

1302 101
(1998)

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

**Anfall radioaktiver Abfälle in der
Bundesrepublik Deutschland
- Abfallerhebung für das Jahr 1998-**

***Peter Brennecke
Almut Hollmann***

BfS-ET-30/00

Kurzreferat

Das Bundesamt für Strahlenschutz ermittelt in jedem Jahr den Bestand an unbehandelten radioaktiven Reststoffen sowie den Anfall, Bestand, Zwischenlagerung und den im folgenden Jahr zu erwartenden Anfall an konditionierten radioaktiven Abfällen. Dieser Bericht enthält die Ergebnisse dieser Bestandsaufnahme für den Zeitraum bis Dezember 1998, außerdem Prognosen für den zu erwartenden Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle bis zum Jahr 2080 und einen Ausblick auf die gegenwärtige Situation bei der Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle.

Abstract

The Federal Office for Radiation Protection performs an annual inquiry into the amounts of untreated radioactive residues as well as the conditioned radioactive wastes produced and intermediately stored and the amounts of wastes to be expected in the following year. This report comprises the results of this inquiry for the period until December 1998 and, additionally, prognoses for the amounts of conditioned radioactive wastes to be expected in future until 2080 and an outlook on the present situation of radioactive waste interim storage and disposal.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	4
1. Einleitung	6
2. Radioaktive Abfälle	8
2.1 Einteilung	8
2.2 Herkunft	9
3. Bestand und Anfall radioaktiver Abfälle	11
3.1 Anzahl vorhandener Abfallgebinde	13
3.2 Vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle	15
3.2.1 Unbehandelte Reststoffe	15
3.2.2 Zwischenprodukte	16
3.2.3 Konditionierte Abfälle	17
3.3 Wärmeentwickelnde Abfälle	20
3.3.1 Rohabfälle	20
3.3.2 Konditionierte Abfälle	20
4. Vergleich der Abfallmengen 1984 - 1998	24
5. Prognose des zukünftigen Abfallaufkommens	27
5.1 Prognose für das Folgejahr	27
5.2 Prognosen für Endlagerplanungsarbeiten	27
5.2.1 Vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle	28
5.2.2 Wärmeentwickelnde Abfälle	34
6. Entsorgung radioaktiver Abfälle	35
6.1 Zwischenlagerung	35
6.2 Endlagerung	38
7. Literaturverzeichnis	39
Anhang: Formblatt für die Abfallerhebung 1998	40

Zusammenfassung

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) führt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) jährlich eine Erhebung radioaktiver Abfälle bei den Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen durch. Dieser Bericht enthält die Ergebnisse dieser Erhebung sowie eine Bewertung der Zwischenlagerkapazität und eine Prognose für den Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle bis zum Jahr 2080. Er schließt sich an den Bericht über die Abfallerhebung für das Jahr 1997 an [1].

Eine Übersicht über die ermittelten Daten wird in Tabelle 1 gegeben:

Reststoffart	vernachlässigbar wärme- entwickelnd	wärmeentwickelnd
unbehandelte Reststoffe (verwertbare Reststoffe und Roh- abfälle) <i>Bestand Ende 1998</i>	33845	454
Zwischenprodukte <i>Bestand Ende 1998</i> <i>Anfall 1998</i>	2550 1184	- -
konditionierte Abfälle <i>Bestand Ende 1998</i> <i>Anfall 1998</i> <i>endgelagert 1998</i> <i>Schätzung 1999</i> <i>Prognose bis 2080</i>	60895 6236 6533 6295 ca.300000-340000 m ³	1428 5 - - ca. 27000-48000 m ³

Tabelle 1: Übersicht über die Volumina radioaktiver Reststoffe, Angaben in m³

(ohne ausgediente Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren
bei Bestand und Anfall wärmeentwickelnder Abfälle)

Am 31.12.1998 waren insgesamt 97290 m³ vernachlässigbar wärmeentwickelnde radioaktive Reststoffe und 1882 m³ wärmeentwickelnde Reststoffe zu entsorgen. Zusätzlich zum Bestand unbehandelter wärmeentwickelnder Reststoffe sind 1,5 Mg Schwermetall (SM) ausgediente Brennelemente aus dem Hochtemperaturreaktor AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor) zu entsorgen.

Der Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle im Jahr 1998 war etwas geringer als im Jahr 1997, jedoch weit höher als der bisherige durchschnittliche Anfall. Die Ablieferungspflichtigen hatten sich erwartungsgemäß wieder verstärkt um eine Endlagerung ihrer Abfälle im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) bemüht. Der Bestand an konditionierten radioaktiven Abfällen hat sich verringert. Es wurden mehr vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle im ERAM eingelagert als konditioniert.

Reststoffe setzen sich aus verwertbaren (Wertstoff) und nicht verwertbaren (Abfall) Anteilen zusammen. Zwischenprodukte sind vorbehandelte bzw. behandelte radioaktive Abfälle, die zur Herstellung eines endlagerfähigen Abfallprodukts noch mindestens eines weiteren Verarbeitungsschrittes bedürfen. Unter konditionierten radioaktiven Abfällen werden verpackte Abfallprodukte (Abfallgebinde) verstanden, die nach Angaben der Abfallverursacher voraussichtlich keinem weiteren Konditionierungsschritt unterliegen und grundsätzlich zur Endlagerung angemeldet werden können. Dies bedeutet, dass ggf. im Einzelfall noch abschließende Festlegungen zur Konditionierung getroffen werden müssten, eine Vergrößerung des Bestandes an zwischenlagernden Abfallgebinden ist nach heutigem Wissensstand damit aber nicht verknüpft. Die Angaben für konditionierte radioaktive Abfälle berücksichtigen das vom Abfallverursacher angegebene Abfallgebindevolumen, z. B. werden für einen Container Typ V, der bis zu 28 Stück 200-l-Fässer aufnehmen kann, 10,9 m³ angerechnet (siehe Anhang).

Die Zwischenlagerkapazität für konditionierte Abfälle betrug am 31. 12. 1998 etwa 162000 m³ (ohne Zwischenlager Nord), die integral im Mittel zu etwa 37 % ausgenutzt war. Im Jahr 1998 wurde ein Abfallgebindevolumen von 6533 (5077 m³ Abfallvolumen) im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) entsorgt (Anmerkung: Bei der Angabe des Abfallvolumens wurde das 200-l-Fass mit seinem Nettovolumen angesetzt).

Für Endlagerplanungsarbeiten ist es erforderlich, Prognosen über das zukünftige Abfallaufkommen zu erstellen. Dabei sind insbesondere die weitere Nutzung der Kernenergie für die Stromerzeugung, die Brennelementherstellung und auch die Forschung von Bedeutung. Bei einer Betrachtung unterschiedlicher Betriebszeiten von Kernkraftwerken zwischen 25 und 50 Jahren wird bis zum Jahr 2080 ein kumuliertes Abfallgebindevolumen vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle von ca. 300000 bis 340000 m³ und ein kumuliertes Abfallgebindevolumen wärmeentwickelnder Abfälle (einschließlich ausgedienter Brennelemente) von ca. 27000 bis 48000 m³ abgeschätzt.

Einleitung

Nach dem Atomgesetz ist der Bund für die Endlagerung radioaktiver Abfälle zuständig. Das BfS hat die Aufgabe, das Entsorgungskonzept des Bundes umzusetzen und Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle zu errichten und zu betreiben. In diesem Zusammenhang führt das BfS eine jährliche Erhebung über den Anfall und den Bestand radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland im Auftrag des BMU durch. Die Abfallerhebung schließt die Ermittlung des Anfalls und Bestandes bestrahlter Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren nicht mit ein; hierzu wird im Auftrag des BMU eine separate Abfrage durchgeführt [2].

Für die Durchführung der jährlichen Umfrage bei den Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen wird vom BfS ein Formblatt verwendet, mit dem u. a. die Bestände an unbehandelten Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle), angefallene Volumina und Bestände behandelter Abfälle sowie erwartete Volumina für das jeweils folgende Jahr abgefragt werden. Die Abfrage nach behandelten Abfällen unterteilt sich dabei in Zwischenprodukte, die noch einer weiteren Behandlung zur Herstellung eines endlagerfähigen Abfallproduktes bedürfen und Abfälle, die voraussichtlich keiner weiteren Behandlung mehr unterliegen.

Wie im Vorjahr lag auch der Abfallerhebung für das Jahr 1998 ein Formblatt zugrunde, das an die Terminologie der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden, angeglichen war [3].

Der Anfall im Jahr 1998 ist die Differenz zwischen dem Bestand am 31.12.1998 und dem Bestand am 31.12.1997 unter Berücksichtigung der im ERAM eingelagerten Mengen. Die von den Abfallverursachern angegebenen Abfallgebindevolumina entsprechen nicht immer dieser Differenz. Die Endlagerungsbedingungen für das ERAM haben die Einlagerung von Abfällen ermöglicht, die als unverarbeitete Rohabfälle und Zwischenprodukte eingeordnet waren. Somit gilt das Verpacken dieser Abfälle in die zulässigen Behälter [4] als endlagergerechte Konditionierung. Die auf dem Vertrag über die umfassende Nutzung des ERAM beruhende Einlagerungsplanung, die davon ausgeht, bis Juni 2000 Abfälle im ERAM endzulagern, hat die Abfallverursacher bewogen, ihre Abfälle entsprechend den ERAM-Endlagerungsbedingungen umzukonditionieren. Hieraus ergibt sich ein geändertes Abfallgebinde-

* Ablieferungspflicht gemäß § 9 a Abs. 2 Satz 1 Atomgesetz (AtG) in Verbindung mit § 81 und § 82 Abs. 1 und 2 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV). Abführungspflicht gemäß § 82 Abs. 3 StrlSchV.

volumen. Daher sind die Angaben zum Anfall bei diversen Ablieferungspflichtigen teilweise nicht im Detail nachvollziehbar.

Das für die Abfallerhebung 1998 verwendete Formblatt ist im Anhang beigelegt. Einige Reststoffverursacher übermitteln ihre Daten mittels Datenträger, die über das Behördenmodul ISAR (Informationssystem über radioaktive Reststoffe) aus dem jeweiligen betriebseigenen Datenverarbeitungssystem herausgefiltert werden.

2. Radioaktive Abfälle

Bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie und beim Umgang mit radioaktiven Stoffen fallen Reststoffe sowie ausgebaute oder abgebaute Anlagenteile an. Soweit diese nicht schadlos verwertet werden können, müssen sie als radioaktive Abfälle geordnet und sicher beseitigt werden. Hierzu dient die Konditionierung (d. h. die Verarbeitung und/oder Verpackung) von Rohabfällen und Zwischenprodukten (d. h. vorbehandelten bzw. behandelten Rohabfällen). Das Ziel der Abfallkonditionierung ist die Herstellung zwischen- und endlagerfähiger Abfallgebinde. Die Endlagerungsbedingungen (hier: Anforderungen) für das ERAM [4] und die vorläufigen Bedingungen für das geplante Endlager Konrad [5] geben die entsprechenden Randbedingungen für eine endlagergerechte Konditionierung vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle vor. Für die endlagergerechte Konditionierung radioaktiver Abfälle stehen verschiedene erprobte Verfahren und Anlagen zur Verfügung [6].

2.1 Einteilung

Radioaktive Abfälle fallen insbesondere beim Betrieb von kerntechnischen Anlagen oder deren Stilllegung und Abbau sowie bei der Herstellung und Anwendung von Radioisotopen an. Nach endlagerrelevanten Gesichtspunkten werden die insgesamt anfallenden radioaktiven Abfälle grundsätzlich in

- vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle und
- wärmeentwickelnde Abfälle

eingeteilt [7]. Zu den vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen zählen kontaminierte Metalle und Nichtmetalle, Filter und Filterhilfsmittel, leicht und schwer brennbare Stoffe, Kadaver, Chemieabwässer, Schlämme/Suspensionen, biologische Abwässer sowie Öle, Lösungsmittel und Emulsionen. Eine weitere Aufschlüsselung und Detaillierung dieser Abfälle wird im Abfallartenkatalog gegeben [3]. Zu den wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen zählen das Spaltproduktkonzentrat, die Hüllen und Strukturteile und der Feedklärschlamm aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente sowie die Brennelemente selbst, sofern sie nicht wiederaufgearbeitet, sondern als radioaktiver Abfall direkt endgelagert werden sollen.

2.2 Herkunft

In der Bundesrepublik Deutschland fallen radioaktive Abfälle an

- bei der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung,
- im Bereich von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten,
- bei der Radioisotopenanwendung in Gewerbe, Industrie und Medizin,
- bei der Stilllegung und dem Abbau kerntechnischer Einrichtungen sowie
- bei sonstigen Ablieferungspflichtigen und Abführungspflichtigen (Landessammelstellen).

Darüber hinaus sind radioaktive Abfälle zu berücksichtigen, die bei der Wiederaufarbeitung von ausgedienten Brennelementen aus deutschen Kernkraftwerken in Anlagen des europäischen Auslands anfallen und zurückgeliefert werden und die bei der Konditionierung von ausgedienten Brennelementen, insbesondere aus Leichtwasserreaktoren, für die direkte Endlagerung zu erwarten sind.

Im Jahr 1998 waren in Deutschland 19 Kernkraftwerke mit einer Leistung von etwa 22 GWe brutto in Betrieb. Ein weiterer Leistungsreaktor bleibt aufgrund eines gerichtlichen Entscheids auf unbestimmte Zeit außer Betrieb. Neben den Betriebsabfällen der Kernkraftwerke sind radioaktive Abfälle zu berücksichtigen, die in Anlagen zur Urananreicherung oder zur Brennelementherstellung anfallen. In Forschungszentren fallen radioaktive Abfälle beim Betrieb von Forschungsreaktoren wie auch bei der Durchführung von grundlagen- und/oder anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an. Radioaktive Abfälle, die bei Kleinverursachern wie Arztpraxen, Krankenhäusern, Universitäten, Forschungseinrichtungen und -instituten oder bei Firmen aus dem Bereich von Gewerbe und Industrie anfallen, werden an Landessammelstellen abgegeben und dort zwischengelagert. Neben den in Betrieb befindlichen kerntechnischen Einrichtungen sind eine Wiederaufarbeitungsanlage, mehrere Prototyp- und Leistungsreaktoren sowie verschiedene Anlagen der kerntechnischen Industrie abgeschaltet bzw. stillgelegt worden, die sich entweder in der Phase des sicheren Einschlusses befinden oder abgebaut und demontiert werden. Darüber hinaus fallen radioaktive Abfälle im Bereich der Bundeswehr und der pharmazeutischen Industrie an.

Eine Wiederaufarbeitung von ausgedienten Brennelementen ist in Deutschland nach der Stilllegung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) und der Aufgabe der Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf (WAW) nicht vorgesehen. Für die Wiederaufarbeitung dieser Brennelemente aus deutschen Druckwasser- und Siedewasserreaktoren wurden Verträge mit Wiederaufarbeitern in Frankreich (COGEMA, Compagnie Générale des Ma-

tières Nucléaires)) und Großbritannien (BNFL, British Nuclear Fuels plc.) geschlossen, nach denen der bei der Wiederaufarbeitung anfallende Abfall in entsprechender Menge zurückzunehmen ist. Während die Rücklieferung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen aus Frankreich im Mai 1996 mit dem verglasten Spaltproduktkonzentrat begonnen hat, liegt für die vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfälle (bituminierte Abfälle) derzeit kein verbindlicher Zeitplan vor. Hier muss COGEMA die nächsten Schritte initiieren und auf die deutschen Kunden zugehen. Im Hinblick auf die aus Großbritannien zurückzunehmenden radioaktiven Abfälle beabsichtigt BNFL, die vergleichsweise großen Volumina vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle (hochdruckverpresste und zementierte Abfälle) nicht zurückzuliefern, sondern durch ein entsprechendes Volumen an wärmeentwickelnden Abfällen (verglastes Spaltproduktkonzentrat) zu substituieren. Diesbezügliche Verhandlungen sind jedoch nicht endgültig abgeschlossen, so dass verbindliche Aussagen über die Rücklieferung dieser Abfälle derzeit nicht gemacht werden können.

3. Bestand und Anfall radioaktiver Abfälle

Die Ergebnisse der Abfallerhebung für das Jahr 1998 basieren auf einer Auswertung der von 57 Ablieferungspflichtigen und Abführungspflichtigen bereitgestellten Angaben. Bei einigen Kernkraftwerksbetreibern sind 2 Blöcke in Betrieb. Im Hinblick auf einen schnellen Überblick sind in den nachfolgenden Tabellen 2 bis 4 die wesentlichen Ergebnisse der Abfallerhebung für das Jahr 1998 zum Bestand an unbehandelten Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle), Zwischenprodukten und konditionierten Abfällen in Abhängigkeit von ihrer Herkunft zusammengefasst. Auf Einzelheiten wird in den sich anschließenden Kapiteln eingegangen. Die Reststoffe aus der Stilllegung können Betriebsabfälle der betreffenden stillgelegten Anlage mit einschließen. In der Gruppe stillgelegte Kernkraftwerke sind die zum heutigen Zeitpunkt stillgelegten Kernkraftwerke (Greifswald, Rheinsberg, Würgassen u.a.) enthalten.

Gruppe	vernachlässigbar wärmeentwickelnd	wärmeentwickelnd
Forschungseinrichtungen	6477	-
kerntechnische Industrie	11204	-
Kernkraftwerke	5134	-
stillgelegte Kernkraftwerke	5991	390
Landessammelstellen	867	-
Sonstige Ablieferungspflichtige	3692	-
Wiederaufarbeitung	480	64
Summe	33845	454

Tabelle 2: Bestand an unbehandelten Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle)
am 31.12.1998, Angaben in m³

Gruppe	Bestand am 31.12.1998	Anfall 1998
Forschungseinrichtungen	400	34
kerntechnische Industrie	310	277
Kernkraftwerke	941	424
stillgelegte Kernkraftwerke	663	340
Landessammelstellen	136	9
Sonstige Ablieferungspflichtige	100	100
Summe	2550	1184

Tabelle 3: Bestand an Zwischenprodukten am 31.12.1998 und Anfall 1998, Angaben in m³

Gruppe	Bestand am 31.12.1998 vernachlässigbar wärmeentwickelnd	Bestand am 31.12.1998 wärmeentwickelnd
Forschungseinrichtungen	30239	79
kerntechnische Industrie	2664	-
Kernkraftwerke	14069	1260
Landessammelstellen	2021	19
Wiederaufarbeitung	11902	55
Wiederaufarbeitung HAW	-	15
Summe	60895	1428

Tabelle 4: Bestand an konditionierten vernachlässigbar wärmeentwickelnden und wärmeentwickelnden Abfällen am 31.12.1998, Angaben in m³

Bisher sind nur wärmeentwickelnde Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland nach Deutschland zurückgeliefert worden; diese sind in der Spalte Wiederaufarbeitung HAW (High Active Waste, hochaktiver Abfall) aufgeführt.

3.1 Anzahl vorhandener Abfallgebinde

Die Verpackung von radioaktiven Abfällen orientiert sich an den Abfallbehältern, die in den Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle für das Endlager Morsleben [4] und in den vorläufigen Anforderungen für das geplante Endlagerprojekt Konrad [5] vorgegeben sind.

In Deutschland waren am 31.12.1998 endlagergerecht konditionierte radioaktive Abfälle in Form von 53048 Abfallgebinden zwischengelagert. Dieser Bestand teilt sich auf in

- ca. 52067 Gebinde vernachlässigbar wärmeentwickelnde und
- ca. 981 Gebinde wärmeentwickelnde Abfälle.

Fässer, zylindrische Betonbehälter sowie Container in Stahlblech- und Betonausführung dienen überwiegend zur Verpackung der verarbeiteten vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfälle. Von den insgesamt verwendeten Verpackungen entfallen 32453 Stück auf 200-l-Fässer, 7911 Stück auf zylindrische Betonbehälter Typ I, 738 Stück auf zylindrische Betonbehälter Typ II, 4483 Stück auf Container Typ IV und 3033 Stück auf zylindrische Gussbehälter Typ II. Detaillierte Angaben sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Zur Verpackung der verarbeiteten wärmeentwickelnden Abfälle werden insbesondere 200-l-Fässer verwendet, die mit 575 Stück den überwiegenden Anteil der hierfür insgesamt verwendeten Verpackungen von 966 Stück bilden.

Neben den endlagergerecht konditionierten Abfällen ist der Bestand von vorbehandelten Rohabfällen bzw. Zwischenprodukten zu berücksichtigen, die je nach Erfordernis noch weiteren Konditionierungsmaßnahmen zu unterwerfen sind. Dieser Bestand ist in 6179 Behältern verpackt bzw. eingestellt, von denen 4591 Stück auf 200-l-Fässer entfallen.

Im ERAM wurden 1998 insgesamt 19415 Abfallgebinde eingelagert, davon entfielen 15888 auf 200-l-Fässer, 1042 auf 280-l-Fässer, 1513 auf 400-l-Fässer, 322 auf 570-l-Fässer, 258 auf zylindrische Betonbehälter Typ I und 392 auf zylindrische Betonbehälter Typ II.

Verpackung der konditionierten radioaktiven Abfälle	Bestand am 31.12.1997 Stück	Bestand am 31.12.1998 Stück
Fässer Summe	35446	34742
180-I-Fass	-	16
200-I-Fass	33479	32453
280-I-Fass	400	1181
400-I-Fass	1564	1039
570-I-Fass	3	53
Betonbehälter Summe	8656	8649
Typ I	7732	7911
Typ II	924	738
Gussbehälter Summe	3732	3827
Typ I	65	65
Typ II	2938	3033
Typ III	729	729
Container Summe	4851	4849
Typ I	2	2
Typ II	133	133
Typ III	56	33
Typ IV	4397	4483
Typ V	193	124
Typ VI	70	70
Typ VIII	-	4
Summe	52685	52067

Tabelle 5: Behälterspezifische Aufteilung des Bestandes konditionierter vernachlässigbar
wärmeentwickelnder Abfälle

Das 200-I-Fass ist nach wie vor der am meisten verwendete Abfallbehälter. Der Bestand an 200-I-Fässern, die zur Verpackung vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle dienen, hat im Vergleich zum Vorjahr um ca. 1000 Stück abgenommen; diese Abnahme ist durch verstärkte Maßnahmen bei der Konditionierung bzw. Umkonditionierung von radioaktiven Abfällen in Verbindung mit dem Einlagerungsbetrieb im Endlager Morsleben begründet. Bei

den wärmeentwickelnden Abfällen ist eine große Bandbreite bezüglich der Aktivität vorhanden. Zur Verpackung von den vergleichsweise weniger aktiven wärmeentwickelnden Abfällen werden insbesondere 200-l-Fässer verwendet, von denen 575 Stück vorhanden sind. Darüber hinaus sind 2 Gussbehälter zwischengelagert. Die ausgedienten Brennelemente aus dem THTR (Thorium-Hochtemperaturreaktor) sind in 305 Castoren eingebracht. Das verglaste Spaltproduktkonzentrat aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente aus der Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA in Frankreich ist in 84 Kokillen in 3 Castoren eingebracht. Im Transportbehälterlager Gorleben lagerten am 31.12.1998 38,4 Mg SM und im Transportbehälterlager Ahaus lagerten 57,8 Mg SM ausgedienter Brennelemente [2].

3.2 Vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle

3.2.1 Unbehandelte Reststoffe

Der Bestand an unbehandelten Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle) betrug am 31.12.1998 33845 m³ (Tabelle 6). Zu diesem Volumen tragen die Kernkraftwerke mit 15,2 %, die stillgelegten Kernkraftwerke mit 17,7%, die kerntechnische Industrie mit 33,1 %, die Forschungseinrichtungen mit 19,1 % und die übrigen Ablieferungspflichtigen mit 14,9 % bei.

Gruppe	vernachlässigbar wärmeentwickelnd
Forschungseinrichtungen	6477
kerntechnische Industrie	11204
Kernkraftwerke	5134
stillgelegte Kernkraftwerke	5991
Landessammelstellen	867
Sonstige Ablieferungspflichtige	3692
Wiederaufarbeitung	480
Summe	33845

Tabelle 6: Bestand an unbehandelten radioaktiven Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle) am 31.12.1998, Angaben in m³

Darüber hinaus wurden Volumina an unbehandelten radioaktiven Reststoffen gemeldet, die aus der Uranverarbeitung stammen. Die Verwertung bzw. Konditionierung und Entsorgung dieser Materialien und Stoffe ist in Vorbereitung.

Im Ostquerschlag des ERAM wurde 1983 ein 200-l-Fass mit Radium-Strahlenquellen zwischengelagert. Das Aktivitätsinventar für Ra-226 beträgt ca. 370 GBq. Im Untertagemessfeld befinden sich in Bohrlöchern Spezialcontainer mit überwiegend Co-60-Strahlenquellen. Die Radium-Quellen und die Co-60-Quellen werden solange im ERAM zwischengelagert, bis eine geeignete Lösung für ihre weitere Verwendung gefunden wird. Das BfS prüft, ob das Radium-Fass und die Co-Quellen im ERAM im Rahmen der Stilllegung endgelagert werden können.

3.2.2 Zwischenprodukte

Zwischenprodukte sind vorbehandelte bzw. behandelte radioaktive Abfälle, die zur Herstellung eines endlagerfähigen Abfallprodukts noch mindestens eines weiteren Verarbeitungsschrittes bedürfen und endlagergerecht verpackt werden müssen. Von den Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen sind Zwischenprodukte ausschließlich im Zusammenhang mit vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen genannt worden; Angaben zu Zwischenprodukten, die aus der Vorbehandlung bzw. Behandlung von wärmeentwickelnden Rohabfällen stammen, wurden nicht gemacht.

Zur Verpackung von Zwischenprodukten werden die unterschiedlichsten Behältnisse verwendet. Hierzu zählen sowohl standardisierte Behälter [5] wie der Gussbehälter Typ II und die Container Typ IV bis Typ VI als auch Fässer mit verschiedenen Volumina wie 180 l, 200 l oder 400 l. Darüber hinaus werden Zwischenprodukte auch in 10-Fuß- und 20-Fuß-Containern eingestellt.

Am 31.12.1998 betrug der Bestand an Zwischenprodukten 2550 m³ (Tabelle 7). Dieses Volumen fällt überwiegend im Bereich der Kernkraftwerke (36,9 %), der stillgelegten Kernkraftwerke (26%) und der Forschungseinrichtungen (15,7 %) an, während alle übrigen Ablieferungspflichtigen einen demgegenüber kleineren Anteil liefern (21,4 %).

Gruppe	Bestand am 31.12.1998	Anfall 1998
Forschungseinrichtungen	400	34
kerntechnische Industrie	310	277
Kernkraftwerke	941	424
stillgelegte Kernkraftwerke	663	340
Landessammelstellen	136	9
Sonstige Ablieferungspflichtige	100	100
Summe	2550	1184

Tabelle 7: Bestand an Zwischenprodukten am 31.12.1998 und Anfall 1998, Angaben in m³

3.2.3 Konditionierte Abfälle

Am 31.12.1998 betrug der Bestand an konditionierten Abfällen (Abfallgebindevolumen) 60895 m³ (Tabelle 8). Die Aufschlüsselung der Herkunft dieses Volumens zeigt, dass 49,7% auf die Forschungseinrichtungen, 17,3 % auf den Betrieb von Kernkraftwerken, 5,8% auf die Stilllegung von Kernkraftwerken, 19,5 % auf die Wiederaufarbeitung von ausgedienten Brennelementen und 7,7% auf die übrigen Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen entfallen (Abbildung 1).

Gruppe	Bestand am 31.12.1997	Anfall 1998	ERAM 1998	Bestand am 31.12.1998
Forschungseinrichtungen	29138	1671	570	30239
Kerntechnische Industrie	2664	198	198	2664
Kernkraftwerke	11846	1561	2853	10554
stillgelegte Kernkraftwerke	3872	2362	2719	3515
Landessammelstellen	1962	193	134	2021
Wiederaufarbeitung	11710	251	59	11902
Summe	61192	6236	6533	60895

Tabelle 8: Bestand Ende 1997, Anfall 1998, eingelagerte Volumina 1998 sowie Bestand Ende 1998, vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle, Angaben in m³

Zum Anfall von ca. 6236 m³ im Jahr 1998 tragen insbesondere die Kernkraftwerke mit 25% und die stillgelegten Kernkraftwerke mit 37,9% bei, während sich der Anteil der übrigen Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen auf 37,1% beläuft (Abbildung 2).

Im Jahr 1999 wird mit einem Aufkommen an konditionierten Abfällen von ca. 6300 m³ gerechnet.

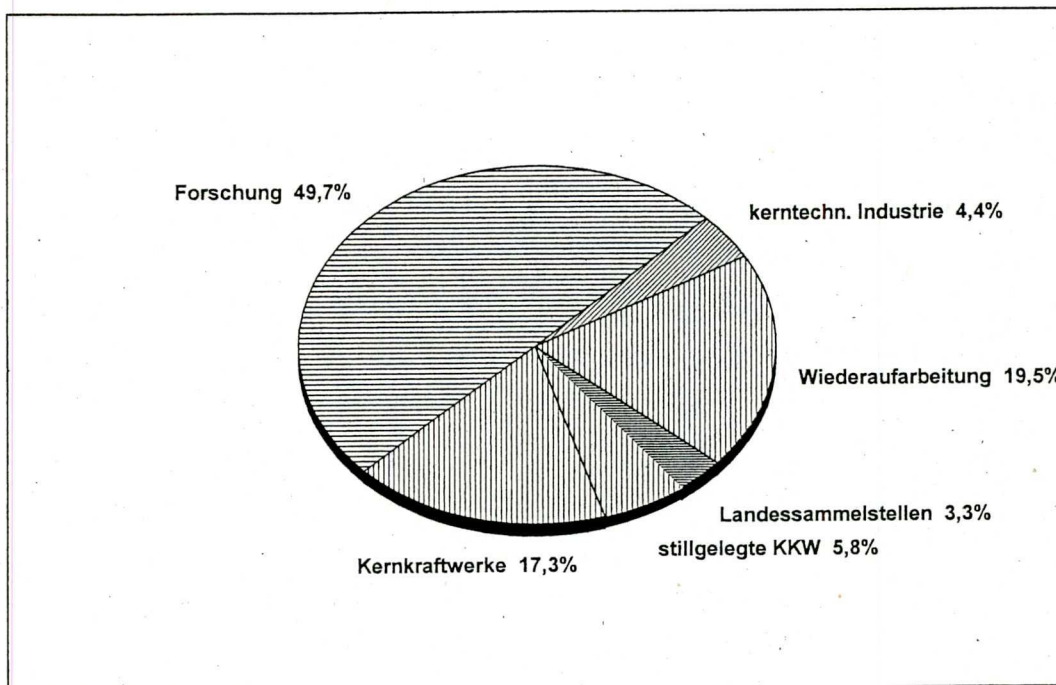


Abb. 1: Prozentuale Verteilung des Bestandes konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle am 31.12.1998 (Gesamtvolumen: 60895 m³)

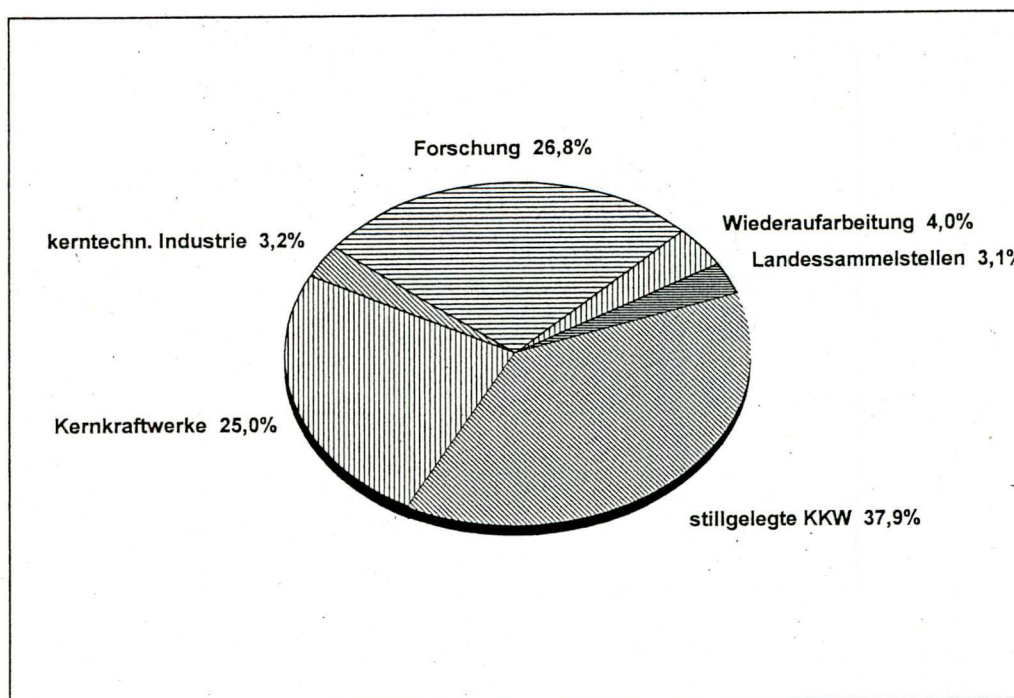


Abb. 2: Prozentuale Verteilung des Anfalls konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle im Jahr 1998 (Gesamtvolumen: 6236 m³)

3.3 Wärmeentwickelnde Abfälle

3.3.1 Rohabfälle

Der Bestand an wärmeentwickelnden Rohabfällen belief sich am 31.12.1998 auf 454 m³. Dieses Volumen setzt sich aus dem Spaltproduktkonzentrat aus der stillgelegten WAK sowie Core-Schrott eines Kernkraftwerkes zusammen. Zur Entsorgung des Spaltproduktkonzentrats der WAK errichtet das Forschungszentrum Karlsruhe derzeit die Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK).

Zusätzlich zu diesen Volumina wurden als wärmeentwickelnde Reststoffe die kugelförmigen Brennelemente des AVR Jülich (1,5 Mg SM [2]) gemeldet, die im Forschungszentrum Jülich lagern.

3.3.2 Konditionierte Abfälle

Wärmeentwickelnde Abfälle sind 1998 nur in geringen Mengen angefallen. Am 31.12.1998 betrug der Bestand an konditionierten Abfällen (Abfallgebindevolumen) 1428 m³ (Tabelle 9). Die Aufschlüsselung der Herkunft dieses Volumens zeigt, dass 88,2 % auf die stillgelegten Kernkraftwerke, 0,1% auf die Kernkraftwerke, 5,5 % auf die Forschungseinrichtungen, 3,8 % auf die Wiederaufarbeitung von ausgedienten Brennelementen in der WAK, 1,1 % auf die Wiederaufarbeitung bei der COGEMA und 1,3 % auf die Landessammelstellen entfallen (Abbildung 3). Der Anteil der Kernkraftwerke enthält zu 99,5 % ausgediente Brennelemente aus dem THTR. Die aus dem THTR entladene Masse der Kugelbrennelemente im BE-Zwischenlager Ahaus beträgt 6,9 Mg Schwermetall. Ausgediente Kugelbrennelemente sollen direkt endgelagert werden; sie wurden vom Betreiber als radioaktive Abfälle gemeldet und sind daher im Bestand wärmeentwickelnder Abfälle aufgeführt.

Anfall und Bestand ausgedienter Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren werden im Rahmen einer jährlichen Umfrage durch das BMU ermittelt. Ausgediente Brennelemente sind daher nicht im Bestand und Anfall wärmeentwickelnder Abfälle aufgeführt. Der Nachweis der Entsorgungsvorsorge erfolgt zurzeit durch Zwischenlagerung oder Wiederaufarbeitung im Ausland. Für die zwischengelagerten ausgedienten Brennelemente, die nicht wiederaufgearbeitet werden, ist die direkte Endlagerung vorgesehen. Bevor die direkte Endlagerung (DE) als Entsorgungsweg (§9a Abs.1 AtG) eingeführt wurde, galten ausgediente Brennelemente als Wertstoffe, die zu rezyklieren waren, sofern dies schadlos möglich und wirtschaftlich vertretbar war. Aus Leistungsreaktoren der alten Bundesländer wurden bis

zum 31.12.1998 5423,1 Mg SM entweder zur Wiederaufarbeitung oder in die externen Zwischenlager Ahaus und Gorleben verbracht. Aus Versuchs- und Prototypreaktoren wurden 179,4 Mg SM und aus den Reaktoren der neuen Bundesländer wurden 926 Mg SM entladen [2].

Im Jahr 1996 sind erstmals Kokillen aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente aus deutschen Kraftwerken in Frankreich zurückgeführt worden. Am 31.12.1998 lagerten 3 Behälter mit je 28 Glaskokillen im Transportbehälterlager Gorleben. Das Abfallgebindevolumen von 15 m³ beinhaltet nur die Kokillen, nicht die Transportbehälter, da diese nicht für die Endlagerung vorgesehen sind. In Frankreich stehen zurzeit 6 Castoren mit je 28 Kokillen für die Rückführung nach Deutschland bereit. Insgesamt sollen 2800 HAW-Kokillen aus Frankreich zurückgeliefert werden. Aufgrund neuer Regelungen zwischen COGEMA und den deutschen Kunden sowie verfahrenstechnischer Verbesserungen bei COGEMA ist geplant, Hülsen- und Strukturmaterial zusammen mit den sogenannten technologischen Abfällen mittels Hochdruckkompaktierung zu konditionieren und in Form von etwa 6000 (max. 7000 Stück) Kokillen zurückzuliefern. Die Rückführung dieser Kokillen soll nach heutigem Planungsstand ab dem Jahr 2008 erfolgen. Die Arbeiten zur Zementierung wurden eingestellt.

Mit BNFL wird über eine Abfallsubstitution vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle, Hülsen- und Strukturteile sowie Feedklärschlamm durch HAW verhandelt. Es werden vertragsgemäß ca. 700 Glaskokillen zurückerwartet, bei Substitution entsprechend mehr. In der derzeitigen Prognose sind diese Abfälle jedoch enthalten, da die Substitution noch nicht vereinbart worden ist.

Gruppe	Bestand am 31.12.1997	Anfall 1998	Bestand am 31.12.1998
Forschungseinrichtungen	75	4	79
kerntechnische Industrie	-	-	-
Kernkraftwerke	-	1	1
stillgelegte KKW	1259	-	1259
Landessammelstellen	19	-	19
Wiederaufarbeitung	55	-	55
Wiederaufarbeitung HAW	15	-	15
Summe	1423	5	1428

Tabelle 9: Bestand konditionierter wärmeentwickelnder Abfälle in Deutschland Ende 1997, Anfall 1998 sowie Bestand Ende 1998, Angaben in m³

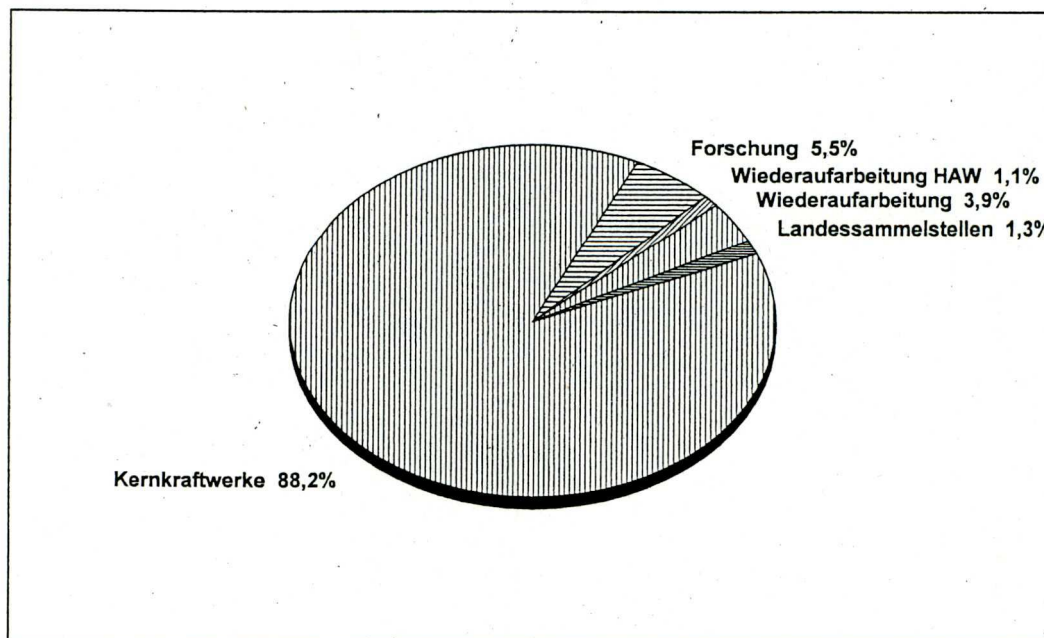


Abb. 3: Prozentuale Verteilung des Bestandes konditionierter wärmeentwickelnder Abfälle in Deutschland am 31.12.1998 (Gesamtvolumen: 1428 m³)

Für das Folgejahr 1999 haben die Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen keine Abschätzungen für das erwartete Aufkommen an konditionierten wärmeentwickelnden Abfällen übermittelt.

4. Vergleich der Abfallmengen 1984 - 1998

Die Abfallerhebung wird vom BfS seit dem Jahr 1984 durchgeführt. Die seitdem angefallenen Mengen an radioaktiven Reststoffen und Abfällen sind in Tabelle 10 zusammengestellt. Danach fallen im Mittel etwa 4800 m³/a an konditionierten vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen an; demgegenüber ist der jährliche Anfall wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle deutlich geringer.

Abfallerhebung	unbehandelte Reststoffe*)	konditionierte Abfälle				
		vernachlässigbar wärmeentwickelnd			wärmeentwickelnd	
		Bestand am Jahresende	Anfall	im ERAM endgelagert	Bestand am Jahresende	Anfall
1984	6350	24930	4146		184	19
1985	5416	29347	4593		213	29
1986	5039	33606	4596		249	36
1987	7662	37504	4225		416	46
1988	10694	40248	3449		463	37
1989	11671	43940	3719		480	28
1990	14875	49997	6878	708	573	93
1991	18076	54930	5098	49	607	36
1992	27780	58405	3493	-	612	5
1993	27556	61322	4072	-	1372	760
1994	26266	63180	3802	1842	1623	276
1995	30107	60798	3376	5758	1928	305
1996	27611	61789	8352	7361	1774	-154
1997	28446	61192	7288	7885	1423	-351
1998	33845	60895	6236	6533	1428	5

*) vernachlässigbar wärmeentwickelnd

Tabelle 10: Aufkommen radioaktiver Reststoffe im Zeitraum von 1984 bis 1998,
Angaben in m³

Für 1996 und 1997 ergab sich eine Abnahme radioaktiver wärmeentwickelnder Abfälle. Der Rückgang resultiert aus einer vom Abfallverursacher vorgenommenen Änderung der Zuordnung wärmeentwickelnd-vernachlässigbar wärmeentwickelnd auf der Basis der vorläufigen Endlagerungsbedingungen für das geplante Endlager Konrad [5].

Belastbare Tendenzen für eine Zu- bzw. Abnahme der Reststoff- und Rohabfallvolumina können grundsätzlich nur bedingt aufgezeigt werden, da einerseits die Bemühungen zur Vermeidung des Anfalls radioaktiver Abfälle, zur Wiederverwertung von Reststoffen und zur Sortierung von Rohabfällen fortgesetzt wie auch andererseits die verschiedenen Rohabfälle entsprechend zusammengestellt werden, um anschließend chargenweise einer Konditionierung zugeführt zu werden.

Bei Zwischenprodukten können ebenfalls keine belastbaren Angaben über eine Zu- und Abnahme der erwarteten Volumina gemacht werden, da ihr Anfall von den jeweils vorgesehenen Verarbeitungs- und Verpackungsschritten abhängt.

Aus Tabelle 10 ist zu ersehen, dass von 1996 bis 1998 ein wesentlich höherer Anfall vorhanden ist als in den vorherigen Jahren. Eine Erklärung hierfür ist, dass sich die Abfallverursacher verstärkt um eine Einlagerung im ERAM bemüht haben.

Ergänzend zu Tabelle 10 zeigt Abbildung 4 den aufgeschlüsselten jährlichen Anfall konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle in Abhängigkeit von ihrer Herkunft.

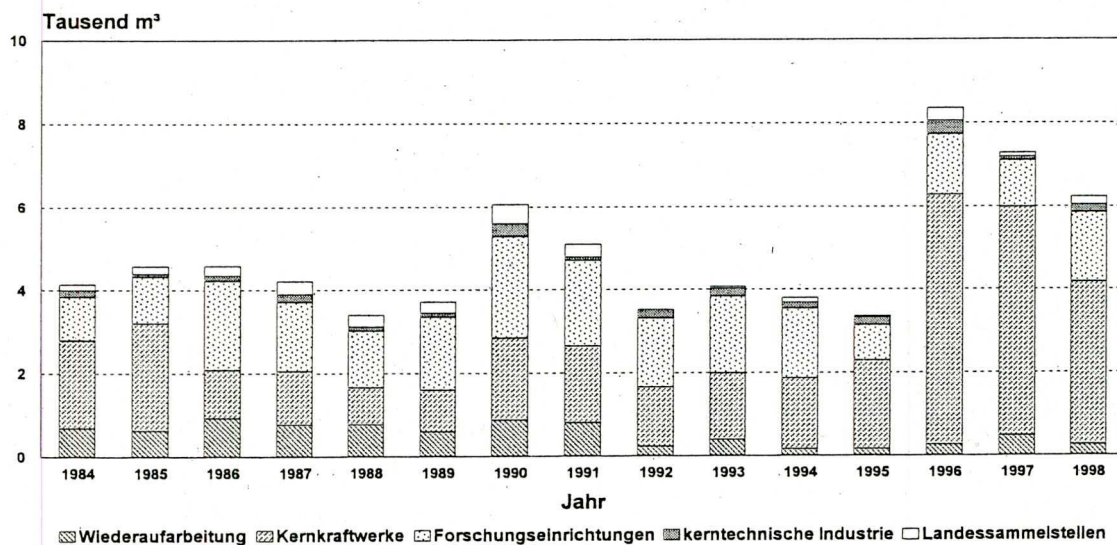


Abb. 4: Jährlicher Anfall konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle in Abhängigkeit von ihrer Herkunft im Zeitraum 1984 bis 1998

Im Zeitraum vom 13. Januar 1994 bis zum 28. September 1998 wurden im ERAM 22320 m³ feste Abfälle der Abfallart A1 [4] in 95444 Stück 200-l-, 280-l-, 400-l- und 570-l-Fässern sowie

in zylindrischen Betonbehältern Typ I und Typ II und 394 Stück umschlossene Strahlenquellen der Abfallart A3 [4] endgelagert.

5. Prognose des zukünftigen Abfallaufkommens

5.1 Prognose für das Folgejahr

Tabelle 11 enthält den für das Jahr 1999 erwarteten Anfall an konditionierten vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen.

Gruppe	Prognose für 1999
Forschungseinrichtungen	816
kerntechnische Industrie	326
Kernkraftwerke	1446
stillgelegte Kernkraftwerke	2844
Landessammelstellen	411
Sonstige Ablieferungspflichtige	8
Wiederaufarbeitung	444
Summe	6295

Tabelle 11: Prognose der Abfallverursacher für den erwarteten Anfall konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle im Jahr 1999, Angaben in m³

Nicht alle Abfallverursacher haben Angaben über den zu erwartenden Abfall bereitgestellt. Bei Verursachern, bei denen die Abfallmeldung mittels ISAR erfolgt, sind keine Daten verfügbar. Für jedes derzeit betriebene Kernkraftwerk wurde daher der Anfall von 75 m³ Abfallgebindevolumen im Jahr veranschlagt. Die prognostizierten Abfallgebindevolumina sind mit dem Anfall der vergangenen Jahre vergleichbar.

Für wärmeentwickelnde Abfälle haben die Abfallverursacher keine Prognose für den Anfall im Jahr 1999 übermittelt.

5.2 Prognosen für Endlagerplanungsarbeiten

Für Endlagerplanungsarbeiten ist es erforderlich, Prognosen über das zukünftige Abfallaufkommen zu erstellen. Dabei sind insbesondere die weitere Nutzung der Kernenergie für die Stromerzeugung, die Brennelementherstellung, die Konditionierung von radioaktiven Abfällen und auch die Forschung von Bedeutung. Der von den Koalitionsparteien beschlossene Ausstieg aus der friedlichen Nutzung der Kernenergie für die Stromerzeugung ist zurzeit

Gegenstand noch laufender Konsensgespräche , daher werden in diesem Bericht vier Szenarien betrachtet.

5.2.1 Vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle

Die Prognosen bauen auf dem Bestand an konditionierten radioaktiven Abfällen am 31.12.1998 auf und berücksichtigen weiterhin die von den Abfallverursachern übermittelten neuesten Angaben für Endlagerplanungsarbeiten. Diese fortgeschriebenen Angaben und Daten umfassen jeweils auch die Stilllegung und den Abbau von kerntechnischen Einrichtungen. Es handelt sich bei den verwendeten Daten um Planungswerte, die zwangsläufig mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind und bei Änderung angepasst werden müssen. Aufgrund des vorläufigen Einlagerungsstopps im Endlager Morsleben wurden die Abfallmengen für einige Verursacher neu abgeschätzt, da die zur Endlagerung vorgesehenen Abfälle für dieses Endlager in den von den Ablieferungspflichtigen übermittelten Mengen nicht mehr berücksichtigt waren. Es handelt sich hierbei jedoch um vergleichsweise geringe Mengen.

Zunächst wird der Anfall an Abfällen dargestellt, die bei der Radioisotopenanwendung außerhalb des Kernkraftwerksbereiches sowie beim Abriss von bereits stillgelegten kerntechnischen Anlagen anfallen. Diese Angaben sind unabhängig von der Laufzeit der betriebenen Kernkraftwerke und dem damit verbundenen Aufkommen von Betriebsabfällen.

Gruppe	kumuliertes Abfallgebinder-volumen 2040	kumuliertes Abfallgebinder-volumen 2080
Forschungseinrichtungen	41565	50687
stillgelegte Kernkraftwerke (bis 31.12.1998)	42386	42386
Landessammelstellen	9119	15879
Sonstige Ablieferungs-pflichtige	336	416

Tabelle 12: Prognose für das zukünftige Aufkommen der Abfälle außerhalb des Kernbrennstoffkreislaufs sowie der bereits stillgelegten Kernkraftwerke, Angaben in m³

Aus Tabelle 12 ist zu ersehen, dass die am 31.12.1998 bereits stillgelegten Kernkraftwerke bei allen Modellbetrachtungen nur bis 2040 Beiträge zum kumulierten Abfallgebinder-volumen liefern, d.h. bis zu diesem Zeitpunkt ist ihr Abbau vollständig abgeschlossen. Gemäß Pla-

nungen der Abfallverursacher wird nach 2040 bei den Forschungseinrichtungen, bei den Landessammelstellen und bei sonstigen Ablieferungspflichtigen weiterhin mit einem Abfallanfall gerechnet, jedoch wird deutlich weniger Abfall anfallen.

Des weiteren wurden vier Modelle für den zukünftigen Anfall radioaktiver Abfälle aus Kernkraftwerken erarbeitet, die alle auf einem Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung basieren, und zwar mit einer

- Betriebszeit der Kernkraftwerke von 50 Kalenderjahren,
- Betriebszeit der Kernkraftwerke von 35 Kalenderjahren,
- Betriebszeit der Kernkraftwerke von 30 Kalenderjahren und
- Betriebszeit der Kernkraftwerke von 25 Kalenderjahren.

Nach Außerbetriebnahme der betreffenden Anlage werden jeweils 2 Jahre Nachbetrieb, 1 Jahr Entladung und 1 Jahr Vorbereitung des Abbaus angenommen.

Für Endlagerplanungen ist die Betrachtung eines Szenariums „50-Jahre“ (Prognose 50a) abdeckend; die drei letztgenannten Szenarien spiegeln die momentane Diskussion um den Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung wider.

Die Variation der Betriebszeit der Kernkraftwerke beeinflusst auch den Anfall der Abfälle aus der Urananreicherung und der Brennelementherstellung sowie der Konditionierungsanlage für ausgediente Brennelemente. Dies wurde bei den Szenarien entsprechend berücksichtigt.

Die Gruppe Kernkraftwerke enthält die Volumina der heute in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke inklusive der Stilllegungsabfälle, die im Mittel mit 5700 m³ je Kernkraftwerk berücksichtigt wurden. Für jedes Kernkraftwerk wird pro Jahr 75 m³ Abfallgebindevolumen an Betriebsabfällen berechnet, dieses Volumen entspricht dem Durchschnittswert der bisherigen Abfallerhebungen. Beim ersten Szenarium „Prognose50a“ wird das Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich als KKW in Betrieb eingeordnet, bei den übrigen drei Szenarien wird kein Betrieb dieser Anlage unterstellt.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der vier Prognosen (50 Jahre, 35 Jahre, 30 Jahre und 25 Jahre Laufzeit der Kernkraftwerke) tabellarisch zusammengestellt.

Gruppe	Summe 2000	Summe 2005	Summe 2010	Summe 2020	Summe 2030	Summe 2040	Summe 2080
Forschungseinrichtungen	31638	34623	36111	38765	40165	41565	50687
Kerntechnische Industrie	3904	7412	7490	7648	7806	7962	9147
Kernkraftwerke	13577	21154	28654	43654	65174	127231	197597
Stillgelegte KKW (31.12.1998)	9939	22503	28725	34886	34886	42386	42386
Landessammelstellen	2359	3204	4049	5739	7429	9119	15879
Sonstige Ablieferungs- pflichtige	16	56	96	176	256	336	416
Wiederaufarbeitung	14734	25274	28289	28289	28289	28289	28289
Gesamtsumme	76167	114226	133414	159157	184005	256888	344401

Tabelle 13: Prognostizierte Abfallgebindevolumina für das Szenarium „Prognose 50a“,
Angaben in m³

Prognose 50a: Bei diesem Szenarium sind im Jahr 2040 noch nicht alle Stilllegungsabfälle aus den derzeit betriebenen Kernkraftwerken vorhanden. Der Anteil der KKW-Betriebsabfälle am kumulierten Volumen der Kernkraftwerke (Betriebs- und Stilllegungsabfälle der zurzeit betriebenen Kernkraftwerke sowie der Pilotkonditionierungsanlage und der industriellen Konditionierungsanlage) von 197597 m³ beträgt bei diesem Szenarium 66300 m³. Darüber hinaus fallen nach 2040 noch Abfälle in den Forschungszentren, Landessammelstellen und bei sonstigen Ablieferungspflichtigen an.

Gruppe	Summe 2000	Summe 2005	Summe 2010	Summe 2020	Summe 2030	Summe 2040	Summe 2080
Forschungseinrichtungen	31638	34623	36111	38765	40165	41565	50687
Kerntechnische Industrie	3904	7412	7490	7648	8248	8408	8408
Kernkraftwerke	13502	20704	28889	72043	144844	167218	167218
Stillgelegte KKW (31.12.1998)	9939	22503	28725	34886	34886	42386	42386
Landessammelstellen	2359	3204	4049	5739	7429	9119	15879
Sonstige Ablieferungs- pflichtige	16	56	96	176	256	336	416
Wiederaufarbeitung	14734	25274	28289	28289	28289	28289	28289
Gesamtsumme	76092	113776	133649	187546	264117	297321	313283

Tabelle 14: Prognostizierte Abfallgebindevolumina für das Szenarium „Prognose 35a“,
Angaben in m³

Prognose 35a: Der Anteil der KKW-Betriebsabfälle an dem kumulierten Volumen von 167218 m³ beträgt bei diesem Szenarium 40950 m³. Nach 2040 fallen nur noch radioaktive Abfälle in den Forschungszentren, Landessammelstellen und bei sonstigen Ablieferungspflichtigen an.

Gruppe	Summe 2000	Summe 2005	Summe 2010	Summe 2020	Summe 2030	Summe 2040	Summe 2080
Forschungseinrichtungen	31638	34623	36111	38765	40165	41565	50687
Kerntechnische Industrie	3904	7412	7490	7619	8379	8379	8379
Kernkraftwerke	13502	20704	33128	95138	150258	158716	158716
Stillgelegte KKW (31.12.1998)	9939	22503	28725	34886	42386	42386	42386
Landessammelstellen	2359	3204	4049	5739	7429	9119	15879
Sonstige Ablieferungs- pflichtige	16	56	96	176	256	336	416
Wiederaufarbeitung	14734	25274	28289	28289	28289	28289	28289
Gesamtsumme	76092	113776	137888	210612	277162	288790	304752

Tabelle 15: Prognostizierte Abfallgebindevolumina für das Szenarium „Prognose 30a“,
Angaben in m³

Prognose 30a: Der Anteil der KKW-Betriebsabfälle an dem kumulierten Volumen von 158716 m³ beträgt bei diesem Szenarium 34125 m³. Nach 2040 fallen nur noch radioaktive Abfälle in den Forschungszentren, Landessammelstellen und bei sonstigen Ablieferungspflichtigen an.

Gruppe	Summe 2000	Summe 2005	Summe 2010	Summe 2020	Summe 2030	Summe 2040	Summe 2080
Forschungseinrichtungen	31638	34623	36111	38765	40165	41565	50687
Kerntechnische Industrie	3904	7412	7490	7650	7650	8250	8250
Kernkraftwerke	13502	20704	53676	130798	144483	151265	151265
Stillgel.KKW (31.12.1998)	9939	22503	28725	34886	34886	42386	42386
Landessammelstellen	2359	3204	4049	5739	7429	9119	15879
Sonstige Ablieferungspflichtige	16	56	96	176	256	336	416
Wiederaufarbeitung	14734	25274	28289	28289	28289	28289	28289
Gesamtsumme	76092	113776	158436	246303	263158	281210	297172

Tabelle 16: Prognostizierte Abfallgebindevolumina für das Szenarium „Prognose 25a“,
Angaben in m³

Prognose 25a: Der Anteil der KKW-Betriebsabfälle an dem kumulierten Volumen von 151265 m³ beträgt bei diesem Szenarium 28350 m³. Nach 2040 fallen nur noch radioaktive Abfälle in den Forschungszentren, Landessammelstellen und bei sonstigen Ablieferungspflichtigen an. Tabelle 17 und Abbildung 5 enthalten die ermittelten Abfallgebindevolumina für die vier Szenarien.

Jahr	Prognose50a	Prognose35a	Prognose30a	Prognose25a
2000	76167	76092	76092	76092
2005	114226	113776	113776	113776
2010	133414	133649	137888	158436
2020	159157	187546	210612	246303
2030	184005	264117	277162	263158
2040	256888	297321	288790	281210
2080	344401	313283	304752	297172

Tabelle 17: Prognostizierte Abfallgebindevolumina (kumulativ) bis zum Jahr 2080,
Angaben in m³

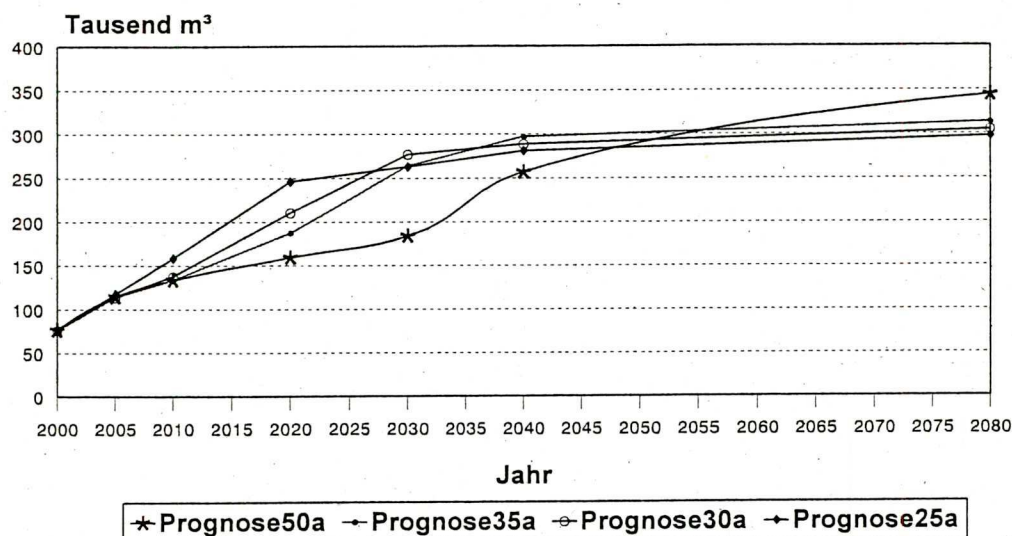


Abb. 5: Prognostizierte Abfallgebundevolumina (kumulativ) bis zum Jahr 2080, Angaben in m³

Der im Jahr 2080 kumulierte Bestand, der bei allen vier Szenarien den insgesamt anfallenden vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfall umfasst, variiert bei den einzelnen Szenarien zwischen ca. 297000 und ca. 344000 m³, das bedeutet eine Differenz von ca. 47000 m³. Der unterschiedliche Kurvenverlauf resultiert überwiegend aus den verschiedenen Zeiten für den Anfall der Stilllegungsabfälle der derzeit betriebenen Kernkraftwerke, die einen großen Anteil an dem Gesamtbestand haben. Wie aus Abbildung 5 zu ersehen ist, fällt bei Prognose 50a nach 2040 noch eine größere Abfallmenge an. Dies resultiert überwiegend aus der Entsorgung von Stilllegungsabfällen, die nach 2040 noch anfallen. Nach 2040 fallen bei allen vier Szenarien noch Abfälle aus Forschungszentren, Landessammelstellen und von der Bundeswehr an.

Möglicherweise sind auch sonstige radioaktive Reststoffe zu berücksichtigen, die in Zukunft als radioaktive Abfälle in einem Endlager entsorgt werden müssen. Als diesbezügliche Beispiele können abgereichertes Uran (Tails) aus der Anreicherung oder sog. NORM-Abfälle (Naturally Occurring Radioactive Material) genannt werden. Das abgereicherte Uran wurde vom Verursacher mit ca. 14000 m³ abgeschätzt, zu den Abfallgebundevolumina der NORM-Abfälle können derzeit keine Angaben gemacht werden. Angaben zu Uran aus der Wiederaufarbeitung (WAU) und Plutonium, die in die Prognose einfließen könnten, liegen gegenwärtig nicht vor.

Darüber hinaus sind zukünftige Entwicklungen, die zur Erzeugung radioaktiver Abfälle führen können sowie Zwischenfälle, die zu größeren Kontaminationen führen, nicht auszuschließen.

5.2.2 Wärmeentwickelnde Abfälle

Der Bestand an wärmeentwickelnden Abfällen im Jahr 2080 wird bei einem Kernkraftwerksbetrieb von 50 Jahren auf ca. 48000 m³ geschätzt. Dieses Volumen setzt sich u.a. aus 630 m³ verglasten Abfällen, die aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente in ausländischen Wiederaufarbeitungsanlagen stammen (hier: Altverträge) und 33700 m³ verpackter Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren in den alten Bundesländern für die direkte Endlagerung zusammen.

Die Berechnung geht davon aus, 18423 Mg ausgediente Brennelemente zu konditionieren und im Pollux-Behälter endzulagern (derzeitiges Referenzkonzept). Für 1 Mg BE werden 1,83 m³ Pollux-Gebindevolumen berechnet. Ausgehend von dem o.a. Volumen von ca. 48000 m³ bei 50 Jahren Kernkraftwerksbetrieb wird der zu erwartende Bestand bei einer Laufzeit der Kernkraftwerke von 35 Jahren im Jahr 2080 auf etwa 35000 m³ abgeschätzt bei einer Laufzeit der Kernkraftwerke von 30 Jahren auf etwa 31000 m³ und bei einer Laufzeit der Kernkraftwerke von 25 Jahren auf etwa 27000 m³. Die kumulierten Abfallgebindevolumina für die Szenarien 35,30 und 25 Jahre sind überschlägig abgeschätzt und Inhalt derzeitiger Diskussionen mit den Abfallverursachern. Es wird angenommen, dass die Brennelemente aus Forschungsreaktoren bis auf diejenigen aus dem VKTA und aus dem FRM II, der noch nicht in Betrieb ist, in die USA verbracht werden.

6. Entsorgung radioaktiver Abfälle

6.1 Zwischenlagerung

Da bis Oktober 1990 in Deutschland (hier: alte Bundesländer) kein betriebsbereites Endlager zur Verfügung stand, mussten die endzulagernden radioaktiven Abfälle in betriebsinterne oder externe Zwischenlager verbracht werden. Die Berechnung der Zwischenlagerkapazität ist mit Schwierigkeiten verbunden, da sich die Genehmigungen der einzelnen Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen auf unterschiedliche Randbedingungen beziehen. Bei der überwiegenden Zahl der Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen stehen Transportbereitstellungshallen oder Lagerräume für eine längere Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen zur Verfügung. Außerdem stehen das Abfalllager Gorleben, die externe Lagerhalle beim Kernkraftwerk Unterweser und die Sammelstelle der EVU in Mitterteich zur Verfügung. Die Anlieferung kann auch von der Genehmigung abhängig sein, z. B. dürfen nach Mitterteich nur Abfälle aus bayerischen kerntechnischen Anlagen oder in das Zwischenlager Nord (ZLN) nur Abfälle aus Greifswald und Rheinsberg verbracht werden. Die Berechnung der Lagerkapazität basiert auf dem Bestand an konditionierten Abfällen und ist als konservativ zu betrachten. Unkonditionierte und vorbehandelte Abfälle wurden bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt.

Die voraussichtliche Ausschöpfung der vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten ist bei den einzelnen Abfallverursachern sehr unterschiedlich. Bei einigen ist ein baldiger Engpass zu erkennen. Für die Zwischenlagerung von vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen stehen insgesamt etwa 162000 m³ Lagerkapazität zur Verfügung (Tabelle 18). Im Rahmen der Ermittlung dieser Kapazität sind aktualisierte Angaben der Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen verwendet worden. Der geplante Zubau an Zwischenlagerkapazität beläuft sich derzeit auf etwa 14000 m³, die nach heutigem Planungsstand ausschließlich für die o.a. Abfälle vorgesehen sind. Darüber hinaus ist im Zwischenlager Nord (ZLN) am Standort Lubmin ein Lagervolumen von ca. 200000 m³ vorhanden. Die Nutzung dieses Zwischenlagers beschränkt sich auf die Lagerung von Großkomponenten aus dem Abriss der Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg. In den neuen Bundesländern wird es keinen Engpass bei der Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle geben.

Aus der vorhandenen Zwischenlagerkapazität (ohne Berücksichtigung der Anlage am Standort Lubmin) und dem Bestand an konditionierten Abfällen ergibt sich für Ende 1998 ein mittlerer integraler Gesamtausnutzungsgrad von 37 % (Tabelle 18, Abbildung 6). Im Rahmen einer detaillierten Betrachtung für jeden Abfallverursacher zeigt sich, dass in Einzelfäl-

len bereits heute z. T. weit höhere Ausnutzungsgrade erreicht wurden. Damit kann nicht ausgeschlossen werden, dass es in den nächsten Jahren in Einzelfällen zu Kapazitätsengpässen bei der Zwischenlagerung vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle kommen kann.

Gruppe	Ausnutzungs- grad	Zwischenlager- kapazität	Bestand am 31.12.1998
Forschung inkl. Kunden	61	74830	45543
kerntechnische Industrie	22	7614	1641
Kernkraftwerke	20	23153	4540
stillgelegte Kernkraftwerke	23	6493	1511
Landessammelstellen	20	6840	1388
Sonstige Ablieferungspflichtige	0	300	0
Zwischenlager der Energieversor- gungsunternehmen (EVU)	14	42277	5836
Zwischenlager Nord (ZLN)	0	200000	0
Summe	17	361507	60459
ohne ZLN	37	161507	60459

Tabelle 18: Vorhandene Zwischenlagerkapazität, Bestand an konditionierten Abfällen am 31.12.1998 und Ausnutzungsgrad der Zwischenlager für vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle, Kapazitäten und Bestände in m³, Ausnutzungsgrade in %

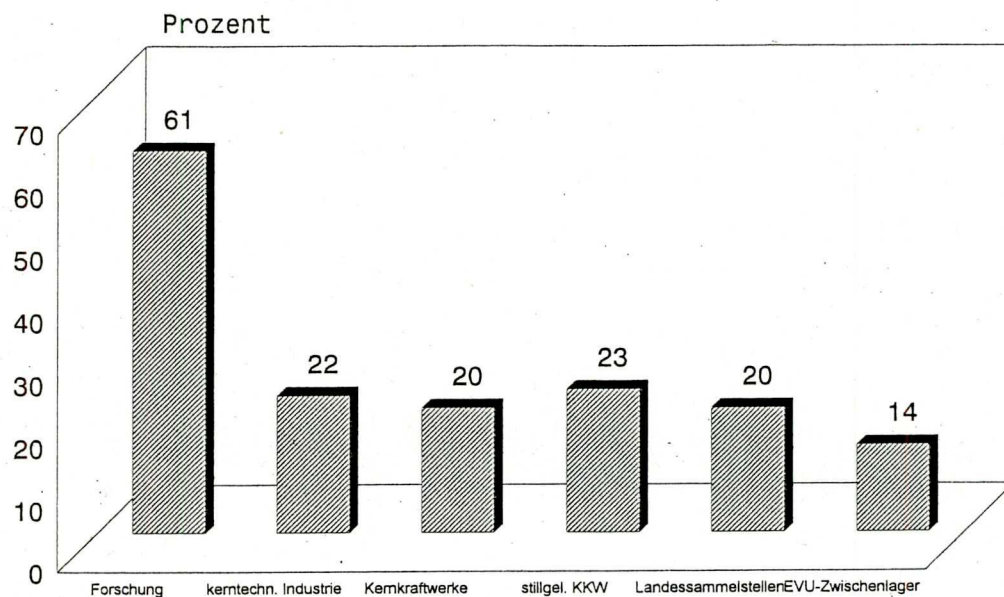


Abb. 6: Auslastung der Zwischenlager für konditionierte vernachlässigbar
wärmeentwickelnde Abfälle am 31.12.1998

Die Ausschöpfung der Zwischenlagerkapazität für konditionierte wärmeentwickelnde Abfälle (ohne THTR-Brennelemente, verglastes Spaltproduktkonzentrat und ausgediente Brennelemente, die in Transportbehältern zwischengelagert sind) liegt bei 69 %. Die ausgedienten Kugelbrennelemente aus dem THTR Hamm-Uentrop sind im Transportbehälterlager Ahaus zwischengelagert. Der HAW lagert im Transportbehälterlager Gorleben. Für die Rückführung des HAW aus Frankreich und Großbritannien sowie für die Zwischenlagerung ausgedienter Brennelemente steht gegenwärtig eine ausreichende Lagerkapazität zur Verfügung.

6.2 Endlagerung

In der Bundesrepublik Deutschland wird die Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen verfolgt.

Seit der deutschen Vereinigung am 3. Oktober 1990 steht das in der DDR betriebene Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben ERAM zur Verfügung, in welches seit 1971 schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit Konzentrationen von Alpha-Strahlern bis zu $4,0 \times 10^8$ Bq/m³ eingelagert worden sind. Nach einer gerichtlichen Unterbrechung des Einlagerungsbetriebes wurde nach Abklärung juristischer und technischer Fragen die Entsorgung radioaktiver Abfälle in dieser Anlage am 13. Januar 1994 wieder aufgenommen.

In seinem Beschluss vom 25. September 1998 (vorläufige Entscheidung im Eilverfahren) hat das Obergerverwaltungsgericht Magdeburg dem BfS die Einlagerung radioaktiver Abfälle im Ostfeld des ERAM bis zur rechtskräftigen Entscheidung im Hauptsacheverfahren untersagt. Im Hinblick auf die Entscheidungsgründe dieses Beschlusses wurde vorsorglich vom BfS festgelegt, bis auf weiteres keine radioaktiven Abfälle im ERAM mehr anzunehmen. Vor diesem Hintergrund wurden seit dem 28. September 1998 keine radioaktiven Abfälle im ERAM mehr entsorgt.

Das ehemalige Eisenerzbergwerk Konrad ist als Endlager für alle festen bzw. verfestigten radioaktiven Abfälle vorgesehen, die eine vernachlässigbare thermische Einwirkung auf das Wirtsgestein ausüben. Das seit dem 31. August 1982 laufende Planfeststellungsverfahren ist noch nicht abgeschlossen.

Der Salzstock Gorleben wird hinsichtlich der Eignung für die Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle erkundet. In der Koalitionsvereinbarung der die Bundesregierung tragenden Parteien ist festgeschrieben, dass die Erkundung des Salzstocks Gorleben wegen Zweifeln an seiner Eignung unterbrochen werden soll und weitere Standorte mit alternativen Wirtsgesteinen anhand von noch aufzustellenden Kriterien zu untersuchen sind. Zur Umsetzung dieser Festlegung wurde das BfS vom BMU beauftragt, ein prüffähiges Konzept für eine schnellstmögliche Überführung des Erkundungsbergwerks in einen Offenhaltungsbetrieb ohne weiteren Streckenvortrieb und Erkundungsbohrungen zu erarbeiten. Im Falle des Moratoriums ist zu beachten, dass die Erkundungsarbeiten nach einem Standortvergleich zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgenommen werden könnten. Die bisher durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse sollen bewahrt werden. Das BfS hat ein entsprechendes

Konzept im Februar 1999 vorgelegt. Die Entscheidung, ob und wann ein Moratorium durchgeführt wird, wird im Rahmen der laufenden Konsensgespräche getroffen.

7. Literaturverzeichnis

- [1] P. Brennecke/A. Hollmann
„Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1997“, Bericht BfS-ET-29/99, Salzgitter, August 1999
- [2] Entsorgung abgebrannter Brennelemente aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland, Ergebnisse der Länderumfrage zum 31.12.1998
- [3] Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden, vom 16. 1. 1989 (BAnz. 1989, Nr. 63a), letzte Ergänzung vom 14.1.1995 (BAnz. 1994, Nr. 19)
- [4] K. Kugel/W. Noack/H. Giller/B.-R. Martens/P. Brennecke (Bearb.)
„Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle - Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) - Teil I: Endlagerungsbedingungen, Stand: August 1996“
Bericht BfS-ET-IB-85, Salzgitter, August 1996
- [5] P. Brennecke (Hrsg.)
„Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995) - Schachtanlage Konrad -“
BfS-Bericht ET-IB-79, Salzgitter, Dezember 1995
- [6] E. Warnecke
„Endlagerechte Konditionierung radioaktiver Abfälle“
Atomwirtschaft - Atomtechnik 37 (1992) Nr. 2, S. 101-106
- [7] P. Brennecke/D. Ehrlich/H. Illi/E. Viehl/E. Warnecke
„Radioaktive Abfälle endlageregerecht - Erfassung und Kategorisierung radioaktiver Abfälle“
Energiewirtschaftliche Tagesfragen 34 (1986) Nr. 10, S. 767-770

Formblatt zur Erhebung radioaktiver Reststoffe
- 1998 -

1. Anlage

Name:

Standort:

Inbetriebnahme:

Außerbetriebnahme:

Vorhandene Lagerkapazität ^{*1)}:m³Geplante Lagerkapazität ^{*1)}:m³

Ausnutzungsgrad des Lagers (ca.):

%

Genehmigungsinhaber:

Genehmigung nach: ☐ § 6 AtG ☐ § 7 AtG ☐ § 9 AtG ☐ § 3 StrlSchV**2. Unbehandelte Reststoffe ^{*2)}**

Bestand am 31.12.1998

a: Reststoffe ^{*3)} wenn Angaben unter b und c nicht möglichb: Rohabfälle ^{*3)}c: verwertbare Reststoffe ^{*3)}

Reststoff- bzw. Abfallbezeichnung	a	b	c	Behälter	Volumen in m ³

3. Behandelte Abfälle ^{*2)}**3.1 Bestand am 31.12.1998**a: Zwischenprodukte ^{*3)}b: Abfallprodukte, die voraussichtlich keiner weiteren Behandlung unterliegen ^{*3)}

Abfallbehälter ^{*4)}	a	b	Gebindeanzahl	Gebindebruttovolumen ^{*5)} in m ³

Anmerkungen zum Formblatt

Ich weise zusätzlich auf folgende Punkte hin und bitte - sofern zutreffend - um Beachtung:

1. Lagerkapazität

- Lagerkapazität, wenn möglich, für unbehandelte und behandelte Abfälle getrennt ausweisen.

2. Rohabfälle und Zwischenprodukte

- auch Abfälle angeben, die sich beim Konditionierer befinden.
- bei Angaben von t bitte in m³ umrechnen.

3. Abfallprodukte, die voraussichtlich keiner weiteren Behandlung mehr unterliegen

- auch Abfälle angeben, die sich in externen Zwischenlagern befinden (mit Ortsangabe).

4. Für vorausleistungspflichtige Abfallverursacher nach §6 (1) Ziffer 4 Endlager VIV

- bitte, falls eine ISAR-Diskette übersandt wird, das in 1998 angefallene Gebindevolumen zusätzlich auf Formblatt übersenden.

5. Eingelagerte Mengen ERAM

- bitte zum Vergleich mit den im BfS vorhandenen Daten die eingelagerten Mengen auf Extrablatt angeben.

6. Stillgelegte Anlagen

- bitte, wenn vorhanden, Angaben über die zu erwartenden Abfallmengen übermitteln.

Anmerkung: Diese Angaben sind für eine Präzisierung der Prognosen des zukünftigen Anfalls radioaktiver Abfälle erforderlich.

**Liste der bisher erschienenen
BfS-ET-Berichte**

BfS-ET-1/90

Brennecke, P.; Schumacher, J.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1989-
Braunschweig 1990

BfS-ET-2/90

Fortschreibung des Zusammenfassenden
Zwischenberichtes über bisherige Ergebnisse der
Standortuntersuchung Gorleben im Mai 1983.
Salzgitter 1990

BfS-ET-3/90

Brennecke, P.; Wamecke, E.

Anforderungen an endzulagernde radioaktive Ab-
fälle (Vorläufige Endlagerungsbedingungen, Stand:
April 1990) - Schachanlage Konrad -.
Salzgitter, April 1990

BfS-ET-3/90-REV-1

Brennecke, P.; Wamecke, E.

Anforderungen an endzulagernde radioaktive Ab-
fälle (Vorläufige Endlagerungsbedingungen, Stand:
April 1990 in der Fassung Juli 1991)
- Schachanlage Konrad -.
Salzgitter, Juli 1991

BfS-ET-3/90-REV-2

Brennecke, P. (Hrsg.)

Anforderungen an endzulagernde radioaktive Ab-
fälle (Vorläufige Endlagerungsbedingungen, Stand:
April 1990 in der Fassung Oktober 1993)
- Schachanlage Konrad -.
Salzgitter, Oktober 1993

BfS-ET-3/90-REV-3

Brennecke P. (Hrsg.)

Anforderungen an endzulagernde radioaktive Ab-
fälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: September
1994) - Schachanlage Konrad -.
Salzgitter, September 1994

BfS-ET-4/90

Brennecke, P.; Wamecke E.

Requirements on radioactive wastes for disposal.
Aktualisierter PTB-Bericht PTB-SE-17.
Im Druck

BfS-ET-5/90

Berg, H.P.

Vereinfachte Überprüfung der Einhaltung von
Aktivitätsbegrenzungen für in das Endlager Konrad
einlagerbare Abfallgebinde auf der Basis der Neu-
fassung der Strahlenschutzverordnung.

Salzgitter, April 1990

BfS-ET-5/90-REV-1

-. Erste revidierte Auflage von BfS-ET-5/90.
Salzgitter, August 1991

BfS-ET-6/90

Berg, H.P.; Brennecke, P.

The Konrad Mine. The Planned German Repository
for Radioactive Waste with Negligible Heat
Generation.
Salzgitter 1990

BfS-ET-7/90

Berg, H.P.; Lange, F.

Vorgehensweise bei der Ableitung von Aktivitäts-
grenzwerten aus den Ergebnissen der Störfallanaly-
sen und Auswirkungen der Revision der Strahlen-
schutzverordnung und der zugehörigen Berech-
nungsgrundlagen.
Salzgitter, August 1990

BfS-ET-8/91

Piefke, F.; Wollrath, J.

Berechnung der Diffusion von Wasserstoff aus
einer Einlagerungskammer in das umgebende
Gestein.
Analytische Lösungen der zeitabhängigen
Diffusionsgleichung im Außenraum eines unendlich
langen Zylinders, im Halbraum, in einer Wand und
im Außenraum einer Kugel mit konstanten Konzen-
trationen an den Rändern.
Salzgitter, April 1991

BfS-ET-9/91

Berg, H.P.; Fischer, H.; Piefke, F.

ANKONA. Programm zur rechnerischen Überprü-
fung an im geplanten Endlager Konrad einzulag-
ernde radioaktive Abfälle. Version November 1990.
Salzgitter, Mai 1991

BfS-ET-10/91

Brennecke, P.; Martens, B.-R. (Hrsg.)

Endlagerungsbedingungen und Produktkontrolle.
Salzgitter, Juli 1991

BfS-ET-11/91

Wamecke, E.; Hollmann, A.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik
Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1990 -.
Salzgitter, Oktober 1991

BfS-ET-12/92

Kugel, K.; Brennecke, P.; Giller, H. (Hrsg.)

Entsorgung radioaktiver Abfälle.
Vorträge der Informationsveranstaltung am 25. und
26. November 1991 im BfS, Berlin.
Salzgitter, Juni 1992
BfS-ET-13/92

Wollrath, J.; Arens, G.
INTRAVAL Phase 2: Untersuchungen zum Einfluß
der Dichteschichtung auf das Strömungsverhalten
am Beispiel des Pumpversuchs "Weißes Moor".
Salzgitter, Juni 1992

BfS-ET-14/92

Kugel, K.; Noack, W.; Giller, H. (Bearbeiter)
Anforderungen an endzulagernde radioaktive
Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle
radioaktiver Abfälle. Endlager für radioaktive Abfälle
Morsleben (ERAM), Stand: Juli 1992.
Salzgitter, Juli 1992

BfS-ET-14/92-REV-1

Kugel, K.; Noack, W.; Bard, Ch.; Giller, H.; Martens,
B.-R. (Bearbeiter)

Anforderungen an endzulagernde radioaktive Ab-
fälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioak-
tiver Abfälle. Endlager für radioaktive Abfälle Mors-
leben (ERAM). Stand: November 1992.
Salzgitter, März 1993

BfS-ET-14/92-REV-2

Kugel, K.; Noack, W.; Bard, Ch.; Giller, H.; Martens,
B.-R.; Brennecke, P. (Bearbeiter)

Anforderungen an endzulagernde radioaktive Ab-
fälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioak-
tiver Abfälle. Endlager für radioaktive Abfälle Mors-
leben (ERAM). Teil I: Endlagerungsbedingungen.
Stand: September 1993.
Salzgitter, September 1993

BfS-ET-15/92

Börst, F.-M.; Rimpler, A.

Strahlungsmessung an einem Transportbehälter für
die Beförderung abgebrannter Brennelemente.
Salzgitter, November 1992

BfS-ET-16/92

Wollrath, J.; Arens, G.

INTRAVAL Phase 2: Investigations into the
influence of the density stratification on ground-
water flow by the example of pumping test
"Weisses Moor".
Salzgitter, November 1992

BfS-ET-17/93

Hollmann, A.; Brennecke, P.

Aufkommen radioaktiver Abfälle in Deutschland.
Abfallerhebung für das Jahr 1991.
Salzgitter, Februar 1993

BfS-ET-18/93

Hollmann, A.; Tittel, G. (Hrsg.)

Nuklidmigration im Deckgebirge des Endlagerortes
Gorleben.

Vorträge eines Fachgespräches zu Fragen des
Radionuklidmigration und Langzeitsicherheit des

geplanten Endlagers Gorleben am 3. Juni 1992 im
Bundesamt für Strahlenschutz.
Salzgitter, November 1993

BfS-ET-19/94

Martens, B.-R. (Hrsg.)

Produktkontrolle radioaktiver Abfälle - Schachtan-
lage Konrad-. Stand: Januar 1994.
Salzgitter, Januar 1994

BfS-ET-20/94

Hollmann, A.

Aufkommen radioaktiver Abfälle in Deutschland.
Abfallerhebung für das Jahr 1992.
Salzgitter, Januar 1994

BfS-ET-21/94

Ehrlich, D.; Theis, K.-P.; Wohanka, A.

Beschreibung und Ergebnisse der Wetterstation am
Schacht Konrad 1 für die Jahre 1985 bis 1990.
Salzgitter, Februar 1994

BfS-ET-22/95

Brennecke, P.; Hollmann, A.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik
Deutschland. Abfallerhebung für das Jahr 1993.
Salzgitter, Mai 1995

BfS-ET-23/96

Brennecke, P.; Hollmann, A.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik
Deutschland. Abfallerhebung für das Jahr 1994.
Salzgitter, September 1996

BfS-ET-24/97

Heimlich, F.H. (Hrsg.)

Mesungen im Neutronen- und Gamma-Strahlungsfeld
eines beladenen Castor-IIa-Behälters im
Transportbehälterlager Gorleben und Vergleich der
Meßergebnisse für Neutronen mit Monte-Carlo-
Rechnungen.

Salzgitter, Januar 1997

BfS-ET-25/97

Brennecke, P.; Hollmann, A.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik
Deutschland. Abfallerhebung für das Jahr 1995.
Salzgitter, Januar 1997

BfS-ET-26/98

Ehrlich, D.; Kunze, V.; Theis, P.

Auswertung der meteorologischen Meßwerte der
Wetterstation am Standort des Erkundungsberg-
werks Gorleben für die Jahre 1988 bis 1996.
Salzgitter, April 1998

BfS-ET-27/98

Ehrlich, D.; Kunze, V.; Theis, P.

Auswertung der meteorologischen Meßwerte der
Wetterstation am Standort des geplanten Endlagers
Konrad (Schacht 1) für die Jahre 1991 bis 1996
(Fortsetzung des Berichtes für die Jahre 1985 bis
1990).

Salzgitter, Juni 1998

BfS-ET-28/99

Brennecke, P.; Hollmann, A.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik
Deutschland. - Abfallerhebung für das Jahr 1996 -
Salzgitter, Juli 1999

BfS-ET-29/99

Brennecke, P.; Hollmann, A.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik
Deutschland. - Abfallerhebung für das Jahr 1997. -
Salzgitter, August 1999

BfS-ET-30/00

Brennecke, P.; Hollmann, A.

Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik
Deutschland. - Abfallerhebung für das Jahr 1998. -
Salzgitter, Dezember 1999