlot am Schacht Marie.

2. Mechanische Beaufschlagung: Der Lagerort für Eigenabfälle im Westfeld 2 (4. Sohle) wird bewettert. Diese Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

2.1.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

1. Thermische Beaufschlagung: Die am Störfallort in luftgetragener Form freigesetzten radioaktiven Stoffe werden am Abwetterschlot vollständig freigesetzt. Tabelle 2.1-2 enthält die Quellterme für Freisetzungen zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben (Spalte 3) bzw. zu 13% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben (Spalte 4) und zu 87% über den Abwetterschlot am Schacht Marie (Spalte 5).
2. Mechanische Beaufschlagung: Die Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion infolge der Abscheidung zwischen dem Störfallort und dem Abwetterschlot wurden nicht abgeleitet. Stattdessen werden die im Bericht /IST 06b/ für die Durchsumpfungsrube und die Versuchsbereiche zur Durchsumpfung als Störfallorte abgeleiteten Freisetzungsbruchteile herangezogen, siehe Tabelle 2.8-3. Tabelle 2.1-3 enthält den daraus ermittelten Quellterm für eine Freisetzung zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

Tabelle 2.1-2 Inventar radioaktiver Stoffe in einer Charge von 24 Fässern mit zementierten verdünnten Eindampfrückständen und Quellterme an den Abwetterschloten infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

Charge von 24 Fässern		thermische Beaufschlagung		
		100%	13%	87%
Radionuklid	Inventar	Bartensleben	Bartensleben	Marie
Co-60	1,1E+07	5,5E+03	7,1E+02	4,8E+03
Cs-137	1,1E+08	5,4E+04	7,0E+03	4,7E+04
Cs-134	2,7E+05	1,4E+02	1,8E+01	1,2E+02
Eu-152	1,3E+07	6,6E+03	8,6E+02	5,7E+03
Eu-154	4,8E+06	2,4E+03	3,1E+02	2,1E+03
Eu-155	3,3E+06	1,7E+03	2,1E+02	1,4E+03
Sr-90	1,4E+09	7,0E+05	9,1E+04	6,1E+05
Ni-63	<NG	–	–	–
Fe-55	<NG	–	–	–

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

Tabelle 2.1-3 Inventar radioaktiver Stoffe in einem Fass mit zementierten verdünnten Eindampfrückständen und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)

Fass		mechanische Beaufschlagung / Bartensleben					
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm	10...20 µm	20...40 µm	40...70 µm
Co-60	4,6E+05	8,7E-08	2,9E-06	2,9E-06	9,4E-06	1,2E-05	1,5E-06
Cs-137	4,5E+06	8,6E-07	2,9E-05	2,9E-05	9,2E-05	1,2E-04	1,5E-05
Cs-134	1,1E+04	2,2E-09	7,3E-08	7,2E-08	2,3E-07	3,0E-07	3,8E-08
Eu-152	5,5E+05	1,0E-07	3,5E-06	3,5E-06	1,1E-05	1,5E-05	1,8E-06
Eu-154	2,0E+05	3,8E-08	1,3E-06	1,3E-06	4,1E-06	5,3E-06	6,7E-07
Eu-155	1,4E+05	2,6E-08	8,8E-07	8,8E-07	2,8E-06	3,6E-06	4,6E-07
Sr-90	5,8E+07	1,1E-05	3,7E-04	3,7E-04	1,2E-03	1,5E-03	1,9E-04
Ni-63	<NG	–	–	–	–	–	–
Fe-55	<NG	–	–	–	–	–	–

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

2.2 EDR-Tanks

2.2.1 Zuordnung des Störfalles zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 2 zugeordnet, da eine Beaufschlagung der EDR-Tanks mit einer Freisetzung radioaktiver Flüssigabfälle durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen und sicherheitsrelevante Eigenschaften der Abfälle ausgeschlossen ist. Um sicherzustellen, dass kein Abwägungsdefizit vorliegt, wird die Strahlenexposition dennoch berechnet. Es wird lediglich eine thermische Beaufschlagung betrachtet. Eine mechanische Beaufschlagung ist damit abgedeckt.

2.2.2 Ereignisablauf

Die EDR-Tanks werden infolge eines unterstellten Brandes thermisch beaufschlagt. Der Störfallort ist das EDR-Tanklager (17YEA32 R002), in dem die EDR-Tanks ortsfest aufgestellt sind.

2.2.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind zwei EDR-Tanks aus Stahl (Fassungsvermögen je 25 m³) mit verdünnten Eindampfrückständen (2,3 bzw. 19,3 m³ zum Zeitpunkt der Probeentnahme in 1999). Das Inventar der Tanks verringert sich mit dem Fortschritt der Konditionierung und vergrößert sich durch die Beimischung von schwach kontaminierten Abwässern aus der übertägigen speziellen Kanalisation (ca. 7 m³) und der Dekontamination von Anlagen und Ausrüstungen (≤ 9 m³ im Stilllegungsbetrieb).

2.2.4 Quellterm am Störfallort

Der Freisetzungsbruchteil für nicht-flüchtige radioaktive Stoffe in Konzentraten beträgt $5 \cdot 10^{-4}$ /GRS 87/. C-14 und flüchtige radioaktive Stoffe wurden nicht gemessen und sind deshalb im angegebenen Inventar nicht enthalten. H-3 ist allerdings in Eindampfrückständen kaum relevant, da prozessbedingt verflüchtigt. Der ausschlaggebende Freisetzungsmechanismus ist

das Verdampfen vom Wasser im Abfallprodukt /GRS 87/. Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe im jeweiligen EDR-Tank (siehe Tabelle 2.2-1 und Tabelle 2.2-2) und dem vorgenannten Freisetzungsbruchteil.

2.2.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Nicht-flüchtige radioaktive Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für thermische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung (zu 100% Partikelgrößenfraktion < 5 µm). Flüchtige radioaktive Stoffe sind im angegebenen Inventar nicht enthalten (H-3 ist allerdings in Eindampfrückständen kaum relevant, da prozessbedingt verflüchtigt).

2.2.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Das EDR-Tanklager wird bewettert. Die Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

2.2.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die am Störfallort in luftgetragener Form freigesetzten radioaktiven Stoffe werden am Abwetterschlot vollständig freigesetzt. Tabelle 2.2-1 und Tabelle 2.2-2 enthalten die Quellterme für Freisetzungen jeweils zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

Tabelle 2.2-1 Inventar radioaktiver Stoffe im EDR-Tank 1 und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

EDR-Tank 1		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	Bartensleben
Co-60	1,2E+07	5,8E+03
Cs-137	1,2E+08	5,8E+04
Cs-134	2,9E+05	1,5E+02
Eu-152	1,4E+07	7,0E+03
Eu-154	5,1E+06	2,5E+03
Eu-155	3,5E+06	1,8E+03
Sr-90	1,5E+09	7,4E+05
Ni-63	<NG	–
Fe-55	<NG	–

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

Tabelle 2.2-2 Inventar radioaktiver Stoffe im EDR-Tank 2 und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

EDR-Tank 2		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	Bartensleben
Co-60	3,4E+07	1,7E+04
Cs-137	1,2E+08	6,2E+04
Cs-134	3,3E+05	1,7E+02
Eu-152	<NG	–
Eu-154	<NG	–
Eu-155	<NG	–
Sr-90	4,5E+06	2,2E+03
Ni-63	<NG	–
Fe-55	<NG	–

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

2.3 Altbehälter L 5700

2.3.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 2 zugeordnet, da eine Beaufschlagung der Altbehälter L 5700 mit einer Freisetzung radioaktiver Flüssigabfälle durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen und sicherheitsrelevante Eigenschaften der Abfälle ausgeschlossen ist. Um sicherzustellen, dass kein Abwägungsdefizit vorliegt, wird die Strahlenexposition dennoch berechnet. Die Zuordnung zur Störfallklasse 2 gilt allerdings erst nach der Verbringung der Altbehälter an einen mit dem Verfüllplan kompatiblen Lagerort für Eigenabfälle (z. B. den Lagerort für Eigenabfälle im noch nicht abgeschlossenen Teil des Westfelds 2 auf der 4. Sohle), siehe /IST 06c/. Es wird lediglich eine thermische Beaufschlagung betrachtet. Eine mechanische Beaufschlagung ist damit abgedeckt.

2.3.2 Ereignisablauf

Geplanter Lagerort: Die Altbehälter werden infolge eines unterstellten Brandes thermisch beaufschlagt. Der Störfallort ist der Lagerort für Eigenabfälle im noch nicht abgeschlossenen Teil des Westfelds 2 (4. Sohle), in dem die Altbehälter endgelagert werden sollen.

2.3.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind zwei Altbehälter L 5700 aus Stahl (Fassungsvermögen je 5,4 m³ bei einem Verfüllgrad von 93%) mit z. T. auskristallisierten Eindampfrückständen (insgesamt ca. 90 l).

2.3.4 Quellterm am Störfallort

Der Freisetzungsbruchteil für nicht-flüchtige radioaktive Stoffe und C-14 in Konzentraten beträgt $5 \cdot 10^{-4}$ /GRS 87/. Für flüchtige radioaktive Stoffe (im Inventar enthalten sind H, CH₄, CO, Cl und I) beträgt er eins. Der ausschlaggebende Freisetzungsmechanismus ist das Ver-

dampfen vom Wasser im Abfallprodukt /GRS 87/. Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe in den Altbehältern L 5700 (beide zusammen, siehe Tabelle 2.3-1) und den vorgenannten Freisetzungsbruchteilen.

2.3.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Nicht-flüchtige radioaktive Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für thermische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung (zu 100% Partikelgrößenfraktion < 5 µm). Flüchtige radioaktive Stoffe (im Inventar enthalten sind H, Cl, I und C) sind gasförmig. C-14 liegt zu 94% als CO₂ und zu 6% als (CO und CH₄) vor.

2.3.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Geplanter Lagerort: Der Lagerort für Eigenabfälle im Westfeld 2 (4. Sohle) wird bewettert. Diese Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

2.3.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die am Störfallort in luftgetragener Form freigesetzten radioaktiven Stoffe werden am Abwetterschlot vollständig freigesetzt. Tabelle 2.3-1 enthält den Quellterm für eine Freisetzung zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

Tabelle 2.3-1 Inventar radioaktiver Stoffe in den Altbehältern L 5700 (beide zusammen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

2×L 5700		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	Bartensleben
H-3	3,5E+06	3,5E+06
Be-7	3,2E-22	1,6E-25
C-14	1,7E+06	8,5E+02
CO ₂	1,6E+06	8,1E+02
CH ₄ + CO	1,1E+05	1,1E+05
Cl-36	1,5E+04	1,5E+04
Mn-54	1,4E+03	7,2E-01
Fe-55	1,6E+07	8,0E+03
Co-57	3,7E+00	1,9E-03
Co-58	4,0E-15	2,0E-18
Co-60	5,8E+05	2,9E+02
Ni-63	1,1E+08	5,7E+04
Rb-87	2,0E+06	9,9E+02
Sr-90	7,4E+04	3,7E+01
Nb-94	4,4E+04	2,2E+01
Tc-99	5,5E+05	2,7E+02
Ru-106	1,5E+02	7,6E-02
Ag-108m	5,0E+04	2,5E+01

2×L 5700		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	Bartensleben
Cd-113m	9,3E+04	4,6E+01
I-129	3,1E+02	3,1E+02
Cs-134	2,5E+04	1,3E+01
Cs-137	4,7E+06	2,3E+03
Eu-152	4,0E+03	2,0E+00
Eu-154	<NG	–
Eu-155	<NG	–
Am-241	7,0E+03	3,5E+00

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

2.4 Altbehälter PC 55

2.4.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 2 zugeordnet, da eine Beaufschlagung der Altbehälter PC 55 mit einer Freisetzung radioaktiver Flüssigabfälle durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen und sicherheitsrelevante Eigenschaften der Abfälle ausgeschlossen ist. Um sicherzustellen, dass kein Abwägungsdefizit vorliegt, wird die Strahlenexposition dennoch berechnet. Es wird lediglich eine thermische Beaufschlagung betrachtet. Eine mechanische Beaufschlagung ist damit abgedeckt.

2.4.2 Ereignisablauf

Die Altbehälter werden infolge eines unterstellten Brandes thermisch beaufschlagt. Der Störfallort ist das UMF, in dem die Altbehälter eingelagert sind.

2.4.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind 24 Altbehälter PC 55 aus Stahl (Fassungsvermögen je 2,5 m³ bei einem Verfüllgrad von 93%) mit z. T. auskristallisierten Eindampfrückständen (insgesamt ca. 230 l).

2.4.4 Quellterm am Störfallort

Der Freisetzungsbruchteil für nicht-flüchtige radioaktive Stoffe und C-14 in Konzentraten beträgt $5 \cdot 10^{-4}$ /GRS 87/. Für flüchtige radioaktive Stoffe (im Inventar enthalten sind H, CH₄, CO, Cl und I) beträgt er eins. Der ausschlaggebende Freisetzungsmechanismus ist das Verdampfen vom Wasser im Abfallprodukt /GRS 87/. Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe in den Altbehältern PC 55 (alle 24 zusammen, siehe Tabelle 2.4-1) und den vorgenannten Freisetzungsbruchteilen.

2.4.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Nicht-flüchtige radioaktive Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für thermische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung (zu 100% Partikelgrößenfraktion < 5 µm). Flüchtige radioaktive Stoffe (im Inventar enthalten

sind H, Cl, I und C) sind gasförmig. C-14 liegt zu 94% als CO₂ und zu 6% als (CO und CH₄) vor.

2.4.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Das UMF wird bewettert. Die Abwetter des UMF werden über den Abwitterschlot am Schacht Marie abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwitterschlot am Schacht Marie.

2.4.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die am Störfallort in luftgetragener Form freigesetzten radioaktiven Stoffe werden am Abwitterschlot vollständig freigesetzt. Tabelle 2.4-1 enthält den Quellterm für eine Freisetzung zu 100% über den Abwitterschlot am Schacht Marie.

Tabelle 2.4-1 Inventar radioaktiver Stoffe in den Altbehältern PC 55 (alle 24 zusammen) und Quellterm am Abwitterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

24×PC 55		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	Marie
H-3	9,0E+06	9,0E+06
Be-7	8,3E-22	4,1E-25
C-14	4,4E+06	2,2E+03
CO ₂	4,1E+06	2,1E+03
CH ₄ + CO	2,8E+05	2,8E+05
Cl-36	3,9E+04	3,9E+04
Mn-54	3,7E+03	1,8E+00
Fe-55	4,1E+07	2,0E+04
Co-57	9,6E+00	4,8E-03
Co-58	1,0E-14	5,2E-18
Co-60	1,5E+06	7,4E+02
Ni-63	2,9E+08	1,5E+05
Rb-87	5,1E+06	2,5E+03
Sr-90	1,9E+05	9,4E+01
Nb-94	1,1E+05	5,6E+01
Tc-99	1,4E+06	7,0E+02
Ru-106	3,9E+02	1,9E-01
Ag-108m	1,3E+05	6,4E+01
Cd-113m	2,4E+05	1,2E+02
I-129	8,0E+02	8,0E+02
Cs-134	6,4E+04	3,2E+01
Cs-137	1,2E+07	6,0E+03
Eu-152	1,0E+04	5,1E+00
Eu-154	<NG	–
Eu-155	<NG	–
Am-241	1,8E+04	9,0E+00

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

2.5 Radioaktive Stoffe am Radionuklid-Laborplatz

2.5.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 1 zugeordnet, da eine Beaufschlagung offener radioaktiver Stoffe mit ihrer Freisetzung bei ihrer Handhabung und ihrer Aufbewahrung am Radionuklid-Laborplatz nicht ausgeschlossen werden kann. Die Zuordnung zur Störfallklasse 1 gilt für das Umgangsinventar der radioaktiven Stoffe am Radionuklid-Laborplatz. Die Betrachtung ist abdeckend, da das Umgangsinventar auch umschlossene radioaktive Stoffe beinhaltet (z. B. umschlossene Strahlenquellen, i. W. Prüfstrahler). Es wird lediglich eine thermische Beaufschlagung betrachtet. Eine mechanische Beaufschlagung ist damit abgedeckt.

In Bezug auf das Lagerinventar der radioaktiven Stoffe am Radionuklid-Laborplatz wird das Ereignis der Störfallklasse 2 zugeordnet, da das Lagerinventar aus umschlossenen radioaktiven Stoffen besteht (i. W. aufbewahrte (archivierte) Proben und umschlossene Strahlenquellen, i. W. Prüfstrahler). Eine Beaufschlagung des Lagerinventars mit einer Freisetzung umschlossener radioaktiver Stoffe ist durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen sowie sicherheitsrelevante Eigenschaften dieser Stoffe und ihrer Umschließung ausgeschlossen. Um sicherzustellen, dass kein Abwägungsdefizit vorliegt, wird die Strahlenexposition dennoch berechnet. Es wird lediglich eine thermische Beaufschlagung betrachtet. Eine mechanische Beaufschlagung ist damit abgedeckt.

2.5.2 Ereignisablauf

Das komplette zugelassene Umgangsinventar (bzw. Lagerinventar) der gehandhabten (bzw. aufbewahrten) radioaktiven Stoffe wird infolge eines Laborbrandes thermisch beaufschlagt. Der Störfallort ist der Radionuklid-Laborplatz in der Umfahrung (17YEA32 R003) des verfüllten Südgesenks B (17YES10). Dort werden radioaktive Stoffe im Laborabzug gehandhabt und im Laborabzug oder dem belüfteten Probenaufbewahrungsschrank aufbewahrt.

2.5.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind das zugelassene Umgangs- bzw. Lagerinventar. Diese Inventare schließen Proben vorwiegend aus der Konditionierung der flüssigen radioaktiven Eigenabfälle (i. W. verdünnte Eindampfrückstände) sowie Referenzlösungen, verdünnte Standardlösungen und umschlossene Strahlenquellen (i. W. Prüfstrahler) ein.

2.5.4 Quellterm am Störfallort

Abdeckend wird von Feststoffen ausgegangen. Der Freisetzungsbruchteil für nicht-flüchtige radioaktive Stoffe in Feststoffen beträgt 0,01 /GRS 87/. C-14 und flüchtige radioaktive Stoffe wurden nicht gemessen und sind deshalb im angegebenen Inventar nicht enthalten H-3 ist allerdings in Proben aus der Konditionierung der Eindampfrückstände kaum relevant, da prozessbedingt verflüchtigt. Die ausschlaggebenden Freisetzungsmechanismen sind das Verbrennen von 1% des Abfalls und die Sublimation bzw. das Verdampfen radioaktiver Stoffe /GRS 87/. Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem zugelassenen Umgangs- bzw. Lagerinventar der radioaktiven Stoffe am Radionuklid-Laborplatz (siehe Tabelle 2.5-1 und Tabelle 2.5-2) und dem vorgenannten Freisetzungsbruchteil.

2.5.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Nicht-flüchtige radioaktive Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für thermische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung (zu 100% Partikelgrößenfraktion < 5 µm). Flüchtige radioaktive Stoffe sind im angegebenen Inventar nicht enthalten (H-3 ist allerdings in Proben aus der Konditionierung der Eindampfrückstände kaum relevant, da prozessbedingt verflüchtigt).

2.5.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Der Radionuklid-Laborplatz wird bewettert. Die Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

2.5.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die am Störfallort in luftgetragener Form freigesetzten radioaktiven Stoffe werden am Abwetterschlot vollständig freigesetzt. Tabelle 2.5-1 und Tabelle 2.5-2 enthalten die Quellterme für Freisetzungen jeweils zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

Tabelle 2.5-1 Zugelassenes Umgangsinventar der radioaktiven Stoffe am Radionuklid-Laborplatz (einschließlich umschlossener Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

Radionuklid-Laborplatz		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Umgangsinventar	Bartensleben
Cs-137	1,0E+09	1,0E+07
Co-60	9,0E+08	9,0E+06
Sr-90	1,0E+07	1,0E+05

Tabelle 2.5-2 Zugelassenes Lagerinventar der radioaktiven Stoffe am Radionuklid-Laborplatz (einschließlich umschlossener Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

Radionuklid-Laborplatz		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Lagerinventar	Bartensleben
Cs-137	5,0E+09	5,0E+07
Co-60	4,5E+09	4,5E+07
Sr-90	5,0E+07	5,0E+05

2.6 Umschlossene Strahlenquellen

2.6.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 2 zugeordnet, da eine Beaufschlagung der Strahlenquellen (i. W. Prüfstrahler) mit einer Freisetzung umschlossener radioaktiver Stoffe bei ihrer Auf-

bewahrung, ihrem Transport oder ihrem Einsatz durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen und sicherheitsrelevante Eigenschaften umschlossener Strahlenquellen ausgeschlossen ist. Um sicherzustellen, dass kein Abwägungsdefizit vorliegt, wird die Strahlenexposition dennoch berechnet. Es wird lediglich eine thermische Beaufschlagung betrachtet. Eine mechanische Beaufschlagung ist damit abgedeckt.

2.6.2 Ereignisablauf

Umschlossene Strahlenquellen werden bei ihrer Aufbewahrung, ihrem Transport oder ihrem Einsatz infolge eines unterstellten Brandes thermisch beaufschlagt. Die Störfallorte, an denen umschlossene Strahlenquellen aufbewahrt und eingesetzt bzw. zwischen denen sie bei Bedarf ausgetauscht (transportiert) werden, sind

- der Radionuklid-Laborplatz in der Umfahrung (17YEA32 R003) des verfüllten Südgebäudes B (17YES10) (Dort werden Strahlenquellen im Probenaufbewahrungsschrank aufbewahrt),
- der Kalibrierungsraum (17YER31 R015) (Dort werden Strahlenquellen im Quellentresor aufbewahrt),
- die Strahlenschutzüberwachungswarte (SSÜ-Warte 17YEA32 R005) (Dort werden Strahlenquellen im Lagerraum aufbewahrt),
- die Dosimetriewarte am Eingang zum Kontrollbereich am Füllort Bartensleben (17YEF01) (Dort werden Strahlenquellen im Quellenlagerschrank aufbewahrt),
- der Abbau 1a (09YER21 R003) auf der 1. Sohle (Dort werden Strahlenquellen im Tropenzähler im Abbau 1a dauerhaft eingesetzt),
- der noch nicht abgeschlossene Teil des Abbaus 1s (17YER12 R004) im Westfeld 4. Sohle (Dort werden Strahlenquellen im Füllstandanzeiger der Dichtstromförderanlage für Braunkohlenfilterasche bedarfsweise eingesetzt) und
- im Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung (07ZXP) über Tage (Dort werden Strahlenquellen im Quellenschrank aufbewahrt).

Der Radionuklid-Laborplatz und der Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung sind das Thema der Kapitel 0 und 2.7. Der noch nicht abgeschlossene Teil des Abbaus 1s im Westfeld 4. Sohle ist durch die Betrachtung des Kalibrierungsraums (in dem die Strahlenquellen, soweit nicht im Einsatz, aufbewahrt werden) abgedeckt. Diese Störfallorte werden deshalb hier nicht weiter betrachtet.

2.6.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind umschlossene Strahlenquellen (i. W. Prüfstrahler).

2.6.4 Quellterm am Störfallort

Abdeckend wird von Feststoffen ausgegangen. Der Freisetzungsbruchteil für nicht-flüchtige radioaktive Stoffe in Feststoffen beträgt 0,01 /GRS 87/. Flüchtige radioaktive Stoffe sind im Inventar der Strahlenquellen nicht enthalten. Die ausschlaggebenden Freisetzungsmechanismen sind das Verbrennen von 1% des Abfalls und die Sublimation bzw. das Verdampfen radioaktiver Stoffe /GRS 87/. Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe am jeweiligen Aufbewahrungs- bzw. Einsatzort der Strahlenquellen (siehe Tabelle 2.6-1 bis Tabelle 2.6-4) und dem vorgenannten Freisetzungsbruchteil.

2.6.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Nicht-flüchtige radioaktive Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für thermische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung (zu 100% Partikelgrößenfraktion < 5 µm). Flüchtige radioaktive Stoffe sind im Inventar der Strahlenquellen nicht enthalten.

2.6.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Der Kalibrierungsraum und die SSÜ-Warte (sowie der noch nicht abgeschlossene Teil des Abbaus 1s im Westfeld 4. Sohle) werden bewettert. Die Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

Auch der Abbau 1a auf der 1. Sohle wird bewettert. Die Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Marie abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Marie.

Ferner wird die Dosimetriewarte bewettert. Die Wetter werden zu 87% über den Abwetterschlot am Schacht Marie und zu 13% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 13% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben und zu 87% über den Abwetterschlot am Schacht Marie.

2.6.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die am Störfallort in luftgetragener Form freigesetzten radioaktiven Stoffe werden am Abwetterschlot vollständig freigesetzt. Tabelle 2.6-1 bis Tabelle 2.6-4 enthalten die Quellterme für Freisetzungen jeweils zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben (Kalibrierungsraum, SSÜ-Warte) bzw. über den Abwetterschlot am Schacht Marie (Abbau 1a auf der 1. Sohle) bzw. zu 13% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben und zu 87% über den Abwetterschlot am Schacht Marie (Dosimetriewarte).

Tabelle 2.6-1 Inventar radioaktiver Stoffe im Kalibrierungsraum (nur umschlossene Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

Kalibrierungsraum		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	Bartensleben
Co-60	3,8E+08	3,8E+06
Cs-137	1,9E+09	1,9E+07

Tabelle 2.6-2 Inventar radioaktiver Stoffe in der SSÜ-Warte (nur umschlossene Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

SSÜ-Warte		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	Bartensleben
Mn-54	1,8E+02	1,8E+00
Co-57	5,1E+02	5,1E+00
Co-60	4,6E+04	4,6E+02
Zn-65	1,8E+02	1,8E+00
Sr-85	3,6E+01	3,6E-01
Y-88	5,2E+02	5,2E+00
Cd-109	2,2E+04	2,2E+02
Sn-113	3,1E+02	3,1E+00
Ba-133	7,2E+03	7,2E+01
Cs-137	9,0E+05	9,0E+03
Ce-139	3,5E+02	3,5E+00
Eu-152	3,8E+04	3,8E+02
Hg-203	4,0E+00	4,0E-02
Pu-239	2,1E+03	2,1E+01
Am-241	3,0E+04	3,0E+02

Tabelle 2.6-3 Inventar radioaktiver Stoffe in der Dosimetriewarte (nur umschlossene Strahlenquellen) und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

Dosimetriewarte		thermische Beaufschlagung	
Radionuklid	Inventar	13% Bartensleben	87% Marie
Sr-90	8,9E+03	1,2E+01	7,7E+01
Cs-137	4,5E+03	5,8E+00	3,9E+01
Am-241	1,2E+04	1,6E+01	1,1E+02

Tabelle 2.6-4 Inventar radioaktiver Stoffe im Abbau 1a auf der 1. Sohle und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

Abbau 1a auf der 1. Sohle		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	Marie
Co-60	2,3E+07	2,3E+05

2.7 Radioaktive Stoffe im Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung

2.7.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 2 zugeordnet, da aufgrund der Begrenzung des im Laborcontainer vorhandenen Inventars an radioaktiven Stoffen eine so geringe Freisetzung am Störfallort zu besorgen ist, dass das Ereignis kein Störfall i. S. des § 3 Abs. 2 Nr. 28 StrlSchV

ist. Um sicherzustellen, dass kein Abwägungsdefizit vorliegt, wird die Strahlenexposition dennoch berechnet. Die Betrachtung ist abdeckend, da das Inventar des Laborcontainers auch umschlossene radioaktive Stoffe umfasst (z. B. Prüfstrahler), deren Beaufschlagung und Freisetzung durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen sowie sicherheitsrelevante Eigenschaften dieser Stoffe und ihrer Umschließung ausgeschlossen sind. Es wird lediglich eine thermische Beaufschlagung betrachtet. Eine mechanische Beaufschlagung ist damit abgedeckt.

2.7.2 Ereignisablauf

Das komplette Inventar der gehandhabten bzw. aufbewahrten radioaktiven Stoffe wird infolge eines Laborbrandes thermisch beaufschlagt. Der Störfallort ist der Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung (07ZXP) über Tage. Dort werden radioaktive Stoffe im Laborabzug gehandhabt und im Laborabzug oder dem Quellschrank aufbewahrt.

2.7.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind Proben aus der Umgebungs-, Betriebs- und Inkorporationsüberwachung sowie aus Ringversuchen, Referenzlösungen, verdünnte Standardlösungen und Prüfstrahler.

2.7.4 Quellterm am Störfallort

Abdeckend wird von Feststoffen ausgegangen. Der Freisetzungsbruchteil für nicht-flüchtige radioaktive Stoffe in Feststoffen beträgt 0,01 /GRS 87/. Für flüchtige radioaktive Stoffe (im Inventar enthalten sind H und C) beträgt er eins. Die ausschlaggebenden Freisetzungsmechanismen sind das Verbrennen von 1% des Abfalls und die Sublimation bzw. das Verdampfen radioaktiver Stoffe /GRS 87/. Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe im Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung (siehe Tabelle 2.7-1) und den vorgenannten Freisetzungsbruchteilen.

2.7.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Nicht-flüchtige radioaktive Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für thermische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung (zu 100% Partikelgrößenfraktion < 5 µm). Flüchtige radioaktive Stoffe (im Inventar enthalten sind H und C) sind gasförmig.

2.7.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Der Freisetzungsort in die Umgebung erfolgt zu 100% bodennah aus dem Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung (07ZXP) über Tage. Der Laborcontainer liegt 100 m Luftlinie vom Schacht Bartensleben entfernt.

2.7.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die am Störfallort in luftgetragener Form freigesetzten radioaktiven Stoffe werden vollständig über Tage freigesetzt. Tabelle 2.7-1 enthält den Quellterm für eine Freisetzung zu 100% bodennah aus dem Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung über Tage.

Tabelle 2.7-1 Inventar radioaktiver Stoffe im Laborcontainer zur Umgebungsüberwachung (einschließlich umschlossener Strahlenquellen) und Quellterm am Freisetzungsort infolge einer thermischen Beaufschlagung (in Bq)

Laborcontainer		thermische Beaufschlagung
Radionuklid	Inventar	bodennah
H-3	2,0E+06	2,0E+06
C-14	6,8E+03	6,8E+03
Mn-54	7,0E+00	7,0E-02
Co-57	6,6E+01	6,6E-01
Co-60	1,4E+04	1,4E+02
Zn-65	1,4E+02	1,4E+00
Sr-85	2,7E+05	2,7E+03
Y-88	8,0E+02	8,0E+00
Sr-90	5,0E+01	5,0E-01
Cd-109	2,8E+03	2,8E+01
Ba-133	8,0E+05	8,0E+03
Cs-134	3,0E+02	3,0E+00
Cs-137	3,2E+05	3,2E+03
Ce-139	<NG	–
Eu-152	2,7E+05	2,7E+03
Lu-173	1,3E+02	1,3E+00
Pb-210	3,3E+04	3,3E+02
Am-241	7,8E+03	7,8E+01

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

2.8 Mit Braunkohlenfilterasche verfestigte radioaktive Flüssigabfälle

2.8.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 1 zugeordnet, da eine mechanische Beaufschlagung infolge eines Löserfalls der mit Braunkohlenfilterasche (BFA) verfestigten radioaktiven Flüssigabfälle mit einer Freisetzung radioaktiver Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann. Die Zuordnung zur Störfallklasse 1 gilt nur für Einlagerungsgrubenbaue mit freier Firsthöhe ohne Firstsicherung. Die in der Durchsumpfungsrube mit BFA verfestigten Flüssigabfälle sind zu ca. 90% versetzt. Davon wird jedoch kein Kredit genommen, da der Versatz nicht firsthoch eingebracht wurde. Ansonsten wird das Ereignis der Störfallklasse 2 zugeordnet, da es durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen (firsthohen Versatz bzw. Firstsicherung) ausgeschlossen ist. Auch im Falle des Versuchsbereichs zur Durchsumpfung 1w wird das Ereignis der Störfallklasse 2 zugeordnet, da es dort durch Einlagerung des Abfallprodukts in einem Sohlenloch und dessen weitgehender Überdeckung mit Beton ausgeschlossen ist. Um sicherzustellen, dass kein Abwägungsdefizit vorliegt, wird die Strahlenexposition dennoch unter Vernachlässigung der inaktiven Betonschicht berechnet. Eine thermische Beaufschlagung der mit BFA verfestigten radioaktiven Flüssigabfälle ist der Störfallklasse 2 zugeordnet und wird deshalb nicht betrachtet, da sie durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen und sicherheitsrelevante Eigenschaften der Abfälle (Nichtbrennbarkeit) ausgeschlossen ist.

2.8.2 Ereignisablauf

Die mit BFA verfestigten radioaktiven Flüssigabfälle werden infolge eines Löserfalls beaufschlagt. Die Störfallorte sind die Durchsumpfungsrube (17YER21 R005) und die Versuchsbereiche zur Durchsumpfung 1w (17YER12 R002) und 1ö (17YER12 R003). Als Störfallorte auszuschließen sind die Abbaue 2 (18YEA32 R003) und 3 (18YEA32 R004) im Bereich der 5a-Sohle im Südfeld, da der Versatz dort bis annähernd zur Firste eingebracht ist.

2.8.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind Abfallprodukte mit der in Tabelle 2.8-2 spezifizierten Zusammensetzung. Die Eigenschaften von BFA sind in Anhang 2 aufgeführt. Im Versuchsbereich zur Durchsumpfung 1w ist der verfestigte Flüssigabfall in einem Sohlenloch mit Beton weitgehend überdeckt.

2.8.4 Quellterm am Störfallort

Zur Modellierung der Aerosolabscheidung werden die Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort benötigt. Tabelle A2-1 zeigt die Korngrößenverteilung von BFA. Die Korngrößenfraktionen aus Tabelle A2-1 sind mit den benötigten Partikelgrößenfraktionen, siehe Tabelle 2.8-1, inkompatibel. Die Korngrößenverteilung aus Tabelle A2-1 lässt daher keine Rückschlüsse auf die benötigten Freisetzungsbruchteile zu. Deshalb wird im Folgenden von Freisetzungsbruchteilen für mechanische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten ausgegangen. Inwiefern dieses Vorgehen auf die mit BFA verfestigten radioaktiven Flüssigabfälle übertragbar ist, wurde nicht untersucht.

Tabelle 2.8-1 zeigt die Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort. Die Angabe erfolgt bezogen auf die jeweilige Gesamtmenge des Abfallprodukts. Die Herleitung befindet sich im Anhang 1. Die unterstellten Randbedingungen sind: Volumen des Abfallprodukts $V_{\text{Abfallprodukt}} = V_{\text{BFA}} + V_{\text{Beton}}$ (siehe Tabelle 2.8-2); Dichte des Abfallprodukts $\rho_{\text{Abfallprodukt}} = 1,5 \text{ Mg/m}^3$ (Schätzwert – zum Vergleich betragen die Schüttdichte der BFA 0,9 bis $1,25 \text{ Mg/m}^3$ und die Dichte des Betons ca. 2 Mg/m^3); Löservolumen $V_{\text{Löser}} = 0,1 \cdot V_{\text{ehem. Hohlraum}}$ (abdeckende Annahme, zu $V_{\text{ehem. Hohlraum}}$ siehe Tabelle 2.8-2); Dichte des Löser $\rho_{\text{Löser}} = 2170 \text{ kg/m}^3$ (Dichte des Halites); freie Firsthöhe $h =$ gemäß Tabelle 2.8-2 (Vor Beginn der Einlagerung betragen die Firsthöhen 4,5 m in der Durchsumpfungsrube und 2,2 m in den Versuchsbereichen zur Durchsumpfung (Angaben der Markscheiderei ERAM). Die nach der Einlagerung verbliebenen freien Firsthöhen berechnen sich aus

$$\text{freie Firsthöhe} = \left(1 - \frac{V_{\text{Abfallprodukt}}}{V_{\text{Hohlraum vor der Einlagerung}}} \right) \cdot \text{Firsthöhe vor der Einlagerung} . \quad (3)$$

In den Versuchsbereichen zur Durchsumpfung sind die freien Firsthöhen infolge des geringen Abfallproduktvolumens (1w und 1ö) bzw. der Einlagerung in einem Sohlenloch (1w) nahezu unverändert geblieben).

Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe im jeweiligen Einlagerungsgrubenbau (siehe Tabelle 2.8-4 bis Tabelle 2.8-6) und den vorgenannten Freisetzungsbruchteilen je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole am Störfallort.

Tabelle 2.8-1 Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort für die mit BFA verfestigten radioaktiven Flüssigabfälle (bezogen auf die jeweilige Gesamtmenge)

Störfallort	Partikelgrößenfraktion						
	0...1 μm	1...5 μm	5...10 μm	10...20 μm	20...40 μm	40...70 μm	70...100 μm
Durchsumpfungsrube	1,1E-13	5,5E-12	2,1E-11	8,9E-11	3,5E-10	8,8E-10	1,2E-09
Versuchsbereich 1w	5,9E-08	8,7E-07	1,7E-06	4,4E-06	1,0E-05	1,7E-05	1,7E-05
Versuchsbereich 1ö	9,1E-10	2,0E-08	5,1E-08	1,5E-07	4,3E-07	8,0E-07	9,1E-07

Tabelle 2.8-2 Charakteristiken der Einlagerungsgrubenbaue und Zusammensetzung des Abfallprodukts

Störfallort	ehemalige Firsthöhe in m	freie Firsthöhe in m	ehemaliger Hohlraum in m ³	Flüssigabfall in m ³	BFA in m ³	Beton in m ³
Durchsumpfungsrube	4,5	2,6	360	24	150	–
Versuchsbereich 1w	2,2	2,2	164	0,016	0,7	0,06
Versuchsbereich 1ö	2,2	2,2	20	0,08	0,4	–

2.8.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Alle radioaktiven Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für mechanische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung mit Freisetzungsbruchteilen gemäß Tabelle 2.8-1.

2.8.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die Durchsumpfungsrube wird nicht bewettert. Sie ist ein abgeschlossener Querschlag der bewetterten Nordstrecke. Die Wetter aus der Nordstrecke werden über den Abwetterschlot am Schacht Marie abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Marie.

Auch die Versuchsbereiche zur Durchsumpfung 1w und 1ö werden nicht bewettert. Sie sind abgeschlossene Querschläge der bewetterten Richtstrecke nach Süden. Die Wetter aus der Richtstrecke nach Süden werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

2.8.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion infolge der Abscheidung zwischen dem Störfallort und dem Abwetterschlot werden aus dem Bericht /IST 06b/ entnommen, siehe Tabelle 2.8-3. Tabelle 2.8-4 bis Tabelle 2.8-6 enthalten die daraus ermittelten Quellterme für Freisetzungen jeweils zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Marie (Durchsumpfungsrube) bzw. über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben (Versuchsbereiche zur Durchsumpfung).

Tabelle 2.8-3 Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion infolge der Abscheidung zwischen Störfallort und Abwetterschlot /IST 06b/

Störfallort / Abwetterschlot	Partikelgrößenfraktion						
	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm	10...20 µm	20...40 µm	40...70 µm	70...100 µm
Durchsumpfungsrube / Marie	100%	71%	0,5%	0%	0%	0%	0%
Versuchsbereiche / Bartensleben	100%	92%	28%	24%	9%	0,5%	0%

Tabelle 2.8-4 Inventar radioaktiver Stoffe in der Durchsumpfungsrube und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)

Durchsumpfungsrube		mechanische Beaufschlagung / Marie		
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm
H-3	9,1E+07	1,0E-05	3,5E-04	9,5E-06
C-14	2,1E+08	2,3E-05	8,2E-04	2,2E-05
Na-22	3,1E+05	3,4E-08	1,2E-06	3,2E-08
Al-26	<NG	–	–	–
Cl-36	1,3E+06	1,4E-07	5,1E-06	1,4E-07
K-40	<NG	–	–	–
Ca-41	4,3E+04	4,8E-09	1,7E-07	4,5E-09
Mn-54	2,6E+03	2,9E-10	1,0E-08	2,7E-10
Fe-55	2,3E+08	2,5E-05	8,9E-04	2,4E-05
Co-60	4,6E+09	5,1E-04	1,8E-02	4,8E-04
Ni-59	1,4E+08	1,5E-05	5,4E-04	1,5E-05
Ni-63	1,3E+10	1,4E-03	5,1E-02	1,4E-03
Sr-90	2,9E+06	3,2E-07	1,1E-05	3,0E-07
Zr-93	5,7E+06	6,3E-07	2,2E-05	5,9E-07
Nb-94	1,5E+07	1,7E-06	5,8E-05	1,6E-06
Mo-93	1,2E+05	1,3E-08	4,7E-07	1,3E-08
Tc-99	8,6E+07	9,5E-06	3,3E-04	9,0E-06
Cd-113m	4,3E+06	4,8E-07	1,7E-05	4,5E-07
Pb-210	<NG	–	–	–
Ra-224	2,0E+02	2,2E-11	7,8E-10	2,1E-11
Ra-226	<NG	–	–	–
Ra-228	<NG	–	–	–
Ac-227	<NG	–	–	–
Ac-228	<NG	–	–	–

Durchsumpfungsrube		mechanische Beaufschlagung / Marie		
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm
Th-228	2,0E+02	2,2E-11	7,8E-10	2,1E-11
Th-229	<NG	–	–	–
Th-230	1,0E+00	1,1E-13	3,9E-12	1,0E-13
Th-232	<NG	–	–	–
Pa-231	<NG	–	–	–
U-232	1,9E+02	2,1E-11	7,4E-10	2,0E-11
U-233	<NG	–	–	–
U-234	8,3E+03	9,2E-10	3,2E-08	8,7E-10
U-235	1,3E+02	1,4E-11	5,1E-10	1,4E-11
U-236	1,9E+03	2,1E-10	7,4E-09	2,0E-10
U-238	3,5E+03	3,9E-10	1,4E-08	3,6E-10
Np-237	3,2E+03	3,5E-10	1,2E-08	3,3E-10
Pu-238	<NG	–	–	–
Pu-239	4,2E+04	4,6E-09	1,6E-07	4,4E-09
Pu-240	7,7E+04	8,5E-09	3,0E-07	8,0E-09
Pu-241	4,7E+07	5,2E-06	1,8E-04	4,9E-06
Pu-242	4,0E+02	4,4E-11	1,6E-09	4,2E-11
Pu-244	<NG	–	–	–
Am-241	1,8E+06	2,0E-07	7,0E-06	1,9E-07
Am-242m	1,6E+03	1,8E-10	6,2E-09	1,7E-10
Am-243	9,5E+02	1,1E-10	3,7E-09	9,9E-11
Cm-242	<NG	–	–	–
Cm-243	<NG	–	–	–
Cm-244	2,0E+04	2,2E-09	7,8E-08	2,1E-09
Cm-245	1,8E+01	2,0E-12	7,0E-11	1,9E-12
Cm-246	3,0E+00	3,3E-13	1,2E-11	3,1E-13
Cm-247	<NG	–	–	–
Cm-248	<NG	–	–	–
Cm-250	<NG	–	–	–
Cf-250	<NG	–	–	–
Cf-251	<NG	–	–	–
Cf-252	<NG	–	–	–
Se-79	2,1E+05	2,3E-08	8,2E-07	2,2E-08
Kr-85	<NG	–	–	–
Rb-87	6,9E+00	7,6E-13	2,7E-11	7,2E-13
Pd-107	2,3E+04	2,5E-09	8,9E-08	2,4E-09
Ag-108m	5,3E+06	5,9E-07	2,1E-05	5,5E-07
Ag-110m	<NG	–	–	–
Sn-126	1,1E+05	1,2E-08	4,3E-07	1,1E-08
I-129	1,4E+04	1,5E-09	5,4E-08	1,5E-09
Cs-134	6,1E+07	6,7E-06	2,4E-04	6,4E-06
Cs-135	3,6E+05	4,0E-08	1,4E-06	3,8E-08
Cs-137	4,9E+10	5,4E-03	1,9E-01	5,1E-03
Ba-133	1,5E+02	1,7E-11	5,8E-10	1,6E-11
Pm-147	<NG	–	–	–
Sm-151	6,0E+06	6,6E-07	2,3E-05	6,3E-07
Eu-152	2,7E+04	3,0E-09	1,0E-07	2,8E-09
Eu-154	6,8E+06	7,5E-07	2,6E-05	7,1E-07
Eu-155	4,4E+05	4,9E-08	1,7E-06	4,6E-08
Ho-166m	<NG	–	–	–

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

Tabelle 2.8-5 Inventar radioaktiver Stoffe im Versuchsbereich zur Durchsumpfung 1w und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)

Versuchsbereich 1w		mechanische Beaufschlagung / Bartensleben					
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm	10...20 µm	20...40 µm	40...70 µm
H-3	6,1E+04	3,6E-03	4,9E-02	3,0E-02	6,4E-02	5,6E-02	5,0E-03
C-14	1,4E+05	8,3E-03	1,1E-01	6,8E-02	1,5E-01	1,3E-01	1,2E-02
Na-22	2,1E+02	1,2E-05	1,7E-04	1,0E-04	2,2E-04	1,9E-04	1,7E-05
Al-26	<NG	–	–	–	–	–	–
Cl-36	8,7E+02	5,1E-05	6,9E-04	4,2E-04	9,2E-04	8,1E-04	7,2E-05
K-40	<NG	–	–	–	–	–	–
Ca-41	2,9E+01	1,7E-06	2,3E-05	1,4E-05	3,0E-05	2,7E-05	2,4E-06
Mn-54	1,7E+00	1,0E-07	1,4E-06	8,4E-07	1,8E-06	1,6E-06	1,4E-07
Fe-55	1,5E+05	9,0E-03	1,2E-01	7,5E-02	1,6E-01	1,4E-01	1,3E-02
Co-60	3,1E+06	1,8E-01	2,5E+00	1,5E+00	3,3E+00	2,9E+00	2,6E-01
Ni-59	9,3E+04	5,5E-03	7,5E-02	4,5E-02	9,9E-02	8,7E-02	7,8E-03
Ni-63	8,7E+06	5,1E-01	6,9E+00	4,2E+00	9,2E+00	8,1E+00	7,2E-01
Sr-90	1,9E+03	1,1E-04	1,5E-03	9,4E-04	2,1E-03	1,8E-03	1,6E-04
Zr-93	3,8E+03	2,2E-04	3,0E-03	1,9E-03	4,0E-03	3,5E-03	3,2E-04
Nb-94	1,0E+04	5,9E-04	8,0E-03	4,9E-03	1,1E-02	9,3E-03	8,3E-04
Mo-93	8,0E+01	4,7E-06	6,4E-05	3,9E-05	8,5E-05	7,4E-05	6,7E-06
Tc-99	5,7E+04	3,4E-03	4,6E-02	2,8E-02	6,1E-02	5,3E-02	4,8E-03
Cd-113m	2,9E+03	1,7E-04	2,3E-03	1,4E-03	3,0E-03	2,7E-03	2,4E-04
Pb-210	<NG	–	–	–	–	–	–
Ra-224	1,3E-01	7,9E-09	1,1E-07	6,5E-08	1,4E-07	1,2E-07	1,1E-08
Ra-226	<NG	–	–	–	–	–	–
Ra-228	<NG	–	–	–	–	–	–
Ac-227	<NG	–	–	–	–	–	–
Ac-228	<NG	–	–	–	–	–	–
Th-228	1,3E-01	7,9E-09	1,1E-07	6,5E-08	1,4E-07	1,2E-07	1,1E-08
Th-229	<NG	–	–	–	–	–	–
Th-230	6,7E-04	3,9E-11	5,3E-10	3,2E-10	7,1E-10	6,2E-10	5,5E-11
Th-232	<NG	–	–	–	–	–	–
Pa-231	<NG	–	–	–	–	–	–
U-232	1,3E-01	7,5E-09	1,0E-07	6,2E-08	1,3E-07	1,2E-07	1,1E-08
U-233	<NG	–	–	–	–	–	–
U-234	5,5E+00	3,3E-07	4,4E-06	2,7E-06	5,9E-06	5,1E-06	4,6E-07
U-235	8,7E-02	5,1E-09	6,9E-08	4,2E-08	9,2E-08	8,1E-08	7,2E-09
U-236	1,3E+00	7,5E-08	1,0E-06	6,2E-07	1,3E-06	1,2E-06	1,1E-07
U-238	2,3E+00	1,4E-07	1,9E-06	1,1E-06	2,5E-06	2,2E-06	1,9E-07
Np-237	2,1E+00	1,3E-07	1,7E-06	1,0E-06	2,3E-06	2,0E-06	1,8E-07
Pu-238	<NG	–	–	–	–	–	–
Pu-239	2,8E+01	1,7E-06	2,2E-05	1,4E-05	3,0E-05	2,6E-05	2,3E-06
Pu-240	5,1E+01	3,0E-06	4,1E-05	2,5E-05	5,4E-05	4,8E-05	4,3E-06
Pu-241	3,1E+04	1,8E-03	2,5E-02	1,5E-02	3,3E-02	2,9E-02	2,6E-03
Pu-242	2,7E-01	1,6E-08	2,1E-07	1,3E-07	2,8E-07	2,5E-07	2,2E-08
Pu-244	<NG	–	–	–	–	–	–
Am-241	1,2E+03	7,1E-05	9,6E-04	5,8E-04	1,3E-03	1,1E-03	1,0E-04
Am-242m	1,1E+00	6,3E-08	8,5E-07	5,2E-07	1,1E-06	9,9E-07	8,9E-08
Am-243	6,3E-01	3,7E-08	5,1E-07	3,1E-07	6,7E-07	5,9E-07	5,3E-08
Cm-242	<NG	–	–	–	–	–	–
Cm-243	<NG	–	–	–	–	–	–

Versuchsbereich 1w		mechanische Beaufschlagung / Bartensleben					
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm	10...20 µm	20...40 µm	40...70 µm
Cm-244	1,3E+01	7,9E-07	1,1E-05	6,5E-06	1,4E-05	1,2E-05	1,1E-06
Cm-245	1,2E-02	7,1E-10	9,6E-09	5,8E-09	1,3E-08	1,1E-08	1,0E-09
Cm-246	2,0E-03	1,2E-10	1,6E-09	9,7E-10	2,1E-09	1,9E-09	1,7E-10
Cm-247	<NG	–	–	–	–	–	–
Cm-248	<NG	–	–	–	–	–	–
Cm-250	<NG	–	–	–	–	–	–
Cf-250	<NG	–	–	–	–	–	–
Cf-251	<NG	–	–	–	–	–	–
Cf-252	<NG	–	–	–	–	–	–
Se-79	1,4E+02	8,3E-06	1,1E-04	6,8E-05	1,5E-04	1,3E-04	1,2E-05
Kr-85	<NG	–	–	–	–	–	–
Rb-87	4,6E-03	2,7E-10	3,7E-09	2,2E-09	4,9E-09	4,3E-09	3,8E-10
Pd-107	1,5E+01	9,0E-07	1,2E-05	7,5E-06	1,6E-05	1,4E-05	1,3E-06
Ag-108m	3,5E+03	2,1E-04	2,8E-03	1,7E-03	3,7E-03	3,3E-03	2,9E-04
Ag-110m	<NG	–	–	–	–	–	–
Sn-126	7,3E+01	4,3E-06	5,9E-05	3,6E-05	7,8E-05	6,8E-05	6,1E-06
I-129	9,3E+00	5,5E-07	7,5E-06	4,5E-06	9,9E-06	8,7E-06	7,8E-07
Cs-134	4,1E+04	2,4E-03	3,3E-02	2,0E-02	4,3E-02	3,8E-02	3,4E-03
Cs-135	2,4E+02	1,4E-05	1,9E-04	1,2E-04	2,5E-04	2,2E-04	2,0E-05
Cs-137	3,3E+07	1,9E+00	2,6E+01	1,6E+01	3,5E+01	3,0E+01	2,7E+00
Ba-133	1,0E-01	5,9E-09	8,0E-08	4,9E-08	1,1E-07	9,3E-08	8,3E-09
Pm-147	<NG	–	–	–	–	–	–
Sm-151	4,0E+03	2,4E-04	3,2E-03	1,9E-03	4,2E-03	3,7E-03	3,3E-04
Eu-152	1,8E+01	1,1E-06	1,4E-05	8,8E-06	1,9E-05	1,7E-05	1,5E-06
Eu-154	4,5E+03	2,7E-04	3,6E-03	2,2E-03	4,8E-03	4,2E-03	3,8E-04
Eu-155	2,9E+02	1,7E-05	2,3E-04	1,4E-04	3,1E-04	2,7E-04	2,4E-05
Ho-166m	<NG	–	–	–	–	–	–

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

Tabelle 2.8-6 Inventar radioaktiver Stoffe im Versuchsbereich zur Durchsumpfung 1ö und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)

Versuchsbereich 1ö		mechanische Beaufschlagung / Bartensleben					
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm	10...20 µm	20...40 µm	40...70 µm
H-3	3,0E+05	2,8E-04	5,6E-03	4,3E-03	1,1E-02	1,2E-02	1,2E-03
C-14	7,0E+05	6,4E-04	1,3E-02	9,9E-03	2,6E-02	2,7E-02	2,8E-03
Na-22	1,0E+03	9,4E-07	1,9E-05	1,5E-05	3,8E-05	4,0E-05	4,1E-06
Al-26	<NG	–	–	–	–	–	–
Cl-36	4,3E+03	3,9E-06	8,1E-05	6,1E-05	1,6E-04	1,7E-04	1,7E-05
K-40	<NG	–	–	–	–	–	–
Ca-41	1,4E+02	1,3E-07	2,7E-06	2,0E-06	5,3E-06	5,5E-06	5,8E-07
Mn-54	8,7E+00	7,9E-09	1,6E-07	1,2E-07	3,2E-07	3,3E-07	3,5E-08
Fe-55	7,7E+05	7,0E-04	1,4E-02	1,1E-02	2,8E-02	2,9E-02	3,1E-03
Co-60	1,5E+07	1,4E-02	2,9E-01	2,2E-01	5,6E-01	5,9E-01	6,2E-02
Ni-59	4,7E+05	4,2E-04	8,7E-03	6,6E-03	1,7E-02	1,8E-02	1,9E-03
Ni-63	4,3E+07	3,9E-02	8,1E-01	6,1E-01	1,6E+00	1,7E+00	1,7E-01
Sr-90	9,7E+03	8,8E-06	1,8E-04	1,4E-04	3,6E-04	3,7E-04	3,9E-05
Zr-93	1,9E+04	1,7E-05	3,5E-04	2,7E-04	7,0E-04	7,3E-04	7,6E-05
Nb-94	5,0E+04	4,5E-05	9,3E-04	7,1E-04	1,8E-03	1,9E-03	2,0E-04

Versuchsbereich 1ö		mechanische Beaufschlagung / Bartensleben					
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm	10...20 µm	20...40 µm	40...70 µm
Mo-93	4,0E+02	3,6E-07	7,4E-06	5,7E-06	1,5E-05	1,5E-05	1,6E-06
Tc-99	2,9E+05	2,6E-04	5,3E-03	4,1E-03	1,1E-02	1,1E-02	1,2E-03
Cd-113m	1,4E+04	1,3E-05	2,7E-04	2,0E-04	5,3E-04	5,5E-04	5,8E-05
Pb-210	<NG	–	–	–	–	–	–
Ra-224	6,7E-01	6,1E-10	1,2E-08	9,5E-09	2,5E-08	2,6E-08	2,7E-09
Ra-226	<NG	–	–	–	–	–	–
Ra-228	<NG	–	–	–	–	–	–
Ac-227	<NG	–	–	–	–	–	–
Ac-228	<NG	–	–	–	–	–	–
Th-228	6,7E-01	6,1E-10	1,2E-08	9,5E-09	2,5E-08	2,6E-08	2,7E-09
Th-229	<NG	–	–	–	–	–	–
Th-230	3,3E-03	3,0E-12	6,2E-11	4,7E-11	1,2E-10	1,3E-10	1,3E-11
Th-232	<NG	–	–	–	–	–	–
Pa-231	<NG	–	–	–	–	–	–
U-232	6,3E-01	5,8E-10	1,2E-08	9,0E-09	2,3E-08	2,4E-08	2,5E-09
U-233	<NG	–	–	–	–	–	–
U-234	2,8E+01	2,5E-08	5,1E-07	3,9E-07	1,0E-06	1,1E-06	1,1E-07
U-235	4,3E-01	3,9E-10	8,1E-09	6,1E-09	1,6E-08	1,7E-08	1,7E-09
U-236	6,3E+00	5,8E-09	1,2E-07	9,0E-08	2,3E-07	2,4E-07	2,5E-08
U-238	1,2E+01	1,1E-08	2,2E-07	1,7E-07	4,3E-07	4,5E-07	4,7E-08
Np-237	1,1E+01	9,7E-09	2,0E-07	1,5E-07	3,9E-07	4,1E-07	4,3E-08
Pu-238	<NG	–	–	–	–	–	–
Pu-239	1,4E+02	1,3E-07	2,6E-06	2,0E-06	5,2E-06	5,4E-06	5,6E-07
Pu-240	2,6E+02	2,3E-07	4,8E-06	3,6E-06	9,4E-06	9,9E-06	1,0E-06
Pu-241	1,6E+05	1,4E-04	2,9E-03	2,2E-03	5,8E-03	6,0E-03	6,3E-04
Pu-242	1,3E+00	1,2E-09	2,5E-08	1,9E-08	4,9E-08	5,1E-08	5,4E-09
Pu-244	<NG	–	–	–	–	–	–
Am-241	6,0E+03	5,5E-06	1,1E-04	8,5E-05	2,2E-04	2,3E-04	2,4E-05
Am-242m	5,3E+00	4,8E-09	9,9E-08	7,6E-08	2,0E-07	2,1E-07	2,1E-08
Am-243	3,2E+00	2,9E-09	5,9E-08	4,5E-08	1,2E-07	1,2E-07	1,3E-08
Cm-242	<NG	–	–	–	–	–	–
Cm-243	<NG	–	–	–	–	–	–
Cm-244	6,7E+01	6,1E-08	1,2E-06	9,5E-07	2,5E-06	2,6E-06	2,7E-07
Cm-245	6,0E-02	5,5E-11	1,1E-09	8,5E-10	2,2E-09	2,3E-09	2,4E-10
Cm-246	1,0E-02	9,1E-12	1,9E-10	1,4E-10	3,7E-10	3,8E-10	4,0E-11
Cm-247	<NG	–	–	–	–	–	–
Cm-248	<NG	–	–	–	–	–	–
Cm-250	<NG	–	–	–	–	–	–
Cf-250	<NG	–	–	–	–	–	–
Cf-251	<NG	–	–	–	–	–	–
Cf-252	<NG	–	–	–	–	–	–
Se-79	7,0E+02	6,4E-07	1,3E-05	9,9E-06	2,6E-05	2,7E-05	2,8E-06
Kr-85	<NG	–	–	–	–	–	–
Rb-87	2,3E-02	2,1E-11	4,3E-10	3,3E-10	8,5E-10	8,8E-10	9,2E-11
Pd-107	7,7E+01	7,0E-08	1,4E-06	1,1E-06	2,8E-06	2,9E-06	3,1E-07
Ag-108m	1,8E+04	1,6E-05	3,3E-04	2,5E-04	6,5E-04	6,8E-04	7,1E-05
Ag-110m	<NG	–	–	–	–	–	–
Sn-126	3,7E+02	3,3E-07	6,8E-06	5,2E-06	1,3E-05	1,4E-05	1,5E-06
I-129	4,7E+01	4,2E-08	8,7E-07	6,6E-07	1,7E-06	1,8E-06	1,9E-07
Cs-134	2,0E+05	1,8E-04	3,8E-03	2,9E-03	7,5E-03	7,8E-03	8,2E-04
Cs-135	1,2E+03	1,1E-06	2,2E-05	1,7E-05	4,4E-05	4,6E-05	4,8E-06

Versuchsbereich 1ö		mechanische Beaufschlagung / Bartensleben					
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm	10...20 µm	20...40 µm	40...70 µm
Cs-137	1,6E+08	1,5E-01	3,0E+00	2,3E+00	6,0E+00	6,3E+00	6,6E-01
Ba-133	5,0E-01	4,5E-10	9,3E-09	7,1E-09	1,8E-08	1,9E-08	2,0E-09
Pm-147	<NG	–	–	–	–	–	–
Sm-151	2,0E+04	1,8E-05	3,7E-04	2,8E-04	7,4E-04	7,7E-04	8,0E-05
Eu-152	9,0E+01	8,2E-08	1,7E-06	1,3E-06	3,3E-06	3,5E-06	3,6E-07
Eu-154	2,3E+04	2,1E-05	4,2E-04	3,2E-04	8,3E-04	8,7E-04	9,1E-05
Eu-155	1,5E+03	1,3E-06	2,7E-05	2,1E-05	5,4E-05	5,6E-05	5,9E-06
Ho-166m	<NG	–	–	–	–	–	–

< NG = unterhalb der experimentellen Nachweisgrenze.

2.9 Radioaktive Flüssigabfälle in den Grubenbauen der 7. Sohle

2.9.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 1 zugeordnet, da eine mechanische Beaufschlagung infolge eines Löserfalls der radioaktiven Flüssigabfälle in den Grubenbauen der 7. Sohle mit einer Freisetzung radioaktiver Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann. Eine Erhöhung der Konzentration radioaktiver Stoffe in den Abwettern aus den Grubenbauen der 7. Sohle wurde allerdings bislang nicht registriert. Eine thermische Beaufschlagung der radioaktiven Flüssigabfälle in den Grubenbauen der 7. Sohle ist der Störfallklasse 2 zugeordnet und wird deshalb nicht betrachtet, da sie durch sicherheitstechnische Vorsorgemaßnahmen und sicherheitsrelevante Eigenschaften der Abfälle (Nichtbrennbarkeit) ausgeschlossen ist.

2.9.2 Ereignisablauf

Die radioaktiven Flüssigabfälle in den Grubenbauen der 7. Sohle werden infolge eines Löserfalls beaufschlagt. Die Störfallorte (mit zuletzt bei einer Befahrung in 1998 ermittelten Volumina der Flüssigabfälle) sind

- der Füllort Südgesenk B (22YEF10) mit ca. 200 m³ als offene Lösung,
- die Richtstrecke Südfeld (22YER31 R001) mit ca. 100 m³ als offene Lösung und
- die Verbindungsstrecke (22YEA32 R001) zwischen dem Füllort Südgesenk B und der Richtstrecke Südfeld (Ausläufer, enthalten in den o. g. Mengen).

Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Lösungsreste bis heute im Wesentlichen eingetrocknet sind. Für die folgenden sicherheitsanalytischen Betrachtungen wird abdeckend der 1998 angetroffene Zustand betrachtet.

2.9.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Zu Beginn der Verfestigung von Flüssigabfällen im Abbau 3 im Bereich der 5a-Sohle (-395 mNN-Sohle) sind kontaminierte Lösungen in die Unterwerksbaue auf der 7. Sohle (-500 mNN-Sohle) abgeflossen. Durch Eintrocknung hatte sich ihr Volumen bis zur letzten Befahrung in 1998 auf ca. 300 m³ reduziert. Die Flüssigkeitsansammlungen waren nicht mehr zusammenhängend. Ihr Pegel war ungleichmäßig und betrug maximal 40 cm. Ihre Oberfläche war größtenteils mit einer ungleichmäßig mächtigen Schicht aus auskristallisierten Salzen überdeckt. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Lösungsreste bis heute i. W. eingetrocknet sind. Es wird abdeckend der 1998 angetroffene Zustand betrachtet.

2.9.4 Quellterm am Störfallort

Ausgegangen wird von Freisetzungbruchteilen für mechanische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten, da die Freisetzungbruchteile für mechanische Beaufschlagungen von Flüssigabfällen und auskristallisierten Salzen unbekannt sind. Tabelle 2.9-1 zeigt die Freisetzungbruchteile je Partikelgrößenfraktionen für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort. Die Angabe erfolgt bezogen auf das beaufschlagte Volumen der Lösung. Pro Gesamtvolumen ist 1/3 davon anzusetzen. Die Herleitung befindet sich im Anhang 1. Die unterstellten Randbedingungen sind: Volumen der beaufschlagten Lösung $V_{\text{Abfallprodukt}} = 100 \text{ m}^3$ (aufgrund der räumlichen Ausdehnung der Flüssigabfälle ist 1/3 des Gesamtvolumens abdeckend); Dichte der Lösung $\rho_{\text{Abfallprodukt}} = 1,2 \text{ Mg/m}^3$ (geschätzt); Lösungsvolumen $V_{\text{Lösler}} = V_{\text{Abfallprodukt}}$ (abdeckende Annahme); Dichte des Lösers $\rho_{\text{Lösler}} = 2170 \text{ kg/m}^3$ (Dichte des Halites); freie Firsthöhe $h = 2,7 \text{ m}$ (Abdeckend wurde die freie Firsthöhe des Füllorts und der Verbindungstrecke zugrunde gelegt. Die freie Firsthöhe der Richtstrecke Südfeld beträgt 2,5 m).

Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe in den Grubenbauen der 7. Sohle (siehe Tabelle 2.9-2) und den vorgenannten Freisetzungbruchteilen je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole am Störfallort.

Tabelle 2.9-1 Freisetzungbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort für radioaktive Flüssigabfälle in den Grubenbauen der 7. Sohle (bezogen auf das beaufschlagte Volumen von 100 m^3)

Störfallort	Partikelgrößenfraktion						
	0...1 μm	1...5 μm	5...10 μm	10...20 μm	20...40 μm	40...70 μm	70...100 μm
Grubenbaue 7. Sohle	3,3E-11	1,0E-09	3,1E-09	1,1E-08	3,5E-08	7,3E-08	9,1E-08

2.9.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Alle radioaktiven Stoffe sind aerosolförmig. Zugrunde gelegt wird eine für mechanische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten typische Partikelgrößenverteilung mit Freisetzungbruchteilen gemäß Tabelle 2.9-1.

2.9.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die Unterwerksbaue (einschließlich der Grubenbaue der 7. Sohle) werden nicht bewettert. Infolge von Druckschwankungen der Grubenwetter in Abhängigkeit von betrieblichen Vorgängen (z. B. Treiben der Schachtförderanlage) sind temporäre Wetterbewegungen in den unversetzten Unterwerksbauen (einschließlich der 7. Sohle) möglich. Während einer Befahrung in 1998 lagen die Wetterströmungen unterhalb der Nachweisgrenze. Verschiedentlich wetterdurchlässige Wegsamkeiten zur 4. Sohle bestehen zu den Grubenbauen und Strecken des Südfeldes einschließlich des Kalilagers B sowie über das B-Gesenk 2B durch eine Stahltür zum Ostquerschlag 4. Sohle, der zuletzt verfüllt wird. Die Grubenbaue und Strecken des Südfeldes auf der 4. Sohle werden bewettert. Diese Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Beim Verfüllbetrieb wird auch das Kalilager B bewettert. Diese Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Marie abgeleitet. Es wird

angenommen, dass die Freisetzung in die Umgebung zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Marie erfolgt.

2.9.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die Abscheidung zwischen dem Störfallort und dem bewetterten Ostquerschlag 4. Sohle, der zuletzt verfüllt wird, wird nicht berücksichtigt (abdeckende Annahme) weil sie aufgrund der langen, mit einer Stahltür abgetrennten Strecke und des begrenzten Wetteraustausches mit den Grubenbauen der 7. Sohle nicht quantifiziert werden kann. Die Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion infolge der Abscheidung zwischen dem Ostquerschlag 4. Sohle und dem Abwetterschlot wurden nicht abgeleitet. Stattdessen werden die im Bericht /IST 06b/ für die Durchsumpfungsrube als Störfallort abgeleiteten Freisetzungsbruchteile herangezogen, siehe Tabelle 2.8-3. Tabelle 2.9-2 enthält den daraus ermittelten Quellterm für eine Freisetzung zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Marie.

Tabelle 2.9-2 Inventar radioaktiver Stoffe in den Grubenbauen der 7. Sohle und Quellterm am Abwetterschlot infolge einer mechanischen Beaufschlagung (in Bq)

Flüssigabfälle auf der 7. Sohle		mechanische Beaufschlagung / Marie		
Radionuklid	Inventar	0...1 µm	1...5 µm	5...10 µm
Co-60	2,2E+08	2,4E-03	5,3E-02	1,1E-03
Cs-134	7,7E+07	8,6E-04	1,9E-02	4,0E-04
Cs-137	5,5E+11	6,1E+00	1,3E+02	2,8E+00
H-3	1,5E+10	1,6E-01	3,6E+00	7,5E-02

2.10 Wetter mit akkumulierten flüchtigen radioaktiven Stoffen

2.10.1 Zuordnung des Störfalls zur Störfallklasse

Das Ereignis ist der Störfallklasse 1 zugeordnet, da eine störfallbedingten Beschädigung der Abschlussmauern mit einer instantanen Freisetzung von Wettern mit ggf. akkumulierten flüchtigen radioaktiven Stoffen aus unversetzten bzw. nicht vollständig versetzten Einlagerungsgrubenbauen nicht ausgeschlossen werden kann.

2.10.2 Ereignisablauf

Wetter mit ggf. akkumulierten flüchtigen radioaktiven Stoffen werden infolge einer störfallbedingten Beschädigung der Abschlussmauer aus unversetzten bzw. nicht vollständig versetzten Einlagerungsgrubenbauen instantan freigesetzt. Die Störfallorte sind im Nordfeld

- der Einlagerungsgrubenbau (17YER21 R020) im Streckentiefsten der Nordstrecke 4. Sohle und
- der Einlagerungsgrubenbau (17YEQ21 R003) im nordöstlichen Querschlag zur Nordstrecke 4. Sohle (nur die vordere Kammer des in 3 Kammern unterteilten Einlagerungsgrubenbaus wird betrachtet)

bzw. im Westfeld

- der Bremsberg (17YER11 R005) aus den Abbauen 3 und 4 auf der 4. Sohle (-372 mNN-Sohle) zu den Grubenbauen auf der 3. Sohle (-332 mNN-Sohle),

da lediglich in den o. g. Grubenbauen eine Akkumulation flüchtiger radioaktiver Stoffe in den Wettern möglich ist.

2.10.3 Beschaffenheit der beaufschlagten Stoffe

Gegenstand der Betrachtung sind die Wetter der unversetzten bzw. nicht vollständig versetzten abgemauerten Einlagerungsgrubenbaue mit ggf. akkumulierten flüchtigen radioaktiven Stoffen.

2.10.4 Quellterm am Störfallort

Der Freisetzungsbruchteil für flüchtige radioaktive Stoffe (im Inventar enthalten sind H und C) beträgt eins. Der ausschlaggebende Freisetzungsmechanismus ist der Transport mit den Wettern, sofern flüchtige radioaktive Stoffe in diesen akkumuliert sind. Der Quellterm am Störfallort ergibt sich aus dem Inventar radioaktiver Stoffe im jeweiligen Grubenbau (siehe Tabelle 2.10-1 bis Tabelle 2.10-3) und dem vorgenannten Freisetzungsbruchteil.

2.10.5 Beschaffenheit der freigesetzten radioaktiven Stoffe

Flüchtige radioaktive Stoffe (im Inventar enthalten sind H und C) sind gasförmig. H-3 liegt als HTO und C-14 zu 80% als CO₂ und zu 20% als CH₄ vor.

2.10.6 Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die abgeschlossenen Einlagerungsgrubenbaue im Nordfeld werden nicht bewettert, lediglich ihr Randbereich wird bewettert. Diese Wetter werden über den Abwetterschlot am Schacht Marie abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Marie.

Der Bremsberg im Westfeld wird nicht bewettert. Er ist ein abgeschlossener Querschlag der angrenzenden Richtstrecke nach Norden 3. Sohle, die selbst ein abgeschlossener Querschlag des bewetterten Westquerschlags 3. Sohle ist. Beim Verfüllbetrieb wird die Richtstrecke nach Norden 3. Sohle über den Westquerschlag 3. Sohle bewettert. Die Wetter aus dem Westquerschlag 3. Sohle werden über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben abgeleitet. Die Freisetzung in die Umgebung erfolgt somit zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben.

2.10.7 Quellterm am Ort der Freisetzung in die Umgebung

Die am Störfallort freigesetzten flüchtigen radioaktiven Stoffe werden am Abwetterschlot vollständig freigesetzt. Tabelle 2.10-1 bis Tabelle 2.10-3 enthalten die Quellterme für Freisetzungen jeweils zu 100% über den Abwetterschlot am Schacht Marie (Einlagerungsgrubenbaue im Nordfeld) bzw. über den Abwetterschlot am Schacht Bartensleben (Bremsberg im Westfeld).

Tabelle 2.10-1 Inventar akkumulierter flüchtiger radioaktiver Stoffe im Einlagerungsgrubenbau im Streckentiefsten der Nordstrecke 4. Sohle und Quellterm am Abwetterschlot infolge ihrer störfallbedingten Freisetzung (in Bq)

Einlagerungsgrubenbau N-Strecke		instantane Freisetzung
Radionuklid	Inventar	Marie
C-14	1,5E+08	1,5E+08
H-3	4,5E+09	4,5E+09

Tabelle 2.10-2 Inventar akkumulierter flüchtiger radioaktiver Stoffe in der vorderen Kammer des Einlagerungsgrubenbaus im nordöstlichen Querschlag zur Nordstrecke 4. Sohle und Quellterm am Abwetterschlot infolge ihrer störfallbedingten Freisetzung (in Bq)

vordere Kammer im NÖ-Querschlag		instantane Freisetzung
Radionuklid	Inventar	Marie
C-14	6,0E+08	6,0E+08
H-3	1,8E+10	1,8E+10

Tabelle 2.10-3 Inventar akkumulierter flüchtiger radioaktiver Stoffe im Bremsberg im Westfeld und Quellterm am Abwetterschlot infolge ihrer störfallbedingten Freisetzung (in Bq)

Bremsberg im Westfeld		instantane Freisetzung
Radionuklid	Inventar	Bartensleben
C-14	2,4E+09	2,4E+09
H-3	7,1E+10	7,1E+10

3 LITERATUR

- /BFS 96/ Kugel, K., Noack, W., Giller, H., Martens, B.-R., Brennecke, P.
Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur
Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, Endlager für radioaktive Abfälle Mors-
leben (ERAM), Teil I: Endlagerungsbedingungen, Stand: August 1996
Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Nukleare Entsorgung und
Transport
BfS-ET-IB-85, Salzgitter, August 1996.
- /BFS 06/ Bundesamt für Strahlenschutz
Entsorgung radioaktiver Abfälle im Endlager für radioaktive Abfälle Morsle-
ben (ERAM) – Einlagerungszeitraum 1971 bis 1991 –
ET-IB-109-REV-02, Salzgitter, 2006.
- /BFS 06a/ Bundesamt für Strahlenschutz
Entsorgung radioaktiver Abfälle im Endlager für radioaktive Abfälle Morsle-
ben (ERAM) – Einlagerungszeitraum 1994 bis 1998 –
ET-IB-110-REV-02, Salzgitter, 2006.
- /BMI 83/ Bundesministerium des Inneren
Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Berg-
werk
GMBI 13, 11.05.1983.
- /BMI 83a/ Bundesministerium des Inneren
Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwas-
serreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV
– Störfall-Leitlinien –
Bonn, den 18. Oktober 1983
Bundesanzeiger 245 vom 31.12.1983.
- /BMU 05/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz ge-
gen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) vom 23. Dezember 1959, Neufas-
sung vom 15. Juli 1985
(BGBl. I 1985 S 1565), zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 29.08.2008 (BGBl. I
S. 1793).
- /BMU 05a/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen
(Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001
(BGBl. I S.1714, (2002 I S. 1459)), zuletzt geändert durch Art. 2 G v.
29.08.2008 (BGBl. I 1793).

- /DBE 05/ [REDACTED]
Systembeschreibung der Verfüllung
DBE, Peine, 15.12.2005
9M-22341021.
- /DBE 05a/ [REDACTED]
Verfüllplan zur Stilllegung des ERAM nach Durchführung der bergbaulichen
Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil
- Konzeptplanung -
DBE, Peine, 15.12.2005
9M-22341011.
- /DBE 05b/ [REDACTED]
Systembeschreibung der Bewetterung des ERA Morsleben in der Betriebs-
phase der Stilllegung
DBE, Peine, 15.12.2005
9M-22342021.
- /DBE 05c/ [REDACTED]
Stilllegungskonzept, ergänzende berg- und anlagentechnische Grundlagen-
ermittlung und Konzeptplanung – Grubenbewetterung und Klimatechnik –
DBE-9M 22342021, Rev.1
Peine, 01.08.2005.
- /DBE 06/ [REDACTED]
Beschreibung der vorhandenen übertägigen Anlagen der Schachtanlagen
Bartensleben und Marie und des Grubengebäudes
DBE, Peine, 15.05.2006
9M-26000031.
- /DBE 06a/ [REDACTED]
Konzeptplanung Anlagen für die Stilllegung
Systembeschreibung: konventionelle Abfälle
DBE, Peine, 15.05.2006
9M-26244011.
- /GRS 06/ Fett, H.-J., Thielen, H.
Störfallanalyse für den Stilllegungsbetrieb des ERAM
Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage
bei Ereignissen der Störfallklasse 1
GRS-A-3344, Köln, 01.12.2006.
- /GRS 87/ Gründler, D.
Systemanalyse Konrad, Teil 3
Bestimmung störfallbedingter Aktivitätsfreisetzung
GRS-A-1389, Köln, November 1987.

- /IST 06/ Marić, D., Müller, W.
Störfallanalyse für den Stilllegungsbetrieb des Endlagers Morsleben
ISTec-A-266 (Rev. 2), Köln, 01.12.2006
9M-23130021.
- /IST 06a/ Müller, W., Marić, D., Alkan, H.
- Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben -
Sicherheitsanalyse des bestimmungsgemäßen Betriebs
ISTec-A-316, Köln, 17.10.2006
9M-23120011.
- /IST 06b/ Alkan, H., Bracke, G., Müller, W., Marić, D.
Modellierung des Aerosoltransports im ERAM bei einem angenommenen
Lastfall in der Durchsumpfungsrube bzw. den Versuchsbereichen zur
Durchsumpfung
ISTec-A-1034 (Rev. 0), Köln, 01.12.2006.
- /IST 06c/ Marić, D.
Mit dem Verfüllkonzept kompatible Lagerorte für radioaktive, potenziell kon-
tamierte und metallische Eigenabfälle des ERAM
ISTec-A-845 (Rev. 1), Köln, 01.12.2006.
- /RÄM 79/ Rämö, E., Pulkkinen, U., Aittola, J.-P.
Damage of reactor waste packages in transport accidents,
Nordiska Kontaktorganet för Atomenergigrupp, 1979.
- /SEE 87/ Seehars, H. D., Hochrainer, D., Spiekermann, M., Althaus, W.
Experimente zur Freisetzung und Quelltermbestimmung bei mechanischer
Belastung von mit pulverigen Substanzen gefüllten Abfallbehältern
Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie
Grafenschaft, 25.07.1987.
- /STA 86/ Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz
Genehmigung zum Dauerbetrieb des Endlagers für radioaktive Abfälle Mors-
leben,
Berlin, 22.04.1986.
- /WER 01/ Wernicke R. S.
Stellungnahmen und Hinweise zu Arbeiten im Planfeststellungsverfahren zur
Stilllegung des Endlagers Morsleben
GRS-A-2881, 2001.

ANHANG 1: FREISETZUNGSBRUCHEILE JE PARTIKELGRÖSSENFRAKTION FÜR LUFTGETRAGENE AEROSOLE AM STÖRFALLORT INFOLGE MECHANISCHER BEAUFSCHLAGUNGEN VON ZEMENTIERTEN ABFALLPRODUKTEN

Im Folgenden werden mechanische Beaufschlagungen von zementierten Abfallprodukten betrachtet und ein Ansatz zur Bestimmung der Freisetzungsbruchteile je Partikelgrößenfraktion für luftgetragene Aerosole ($\leq 100 \mu\text{m}$) am Störfallort als Funktion der spezifischen Beaufschlagungsenergie aufgestellt. Dieser Ansatz ist eine Weiterentwicklung des Ansatzes aus /GRS 87/ und betrachtet Fässer, zylindrische Behälter und Container². Die Freisetzungsbruchteile geben das Verhältnis der am Störfallort infolge einer mechanischen Beaufschlagung freigesetzten Menge des luftgetragenen radioaktiven Aerosols je Partikelgrößenfraktion zur Menge des beaufschlagten radioaktiven Abfallprodukts an. Der Ansatz ist abdeckend, da von der im Vergleich zur Zementmatrix besseren Barrierenqualität der metallischen Behälterhaut (Containerhaut, Fasshaut), sofern vorhanden, kein Kredit genommen wird. Die Freisetzungsbruchteile werden nach dem folgenden Produktansatz beschrieben:

$$FB = F_d \cdot F_g(d'_{\min} \dots d'_{\max}) \cdot FB_{\text{Abfallprodukt}}, \quad (\text{A1})$$

wobei FB der Freisetzungsbruchteil des luftgetragenen Aerosols,
 F_d der Aerosoldispersierungsfaktor,
 $F_g(d'_{\min} \dots d'_{\max})$ der Aerosolgenerierungsfaktor für die jeweilige Partikelgrößenfraktion und
 $FB_{\text{Abfallprodukt}}$ der Freisetzungsbruchteil des radioaktiven zementierten Abfallprodukts

sind.

Der Aerosoldispersierungsfaktor gibt den luftgetragenen Anteil des Aerosols an. Der restliche Anteil des Aerosols setzt sich bereits am Störfallort ab. Der Aerosoldispersierungsfaktor hängt von der Beaufschlagungsenergie /SEE 87/, der Strömungsgeschwindigkeit der Grubenwetter und der Partikelgrößenfraktion ab. Eine Abhängigkeit von der Aerosolmenge konnte innerhalb der experimentellen Genauigkeit nicht quantifiziert werden. Abdeckend beträgt der Aerosoldispersierungsfaktor bei typischer Strömungsgeschwindigkeit der Grubenwetter (siehe Bild A1-1)

$$F_d = 0,01, \quad (\text{A2})$$

wobei F_d den Aerosoldispersierungsfaktor bezeichnet.

² Zur Vollständigkeit der Abhandlung werden auch Container betrachtet, obwohl diese im ERAM nicht eingelagert wurden.

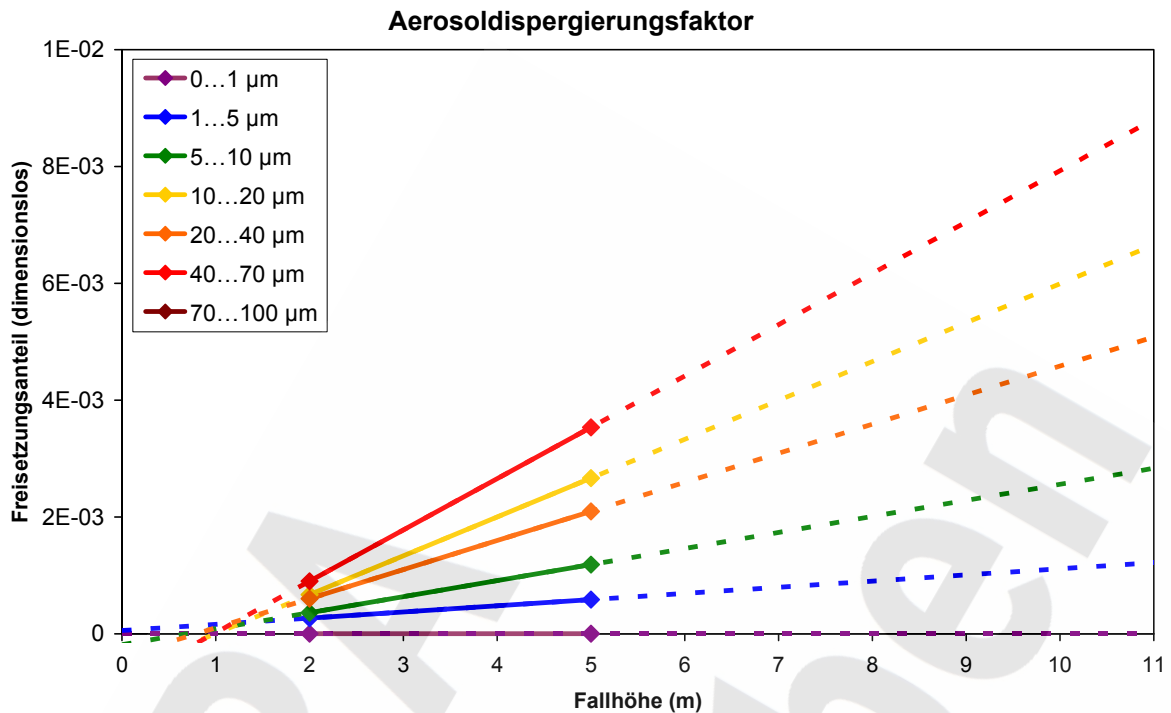


Bild A1-1 Aerosoldispergierungsfaktor bei typischer Strömungsgeschwindigkeit der Grubenwetter als Funktion der Partikelgrößenfraktion und der Fallhöhe

Der Aerosolgenerierungsfaktor gibt den aerosolförmigen Anteil (bis zum maximalen betrachteten Partikeldurchmesser) des freigesetzten radioaktiven zementierten Abfallprodukts an. Der Aerosolgenerierungsfaktor ist eine Funktion der spezifischen Beaufschlagungsenergie /GRS 87/:

$$F_g(d') = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{OG} \exp(-x^2) dx, \quad (A3)$$

wobei F_g den Aerosolgenerierungsfaktor,
 d' (in m) den maximalen betrachteten Partikeldurchmesser,

$$OG = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \ln(\sigma_g)} \cdot \ln \left\{ \frac{E \cdot d' \cdot \rho}{6 \cdot b} \cdot \exp \left[-\frac{[\ln(\sigma_g)]^2}{2} \right] \right\} \text{ die Obergrenze der Integration,}$$

E (in J/kg) die spezifische Beaufschlagungsenergie (z. B. beim Gebindesturz ist $E = g \cdot h$, wobei $g = 9,81 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{m})$ die Gravitationsbeschleunigung und h (in m) die Sturzhöhe sind) und

$\rho = 2 \text{ Mg}/\text{m}^3$ die Probedichte des radioaktiven zementierten Abfallprodukts

bezeichnen, während

$b = 230 \text{ J}/\text{m}^2$ die Bruchflächenenergie und

$\sigma_g = 11$ die geometrische Standardabweichung der Verteilung

aus experimentellen Ergebnissen abgeleitete Parameter sind.

Die Aerosolgenerierungsfaktoren je Partikelgrößenfraktion werden bestimmt gemäß

$$F_g(d'_{\min} \dots d'_{\max}) = F_g(d'_{\max}) - F_g(d'_{\min}), \quad (\text{A4})$$

wobei $F_g(d'_{\min} \dots d'_{\max})$ den Aerosolgenerierungsfaktoren für die jeweilige Partikelgrößenfraktion bezeichnet. $F_g(d'_{\min})$ und $F_g(d'_{\max})$ sind die aus Gleichung (A3) berechneten Aerosolgenerierungsfaktoren für den minimalen (d'_{\min}) und den maximalen (d'_{\max}) Partikeldurchmesser der jeweiligen Partikelgrößenfraktion.

Der Freisetzungsbruchteil des radioaktiven zementierten Abfallprodukts hängt vom zerstörten Gebindebruttovolumen ab. Dieses Volumen ist eine Funktion der spezifischen Beaufschlagungsenergie. Zur Bestimmung wird folgender Ansatz gemacht:

$$\frac{\Delta V}{V} = 1 - \left(\frac{V}{V_0} \right)^{-E/E_0}, \quad (\text{A5})$$

wobei ΔV (in m^3) das zerstörte Gebindebruttovolumen,
 V (in m^3) das Gebindebruttovolumen und
 E (in J/kg) die spezifische Beaufschlagungsenergie (z. B. beim Gebindesturz ist $E = g \cdot h$, wobei $g = 9,81 \text{ J/(kg} \cdot \text{m)}$ die Gravitationsbeschleunigung und h (in m) die Sturzhöhe sind) bezeichnen, während
 $E_0 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ die spezifische Bruchenergie und
 $V_0 = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ das Referenzvolumen

Parameter sind, die für eine Beaufschlagung beim Gebindesturz aus den experimentellen Ergebnissen aus /RÄM 79/ abgeleitet wurden.

Sofern keine inaktive Umhüllung vorhanden ist, beträgt der Freisetzungsbruchteil des radioaktiven zementierten Abfallprodukts

$$FB_{\text{Abfallprodukt}} = \frac{\Delta V}{V}, \quad (\text{A6})$$

wobei $FB_{\text{Abfallprodukt}}$ der Freisetzungsbruchteil des radioaktiven zementierten Abfallprodukts und
 $\Delta V/V$ der nach Gleichung (A5) ermittelte zerstörte Anteil des Gebindebruttovolumens

sind.

Im Falle einer quaderförmigen oder zylindrischen inaktiven Umhüllung des radioaktiven zementierten Abfallprodukts bei einem Container bzw. einem Fass oder zylindrischen Behälter gilt Folgendes:

Bei Containern wird von der abdeckenden Tetraedergeometrie einer beaufschlagten Containerecke ausgegangen. Die senkrecht zur Containeroberfläche gemessene Eindringtiefe einer tetraederförmigen Zerstörung ist für alle drei betroffenen Containeroberflächen gleich und beträgt

$$x = \frac{\sqrt[3]{6 \cdot \Delta V}}{3}, \quad (\text{A7})$$

wobei x die senkrecht zur Containeroberfläche gemessene Eindringtiefe einer tetraederförmigen Zerstörung und ΔV das nach Gleichung (A5) ermittelte zerstörte Gebindebruttovolumen bezeichnen.

Die senkrecht zur Oberfläche gemessene Eindringtiefe einer Zerstörung in das radioaktiv zementierte Abfallprodukt ist um die inaktive Wandstärke des Gebindes geringer als die Eindringtiefe ins Gebinde, kann jedoch nicht negativ sein:

$$x_{\text{Abfallprodukt}} = \max(x - w, 0), \quad (\text{A8})$$

wobei $x_{\text{Abfallprodukt}}$ die senkrecht zur Oberfläche gemessene Eindringtiefe einer Zerstörung in das radioaktiv zementierte Abfallprodukt,
 x die senkrecht zur Oberfläche gemessene Eindringtiefe einer Zerstörung in das Gebinde (x wird bei Containern aus Gleichung (A7) und bei zylindrischen Behältern und Fässern aus Gleichung (A10) ermittelt) und
 w die inaktive Wandstärke des Gebindes (z. B. Containers, zylindrischen Behälters oder Fasses)

sind.

Der Freisetzungsbruchteil des radioaktiven zementierten Abfallprodukts aus einem Container beträgt demnach

$$FB_{\text{Abfallprodukt}} = \frac{(3 \cdot x_{\text{Abfallprodukt}})^3}{6 \cdot V_{\text{Abfallprodukt}}}, \quad (\text{A9})$$

wobei $FB_{\text{Abfallprodukt}}$ der Freisetzungsbruchteil des radioaktiven zementierten Abfallprodukts,
 $x_{\text{Abfallprodukt}}$ die nach Gleichung (A8) ermittelte Eindringtiefe einer Zerstörung in das radioaktiv zementierte Abfallprodukt und
 $V_{\text{Abfallprodukt}}$ das Volumen des radioaktiven zementierten Abfallprodukts

sind.

Gleichungen (A7) bis (A9) setzen voraus, dass alle drei betroffenen Containerwände die gleiche inaktive Wandstärke besitzen (Containerhaut und eventuell vorhandene inaktive Schicht). Bei Containerwänden unterschiedlicher inaktiver Stärke wird abdeckend die geringste Wandstärke zugrunde gelegt.

Im Falle von zylindrischen Behältern und Fässern wird von der abdeckenden Zylinderhufgeometrie einer beaufschlagten Behälter- oder Fassecke ausgegangen. Die senkrecht zur Behälter- oder Fassoberfläche gemessene Eindringtiefe einer zylinderhufförmigen Zerstörung ist für die Seiten- und die Bodenoberfläche (oder die Deckeloberfläche, je nach Aufschlagrichtung) gleich und beträgt

$$x = \frac{r - z}{2}, \quad (\text{A10})$$

wobei x die senkrecht zur Behälter- oder Fassoberfläche gemessene Eindringtiefe einer zylinderhufförmigen Zerstörung und r den Behälter- oder Fassaußenradius bezeichnen, während z und φ die durch Gleichung (A11) definierten Behelfsvariablen sind.

Die Behelfsvariablen werden aus dem zerstörten Gebindebruttovolumen berechnet. Der Zusammenhang lautet

$$\Delta V_z = a \cdot \frac{2 \cdot r^2 + z^2}{3} - r^2 \cdot z \cdot \varphi \quad (\text{A11})$$

wobei ΔV_z das zerstörte Gebindebruttovolumen und r den Behälter- oder Fassaußenradius bezeichnen, während $a = r \cdot \sin(\varphi)$, $z = r \cdot \cos(\varphi)$ und φ Behelfsvariablen sind.

Die Behelfsvariablen ermöglichen eine kompakte Schreibweise. Ihre geometrische Bedeutung ist hier nicht vom Belang. Gleichung (A11) lässt sich nicht algebraisch nach den Behelfsvariablen lösen. Sie lässt sich jedoch iterativ nach der Methode von Newton-Raphson lösen. Das Lösen nach der Behelfsvariablen z wird bevorzugt. Die hierzu benötigte Ableitung von ΔV_z nach z beträgt

$$\left(\frac{\partial \Delta V}{\partial z} \right)_z = a \cdot z - r^2 \cdot \varphi, \quad (\text{A12})$$

wobei $(\partial \Delta V / \partial z)_z$ die Ableitung von ΔV_z nach z und r den Behälter- oder Fassaußenradius bezeichnen, während a , z und φ die durch Gleichung (A11) definierten Behelfsvariablen sind.

Beginnend mit dem Anfangswert $z_0 = 0$ wird folgende Iterationsgleichung gelöst:

$$z_{i+1} = z_i + \frac{\Delta V - \Delta V_{z_i}}{\left(\frac{\partial \Delta V}{\partial z} \right)_{z_i}}, \quad (\text{A13})$$

wobei z_i und z_{i+1} die Werte der Behelfsvariable z in der i -ten und der $(i+1)$ -ten Iteration, ΔV das nach Gleichung (A5) ermittelte zerstörte Gebindebruttovolumen, ΔV_{z_i} das nach Gleichung (A11) aus z_i ermittelte zerstörte Gebindebruttovolumen und $(\partial \Delta V / \partial z)_{z_i}$ die nach Gleichung (A12) aus z_i ermittelte Ableitung von ΔV_z nach z sind.

Die senkrecht zur Oberfläche gemessene Eindringtiefe einer Zerstörung in das radioaktiv zementierte Abfallprodukt ist durch Gleichung (A8) gegeben. Die Behelfsvariable für das radioaktiv zementierte Abfallprodukt folgt aus Gleichungen (A8) und (A10) sowie aus Gleichung (A10) mit $(x, r$ und $z)_{Abfallprodukt}$ als Variablen. Sie ist um die inaktive Wandstärke des Gebindes größer als die Behelfsvariable für das Gebinde, kann jedoch nicht größer sein, als der Radius des radioaktiven zementierten Abfallprodukts:

$$z_{Abfallprodukt} = \min(z + w, r_{Abfallprodukt}), \quad (A14)$$

wobei $z_{Abfallprodukt}$ die Behelfsvariable für das radioaktiv zementierte Abfallprodukt,
 z die Behelfsvariable für den zylindrischen Behälter oder das Fass,
 w die inaktive Wandstärke des zylindrischen Behälters oder Fasses,
 $r_{Abfallprodukt} = r - w$ der Radius des radioaktiven zementierten Abfallprodukts und
 r der Behälter- oder Fassaußenradius

sind.

Der Freisetzungsbruchteil des radioaktiven zementierten Abfallprodukts aus einem zylindrischen Behälter oder einem Fass beträgt demnach

$$FB_{Abfallprodukt} = \frac{\Delta V_{Abfallprodukt}}{V_{Abfallprodukt}}, \quad (A15)$$

wobei $FB_{Abfallprodukt}$ der Freisetzungsbruchteil des radioaktiven zementierten Abfallprodukts,
 $\Delta V_{Abfallprodukt}$ das nach Gleichung (A11) aus $(r, z, a$ und $\varphi)_{Abfallprodukt}$ ermittelte zerstörte Volumen des radioaktiven zementierten Abfallprodukts und
 $V_{Abfallprodukt}$ das Volumen des radioaktiven zementierten Abfallprodukts

sind.

Gleichungen (A10) bis (A15) setzen voraus, dass die Seiten- und die Bodenwand (oder die Deckelwand, je nach Aufschlagsrichtung) gleiche inaktive Wandstärke besitzen (Behälter- oder Fasshaut und eventuell vorhandene inaktive Schicht). Bei Seiten- und Bodenwänden unterschiedlicher inaktiver Wandstärke wird abdeckend die geringste Wandstärke zugrunde gelegt.

Der Freisetzungsbruchteil einer Partikelgrößenfraktion am Störfallort ist nach Gleichung (A1) das Produkt aus F_d gemäß Gleichung (A2), $F_g(d'_{\min} \dots d'_{\max})$ gemäß Gleichung (A4) und $FB_{Abfallprodukt}$ gemäß Gleichung (A6) oder, sofern das radioaktiv zementierte Abfallprodukt mit einer inaktiven Schicht umhüllt ist, $FB_{Abfallprodukt}$ gemäß Gleichungen (A9) oder (A15). Gleichung (A4) wird ausgewertet mit Hilfe der Gleichung (A3). Gleichung (A9) wird ausgewertet mit Hilfe der Gleichungen (A7) und (A8). Gleichung (A15) wird ausgewertet mit Hilfe der Gleichungen (A11) bis (A14). Gleichung (A5) liefert den Eingangswert ΔV für Gleichungen (A6), (A7) und (A13).

ANHANG 2: EIGENSCHAFTEN DER BRAUNKOHLFILTERASCHE

Gemäß /WER 01/ kann Braunkohlenfilterasche (BFA) wie folgt charakterisiert werden:

Die BFA ist ein pulverförmiger, fluidisierbarer Feststoff, der zu etwa 90% seiner Masse aus der Feinfraktion von < 125 µm besteht. Die Korngrößenverteilung ist in der Tabelle A2-1 aufgeführt. Die BFA wird als inert, unbrennbar und nicht explosionsfähig angesehen. Die Schüttdichte beträgt ca. 1 g/cm³ und die Porosität liegt bei ca. 0,5. Die Feuchtigkeit ist gering (< 1,5%) und die BFA ist frei von Fremdkörpern (> 1 mm).

Tabelle A2-1 Korngrößenverteilung von Braunkohlenfilterasche

Partikelgröße	Massenanteil
> 90 µm	19,9%
63-90 µm	35,5%
40-63 µm	23,6%
< 40 µm	21,5%