

Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben

Verfahrensunterlage

Titel: Radionuklidinventar des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben
Einlagerungszeitraum 1971 bis 1991

Autor: Kugel, K.

Erscheinungsjahr: 2006a

Unterlagen-Nr.: P 251

Revision: 00

Unterlagenteil:



INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
1 Einleitung	6
2 Klassifizierung radioaktiver Abfälle	7
3 Herkunft der radioaktiven Abfälle	8
3.1 KKW-Abfälle.....	8
3.2 Abfälle aus dem ZfK Rossendorf	8
3.3 APR-Abfälle.....	8
4 Überblick über die endgelagerten Abfallmengen.....	9
4.1 Jährlich endgelagerte Abfallmengen.....	9
4.2 Herkunft und anteilige Aufschlüsselung der endgelagerten Abfallmengen	11
4.3 Zuordnung zu den Einlagerungsbereichen	12
5 Endgelagerte Strahlenquellen	15
5.1 Einteilung von endzulagernden umschlossenen Strahlenquellen.....	15
5.2 Anzahl und Herkunft der endgelagerten umschlossenen Strahlenquellen	15
5.3 Aktivität der endgelagerten Strahlenquellen	16
6 Überblick über die endgelagerte Aktivität	19
6.1 Jährlich endgelagerte Aktivität	19
6.2 Aufschlüsselung der endgelagerten Aktivität auf die Abfallverursachergruppen	20
6.3 Zuordnung der endgelagerten Aktivität zu den Einlagerungshohlräumen	20
7 Radionuklidspezifisches Aktivitätsinventar der bis 1991 eingelagerten Abfälle	22
7.1 Radionuklidspezifisches Aktivitätsinventar im ERAM	23
7.2 Radionuklidspezifisches Aktivitätsinventar in den einzelnen Einlagerungsbereichen.....	28
8 Zusammenfassung	33
9 Quellenverzeichnis	34

Gesamtseitenzahl: 34

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Überblick über die jährlich eingelagerten Abfälle, unterteilt in feste Abfälle der Abfallart A1 und flüssige Abfälle der Abfallart A2.	10
Abb. 2: Prozentuale Aufteilung des Volumens der im ERAM bis 1991 endgelagerten flüssigen Abfälle	11
Abb. 3: Herkunft und anteilige Aufschlüsselung der endgelagerten Abfälle.	12
Abb. 4: Aufteilung der endgelagerten radioaktiven Abfälle auf die Einlagerungshohlräume.	13
Abb. 5: Im ERAM eingelagerte Mischabfälle bezogen auf die Verursacherguppen KKW und APR.	14
Abb. 6: Jährlich endgelagerte Aktivität.	19
Abb. 7: Prozentuale Aufteilung der endgelagerten Aktivität auf die Abfallverursacher unter Berücksichtigung der Sammelstelle Lohmen.	20
Abb. 8: Prozentuale Aufteilung der endgelagerten Aktivität der Alpha-Strahler auf die Einlagerungsbereiche.	21
Abb. 9: Prozentuale Aufteilung der endgelagerten Aktivität der Beta/Gamma-Strahler auf die Einlagerungsbereiche.	21
Abb. 10: Radionuklidspezifische Gesamtaktivitäten relevanter Alpha-Strahler	25
Abb. 11: Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Beta/Gamma-Strahler (Bezugsdatum: 01.07.1991)..	26
Abb. 12: Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Beta/Gamma-Strahler (Bezugsdatum: 30.06.2005)..	27

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Einteilung radioaktiver Abfälle nach Abfallarten.	7
Tab. 2: Einteilung radioaktiver Abfälle nach Strahlenschutzgruppen.	7
Tab. 3: Übersicht über die jährlich endgelagerten Abfallvolumina.	10
Tab. 4: Aufschlüsselung der endgelagerten Abfälle nach Abfallverursachern.	12
Tab. 5: Einlagerungshohlräume im ERAM und endgelagerte Abfallvolumina.	13
Tab. 6: Aufteilung der festen Abfälle der Abfallart A1 auf die Einlagerungshohlräume.	14
Tab. 7: Anzahl der jährlich endgelagerten Strahlenquellen.	16
Tab. 8: Übersicht über die Aktivitäten der im Abbau 1 des Südfeldes endgelagerten Strahlenquellen.	17
Tab. 9: Aufteilung der insgesamt endgelagerten Aktivitäten auf die Einlagerungshohlräume	20
Tab. 10: Radionuklidspezifische Aktivitäten der bis 1991 endgelagerten Abfälle zu verschiedenen Zeitpunkten (HWZ - Halbwertszeit)	24
Tab. 11: Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Radionuklide für die Einlagerungshohlräume (Bezugsdatum: 30.06.2005).	29
Tab. 12: Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Radionuklide für die Einlagerungsbereiche.	31
Tab. 13: Überblick über die im ERAM endgelagerten Volumina und Aktivitäten.	33

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

APR	Anwendung und Produktion von Radionukliden
EDR	Eindampfrückstände
EDR _{st}	Eindampfrückstände stabil (fest)
ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
ERAPROT	Programm zur computergestützten Protokollierung der vom ERAM übernommenen und endgelagerten radioaktiven Abfällen
HWZ	Halbwertszeit
KGR	Kernkraftwerk Greifswald
KKW	Kernkraftwerk
KKR	Kernkraftwerk Rheinsberg
SAAS	Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz der DDR
TGL	Technische Güte- und Lieferbedingungen
V	Volumen
Zfi	Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung
ZfK	Zentralinstitut für Kernforschung

1 EINLEITUNG

Am 7. Dezember 1971 begann im ehemaligen Salzbergwerk Bartensleben eine Vorabereinlagerung radioaktiver Abfälle. Grundlage waren die vorläufige Zustimmung zum Standort sowie die Strahlenschutzgenehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen, wonach die Einlagerung von konfektionierten (verpackten) radioaktiven Abfällen geringer spezifischer Aktivität in der Grube Bartensleben gestattet war.

Die Vorabereinlagerung von radioaktiven Abfällen in den Jahren 1971/72 in die Grube Bartensleben umfasste ausschließlich Abfälle, die aus dem Zwischenlager Lohmen (ehemalige Außenstelle des Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz - SAAS) geliefert wurden. In Lohmen wurden Abfälle aus Forschung, Medizin und Industrie aus der ehemaligen DDR bis zur Inbetriebnahme des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) gesammelt und z. T. bearbeitet.

Seit der Aufnahme des Einlagerungsbetriebes im ERAM im Jahr 1978 bis zu seiner Unterbrechung im Jahr 1991 durch einen gerichtlichen Bescheid wurden überwiegend radioaktive Abfälle aus den beiden KKW Greifswald und Rheinsberg, dem Zwischenlager in Lohmen sowie aus dem Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) Rossendorf eingelagert. Daneben wurden regelmäßig, wenn auch mit geringerem Volumen, radioaktive Abfälle aus dem Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung (Zfi) Berlin-Buch und dem Zfi Leipzig eingelagert. Von anderen Abfallverursachern wurden nur sehr geringe Mengen fester Abfälle oder umschlossener Strahlenquellen in das ERAM entsorgt.

Die Einlagerung in das ERAM erfolgte auf der Grundlage der in Fachbereichstandards (Technische Güte- und Lieferbedingungen - TGL; hier: TGL 190 921/01 bis 05) festgelegten Anforderungen. Die TGL basierten auf der Einteilung der radioaktiven Abfälle in vier Abfallarten und sechs Strahlenschutzgruppen, die in der „Anordnung über die Allgemeinen Leistungsbedingungen für die zentrale Erfassung und Endlagerung radioaktiver Abfälle vom 04. September 1981“ gesetzlich festgelegt war. In der Dauerbetriebsgenehmigung vom 22. April 1986 wurde die Einlagerung von drei Abfallarten (feste Abfälle - A1, flüssige Abfälle - A2 und umschlossene Strahlenquellen - A3) für bestimmte Strahlenschutzgruppen erlaubt. Feste Abfälle konnten in den Strahlenschutzgruppen S1 bis S5, flüssige Abfälle in den Strahlenschutzgruppen S1 und S2 und umschlossene Strahlenquellen in den Strahlenschutzgruppen S1 bis S4 endgelagert werden. Von der Endlagerung ausgeschlossen waren Abfälle der Abfallart A4 (Sonderabfälle), die in 10 Untergruppen A4.1 bis A4.10 eingeteilt wurden. Die Einlagerung dieser Abfälle konnte nur nach Überführung in eine einlagerbare Abfallart (hier: Abfallart A1 - feste Abfälle) erfolgen. Die Behandlungsvorschriften für die entsprechenden Sonderabfälle wurden in sog. Anwenderinformationen geregelt.

Die Abfalldaten der bis 1991 endgelagerten Abfälle wurden von den Abfallverursachern in Übergabe-/Übernahmeprotokollen dokumentiert. Diese enthielten Angaben zur Abfallart, Strahlenschutzgruppe, Verpackungsart, Anzahl der endzulagernden Abfallgebände, Volumen des Abfalls, Anzahl der Strahlenquellen und deren Abmessungen, Masse des Abfalls, Anzahl der im Abfall enthaltenen Radionuklide und deren Aktivität. Das ERAM übernahm diese Daten in die Dokumentation der eingelagerten Abfälle. Vom Erfassungsdienst des Endlagers (Abholdienst) erfolgte eine Plausibilitätsprüfung der Unterlagen anhand bereits vorliegender Abfalldaten. Gegenüber der Aufsichtsbehörde (Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz - SAAS) wurden die eingelagerten Abfallvolumina und die Gesamtaktivitäten für die verschiedenen Einlagerungsbereiche in Monats- und Jahresberichten dokumentiert.

Seit 1990 wurden die Abfalldaten vom ERAM im Datenbanksystem „ERAPROT“ rückwirkend bis 1971 aus den Übergabe-/Übernahmeprotokollen rechnergestützt erfasst und damit auch radionuklidspezifisch bilanziert. Das Programmsystem ERAPROT und das damit betriebene Datenbanksystem gestatten die Verfolgung der in diesem Zeitraum endgelagerten radioaktiven Abfälle unter Berücksichtigung der hauptsächlich endlagerrelevanten Abfallparameter. Diese rechnergestützte Erfassung beinhaltet die Angaben, die dem ERAM von den Abfallverursachern zu ihren Abfällen mitgeteilt wurden. [1]

Mit der vorliegenden Unterlage wird eine Beschreibung der im Zeitraum 1971 bis 1991 im ERAM eingelagerten radioaktiven Abfälle vorgenommen. Es sind sowohl Angaben zu den Abfallvolumina als auch zu den eingelagerten Aktivitäten einschließlich der radionuklidspezifischen Aktivitäten enthalten. Darüber hinaus werden die radioaktiven Abfälle der verschiedenen Verursachergruppen charakterisiert.

2 KLASSIFIZIERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Die Einteilung der radioaktiven Abfälle, die im ERAM eingelagert wurden, erfolgte nach ihrer stofflichen Beschaffenheit in Abfallarten (A) und in Bezug auf ihre radiologischen Eigenschaften in Strahlenschutzgruppen (S). Tab. 1 zeigt die Einteilung radioaktiver Abfälle in Abfallarten entsprechend der „Anordnung über die Allgemeinen Leistungsbedingungen für die zentrale Erfassung und Endlagerung vom 4. September 1981 [2]. Dabei war die Abfallart A4 von der Endlagerung ausgeschlossen. Sonderabfälle der Abfallart A4 konnten erst nach Überführung in die Abfallart A1 nach entsprechenden Behandlungsvorschriften eingelagert werden.

Tab. 1: Einteilung radioaktiver Abfälle nach Abfallarten.

Abfallart	Beschreibung
A 1	Feste Abfälle
A 2	Flüssige wässrige Abfälle
A 3	Umschlossene Strahlenquellen
A 4	Sonderabfälle
A 4.1	Feste faul- und gärfähige Abfälle
A 4.2	Flüssige wässrige Abfälle mit pH-Wert <5 und >9
A 4.3	Flüssige organische Abfälle
A 4.4	Gasförmige Abfälle und Abfälle, die unter Transport- bzw. Lagerungsbedingungen Gase entwickeln und / oder Radionuklide freisetzen
A 4.5	Abfälle mit bestimmten giftigen Stoffen
A 4.6	Abfälle mit chemisch stark reaktionsfähigen Stoffen
A 4.7	Feste sperrige Abfälle
A 4.8	Abfälle in offener Form, die α -Strahler $>0,4 \text{ GBq/m}^3$ enthalten
A 4.9	Neutronenquellen
A 4.10	Sonstige Abfälle, z. B. <ul style="list-style-type: none"> - Strahlenquellen, die nicht den Anforderungen an umschlossene Strahlenquellen entsprechen - Abfälle mit Stoffen, die unter Transport- bzw. Lagerungsbedingungen Flüssigkeiten absondern - Schlammartige Abfälle

In Tab. 2 ist die Einteilung radioaktiver Abfälle in Strahlenschutzgruppen [2] aufgezeigt. Danach werden radioaktive Abfälle in Bezug auf ihre radiologischen Eigenschaften nach Ortsdosisleistung (Abfallart A 1), Aktivitätskonzentration (Abfallart A 2) und Aktivität (Abfallart A 3) in 6 Strahlenschutzgruppen S 1 bis S 6 eingeteilt.

Tab. 2: Einteilung radioaktiver Abfälle nach Strahlenschutzgruppen.

Strahlenschutzgruppe	Feste Abfälle	Flüssige wässrige Abfälle	Umschlossene Strahlenquellen
	Abfallart A 1	Abfallart A 2	Abfallart A 3
	Ortsdosisleistung*) mSv/h	Aktivitätskonzentration GBq/m ³	Aktivität je Strahlenquelle GBq
S1	≤ 2	≤ 4	$\leq 0,2$
S2	$> 2 \dots 10$	$> 4 \dots 40$	$> 0,2 \dots 2$
S3	$> 10 \dots 100$	$> 40 \dots 400$	$> 2 \dots 20$
S4	$> 100 \dots 500$	$> 400 \dots 4000$	$> 20 \dots 200$
S5	$> 500 \dots 1000$	$> 4000 \dots 40000$	$> 200 \dots 10^6$
S6	> 1000	> 40000	$> 10^6$

*) Ortsdosisleistung in 0,1 m Abstand von der unabgeschirmten Oberfläche.

3 HERKUNFT DER RADIOAKTIVEN ABFÄLLE

Im Folgenden werden die radioaktiven Abfälle für verschiedene Verursachergruppen betrachtet, wobei im Wesentlichen drei Gruppen zu unterscheiden sind:

- Kernkraftwerke (Greifswald und Rheinsberg),
- Anwender von Radionukliden in Wissenschaft und Forschung, Medizin und Technik sowie Hersteller von Radionukliden (APR)
- das ZfK Rossendorf als Forschungseinrichtung und größter Hersteller von Radionukliden.

3.1 KKW-ABFÄLLE

Der größte Anteil der radioaktiven Abfälle, die bis 1991 im ERAM endgelagert wurden, stammt sowohl mengenmäßig als auch aktivitätsmäßig aus den beiden Kernkraftwerken Greifswald und Rheinsberg. Es handelte sich bei den Abfällen um solche, die während des Betriebes der KKW angefallen sind: z. B. Mischabfälle (kontaminierte Arbeitsmittel, Arbeitsschutzkleidung, Werkzeuge, Plastikfolien, Filterpapier, Putzwolle, Isoliermaterialien), Aerosolfilter, metallische Abfälle wie Armaturen, Rohrleitungen und Kabel, flüssige und verfestigte Verdampferkonzentrate (Eindampfdruckstände - EDR). Die festen Abfälle wurden verpresst oder unverpresst in Fässern verpackt. Daneben wurden z. B. Aerosolfilter als sperrige Abfälle entsorgt.

3.2 ABFÄLLE AUS DEM ZFK ROSSENDORF

Im Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) Rossendorf erfolgte vor allem die Produktion von Radionukliden im Zyklotron und ihre Bereitstellung für inländische Kunden sowie für den Export. Seit den 70' er Jahren bestimmten zunehmend radioaktive Arzneimittel für Diagnose und Therapie die Produktion. Die im ZfK Rossendorf entstandenen radioaktiven Abfälle wurden bezüglich Menge und Aktivität entscheidend von der Produktion der radioaktiven Präparate geprägt. Daneben fielen 1987/88 zahlreiche Abfälle aus der Rekonstruktion des Rossendorfer Forschungsreaktors an. An das ERAM wurden feste Abfälle wie Metalle, Filter, kontaminierte Laborabfälle, Harze und flüssige radioaktive Abfälle (z. B. Spülwässer aus der Isotopenproduktion) abgegeben. In geringerem Maße fielen Sonderabfälle (verfestigte Chromschwefelsäure, verfestigte Lösungsmittel, wässrige Tritiumlösungen und Altöl) an, die vor Abgabe an das ERAM entsprechend Behandlungsvorschrift in die Abfallart A1 überführt wurden. Die festen Abfälle waren z. T. verpresst in die Fässer eingebracht oder wurden als sperrige Abfälle (Abfälle aus der Rekonstruktion) entsorgt.

3.3 APR-ABFÄLLE

Bei dieser Verursachergruppe muss unterschieden werden zwischen den Ablieferern, die ab 1981 direkt an das ERAM und denen, die vor 1981 an die Außenstelle des SAAS in Lohmen abgeliefert haben. Durch die „Sammelstelle“ in Lohmen wurden bis 1980 radioaktive Abfälle von ca. 120 Institutionen erfasst (eingesammelt); ca. 75% des Volumens dieser Abfälle stammten aus dem ZfK Rossendorf. Radioaktive Abfälle aus dem Bereich der Radionuklidanwendung erfasste das ERAM ab 1981 von ca. 1000 Anwendern, darunter nuklearmedizinische Einrichtungen. Haupteinsatzgebiete der radioaktiven Stoffe waren zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, die Kontrolle, Signalisierung, Automatisierung und Steuerung von technologischen Prozessen (z. B. Füllstandsmessungen), Sterilisation von Materialien, Radiochemie, Diagnostik und Therapie in der Medizin sowie in der Forschung wissenschaftliche und technologische Untersuchungen zur Erforschung von Mechanismen physikalisch - chemischer Vorgänge (Einsatz markierter Verbindungen). Die radioaktiven Abfälle, die in diesem Bereich entstanden und in das ERAM verbracht wurden, waren hauptsächlich feste Abfälle und Strahlenquellen. Die festen Abfälle entstanden oft in sehr geringen Mengen, die nach speziellen Behandlungsvorschriften bearbeitet wurden und dann in einem „Sammelfass“ vom Erfassungsdienst des ERAM eingesammelt wurden.

4 ÜBERBLICK ÜBER DIE ENDGELAGERTEN ABFALLMENGEN

Im Zeitraum von 1971 bis zum Februar 1991 wurden im ERAM insgesamt 14432 m³ radioaktive Abfälle endgelagert. Diese lassen sich in

- 6174 m³ feste radioaktive Abfälle der Abfallart A1,
- 8258 m³ flüssige Abfälle der Abfallart A2 und
- 6223 Stück umschlossene Strahlenquellen der Abfallart A3, deren Volumen gering ist, unterteilen.

Feste Abfälle der Strahlenschutzgruppen S1 und S2 (niedrigaktive Abfälle) wurden in Fässern oder in zugelassenen Sonderverpackungen in Einlagerungshohlräumen auf der 4. Sohle bis zu vier Schichten übereinander gestapelt. Feste Abfälle der Strahlenschutzgruppen S1 bis S5 (niedrig- und mittelaktive Abfälle) wurden aus wiederverwendbaren Behältern (Fasscontainer, Primärcontainer) entweder in Fässern verpackt oder unverpackt im Südfeld von der 4. Sohle aus in darunter liegende Hohlräume der 5a-Sohle verstürzt. Umschlossene Strahlenquellen (Abfallart A3) wurden aus wiederverwendbaren Strahlenschutzbehältern von einer separaten Versturzsleuse in den Abbau 1 der 5a-Sohle verstürzt. Flüssige Abfälle der Strahlenschutzgruppen S1 und S2 wurden ebenfalls im Südfeld von der 4. Sohle aus eingebracht und dort in-situ mit Braunkohlenfilterasche verfestigt.

4.1 JÄHRLICH ENDGELAGERTE ABFALLMENGEN

In den Jahren 1971/72 erfolgte eine Vorabgelagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Zwischenlager in Lohmen. Es wurden insgesamt 2500 Stück 200-l-Fässer und 40 m³ Filter als feste Abfälle endgelagert. 1974/75 wurden insgesamt nur 61 m³ feste Abfälle aus dem KKW Rheinsberg eingelagert. Seit 1978 wurden regelmäßig radioaktive Abfälle aus dem KKW Greifswald und seit 1982 aus dem KKW Rheinsberg eingelagert. Seit 1981 wurden radioaktive Abfälle aus dem ehemaligen ZfK Rossendorf angeliefert und endgelagert.

Die im Zeitraum von 1971 bis 1991 jährlich endgelagerten Abfallmengen werden in Tab. 3 und in Abb. 1 dargestellt. Der oben beschriebene Verlauf der Einlagerung spiegelt sich in Abb. 1 wider. Die großen Abfallmengen im Zeitraum von 1979 bis 1985 sind mit der Einlagerung großer Mengen flüssiger Abfälle zu erklären. Der Anteil der flüssigen Abfälle am Gesamtaufkommen wird ebenfalls aus Abb. 1 ersichtlich. Durch die Einführung der Rotationsdünnschichtverdampfung im KKW Greifswald ging der Anteil der flüssigen Abfälle und damit das Gesamtvolumen ab 1986 deutlich zurück.

Tab. 3: Übersicht über die jährlich endgelagerten Abfallvolumina.

Jahr	Jährlich endgelagertes Abfallvolumen in m ³
1971	235,0
1972	305,0
1974	21,0
1975	40,0
1978	522,1
1979	1525,1
1980	1752,3
1981	1559,1
1982	665,3
1983	1484,4
1984	1357,4
1985	1225,0
1986	638,8
1987	732,7
1988	691,6
1989	841,0
1990	799,1
1991	37,2
Summe:	14432,1

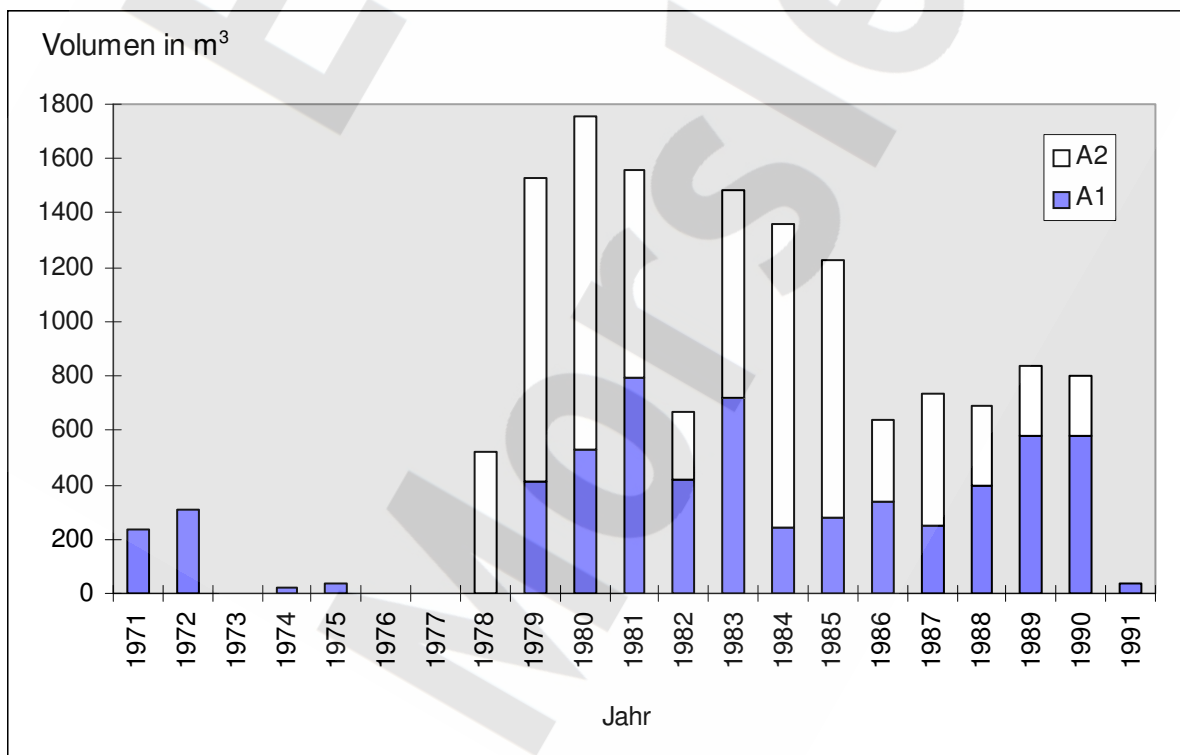


Abb. 1: Überblick über die jährlich eingelagerten Abfälle, unterteilt in feste Abfälle der Abfallart A1 und flüssige Abfälle der Abfallart A2.

Aus dieser graphischen Darstellung ist unmittelbar zu erkennen, dass die flüssigen Eindampfrückstände aus den Kernkraftwerken mit einem Volumen von 7597 m³ ca. 50% des bis 1991 insgesamt eingelagerten Volumens einnehmen. Nach der Inbetriebnahme der Rotationsdünnschichtverdampferanlage im KKW Greifswald erfolgte seit 1988 die Einlagerung von festen Verdampferkonzentraten. Dadurch ging die Einlagerung von flüssigen Abfällen zurück. Nach 1990 wurde von der in-situ-Verfestigung flüssiger radioaktiver Abfälle kein Gebrauch mehr gemacht.

Flüssige Abfälle wurden darüber hinaus auch aus dem Bereich der Anwendung und Produktion von Radionukliden (APR), insbesondere aus dem ehemaligen ZfK Rossendorf, dem SAAS Lohmen und dem ZfI Berlin-Buch, als flüssige wässrige Abfälle angenommen und eingelagert. Das Volumen dieser flüssigen wässrigen Abfälle ist mit ca. 8% des Gesamtvolumens an flüssigen Abfällen jedoch vernachlässigbar gering. Das Volumen der aus dem KKW Rheinsberg eingelagerten flüssigen Eindampfrückstände beträgt nur ca. 7% von dem aller flüssigen Abfälle. Somit stammte der Hauptanteil der flüssigen Abfälle aus dem KKW Greifswald, wo sie als Eindampfrückstände aus den Wasseraufbereitungsanlagen angefallen sind. Diese Verteilung spiegelt sich in Abb. 2 wider.

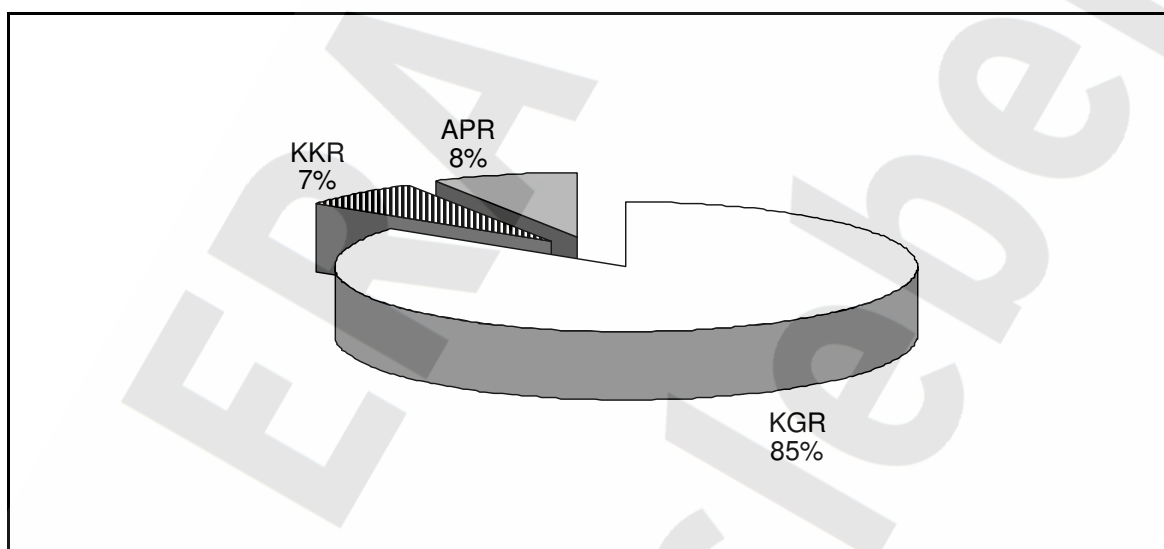


Abb. 2: Prozentuale Aufteilung des Volumens der im ERAM bis 1991 endgelagerten flüssigen Abfälle (KGR - KKW Greifswald, KKR - KKW Rheinsberg, APR - Anwendung und Produktion von Radionukliden).

4.2 HERKUNFT UND ANTEILIGE AUFSCHLÜSSELUNG DER ENDGELAGERTEN ABFALLMENGEN

Die wichtigsten Abfallverursacher radioaktiver Abfälle bis 1991 waren die Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg, die Sammelstelle Lohmen sowie das ZfK Rossendorf. Nach der Auflösung der Außenstelle des SAAS in Lohmen und damit auch der Sammelstelle wurden die Abfälle von den Kleinanwendern über den Erfassungsdienst des ERAM an das Endlager abgegeben. Unter der Erfassung ist hierbei die Übergabe radioaktiver Abfälle durch die Abfallverursacher und die Übernahme durch das Endlager einschließlich des Transportes vom Entstehungsort zum Endlagerort zu verstehen.

Die insgesamt endgelagerte Abfallmenge teilt sich auf die Hauptverursacher wie folgt auf:

Tab. 4: Aufschlüsselung der endgelagerten Abfälle nach Abfallverursachern.

Verursacher	Abfallmenge in m ³
KKW	10492,2
APR	2762,0
- davon Lohmen	2366,7
- andere Kleinanwender	395,3
ZfK	1177,9
Summe:	14432,1

Die prozentuale Aufschlüsselung aller eingelagerten Abfälle wird in Abb. 3 dargestellt. In der Gruppe der APR sind sowohl die radioaktiven Abfälle aus der Sammelstelle in Lohmen als auch die aus dem ZfK Rossendorf und von den Kleinanwendern enthalten. Das ZfK Rossendorf hat bis 1981 seine radioaktiven Abfälle an die Sammelstelle in Lohmen abgegeben und ab Mitte 1981 direkt an das ERAM. Aus Abb. 3 wird deutlich, dass der Hauptanteil des bis 1991 endgelagerten Abfallvolumens (feste und flüssige Abfälle) aus den KKW stammte. Dieser Anteil betrug ca. 73%.

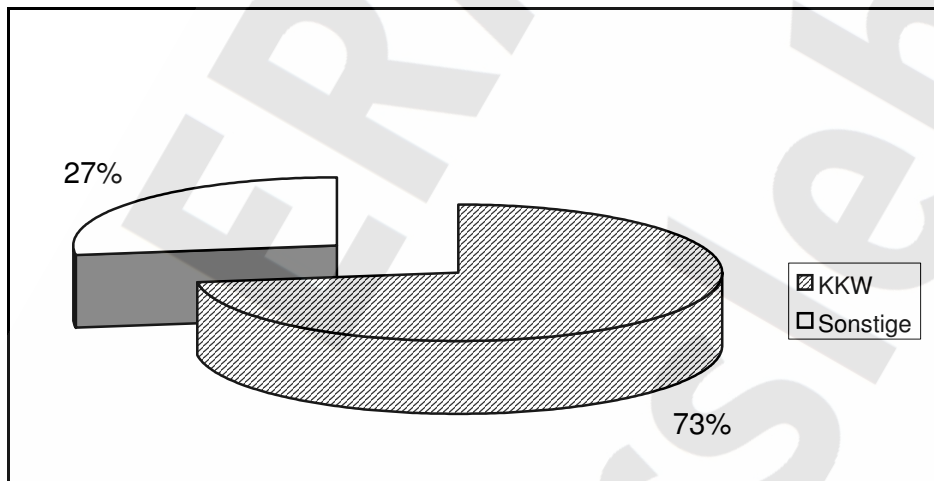


Abb. 3: Herkunft und anteilige Aufschlüsselung der endgelagerten Abfälle.

4.3 ZUORDNUNG ZU DEN EINLAGERUNGSBEREICHEN

Die Einlagerung niedrigaktiver fester Abfälle der Strahlenschutzgruppen S1 und S2 in Fässern und als sperriger Abfall erfolgte durch Stapelung im Nordfeld und im Westfeld. Niedrig- und mittelaktive Abfälle der Strahlenschutzgruppen S1 bis S5 wurden durch Versturz in die Abbau 1 und 2 des Südfeldes endgelagert. Flüssige Abfälle wurden im Abbau 3 und nach dessen vollständiger Befüllung im Abbau 2 des Südfeldes in situ mit Braunkohlenfilterasche (BFA) verfestigt. Zu Beginn der Verfestigung flüssiger Abfälle im Abbau 3 sind ca. 1400 m³ kontaminierte Lösungen auf die 7. Sohle abgeflossen. Durch Eintrocknung hat sich dieses Volumen auf ca. 300 m³ reduziert. Die Aktivität der abgeflossenen Abfälle ist in der Aktivitätsbilanz der Abfälle im Abbau 3 enthalten.

Umschlossene Strahlenquellen wurden in den Abbau 1 des Südfeldes über eine spezielle Versturzsleuse verstürzt. In das Westgesenk des Westfeldes wurden 1974/75 61 m³ feste Abfälle aus dem KKW Rheinsberg eingelagert. Im Zentralteil auf der 4a-Sohle wurden Aerosolfilter und sperrige Abfälle sowie vier Strah-

lenquellen einschließlich Blei-Container und einem Strahlerkopf verkippt. In der Durchsumpfungsrube der Nordstrecke des Zentralteils wurden 1984 versuchsweise 24 m³ flüssige Abfälle mit BFA verfestigt.

Tab. 5: Einlagerungshohlräume im ERAM und endgelagerte Abfallvolumina.

Feld	Sohle	Einlagerungshohlraum	Eingelagertes Volumen in m ³
Nordfeld	4	Nordstrecke (Ende) und nordöstlicher Querschlag	1701
Zentralteil	4a	Abbaue 1a südlich und 1a nördlich	133
	4	Durchsumpfungsrube (Nordstrecke)	24
Südfeld	5a	Abbau 1	763
	5a	Abbau 2	711
	5a	Abbau 3	7608
Westfeld	4	Nördliche Richtstrecke, Abbaue 4 und 5 (Westfeld 1)	3431
	4	Westgesenk	61

Die Aufteilung aller endgelagerten Abfälle (Volumen) auf die entsprechenden Einlagerungshohlräume ist in Abb. 4 dargestellt. Hierin widerspiegeln sich die bereits in Abb. 1 aufgezeigten Verhältnisse von festen und flüssigen Abfällen. Ca. 50% des insgesamt endgelagerten Abfallvolumens sind flüssige Abfälle, die überwiegend im Abbau 3 des Südfeldes eingelagert wurden.

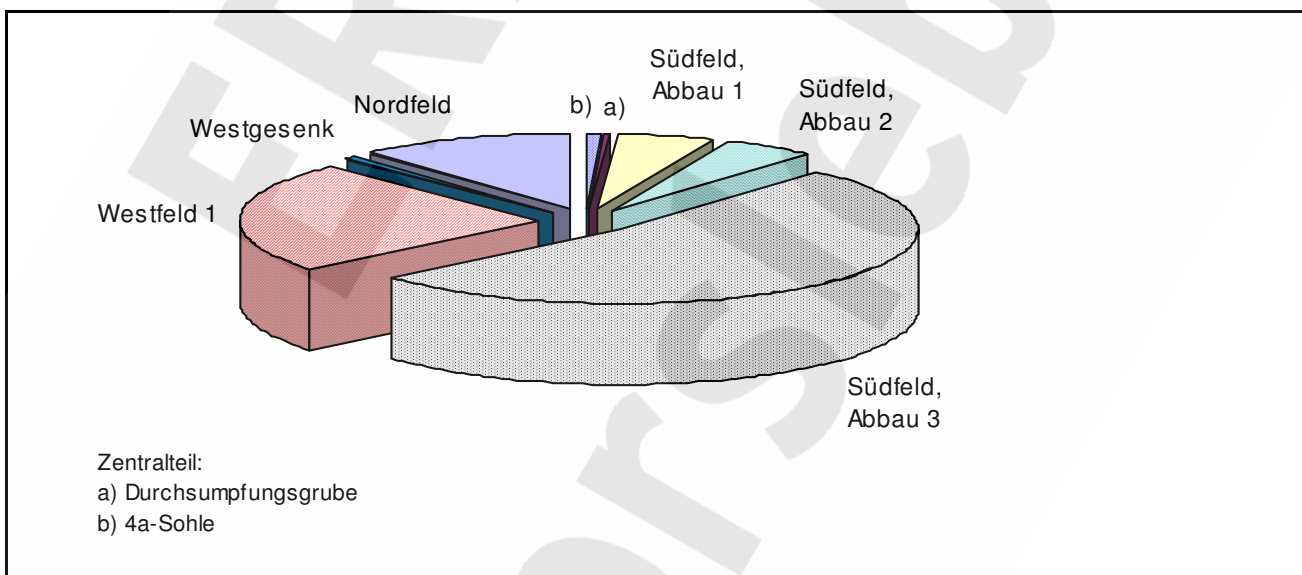


Abb. 4: Aufteilung der endgelagerten radioaktiven Abfälle auf die Einlagerungshohlräume.

Neben den eingelagerten flüssigen Verdampferkonzentraten stellen die festen Abfälle, die überwiegend im Nordfeld und im Südfeld eingelagert wurden, einen großen Anteil dar. Die festen Abfälle der Abfallart A1 können unterteilt werden in Mischabfälle, die aus den KKW und von den Kleinanwendern bzw. dem ZfK Rossendorf angeliefert wurden und feste Eindampfrückstände (Verdampferkonzentrate - EDR_{st}), die aus dem KKW Greifswald stammen. Niedrigaktive Mischabfälle aus dem Bereich der KKW Greifswald und Rheinsberg wurden im Zeitraum 1979 bis 1991 in den Einlagerungshohlräumen Westfeld 1, Nordfeld und in geringem Maße in der 4a-Sohle des Zentralteils eingelagert. Darüber hinaus wurden 1974/75 61 m³ niedrigaktive Abfälle aus dem KKW Rheinsberg im Westgesenk eingelagert. Insgesamt wurden ca. 2382 m³ feste niedrigaktive Mischabfälle aus dem KKW-Bereich eingelagert. In diesem Abfallvolumen sind sowohl feste Abfälle in Fässern als auch sperrige Abfälle und Filter enthalten. Daneben wurden 127 m³ mittelaktive Mischabfälle in die Abbaue 1 und 2 des Südfeldes verstürzt. Weiterhin wurden 448 m³ feste Eindampfrückstände (EDR_{st}) in die Abbaue 1 und 2 des Südfeldes verstürzt.

Aus dem APR-Bereich wurden 3218 m³ feste Abfälle endgelagert, wovon 2944 m³ als niedrigaktive Abfälle gestapelt und 274 m³ als niedrig- und mittelaktive Abfälle verürzt wurden. In den Volumina der Mischabfälle sind ebenfalls Filter und sperrige Abfälle enthalten.

In Tab. 6 ist die Aufteilung der eingelagerten Abfallmengen auf die einzelnen Einlagerungshohlräume und Verursachergruppen dargestellt; in Abb. 5 der Anteil der niedrig- und mittelaktiven Mischabfälle aus dem KKW-Bereich gegenüber den Mischabfällen aus dem APR-Bereich einschließlich dem ZfK Rossendorf in den einzelnen Einlagerungshohlräumen.

Tab. 6: Aufteilung der festen Abfälle der Abfallart A1 auf die Einlagerungshohlräume.

Einlagerungshohlraum	KKW-Abfälle		APR-Abfälle
	Mischabfälle in m ³	EDR _{st} in m ³	Mischabfälle in m ³
Südfeld, Abbau 1	121	369	274
Südfeld, Abbau 2	6	79	0
Nordfeld	347	0	1354
Zentralteil, 4a-Sohle	79	0	54
Westfeld 1	1895	0	1536
Westgesenk	61	0	0

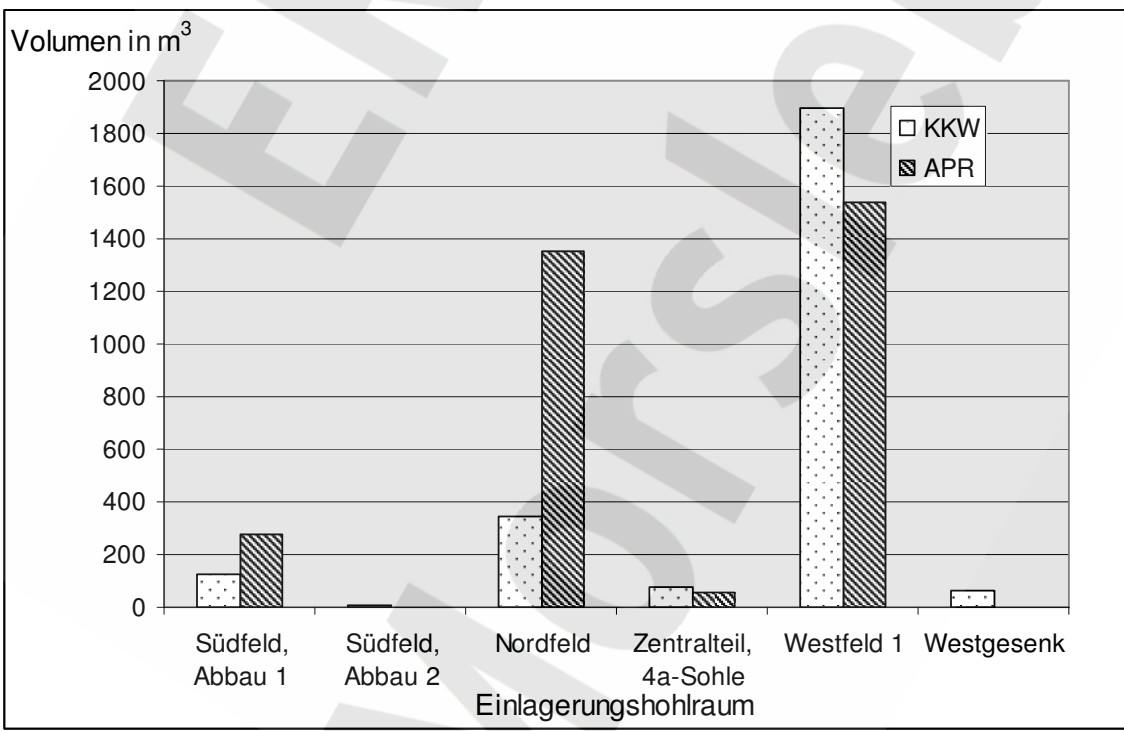


Abb. 5: Im ERAM eingelagerte Mischabfälle bezogen auf die Verursachergruppen KKW und APR.

5 ENDGELAGERTE STRAHLENQUELLEN

5.1 EINTEILUNG VON ENDZULAGERNDEN UMSCHLOSSENEN STRAHLENQUELLEN

Aufgrund ihrer Beschaffenheit wurden Strahlenquellen, die im ERAM endgelagert wurden, verschiedenen Abfallarten zugeordnet. Die Zuordnung zu den einzelnen Abfallarten erfolgte gemäß „Anordnung über die Allgemeinen Leistungsbedingungen für die zentrale Erfassung und Endlagerung radioaktiver Abfälle“ vom 4. September 1981 [2], die der Dauerbetriebsgenehmigung vom 22.04.1986 zugrunde lag (s. Tab. 1).

Zur Abfallart A 4.10 wurden sie zugeordnet, wenn es sich um

- undichte Strahlenquellen,
- kontaminierte Strahlenquellen,
- mechanisch instabile Strahlenquellen,
- Strahlenquellen mit gasförmigem Inhalt,
- Strahlenquellen mit größeren Abmessungen als die Innenabmessungen des Strahlenschutzbehälters oder
- um fest in Geräte eingebaute Strahlenquellen

handelte. Diese Abfallart wurde in die Abfallart A1 (Feste Abfälle) überführt und im ERAM als niedrigaktive Abfälle gestapelt.

Zur Abfallart A 4.9 gehören Neutronenquellen. Diese waren von der Endlagerung im ERAM ausgeschlossen.

Strahlenquellen, die als Abfallart A3 endgelagert wurden, waren als umschlossene Strahlenquellen definiert. Darunter versteht man radioaktive Stoffe, die ständig von einer allseitig dichten, festen inaktiven Hülle umschlossen sind, die unter üblichen Transport- und Handhabungsbedingungen erhalten bleibt. In den o. a. „Allgemeinen Leistungsbedingungen ...“ wurde eine Einteilung der Strahlenquellen der Abfallart A3 in Strahlenschutzgruppen vorgenommen (s. Tab. 2). Die Endlagerung dieser Strahlenquellen erfolgte durch Versturz aus wiederverwendbaren Strahlenschutzbehältern in den Abbau 1 des Südfeldes.

5.2 ANZAHL UND HERKUNFT DER ENDGELAGERTEN UMSCHLOSSENEN STRAHLENQUELLEN

Da die umschlossenen Strahlenquellen ein sehr geringes Volumen im Vergleich zu den festen und flüssigen Abfällen haben, kann ihr Volumen vernachlässigt werden. (Das Volumen einer einzelnen Strahlenquelle beträgt einige wenige cm^3). Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher nur auf die Aktivitäten und die Anzahl der endgelagerten Strahlenquellen.

Die Einlagerung umschlossener Strahlenquellen begann im Jahr 1981. Im Zeitraum von 1981 bis 1991 wurden im ERAM im Abbau 1 des Südfeldes insgesamt 6223 Stück umschlossene Strahlenquellen verstürzt. Diese Strahlenquellen stammten zu 99% von Kleinanwendern (APR) und zu 1% aus den KKW. In Tab. 7 ist die jährliche Endlagerung von Strahlenquellen der Abfallart A3 dargestellt.

Tab. 7: Anzahl der jährlich endgelagerten Strahlenquellen.

Jahr	Anzahl der endgelagerten Strahlenquellen (A3)
1981	308
1982	809
1983	172
1984	407
1985	184
1986	135
1987	255
1988	2654
1989	698
1990	601
1991	0
Summe:	6.223

5.3 AKTIVITÄT DER ENDGELAGERTEN STRAHLENQUELLEN

Die Gesamtaktivität der im Abbau 1 endgelagerten umschlossenen Strahlenquellen betrug am 30.06.2005 unter Berücksichtigung des Abklingens ca. $2,7 \cdot 10^{12}$ Bq.

Die wichtigsten Radionuklide dieser Strahlenquellen sind:

Co-60, Cs-137, Sr-90, Eu-152, Ra-228, Kr-85, Ag-110m, Pm-147, Ir-192 sowie die Alpha-Strahler Am-241 und Th-228.

In den Abbau 1 des Südfeldes wurden Strahlenquellen mit folgenden radionuklidspezifischen Aktivitäten verstürzt:

Tab. 8: Übersicht über die Aktivitäten der im Abbau 1 des Südfeldes endgelagerten Strahlenquellen.
(FG - Freigrenze; *) - Zeitpunkt der Einlagerung, **) – 30.06.2005)

Einlagerungsjahr	Radionuklid	Aktivität *) in Bq	Aktivität**) in Bq
1981	Co-60	$3,6 \cdot 10^{10}$	$1,5 \cdot 10^9$
	Cs-137	$2,8 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{11}$
	Ir-192	$4,7 \cdot 10^9$	< FG
	Tm-170	$1,0 \cdot 10^5$	< FG
	Ag-110m	$3,4 \cdot 10^9$	< FG
	Eu-152	$1,2 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^7$
	Sr-90	$1,0 \cdot 10^7$	$5,6 \cdot 10^6$
1982	Co-60	$1,6 \cdot 10^{11}$	$7,8 \cdot 10^9$
	Th-228	$4,0 \cdot 10^7$	$9,6 \cdot 10^3$
	Ru-106	$5,3 \cdot 10^8$	< FG
	Cs-137	$9,6 \cdot 10^{10}$	$5,7 \cdot 10^{10}$
	Sr-90	$4,0 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^7$
1983	Co-60	$9,4 \cdot 10^{10}$	$5,2 \cdot 10^9$
	Sr-90	$1,8 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^9$
	Cs-137	$4,2 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$
1984	Co-60	$2,0 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^{10}$
	Pm-147	$3,0 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^7$
	Kr-85	$3,1 \cdot 10^9$	$8,0 \cdot 10^8$
	Cs-137	$8,9 \cdot 10^{10}$	$5,5 \cdot 10^{10}$
	Gd-153	$4,0 \cdot 10^9$	< FG
	Sn-119m	$5,0 \cdot 10^8$	< FG
	Am-241	$1,0 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^5$
1985	Cs-137	$2,2 \cdot 10^{11}$	$1,4 \cdot 10^{11}$
	Co-60	$1,6 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^{10}$
	Ra-228	$7,4 \cdot 10^9$	$6,6 \cdot 10^8$
	Am-241	$2,2 \cdot 10^{10}$	$2,1 \cdot 10^{10}$
1986	Cs-137	$2,4 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{11}$
	Co-60	$1,4 \cdot 10^{11}$	$1,1 \cdot 10^{10}$
1987	Cs-137	$4,0 \cdot 10^{11}$	$2,6 \cdot 10^{11}$
	Co-60	$6,8 \cdot 10^{10}$	$6,4 \cdot 10^9$
	Ir-192	$6,7 \cdot 10^7$	< FG
	Ag-110m	$1,5 \cdot 10^{10}$	$1,8 \cdot 10^2$
1988	Cs-137	$5,9 \cdot 10^{11}$	$4,0 \cdot 10^{11}$
	Co-60	$2,0 \cdot 10^{11}$	$2,1 \cdot 10^{10}$
	Ir-192	$4,7 \cdot 10^{10}$	< FG
	Sr-90	$1,8 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$
	Ag-110m	$1,5 \cdot 10^{10}$	$4,9 \cdot 10^2$
1989	Co-60	$2,5 \cdot 10^{11}$	$3,1 \cdot 10^{10}$
	Cs-137	$6,5 \cdot 10^{11}$	$4,5 \cdot 10^{11}$
	Ir-192	$1,0 \cdot 10^9$	< FG
	Am-241	$6,2 \cdot 10^{10}$	$6,0 \cdot 10^{10}$
1990	Cs-137	$1,1 \cdot 10^{12}$	$7,8 \cdot 10^{11}$
	Co-60	$1,1 \cdot 10^{11}$	$1,5 \cdot 10^{10}$
	Eu-152	$3,7 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^9$
	Tm-170	$3,0 \cdot 10^6$	< FG
1991	keine A3		

In Tab. 8 werden sowohl die Aktivitäten der Strahlenquellen zum Zeitpunkt ihrer Einlagerung (bzw. die Aktivitätsangaben lt. Übergabe-/Übernahmeprotokoll) als auch zum Zeitpunkt 30.06.2005 angegeben, die unter Berücksichtigung des Abklingens der Radionuklide berechnet wurden. Damit ergibt sich für die in Abbau 1 des Südfeldes eingelagerten Strahlenquellen eine Summenaktivität von ca. $2,7 \cdot 10^{12}$ Bq im Jahr 2005.

Daneben wurden 1989 auf der Grundlage einer Ausnahmegenehmigung des SAAS 4 Stück Co-60-Strahlenquellen, drei in Blei-Containern und eine in einem Strahlerkopf, in die 4a-Sohle des ERAM eingelagert. Zum Zeitpunkt der Einlagerung wiesen sie eine Gesamtaktivität von ca. $2,4 \cdot 10^{13}$ Bq auf. Die Gesamtaktivität dieser Strahlenquellen betrug am 30.06.2005 ca. $3,0 \cdot 10^{12}$ Bq.

ERA
Morsleben

6 ÜBERBLICK ÜBER DIE ENDGELAGERTE AKTIVITÄT

Die Gesamtaktivität der im Zeitraum von 1971 bis 1991 endgelagerten radioaktiven Abfälle bezogen auf das Jahr 1991 beträgt ca. $1,8 \cdot 10^{14}$ Bq, wovon ca. $2,9 \cdot 10^{11}$ Bq auf die Aktivität der Alpha-Strahler entfallen. Die Gesamtaktivität der endgelagerten festen Abfälle betrug im Juli 1991 ca. $1,3 \cdot 10^{14}$ Bq (ca. 70%), die der endgelagerten flüssigen Abfälle ca. $3,3 \cdot 10^{13}$ Bq (ca. 18%) und die der Strahlenquellen ca. $2,3 \cdot 10^{13}$ Bq (ca. 12%). Bis zum Jahr 2005 war die endgelagerte Aktivität auf ca. $7,0 \cdot 10^{13}$ Bq abgeklungen.

Wesentliche Beiträge zu der bis 1991 eingelagerten Aktivität lieferten folgende Radionuklide:

Alpha-Strahler:	Am-241	$1,5 \cdot 10^{11}$ Bq
	Pu-239	$6,2 \cdot 10^{10}$ Bq
	Pu-240	$5,8 \cdot 10^{10}$ Bq
	Ra-226	$2,3 \cdot 10^{10}$ Bq
Beta/Gamma-Strahler:	Cs-137	$6,4 \cdot 10^{13}$ Bq
	Co-60	$6,4 \cdot 10^{13}$ Bq
	H-3	$5,2 \cdot 10^{12}$ Bq
	Sr-90	$4,6 \cdot 10^{12}$ Bq
	C-14	$3,0 \cdot 10^{12}$ Bq

(Die hier angegebene Aktivität bezieht sich auf den 01.07.1991.)

6.1 JÄHRLICH ENDGELAGERTE AKTIVITÄT

In Abb. 6 wird die jährlich endgelagerte Aktivität dargestellt. In den Jahren 1971/72 und 1974/75 erfolgten probeweise Einlagerungen. Aus der Abbildung wird deutlich, dass ab 1978 die Einlagerung bzgl. der Aktivität relativ gleichmäßig erfolgte. Im Durchschnitt wurden jährlich radioaktive Abfälle mit etwa 10^{13} Bq endgelagert. (Betrachtet wird hier die in den Übergabe-/ Übernahmeprotokollen angegebene Aktivität.)

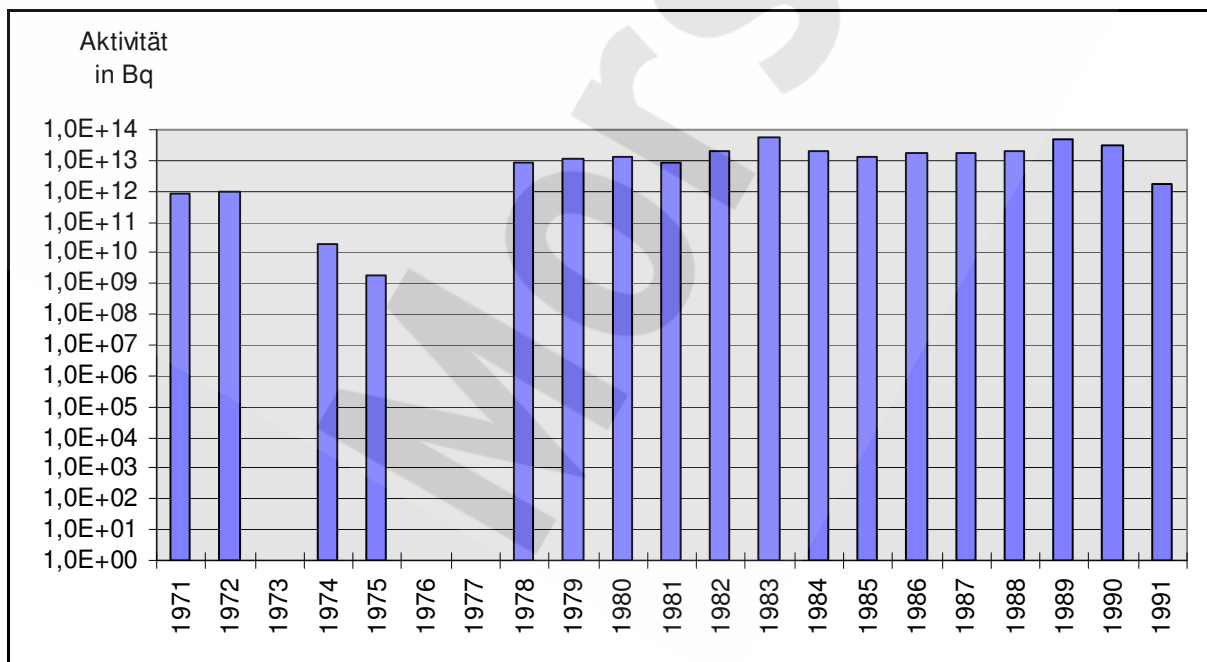


Abb. 6: Jährlich endgelagerte Aktivität.

6.2 AUFSCHLÜSSELUNG DER ENDGELAGERTEN AKTIVITÄT AUF DIE ABFALLVERURSACHERGRUPPEN

In Abb. 7 ist die Aufteilung der endgelagerten Aktivität auf die Abfallverursacher unter Berücksichtigung der Sammelstelle in Lohmen dargestellt. Die von der Sammelstelle in Lohmen angelieferte Aktivität betrug ca. $6,4 \cdot 10^{13}$ Bq bezogen auf den Zeitpunkt der Einlagerung und machte somit ca. 22 % der insgesamt endgelagerten Aktivität aus. Der größte Anteil der endgelagerten Aktivität mit ca. 53% ist auf die Abfälle aus den KKW zurückzuführen.

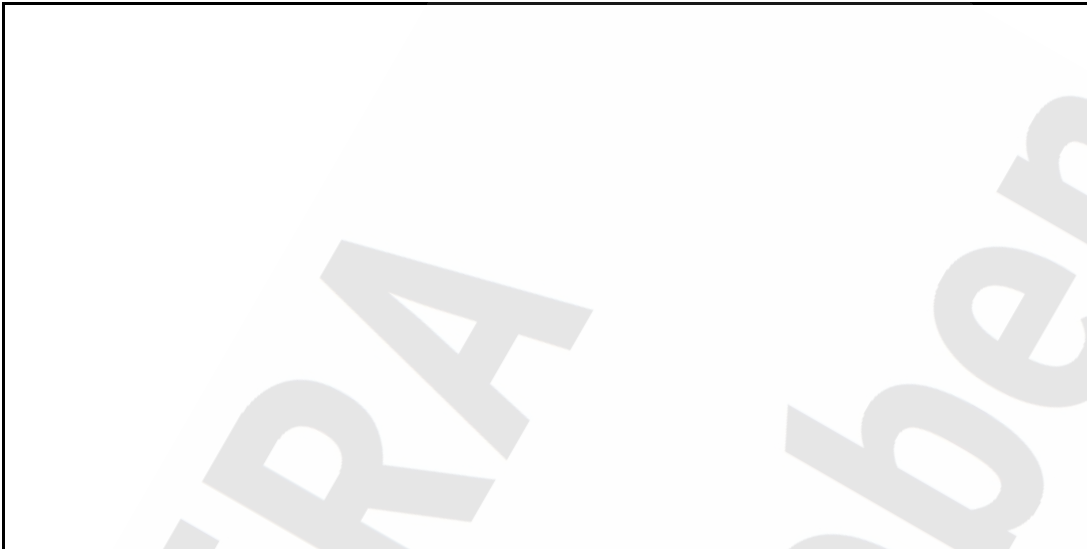


Abb. 7: Prozentuale Aufteilung der endgelagerten Aktivität auf die Abfallverursacher unter Berücksichtigung der Sammelstelle Lohmen.

6.3 ZUORDNUNG DER ENDGELAGERTEN AKTIVITÄT ZU DEN EINLAGERUNGSHOHLRÄUMEN

Im Einlagerungszeitraum von 1971 bis 1991 wurden radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von ca. $1,8 \cdot 10^{14}$ Bq (bezogen auf das Jahr 1991) im Endlager Morsleben entsorgt. Für die Endlagerung dieser Abfälle standen Einlagerungshohlräume im Nordfeld, Westfeld, Südfeld und im Zentralteil auf der 4a-, der 4. und der 5a-Sohle des ERAM zur Verfügung (s. Tab. 5). Auf die verschiedenen Einlagerungshohlräume teilen sich die im o. a. Einlagerungszeitraum im ERAM entsorgten Aktivitäten wie folgt auf:

Tab. 9: Aufteilung der insgesamt endgelagerten Aktivitäten auf die Einlagerungshohlräume (Bezugsdatum der Aktivität: 01.07.1991)

	Beta/Gamma-Aktivität in Bq	Alpha-Aktivität in Bq
Südfeld, gesamt	$1,4 \cdot 10^{14}$	$9,6 \cdot 10^{10}$
Südfeld, Abbau 1	$9,2 \cdot 10^{13}$	$9,6 \cdot 10^{10}$
Südfeld, Abbau 2	$1,1 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^8$
Südfeld, Abbau 3	$3,2 \cdot 10^{13}$	$2,0 \cdot 10^8$
Nordfeld	$3,9 \cdot 10^{12}$	$1,0 \cdot 10^8$
Westfeld, gesamt	$2,1 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^{11}$
Westfeld 1	$2,1 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^{11}$
Westgesenk	$8,4 \cdot 10^9$	$2,7 \cdot 10^7$
Zentralteil, gesamt	$1,9 \cdot 10^{13}$	$2,3 \cdot 10^7$
4a-Sohle	$1,9 \cdot 10^{13}$	$2,3 \cdot 10^7$
Duchsumpfungsgrube	$1,3 \cdot 10^{11}$	$4,4 \cdot 10^5$

Graphisch dargestellt spiegelt sich die Zuordnung der Gesamtaktivität der Alpha-Strahler zu den Einlagerungshohlräumen in Abb. 8 und die der Beta/Gamma-Strahler in Abb. 9 wider.

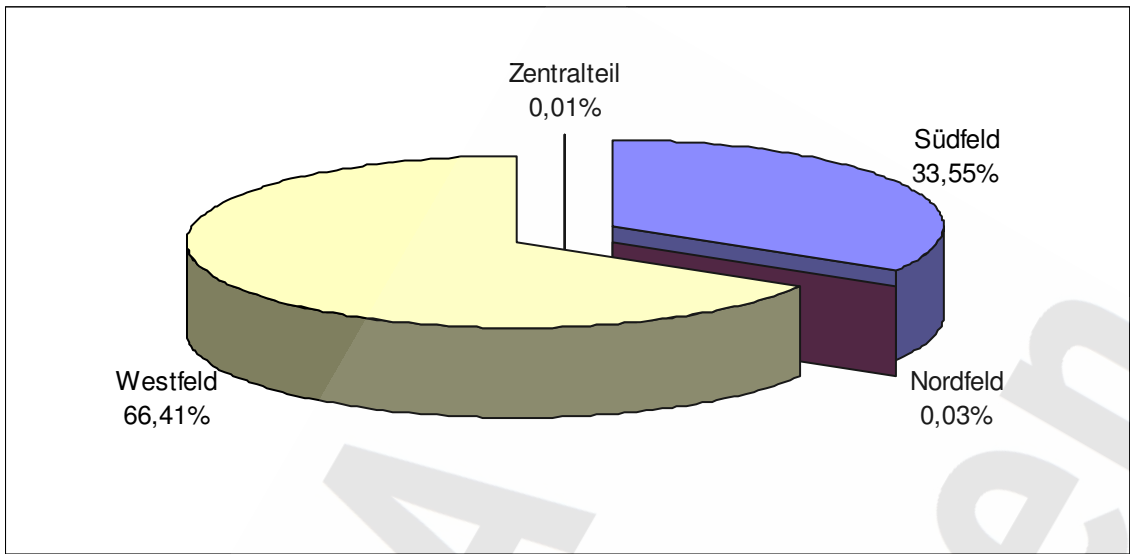


Abb. 8: Prozentuale Aufteilung der endgelagerten Aktivität der Alpha-Strahler auf die Einlagerungsbereiche.

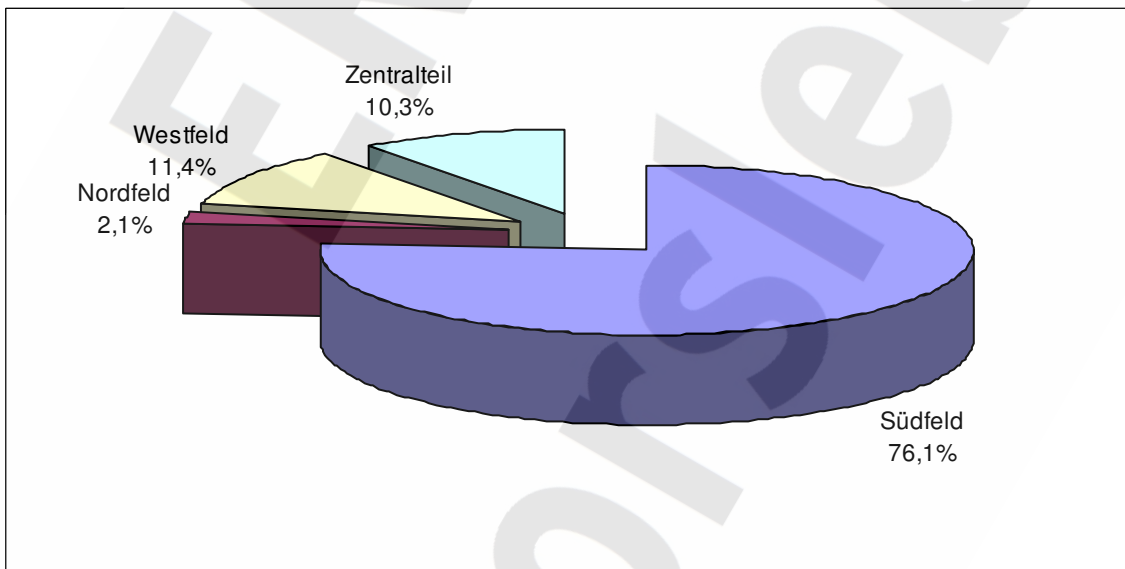


Abb. 9: Prozentuale Aufteilung der endgelagerten Aktivität der Beta/Gamma-Strahler auf die Einlagerungsbereiche.

Durch die Einlagerung mittelaktiver Abfälle (Strahlenschutzgruppen S3-S5) wie z. B. von verfestigten Verdampferkonzentraten (EDR_{st}) und Strahlenquellen ebenso wie durch die Einlagerung großer Mengen flüssiger Verdampferkonzentrate im Südfeld ist der Anteil der Aktivität der Beta/Gamma-Strahler im Südfeld am höchsten. Der hohe Anteil der Aktivität der Alpha-Strahler im Westfeld ist auf die Einlagerung von Rauchgaswarnmeldern mit Plutonium und radiumhaltigen Abfällen sowie im Südfeld auf die Einlagerung von radiumhaltigen Abfällen (z. B. Leuchtskalen von Flugzeugarmaturen) und von Am-241-Strahlenquellen zurückzuführen.

7 RADIONUKLIDSPEZIFISCHES AKTIVITÄTSINVENTAR DER BIS 1991 EINGELAGERTEN ABFÄLLE

Im Folgenden werden die radionuklidspezifischen Aktivitätsinventare der bis 1991 endgelagerten radioaktiven Abfälle unterschieden nach Verursachergruppen näher betrachtet, wobei im Wesentlichen die drei Verursachergruppen

- Kernkraftwerke (Greifswald und Rheinsberg),
- Kleinanwender einschließlich Lohmen (APR) und
- das ZfK Rossendorf als Forschungseinrichtung.

unterschieden werden. Grundlage der Betrachtungen waren die in den Übergabe-/Übernahmeprotokollen aufgeführten radionuklidspezifischen Aktivitäten. Nach dem Übergang der Zuständigkeit für den Betrieb des ERAM auf das BfS waren (aus zusätzlichen sicherheitsanalytischen Betrachtungen) Aussagen zu weiteren Radionukliden gewonnen worden. Auf diese Radionuklide wird im Folgenden ebenfalls eingegangen.

KKW-Abfälle

Der größte Anteil der radioaktiven Abfälle, die bis 1991 im ERAM endgelagert wurden, stammt aus dem Betrieb der Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg. Die Aktivitätsangaben für Abfälle aus den Kernkraftwerken in den Übergabe-/Übernahmeprotokollen basierten überwiegend auf gut messbaren Aktivitäten der Beta/Gamma-Strahler (Cs-137, Cs-134, Co-60, Co-58 und Mn-54). Bei flüssigen Abfällen wurden zusätzlich stichprobenartige Aktivitätsbestimmungen für weitere gut messbare Radionuklide im ERAM durchgeführt. Mit den Kenntnissen über die Radionuklidspektren von KKW-Abfällen wurden die Angaben in den Übergabe-/Übernahmeprotokollen um sicherheitsrelevante Radionuklide ergänzt.

Abfälle aus dem ZfK Rossendorf

In Kap. 3.2 wurde bereits auf die Vielfaltigkeit der im ZfK angewandten Radionuklide hingewiesen. Die Radionuklide, die den größten Anteil an der endgelagerten Gesamtaktivität einbrachten, waren folgende:

Cs-137, Co-60, H-3, C-14, Sr-90, Fe-55, Ni-63.

Diese Radionuklide waren sowohl in Abfällen aus der Quellenproduktion als auch in Abfällen aus Rekonstruktionsarbeiten am Rossendorfer Forschungsreaktor enthalten. Darüber hinaus fielen aus der Strahlenquellenproduktion Abfälle mit den Radionukliden

Se-75, Ce-144, Sb-125 und Ru-106 an.

APR-Abfälle

Die Abfälle, die von den Kleinanwendern direkt an das ERAM und diejenigen, die vor 1983 an die Außenstelle des SAAS in Lohmen abgeliefert wurden, unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Die Kleinanwender hatten meist sehr begrenzte Umgangsgenehmigungen für radioaktive Stoffe. Die Art der anfallenden radioaktiven Abfälle war auch hier vielfältig. Einen großen Anteil an der Gesamtaktivität der Abfälle hatten die umschlossenen Strahlenquellen. Wesentliche Beiträge zur Gesamtaktivität der eingelagerten Abfälle lieferten neben den Radionukliden Co-60 und Cs-137 auch C-14, Ra-226, Pu-239 und H-3.

7.1 RADIONUKLIDSPEZIFISCHES AKTIVITÄTSINVENTAR IM ERAM

In Tab. 10 wird eine Aufstellung des Radionuklidinventars der bis 1991 eingelagerten radioaktiven Abfälle vorgenommen. Ausgangspunkt dafür waren die in den Übergabe-/ Übernahmeprotokollen der Abfalllieferer dokumentierten Abfalldaten. Für die Abfälle aus den KKW wurden diese Angaben um weitere Radionuklide ergänzt, deren Aktivität aus den heutigen Kenntnissen des Radionuklidvektors und radiochemischer Analysen abgeschätzt wurde. Weiterhin wurden die aus dem ehemaligen ZfK Rossendorf eingelagerten Abfallgebinde hinsichtlich eines abdeckenden Nuklidvektors verifiziert und die angegebenen Radionuklidinventare im Hinblick auf die in das ERAM verbrachten Abfallströme vervollständigt. Auch für Abfälle aus dem APR-Bereich wurden Plausibilitätsbetrachtungen bezüglich der dokumentierten radionuklidspezifischen Aktivitäten angestellt.

In den nachfolgenden Tabellen werden sowohl Radionuklide aufgeführt, die relevant sind für die Langzeitsicherheit, d. h. solche mit großen Halbwertszeiten (HWZ), und solche, die einen hohen Aktivitätsbeitrag zur Gesamtaktivität liefern aber kürzere Halbwertszeiten aufweisen.

Als Bezugszeitpunkte wurden der 01.07.1991 und der 30.06.2005 gewählt. Die Aktivitäten für den Zeitpunkt 30.06.2005 wurden mit dem Programm KORIGEN berechnet. Berücksichtigt wurde neben dem Abklingverhalten auch die Bildung langlebiger Töchternuklide.

Tab. 10: Radionuklidspezifische Aktivitäten der bis 1991 endgelagerten Abfälle zu verschiedenen Zeitpunkten (HWZ - Halbwertszeit)

Radionuklid	HWZ [3]	Aktivität in Bq Bezugsdatum: 01.07.1991	Aktivität in Bq Bezugsdatum: 30.06.2005
Am-241	432,6 a	$1,5 \cdot 10^{11}$	$1,7 \cdot 10^{11}$
Am-243	7365 a	$6,4 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^5$
Cm-244	18,1 a	$3,6 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^7$
Cm-245	8500 a	$1,3 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$
Cm-246	4750 a	$1,3 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$
Np-237	$2,14 \cdot 10^6$ a	$2,2 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^6$
Pu-239	$2,41 \cdot 10^4$ a	$6,2 \cdot 10^{10}$	$6,2 \cdot 10^{10}$
Pu-240	6563 a	$5,8 \cdot 10^{10}$	$5,8 \cdot 10^{10}$
Pu-242	$3,73 \cdot 10^5$ a	$1,1 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$
Ra-226	1600 a	$2,3 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^{10}$
Th-229	7340 a	$1,4 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^5$
U-232	68,9 a	$1,4 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$
U-233	$1,59 \cdot 10^5$ a	$1,4 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^5$
U-234	$2,46 \cdot 10^5$ a	$6,6 \cdot 10^8$	$6,6 \cdot 10^8$
U-235	$7,03 \cdot 10^8$ a	$4,9 \cdot 10^7$	$4,9 \cdot 10^7$
U-236	$2,34 \cdot 10^7$ a	$1,3 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$
U-238	$4,47 \cdot 10^9$ a	$2,6 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^8$
Ag-108m	127 a	$2,0 \cdot 10^{10}$	$1,8 \cdot 10^{10}$
Am-242m	141 a	$5,4 \cdot 10^6$	$5,0 \cdot 10^6$
Ba-133	10,57 a	$2,9 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$
C-14	5730 a	$3,0 \cdot 10^{12}$	$3,0 \cdot 10^{12}$
Ca-41	$1,03 \cdot 10^5$ a	$1,8 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$
Cd-113m	14,1 a	$4,7 \cdot 10^9$	$2,4 \cdot 10^9$
Cl-36	$3,01 \cdot 10^5$ a	$1,5 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^9$
Co-60	5,27 a	$6,4 \cdot 10^{13}$	$1,0 \cdot 10^{13}$
Cs-134	2,07 a	$9,1 \cdot 10^{12}$	$8,3 \cdot 10^{10}$
Cs-135	$2,0 \cdot 10^6$ a	$1,5 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$
Cs-137	30,17 a	$6,4 \cdot 10^{13}$	$4,7 \cdot 10^{13}$
Eu-152	13,3 a	$1,1 \cdot 10^{11}$	$5,6 \cdot 10^{10}$
Eu-154	8,8 a	$2,3 \cdot 10^{10}$	$7,4 \cdot 10^9$
Eu-155	4,85 a	$9,2 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$
Fe-55	2,75 a	$1,4 \cdot 10^{13}$	$3,9 \cdot 10^{11}$
H-3	12,35 a	$5,2 \cdot 10^{12}$	$2,4 \cdot 10^{12}$
I-129	$1,57 \cdot 10^7$ a	$3,6 \cdot 10^7$	$3,6 \cdot 10^7$
Kr-85	10,75 a	$8,9 \cdot 10^{11}$	$3,6 \cdot 10^{11}$
Mn-54	312,3 d	$2,9 \cdot 10^{12}$	$3,6 \cdot 10^7$
Mo-93	3500 a	$6,2 \cdot 10^7$	$6,2 \cdot 10^7$
Na-22	2,6 a	$3,4 \cdot 10^{10}$	$8,1 \cdot 10^8$
Nb-94	$2,0 \cdot 10^4$ a	$6,8 \cdot 10^9$	$6,8 \cdot 10^9$
Ni-59	$7,5 \cdot 10^4$ a	$6,1 \cdot 10^{10}$	$6,1 \cdot 10^{10}$
Ni-63	100,1 a	$9,8 \cdot 10^{12}$	$8,9 \cdot 10^{12}$
Pd-107	$6,5 \cdot 10^6$ a	$9,7 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^6$
Pu-241	14,35 a	$1,6 \cdot 10^{12}$	$8,2 \cdot 10^{11}$
Ra-228	5,75 a	$3,5 \cdot 10^9$	$8,2 \cdot 10^8$
Rb-87	$4,8 \cdot 10^{10}$ a	$7,8 \cdot 10^6$	$7,8 \cdot 10^6$

Tab. 10 (Fortsetzung): Radionuklidspezifische Aktivitäten der bis 1991 endgelagerten Abfälle zu verschiedenen Zeitpunkten (HWZ - Halbwertszeit)

Radionuklid	HWZ	Aktivität in Bq Bezugsdatum: 01.07.1991	Aktivität in Bq Bezugsdatum: 30.06.2005
Se-79	$4,8 \cdot 10^5$ a	$8,9 \cdot 10^7$	$8,9 \cdot 10^7$
Sm-151	93 a	$6,9 \cdot 10^9$	$5,8 \cdot 10^9$
Sn-126	$1,0 \cdot 10^5$ a	$5,3 \cdot 10^7$	$5,3 \cdot 10^7$
Sr-90	28,7 a	$4,6 \cdot 10^{12}$	$3,4 \cdot 10^{12}$
Tc-99	$2,1 \cdot 10^5$ a	$4,9 \cdot 10^{10}$	$4,9 \cdot 10^{10}$
Zr-93	$1,53 \cdot 10^6$ a	$2,4 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^9$
Summe:		$1,8 \cdot 10^{14}$	$7,7 \cdot 10^{13}$

In den Abb. 10 und 11 sind die endgelagerten radionuklidspezifischen Aktivitäten für Alpha- und Beta/Gamma-Strahler graphisch dargestellt. Für die Beta/Gamma-Strahler sind darüber hinaus in Abb. 12 die radionuklidspezifischen Aktivitäten im Jahr 2005 dargestellt. Erkennbar sind die Radionuklide, die den größten Beitrag zur endgelagerten Gesamtaktivität liefern. Hierbei handelt es sich um folgende Radionuklide:

Alpha-Strahler: Am-241, Pu-239, Pu-240, Ra-226

Beta/Gamma-Strahler: Cs-137, Co-60, Ni-63, Sr-90, C-14

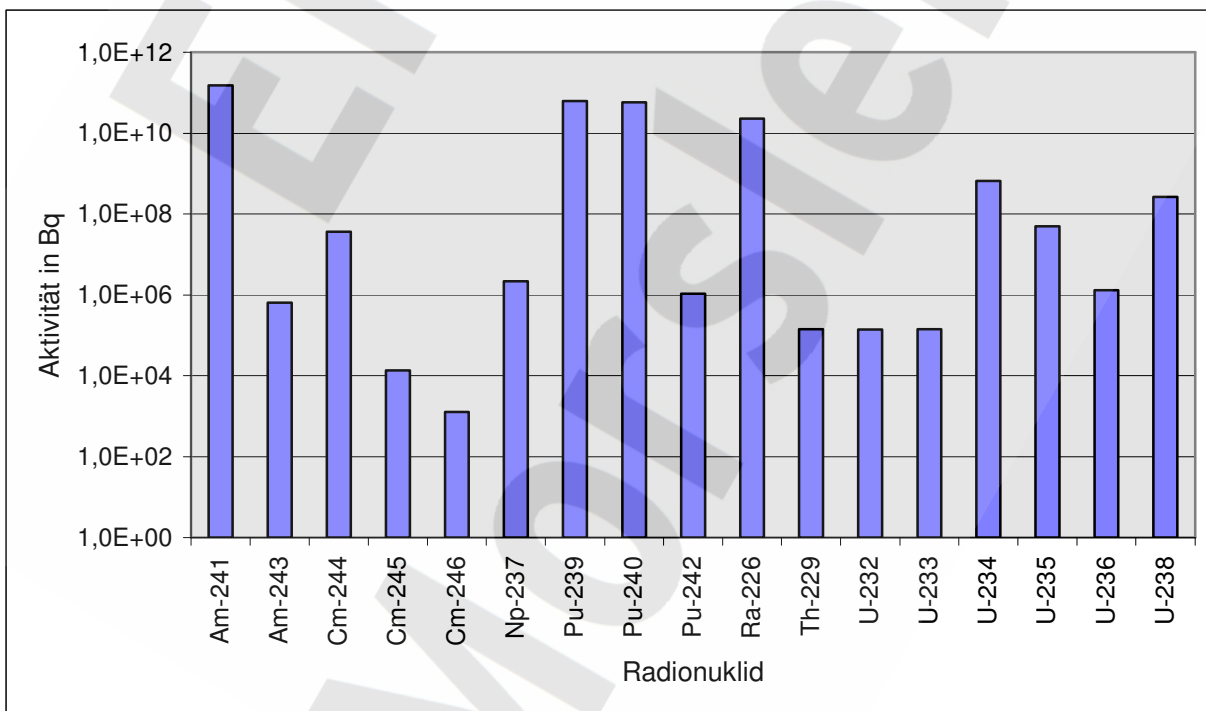


Abb. 10: Radionuklidspezifische Gesamtaktivitäten relevanter Alpha-Strahler

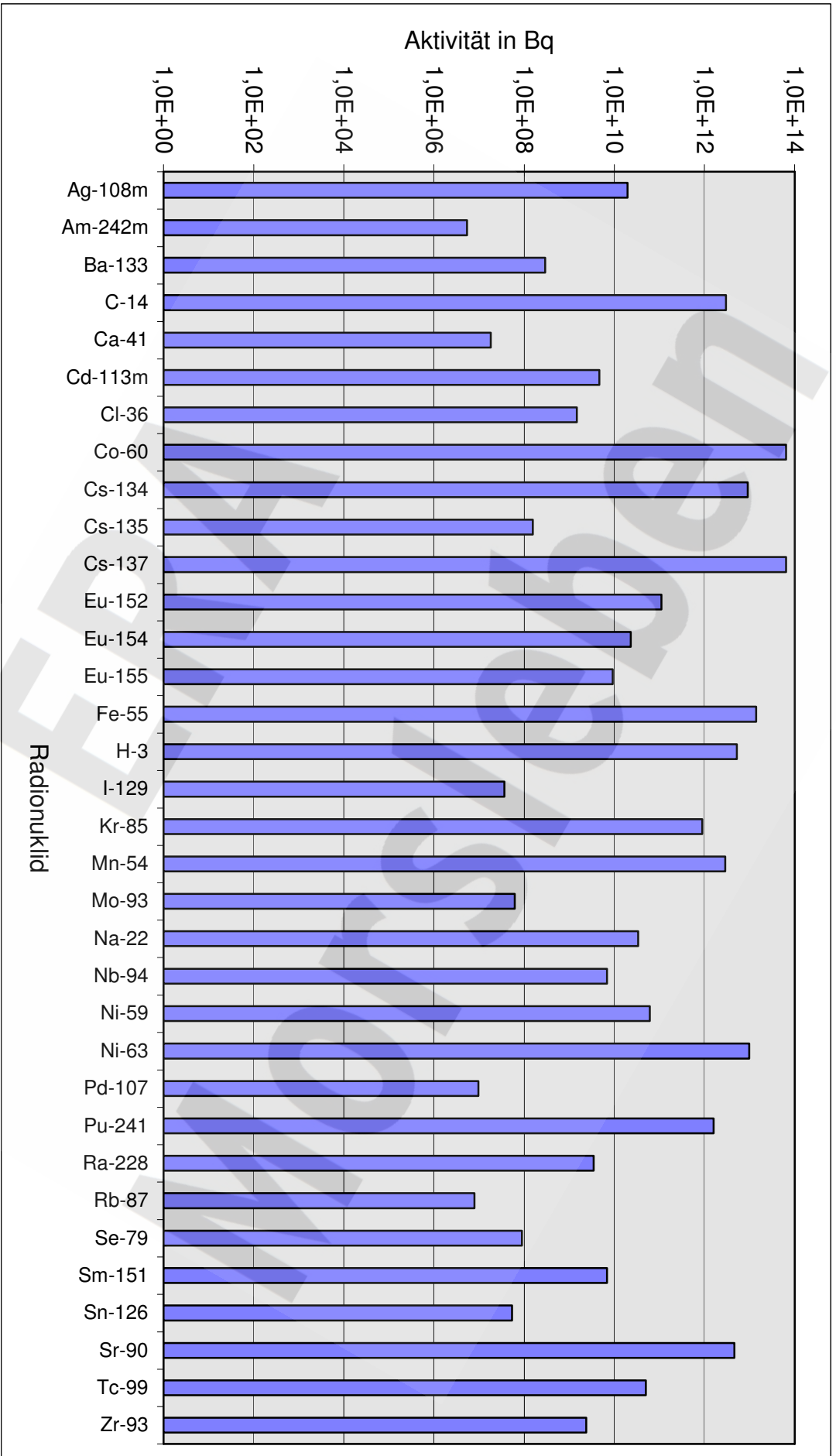


Abb. 11: Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Beta/Gamma-Strahler (Bezugsdatum: 01.07.1991)

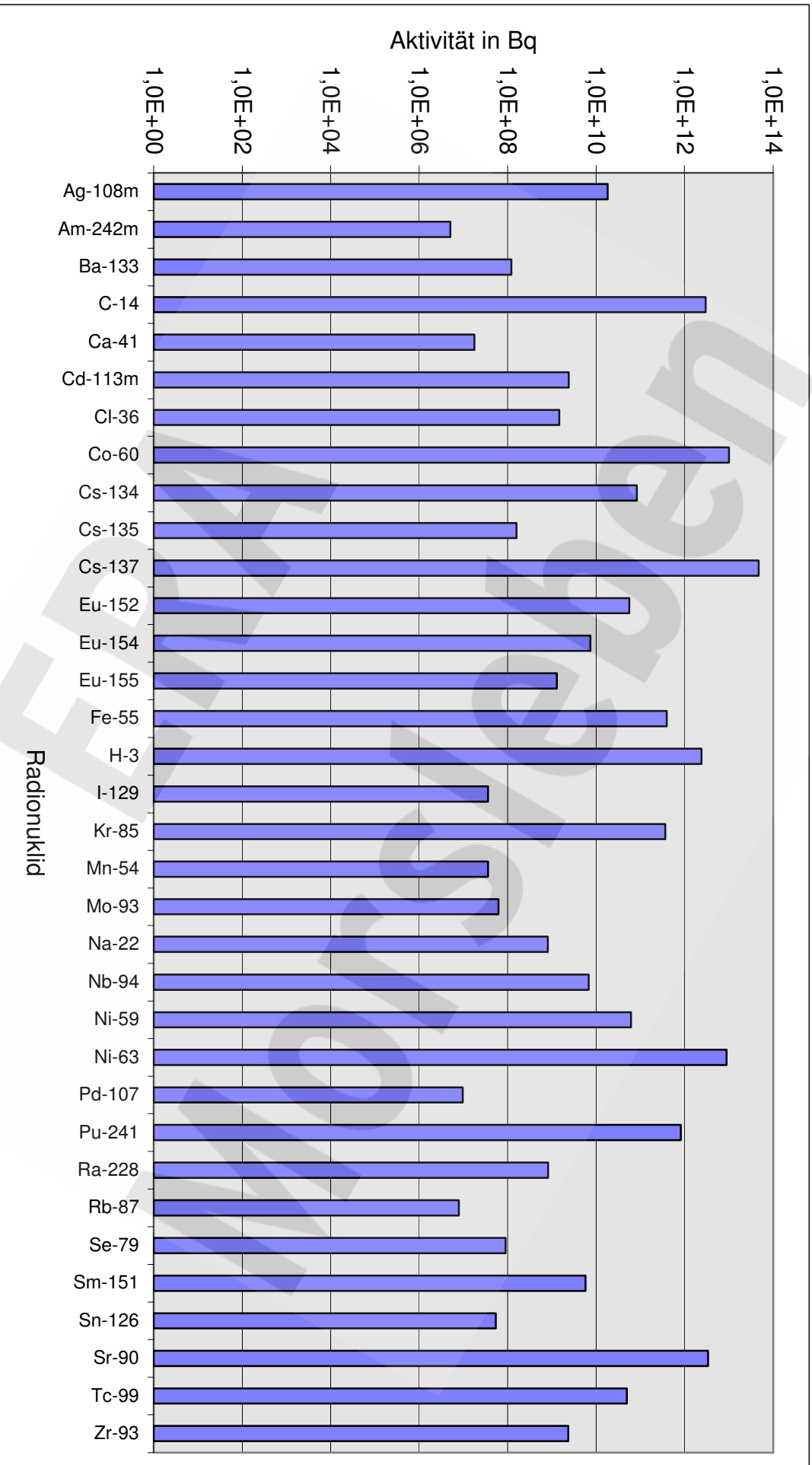


Abb. 12: Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Beta/Gamma-Strahler (Bezugsdatum: 30.06.2005).

Da fast alle Alpha-Strahler große Halbwertszeiten aufweisen, sieht die Verteilung der endgelagerten radionuklidspezifischen Aktivitäten für die in Tab. 10 aufgeführten Bezugszeitpunkte annähernd gleich aus. Beim Vergleich der Abb. 11 und 12 wird eine Abnahme der radionuklidspezifischen Aktivitäten der kürzerlebigen Radionuklide im Zeitraum von 1991 bis 2005 dagegen deutlich.

7.2 RADIONUKLIDSPEZIFISCHES AKTIVITÄTSINVENTAR IN DEN EINZELNEN EINLAGERUNGSBEREICHEN

Die nachfolgende Übersicht in Tab. 11 enthält die radionuklidspezifischen Aktivitäten für die einzelnen Einlagerungshohlräume; in Tab. 12 sind die radionuklidspezifischen Aktivitäten für die Einlagerungsfelder Westfeld, Nordfeld, Südfeld und Zentralteil zusammengefasst. Das Westfeld umfasst dabei die Einlagerungshohlräume nördliche Richtstrecke, die Abbaue 4 und 5 (Westfeld 1) sowie das Westgesenk, das Nordfeld die Nordstrecke (Ende) und den nordöstlichen Querschlag, das Südfeld die Abbaue 1, 2 und 3 auf der 5a-Sohle und der Zentralteil die Abbaue 1a südlich und 1a nördlich auf der 4a-Sohle sowie die Durchsumpfungsrube in der Nordstrecke.

ERA
Morsleben

Tab. 11: Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Radionuklide in Bq für die Einlagerungshohlräume (Bezugsdatum: 30.06.2005).

Radio nuklid	Südfeld			Zentralteil		Nordfeld	Westfeld	
	Abbau 1	Abbau 2	Abbau 3	4a-Sohle	Durchs. grube	Nordstr. Ende, nordöstl. Qu.	Westfeld 1	Westgesenk
Am-241	$9,0 \cdot 10^{10}$	$8,8 \cdot 10^7$	$4,9 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^8$	$8,0 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^7$
Am-243	$8,0 \cdot 10^4$	$3,8 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^5$	$7,9 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^5$	$9,3 \cdot 10^3$
Cm-244	$1,6 \cdot 10^6$	$8,2 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^6$	$4,2 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^6$	$9,9 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^5$
Cm-245	$1,5 \cdot 10^3$	$7,2 \cdot 10^2$	$5,2 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^1$	$8,3 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^2$
Cm-246	$2,6 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	$8,8 \cdot 10^2$	0	3,0	0	0	0
Np-237	$6,8 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$9,3 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^5$	$8,9 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^4$
Pu-239	$2,2 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^6$	$4,2 \cdot 10^4$	$8,4 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^{10}$	$2,7 \cdot 10^6$
Pu-240	$3,7 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^6$	$7,7 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^{10}$	$2,8 \cdot 10^6$
Pu-242	$3,5 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^5$	$7,0 \cdot 10^5$	$4,1 \cdot 10^4$
Ra-226	$1,1 \cdot 10^{10}$	$1,7 \cdot 10^8$	0	0	0	0	$1,2 \cdot 10^{10}$	0
Th-228	$1,2 \cdot 10^9$	$7,7 \cdot 10^3$	$5,6 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^2$	$6,1 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^4$	$8,3 \cdot 10^2$
Th-229	$8,9 \cdot 10^1$	0	0	$4,5 \cdot 10^3$	0	$2,0 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$	$7,1 \cdot 10^3$
U-232	$1,7 \cdot 10^4$	$7,6 \cdot 10^3$	$5,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^2$	$5,9 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^2$
U-233	$2,9 \cdot 10^1$	7,9	$5,7 \cdot 10^1$	$4,6 \cdot 10^3$	0	$2,0 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$	$7,1 \cdot 10^3$
U-234	$7,1 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^5$	$4,6 \cdot 10^7$	$6,7 \cdot 10^4$	$8,3 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^5$	$6,0 \cdot 10^8$	$3,9 \cdot 10^4$
U-235	$1,1 \cdot 10^4$	$9,7 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^6$	$8,4 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^2$	$3,7 \cdot 10^4$	$4,7 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^4$
U-236	$1,6 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^4$	$5,5 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^3$	$7,4 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^4$
U-238	$3,0 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^5$	$4,1 \cdot 10^6$	$3,0 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^4$
Ag-108m	$4,6 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^9$	$5,4 \cdot 10^8$	$5,3 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^7$
Am-242m	$1,4 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^4$	$4,7 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^3$	$6,2 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^6$	$9,4 \cdot 10^4$
Ba-133	$1,8 \cdot 10^4$	$8,3 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^4$	$8,3 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^8$	$4,8 \cdot 10^2$
C-14	$2,1 \cdot 10^{12}$	$9,6 \cdot 10^9$	$1,8 \cdot 10^{11}$	$2,7 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^8$	$5,8 \cdot 10^{10}$	$6,4 \cdot 10^{11}$	$2,9 \cdot 10^8$
Ca-41	$3,7 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^7$	$5,3 \cdot 10^3$	$4,3 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^3$
Cd-113m	$5,0 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^8$	$5,8 \cdot 10^6$
Cl-36	$1,1 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^7$	$3,7 \cdot 10^8$	$3,9 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^7$	$9,2 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^6$
Co-60	$4,8 \cdot 10^{12}$	$5,9 \cdot 10^{11}$	$9,0 \cdot 10^{11}$	$3,0 \cdot 10^{12}$	$4,6 \cdot 10^9$	$9,2 \cdot 10^{10}$	$8,2 \cdot 10^{11}$	$1,9 \cdot 10^8$

Tab. 11 (Fortsetzung): Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Radionuklide in Bq für die Einlagerungshohlräume (Bezugsdatum: 30.06.2005).

Radio-nuklid	Südfeld			Zentralteil		Nordfeld	Westfeld	
	Abbau 1	Abbau 2	Abbau 3	4a-Sohle	Durchs. Grube	Nordstr. Ende, nordöstl. Qu.	Westfeld 1	Westgesenk
Cs-134	$5,5 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$8,2 \cdot 10^9$	$1,4 \cdot 10^8$	$6,1 \cdot 10^7$	$6,8 \cdot 10^7$	$7,5 \cdot 10^9$	$5,3 \cdot 10^4$
Cs-135	$3,1 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,9 \cdot 10^4$	$3,6 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^4$
Cs-137	$2,4 \cdot 10^{13}$	$2,9 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{13}$	$1,1 \cdot 10^{11}$	$4,9 \cdot 10^{10}$	$5,6 \cdot 10^{11}$	$6,3 \cdot 10^{12}$	$2,1 \cdot 10^9$
Eu-152	$4,2 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^8$	$2,7 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^8$	$2,8 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^8$
Eu-154	$8,7 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$	$6,1 \cdot 10^9$	$5,1 \cdot 10^7$	$6,8 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^8$	$3,6 \cdot 10^7$
Eu-155	$2,0 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^9$	$7,3 \cdot 10^6$	$4,4 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^6$	$3,4 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^6$
Fe-55	$2,9 \cdot 10^{11}$	$3,3 \cdot 10^{10}$	$5,5 \cdot 10^{10}$	$2,2 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^8$	$5,2 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^6$
H-3	$2,5 \cdot 10^{11}$	$3,8 \cdot 10^{10}$	$3,3 \cdot 10^{11}$	$6,8 \cdot 10^8$	$9,1 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^{12}$	$6,4 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^8$
I-129	$1,2 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^7$	$9,9 \cdot 10^2$
Kr-85	$1,9 \cdot 10^9$	0	0	0	0	$2,2 \cdot 10^8$	$3,6 \cdot 10^{11}$	0
Mn-54	$2,6 \cdot 10^7$	$6,2 \cdot 10^6$	$7,8 \cdot 10^5$	$5,5 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^3$	$4,3 \cdot 10^2$	$2,6 \cdot 10^6$	0
Mo-93	$1,1 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^7$	$3,1 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^6$	$4,5 \cdot 10^5$
Na-22	$1,3 \cdot 10^8$	$5,3 \cdot 10^7$	$7,4 \cdot 10^7$	$6,0 \cdot 10^5$	$3,1 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^5$	$5,5 \cdot 10^8$	$8,6 \cdot 10^3$
Nb-94	$1,3 \cdot 10^9$	$6,0 \cdot 10^8$	$4,4 \cdot 10^9$	$2,0 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$	$8,5 \cdot 10^7$	$4,7 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^7$
Ni-59	$1,2 \cdot 10^{10}$	$5,6 \cdot 10^9$	$4,1 \cdot 10^{10}$	$8,6 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^8$	$3,8 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^9$	$5,0 \cdot 10^7$
Ni-63	$4,1 \cdot 10^{12}$	$5,5 \cdot 10^{11}$	$4,0 \cdot 10^{12}$	$3,9 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$1,9 \cdot 10^{11}$	$1,1 \cdot 10^9$
Pd-107	$2,0 \cdot 10^6$	$9,2 \cdot 10^5$	$6,7 \cdot 10^6$	$9,3 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^4$	$4,1 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^4$	$7,3 \cdot 10^2$
Pu-241	$2,4 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^8$	$4,7 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^{10}$	$5,5 \cdot 10^{11}$	$7,1 \cdot 10^7$
Ra-228	$8,2 \cdot 10^8$	0	0	0	0	0	0	0
Rb-87	$5,9 \cdot 10^2$	$2,8 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^5$	6,9	$1,2 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$	0
Se-79	$1,8 \cdot 10^7$	$8,4 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^5$	$9,4 \cdot 10^3$
Sm-151	$5,0 \cdot 10^8$	$2,4 \cdot 10^8$	$1,7 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^8$	$6,0 \cdot 10^6$	$4,5 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^8$
Sn-126	$9,9 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^6$	$3,4 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^5$
Sr-90	$2,6 \cdot 10^{12}$	$1,0 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^9$	$2,9 \cdot 10^6$	$9,3 \cdot 10^9$	$6,7 \cdot 10^{11}$	$7,2 \cdot 10^8$
Tc-99	$7,4 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^8$	$8,6 \cdot 10^7$	$8,3 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^8$
Zr-93	$4,9 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^9$	$6,1 \cdot 10^5$	$5,7 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^7$	$3,5 \cdot 10^5$

Tab. 12: Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Radionuklide in Bq für die Einlagerungsbereiche.

Radionuklid	Südfeld		Nordfeld		Zentralteil		Westfeld	
	Bez.datum: 01.07.1991	Bez.datum: 30.06.2005	Bez.datum: 01.07.1991	Bez.datum: 30.06.2005	Bez.datum: 01.07.1991	Bez.datum: 30.06.2005	Bez.datum: 01.07.1991	Bez.datum: 30.06.2005
Am-241	$8,4 \cdot 10^{10}$	$9,1 \cdot 10^{10}$	$7,8 \cdot 10^7$	$5,8 \cdot 10^8$	$1,8 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^{10}$	$8,0 \cdot 10^{10}$
Am-243	$4,0 \cdot 10^5$	$3,9 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4$	$8,9 \cdot 10^3$	$8,9 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^5$
Cm-244	$1,4 \cdot 10^7$	$8,2 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^7$
Cm-245	$7,5 \cdot 10^3$	$7,4 \cdot 10^3$	$8,3 \cdot 10^2$	$8,3 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^2$	$4,7 \cdot 10^3$	$4,7 \cdot 10^3$
Cm-246	$1,3 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	0	0	3,0	3,0	0	0
Np-237	$1,3 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$	$3,1 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^4$	$6,9 \cdot 10^5$	$9,1 \cdot 10^5$
Pu-239	$2,6 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^8$	$8,4 \cdot 10^6$	$8,4 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^{10}$	$6,1 \cdot 10^{10}$
Pu-240	$3,9 \cdot 10^8$	$4,0 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^6$	$9,5 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^{10}$	$5,7 \cdot 10^{10}$
Pu-242	$1,7 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^4$	$7,4 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^5$
Ra-226	$1,1 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^{10}$	0	0	0	0	$1,2 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^{10}$
Th-228	$1,4 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^2$	$6,1 \cdot 10^3$	$8,9 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^4$
Th-229	0	$8,9 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$
U-232	$9,0 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^4$	$6,8 \cdot 10^3$	$5,9 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^4$	$3,6 \cdot 10^4$
U-233	0	$9,4 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^3$	$4,6 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$
U-234	$5,5 \cdot 10^7$	$5,1 \cdot 10^7$	$3,0 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^8$	$6,0 \cdot 10^8$
U-235	$1,3 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	$3,7 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^4$	$8,5 \cdot 10^3$	$8,5 \cdot 10^3$	$4,7 \cdot 10^7$	$4,7 \cdot 10^7$
U-236	$7,9 \cdot 10^5$	$7,9 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^4$	$7,4 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^4$	$4,1 \cdot 10^5$	$4,1 \cdot 10^5$
U-238	$5,1 \cdot 10^6$	$4,8 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$3,4 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^8$
Ag-108m	$2,4 \cdot 10^9$	$2,2 \cdot 10^9$	$2,6 \cdot 10^9$	$2,4 \cdot 10^9$	$5,9 \cdot 10^8$	$5,5 \cdot 10^8$	$1,4 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^{10}$
Am-242m	$7,2 \cdot 10^5$	$6,8 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^5$	$6,2 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$3,8 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^6$
Ba-133	$1,7 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$9,8 \cdot 10^2$	$2,9 \cdot 10^8$	$1,4 \cdot 10^8$
C-14	$2,3 \cdot 10^{12}$	$2,3 \cdot 10^{12}$	$5,8 \cdot 10^{10}$	$5,8 \cdot 10^{10}$	$2,9 \cdot 10^9$	$2,9 \cdot 10^9$	$6,4 \cdot 10^{11}$	$6,4 \cdot 10^{11}$
Ca-41	$1,7 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$
Cd-113m	$3,6 \cdot 10^9$	$1,9 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^8$	$5,8 \cdot 10^7$	$4,9 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$8,7 \cdot 10^8$	$4,5 \cdot 10^8$
Cl-36	$5,3 \cdot 10^8$	$5,3 \cdot 10^8$	$1,7 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^7$	$5,2 \cdot 10^6$	$5,2 \cdot 10^6$	$9,2 \cdot 10^8$	$9,2 \cdot 10^8$
Co-60	$3,9 \cdot 10^{13}$	$6,3 \cdot 10^{12}$	$5,8 \cdot 10^{11}$	$9,2 \cdot 10^{10}$	$1,9 \cdot 10^{13}$	$3,0 \cdot 10^{12}$	$5,2 \cdot 10^{12}$	$8,2 \cdot 10^{11}$
Cs-134	$8,3 \cdot 10^{12}$	$7,5 \cdot 10^{10}$	$7,5 \cdot 10^9$	$6,8 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^8$	$8,3 \cdot 10^{11}$	$7,5 \cdot 10^9$

Tab. 12 (Fortsetzung): Radionuklidspezifische Aktivitäten relevanter Radionuklide in Bq für die Einlagerungsbereiche.

Radionuklid	Südfeld		Nordfeld		Zentralteil		Westfeld	
	Bez.datum: 01.07.1991	Bez.datum: 30.06.2005	Bez.datum: 01.07.1991	Bez.datum: 30.06.2005	Bez.datum: 01.07.1991	Bez.datum: 30.06.2005	Bez.datum: 01.07.1991	Bez.datum: 30.06.2005
Cs-135	$1,6 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$	$8,4 \cdot 10^4$	$8,4 \cdot 10^4$	$3,8 \cdot 10^5$	$3,8 \cdot 10^5$	$4,7 \cdot 10^5$	$4,7 \cdot 10^5$
Cs-137	$5,5 \cdot 10^{13}$	$4,0 \cdot 10^{13}$	$7,7 \cdot 10^{11}$	$5,6 \cdot 10^{11}$	$2,2 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{11}$	$8,7 \cdot 10^{12}$	$6,3 \cdot 10^{12}$
Eu-152	$1,0 \cdot 10^{11}$	$5,2 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$	$6,6 \cdot 10^8$	$3,2 \cdot 10^8$	$6,3 \cdot 10^9$	$3,1 \cdot 10^9$
Eu-154	$2,2 \cdot 10^{10}$	$7,1 \cdot 10^9$	$6,4 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^8$	$5,8 \cdot 10^7$	$8,2 \cdot 10^8$	$2,7 \cdot 10^8$
Eu-155	$9,0 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$	$4,5 \cdot 10^7$	$6,4 \cdot 10^6$	$5,5 \cdot 10^7$	$7,7 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^7$
Fe-55	$1,3 \cdot 10^{13}$	$3,8 \cdot 10^{11}$	$1,9 \cdot 10^9$	$5,2 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$4,5 \cdot 10^8$	$4,0 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^{10}$
H-3	$1,4 \cdot 10^{12}$	$6,2 \cdot 10^{11}$	$2,4 \cdot 10^{12}$	$1,1 \cdot 10^{12}$	$1,7 \cdot 10^9$	$7,7 \cdot 10^8$	$1,4 \cdot 10^{12}$	$6,4 \cdot 10^{11}$
I-129	$6,0 \cdot 10^6$	$6,0 \cdot 10^6$	$6,7 \cdot 10^3$	$6,7 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^7$	$3,0 \cdot 10^7$
Kr-85	$4,8 \cdot 10^9$	$1,9 \cdot 10^9$	$5,3 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^8$	0	0	$8,8 \cdot 10^{11}$	$3,6 \cdot 10^{11}$
Mn-54	$2,8 \cdot 10^{12}$	$3,3 \cdot 10^7$	$3,6 \cdot 10^7$	$4,3 \cdot 10^2$	$4,8 \cdot 10^9$	$5,8 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^{11}$	$2,6 \cdot 10^6$
Mo-93	$5,2 \cdot 10^7$	$5,2 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$	$4,3 \cdot 10^5$	$4,3 \cdot 10^5$	$8,0 \cdot 10^6$	$8,0 \cdot 10^6$
Na-22	$1,0 \cdot 10^{10}$	$2,6 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^5$	$3,8 \cdot 10^7$	$9,1 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^{10}$	$5,5 \cdot 10^8$
Nb-94	$6,3 \cdot 10^9$	$6,3 \cdot 10^9$	$8,5 \cdot 10^7$	$8,5 \cdot 10^7$	$3,5 \cdot 10^7$	$3,5 \cdot 10^7$	$4,9 \cdot 10^8$	$4,9 \cdot 10^8$
Ni-59	$5,9 \cdot 10^{10}$	$5,9 \cdot 10^{10}$	$3,8 \cdot 10^8$	$3,8 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^9$
Ni-63	$9,6 \cdot 10^{12}$	$8,7 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^{10}$	$1,7 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^{10}$	$1,9 \cdot 10^{11}$
Pd-107	$9,6 \cdot 10^6$	$9,6 \cdot 10^6$	$4,1 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^4$
Pu-241	$5,1 \cdot 10^{11}$	$2,6 \cdot 10^{11}$	$3,1 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^{12}$	$5,5 \cdot 10^{11}$
Ra-228	$3,5 \cdot 10^9$	$8,2 \cdot 10^8$	0	0	0	0	0	0
Rb-87	$2,9 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$
Se-79	$8,8 \cdot 10^7$	$8,8 \cdot 10^7$	$6,4 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^5$
Sm-151	$2,8 \cdot 10^9$	$2,4 \cdot 10^9$	$5,0 \cdot 10^8$	$4,5 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^9$	$2,8 \cdot 10^9$
Sn-126	$4,9 \cdot 10^7$	$4,9 \cdot 10^7$	$7,4 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^6$	$4,2 \cdot 10^6$
Sr-90	$3,7 \cdot 10^{11}$	$2,7 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$9,3 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^9$	$4,7 \cdot 10^{11}$	$6,7 \cdot 10^{11}$
Tc-99	$3,6 \cdot 10^{10}$	$3,6 \cdot 10^{10}$	$8,3 \cdot 10^8$	$8,3 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^{10}$
Zr-93	$2,3 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^9$	$2,7 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$

8 ZUSAMMENFASSUNG

Im Zeitraum von Beginn der Einlagerung radioaktiver Abfälle im ERAM 1971 bis zur Unterbrechung des Einlagerungsbetriebes durch einen gerichtlichen Entscheid im Februar 1991 wurden insgesamt 14432 m³ radioaktive Abfälle und 6223 Strahlenquellen endgelagert.

Die Volumina und Aktivitäten (jeweils mit Bezugsdatum) bezogen auf die einzelnen Einlagerungshohlräume sind in der folgenden Tab. 13 zusammengefasst. Die Gesamtaktivitäten sind dabei als Summe der in Tabelle 12 aufgeführten radionuklidspezifischen Aktivitäten zu verstehen.

Tab. 13: Überblick über die im ERAM endgelagerten Volumina und Aktivitäten.

Einlagerungsort	Volumen in m ³	Aktivität in Bq Bez.dat.: 01.07.1991	Aktivität in Bq Bez.dat.: 30.06.2005
Südfeld	9082	1,4 · 10¹⁴	6,1 · 10¹³
Abbau 1	763	9,2 · 10 ¹³	3,8 · 10 ¹³
Abbau 2	711	1,1 · 10 ¹³	4,1 · 10 ¹²
Abbau 3	7608	3,2 · 10 ¹³	1,9 · 10 ¹³
Nordfeld	1701	3,9 · 10¹²	1,9 · 10¹²
Zentralteil	157	1,9 · 10¹³	3,2 · 10¹²
4a-Sohle	133	1,9 · 10 ¹³	3,1 · 10 ¹²
Durchs.grube	24	1,3 · 10 ¹¹	6,8 · 10 ¹⁰
Westfeld	3492	2,1 · 10¹³	1,0 · 10¹³
Westfeld 1	3431	2,1 · 10 ¹³	1,0 · 10 ¹³
Westgesenk	61	8,4 · 10 ⁹	5,4 · 10 ⁹
Gesamt:	14432	1,8 · 10¹⁴	7,7 · 10¹³

Durchs.grube - Durchsumpfungsrube

9 QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Schulz, H.; Computergestützte Protokollierung der vom Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben übernommenen und endgelagerten radioaktiven Abfälle, Morsleben, Revision 0 vom 16.10.1991 bis Revision 3 vom 19.03.1998.
- [2] Anordnung über die Allgemeinen Leistungsbedingungen für die zentrale Erfassung und Endlagerung radioaktiver Abfälle vom 4. September 1981, GBl. Sonderdruck Nr. 1073.
- [3] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juni 2002 (BGBl. I S. 1869, 1903)

ERA
Morsleben