

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Anfall radioaktiver Abfälle in der
Bundesrepublik Deutschland
- Abfallerhebung für das Jahr 1999 -

*Peter Brennecke
Almut Hollmann*

BfS-ET-35/01



ISSN 0937-4434
ISBN 3-89701-753-9

Zur Beachtung !

BfS-Berichte sind kostenpflichtig und werden vertrieben vom

Wirtschaftsverlag NW / Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
Bürgermeister-Smidt-Str. 74-76
27568 Bremerhaven
Telefon: 0471 945 44 - 0

BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter

T-Online: (KIT) *BfS#
Internet: <http://www.bfs.de>
Telefon: 05341/885-0
Telefax: 05341/885-885



Bundesamt
für
Strahlenschutz

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

**Anfall radioaktiver Abfälle in der
Bundesrepublik Deutschland
- Abfallerhebung für das Jahr 1999-**

*Peter Brennecke
Almut Hollmann*

BfS-ET-35/01



Kurzreferat

Das Bundesamt für Strahlenschutz ermittelt in jedem Jahr den Bestand an unbehandelten radioaktiven Reststoffen sowie den Anfall, Bestand, die 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 1999, 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 1999 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	7
2. Radioaktive Abfälle	8
2.1 Einteilung	8
2.2 Herkunft	8
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 - 1999	23
5. Prognose des zukünftigen Abfallaufkommens	26
5.1 Prognose für das Folgejahr	26
5.2 Prognosen für Endlagerplanungsarbeiten	26
5.2.1 Vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle	27
5.2.2 Wärmeentwickelnde Abfälle	29
6. Entsorgung radioaktiver Abfälle	31
6.1 Zwischenlagerung	31
6.2 Endlagerung	33
7. Literaturverzeichnis	35
Anhang: Formblatt für die Abfallerhebung 1999	36

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 1998 an [1].

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

Reststoffart	vernachlässigbar wärmeentwickelnd	wärmeentwickelnd
unbehandelte Reststoffe (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle) <i>Bestand Ende 1999</i>	31634	452
Zwischenprodukte <i>Bestand Ende 1999</i> <i>Anfall 1999</i>	2944 1083	- -
konditionierte Abfälle <i>Bestand Ende 1999</i> <i>Anfall 1999 (Differenz Bestand 1999-1998)</i>	63712 2817	1433 ^{*)} 5 ^{*)}
Prognose des Anfalls für das Jahr 2000	ca. 7000	-
Prognose des Abfalls bis zum Jahr 2080	ca. 303000	ca. 22000 ^{**)}

Tabelle 1: Übersicht über die Volumina radioaktiver Reststoffe und Abfälle, Angaben in m³
(^{*)} ohne ausgediente Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren; ^{**)} Verpackung
ausgedienter Brennelemente in POLLUX – Behältern)

Am 31.12.1999 waren entsprechend Tabelle 1 insgesamt ca. 98000 m³ vernachlässigbar wärmeentwickelnde radioaktive Reststoffe und ca. 1900 m³ wärmeentwickelnde Reststoffe zu entsorgen.

Zusätzlich zum Bestand wärmeentwickelnder Rohabfälle sind 1,5 Mg Schwermetall ausgedienter Brennelemente aus dem AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor) zu entsorgen.

Der in der Tabelle 1 angegebene Anfall von 2817 m³ an konditionierten radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ist die Differenz zwischen dem Bestand an konditionierten Abfällen am 31.12.1999 und dem Bestand an konditionierten Abfällen am 31.12.1998. Diese Differenz weicht jedoch stark von dem von den Abfallverursachern angegebenen Anfall von 3903 m³ ab. Durch den Wegfall der Entsorgungsmöglichkeit im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) sind Abfallgebinde, die ursprünglich als endlagerfähig eingestuft wurden, wieder als Zwischenprodukte eingestuft worden. Ein weiterer Grund für die Abweichung der Differenz ist die Änderung des Gebindevolumens für den Container Typ IV KfK. Bisher wurde einvernehmlich das Volumen von 7,40 m³ für alle Container Typ IV zugrundegelegt. Das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) hat darauf bestanden, dass die dort verwendeten Container Typ IV mit dem tatsächlichen Gebindevolumen von 7,14 m³ berechnet werden. Durch die Korrektur dieses Volumens für den im FZK vorhandenen großen Bestand reduzieren sich Bestand und Anfall um 1142,23 m³.

Der Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle im Jahr 1999 war wesentlich geringer als der von ca. 6000 m³ im Jahr 1998. Insbesondere ist der Anfall von Betriebsabfällen aus Leichtwasserreaktoren stark zurückgegangen, da hier die Vermeidung des Anfalls radioaktiver Abfälle, die gezielte Sammlung und Sortierung als Vorstufe der Abfallbehandlung und schließlich die volumenreduzierende Konditionierung konsequent durchgeführt werden. Die Bestände von Rohabfällen und Zwischenprodukten haben sich jedoch nicht nennenswert verändert.

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 dieses Bestandes an zwischenlagernden Abfallgebinden ist nach heutigem Wissensstand damit aber nicht verknüpft.

Die Angaben für konditionierte radioaktive Abfälle berücksichtigen das vom Abfallverursacher angegebene Abfallgebindevolumen, das z. B. für einen Container Typ V, der bis zu 28 Stück 200-l-Fässer aufnehmen kann, 10,9 m³ beträgt (siehe Anhang).

Das Ziel der Konditionierung, die Herstellung zwischen- und endlagerfähiger Abfallgebinde, orientiert sich derzeit an den Endlagerungsbedingungen für das geplante Endlager Konrad [3]; dies wird von der Mehrzahl der Konditionierer auch zurzeit so praktiziert. Im Hinblick auf einen eventuell anderen Endlagerstandort können in Zukunft möglicherweise weitere Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle gestellt werden, beispielsweise zusätzliche Deklarationspflichten für langzeitrelevante Radionuklide oder wasserrechtlich relevante Stoffe.

Die Zwischenlagerkapazität für konditionierte Abfälle betrug am 31.12.1999 etwa 362000 m³, die im Mittel zu etwa 17 % ausgenutzt war.

Der zukünftige Anfall radioaktiver Abfälle hängt entscheidend von den Planungen zur weiteren Nutzung der Kernenergie ab. Bei einer Nutzung der Leichtwasserreaktoren von etwa 32 Jahren [2] werden bis zum Jahr 2080 ein kumuliertes Abfallgebindevolumen von etwa 303000 m³ vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle sowie ein kumuliertes Abfallgebindevolumen wärmeentwickelnder Abfälle von etwa 22000 m³ abgeschätzt (siehe Tabelle 1).

1. 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 planen, 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 [4].

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 bzw. konditionierter Abfälle sowie erwartete Volumina für das jeweils folgende Jahr abgefragt werden. Die Abfrage nach behandelten bzw. konditionierten Abfällen unterteilt sich dabei in Zwischenprodukte, die noch einer weiteren Behandlung zur Herstellung eines endlagerfähigen Abfallgebundes bedürfen und Abfälle, die voraussichtlich keiner weiteren Behandlung mehr unterliegen.

Wie im Vorjahr lag auch der Abfallerhebung für das Jahr 1999 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 [5].

Das für die Abfallerhebung 1999 verwendete Formblatt ist im Anhang beigelegt. Einige Abfallverursacher übermitteln ihre Daten mittels Datenträger, die über das Behördenmodul ISAR (Informationssystem über radioaktive Reststoffe) aus dem jeweiligen betriebseigenen Datenverarbeitungssystem herausgefiltert werden.

*) 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.

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. Dies setzt die Konditionierung (d. h. die Verarbeitung und/oder Verpackung) von Rohabfällen und Zwischenprodukten (d. h. vorbehandelten bzw. behandelten Rohabfällen) voraus. Das Ziel der Abfallkonditionierung ist die Herstellung zwischen- und endlagerfähiger Abfallgebinde. Für die endlagergerechte Konditionierung radioaktiver Abfälle stehen verschiedene erprobte Verfahren und Anlagen zur Verfügung.

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. 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. In diesem Zusammenhang wird insbesondere auf Anlage X (hier: Teil A, 2. Bezeichnung des Abfalls) der vom Bundeskabinett am 14. März 2001 verabschiedeten Novelle der Strahlenschutzverordnung hingewiesen [6]. Zu den wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen zählen das Spaltproduktkonzentrat, die Hülzen 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 Leichtwasser- und Forschungsreaktoren 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 1999 waren in Deutschland 19 Leichtwasserreaktoren mit einer Leistung von etwa 22 GWe brutto in Betrieb. Der Betreiber des KKW Mülheim-Kärlich hat sich in der am 11.06.2001 unterschriebenen Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen verpflichtet, den Genehmigungsantrag für das KKW Mülheim-Kärlich zurückzuziehen. Damit geht das bisher durch Gerichtsentscheidung stillgelegte Kraftwerk nicht wieder in Betrieb. Neben den Betriebsabfällen aus diesen Anlagen 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. Sie befinden sich entweder in der Phase des sicheren Einschlusses oder werden abgebaut und demontiert. 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 des Projektes 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 Matières Nucléaires) und Großbritannien (BNFL, British Nuclear Fuels plc.) geschlossen, nach denen der bei der Wiederaufarbeitung anfallende Abfall in entsprechender Menge zu-

rückzunehmen 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 1999 basieren auf einer Auswertung der von 58 Ablieferungspflichtigen und Abführungspflichtigen bereitgestellten Angaben. Im Hinblick auf einen schnellen Überblick sind in den nachfolgenden Tabellen 2 bis 4 die wesentlichen Ergebnisse der Abfallerhebung für das Jahr 1999 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 Reaktoren sind die zum heutigen Zeitpunkt stillgelegten Anlagen (Greifswald, Rheinsberg, Würgassen u.a.) enthalten.

Gruppe	vernachlässigbar wärmeentwickelnd	wärmeentwickelnd
Forschungseinrichtungen	6660	-
kerntechnische Industrie	10941	-
Leichtwasserreaktoren	4482	-
stillgelegte Reaktoren (31.12.1999)	4927	390
Landessammelstellen	614	-
sonstige Ablieferungspflichtige	3393	-
Wiederaufarbeitung	617	62
Summe	31634	452

Tabelle 2: Bestand an unbehandelten Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle)
am 31.12.1999, Angaben in m³

Gruppe	Bestand am 31.12.1999	Anfall 1999
Forschungseinrichtungen	435	35
kerntechnische Industrie	350	304
Leichtwasserreaktoren	770	65
stillgelegte Reaktoren	1111	577
Landessammelstellen	261	102
sonstige Ablieferungspflichtige	17	0
Summe	2944	1083

Tabelle 3: Bestand an nicht wärmeentwickelnden Zwischenprodukten am 31.12.1999 und Anfall in 1999, Angaben in m³

Gruppe	Bestand am 31.12. 1999 vernachlässigbar wärmeentwickelnd	Bestand am 31.12.1999 wärmeentwickelnd
Forschungseinrichtungen	30634	79
kerntechnische Industrie	2864	-
Leichtwasserreaktoren	11792	6
stillgelegte Reaktoren (31.12.1999)	4205	1259
Landessammelstellen	2166	19
sonst. Ablieferungspflichtige	212	-
Wiederaufarbeitung	11839	55
Wiederaufarbeitung HAW	-	15
Summe	63712	1433

Tabelle 4: Bestand an konditionierten vernachlässigbar wärmeentwickelnden und wärmeentwickelnden Abfällen am 31.12.1999, Angaben in m³

Aus der Wiederaufarbeitung im Ausland sind bisher nur wärmeentwickelnde Abfälle nach Deutschland zurückgeliefert worden; diese sind in der Zeile Wiederaufarbeitung HAW (High Active Waste, hochradioaktiver Abfall) aufgeführt.

3.1 Anzahl vorhandener Abfallgebinde

In Deutschland waren am 31.12.1999 konditionierte radioaktive Abfälle in Form von 59867 Abfallgebinden zwischengelagert. Dieser Bestand teilt sich auf in

- ca. 58882 Abfallgebinde mit vernachlässigbar wärmeentwickelnden und
- ca. 985 Abfallgebinde mit wärmeentwickelnden Abfällen.

Fässer, zylindrische Betonbehälter sowie Container in Stahlblech- und Betonausführung dienen überwiegend zur Verpackung der verarbeiteten vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfälle. Von den insgesamt verwendeten Verpackungen entfallen 37769 Stück auf 200-l-Fässer, 8029 Stück auf zylindrische Betonbehälter Typ I, 802 Stück auf zylindrische Betonbehälter Typ II, 4676 Stück auf Container Typ IV und 3124 Stück auf zylindrische Gussbehälter Typ II. Detaillierte Angaben sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Verpackung der konditionierten radioaktiven Abfälle	Bestand am 31.12.98 Stück	Bestand am 31.12.99 Stück
180-l-Fass	16	64
200-l-Fass	32453	37769
280-l-Fass	1181	1889
400-l-Fass	1039	1246
570-l-Fass	53	86
Betonbehälter Summe	8649	8831
Typ I	7911	8029
Typ II	738	802
Gussbehälter Summe	3827	3917
Typ I	65	64
Typ II	3033	3124
Typ III	729	729
Container Summe	4849	5080
Typ I	2	2
Typ II	133	133
Typ III	33	33
Typ IV	4483	4676
Typ V	124	157
Typ VI	70	75
Typ VIII	4	4
Summe	52067	58882

Tabelle 5: Behälterspezifische Aufteilung des Bestandes konditionierter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Bei den wärmeentwickelnden Abfällen werden verschiedene nichtselbstabschirmende und selbstabschirmende Behälter verwendet. Als nichtselbstabschirmende Abfallbehälter werden insbesondere 200-l-Fässer verwendet, von denen 590 Stück befüllt mit wärmeentwickelnden Abfällen vorhanden sind. Darüber hinaus sind 6 Gussbehälter zwischengelagert. Die ausgedienten Brennelemente aus dem THTR (Thorium-Hochtemperaturreaktor) sind in 305 CASTOR-Behältern eingebracht. Für die ausgedienten Brennelemente aus dem AVR werden 154 CASTOR-Behälter benötigt. Das verglaste Spaltproduktkonzentrat aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente in der Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA in Frankreich ist in 84 Kokillen in 3 CASTOR-Behältern eingebracht. Am 31.12.1999 lagerten

im Transportbehälterlager Gorleben 38,4 Mg Schwermetall (SM) und im Transportbehälterlager Ahaus lagerten 57,8 Mg SM ausgedienter Brennelemente [4].

3.2 Vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle

3.2.1 Unbehandelte Reststoffe

Am 31.12.1999 betrug der Bestand an unbehandelten Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle) 31634 m³ (Tabelle 6). Zu diesem Volumen tragen die Leichtwasserreaktoren mit 14,2 %, die stillgelegten Reaktoren mit 15,6 %, die kerntechnische Industrie mit 34,6 %, die Forschungseinrichtungen mit 21,0 % und die übrigen Ablieferungspflichtigen mit 14,6 % bei.

Gruppe	vernachlässigbar wärmeentwickelnd
Forschungseinrichtungen	6660
kerntechnische Industrie	10941
Leichtwasserreaktoren	4482
stillgelegte Reaktoren (31.12.1999)	4927
Landessammelstellen	614
sonstige Ablieferungspflichtige	3393
Wiederaufarbeitung	617
Summe	31634

Tabelle 6: Bestand an unbehandelten radioaktiven Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle) am 31.12.1999, 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 wird seit 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 endgültige Lagerung gefunden wird. Das BfS plant, das Radium-Fass und die Co-Quellen der Endlagerung im ERAM im Rahmen der Stilllegung zuzuführen.

3.2.2 Zwischenprodukte

Zwischenprodukte sind vorbehandelte bzw. behandelte radioaktive Abfälle, die zur Herstellung eines endlagerfähigen Abfallprodukts noch mindestens eines weiteren Verarbeitungsschrittes bedürfen, um endlagergerecht verpackt zu sein. 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 [3] 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 31.12.1999 betrug der Bestand an Zwischenprodukten 2944 m³ (Tabelle 7). Dieses Volumen fällt überwiegend im Bereich der stillgelegten Reaktoren (37,7 %), der Leichtwasserreaktoren (26,2%) und der Forschungseinrichtungen (14,8 %) an, während alle übrigen Ablieferungspflichtigen einen Anteil von 21,3 % liefern.

Gruppe	Bestand am 31.12.1999	Anfall 1999
Forschungseinrichtungen	435	35
kerntechnische Industrie	350	304
Leichtwasserreaktoren	770	65
stillgelegte Reaktoren	1111	577
Landessammelstellen	261	102
sonstige Ablieferungspflichtige	17	0
Summe	2944	1083

Tabelle 7: Bestand an Zwischenprodukten am 31.12.1999 und Anfall in 1999, Angaben in m³

3.2.3 Konditionierte Abfälle

Am 31.12.1999 betrug der Bestand an konditionierten Abfällen (Abfallgebindevolumen) 63712 m³ (Tabelle 8). Die Aufschlüsselung der Herkunft dieses Volumens zeigt, dass 48,1% auf die Forschungseinrichtungen, 18,5 % auf den Betrieb von Leichtwasserreaktoren, 6,6% auf die Stilllegung von Reaktoren, 18,6 % auf die Wiederaufarbeitung von ausgedienten Brennelementen und 8,2 % auf die übrigen Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen entfallen (Abbildung 1).

Gruppe	Bestand am 31.12.1998	Bestand am 31.12.1999	Differenz [*] 1999-1998	Anfall ^{**} 1999
Forschungseinrichtungen	30239	30634	395	1198
kerntechnische Industrie	2664	2864	200	160
Leichtwasserreaktoren	10554	11792	1238	1199
stillgelegte Reaktoren (31.12.1999)	3515	4206	691	804
Landessammelstellen	2021	2165	144	124
sonstige Ablieferungs- pflichtige	0	212	212	212
Wiederaufarbeitung	11902	11839	-63	206
Summe	60895	63712	2817	3903

Tabelle 8: Bestand Ende 1998, Bestand Ende 1999, Differenz sowie von den Abfallverursachern für 1999 gemeldeter Anfall konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle, Angaben in m³

^{*}) als Anfall 1999 gerechnet; ^{**}) von Ablieferungspflichtigen / Abführungspflichtigen gemeldet (vergl. Seite 5)

Zu den gemeldeten Abfallvolumina von ca. 3903 m³ im Jahr 1999 tragen insbesondere die Forschungseinrichtungen und die Leichtwasserreaktoren mit jeweils 30,7% sowie die stillgelegten Reaktoren mit 20,6% bei, während sich der Anteil der übrigen Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen auf 18% beläuft (Abbildung 2).

Für das Jahr 2000 wurde von den Abfallverursachern ein Aufkommen an konditionierten Abfällen von ca. 7000 m³ prognostiziert.

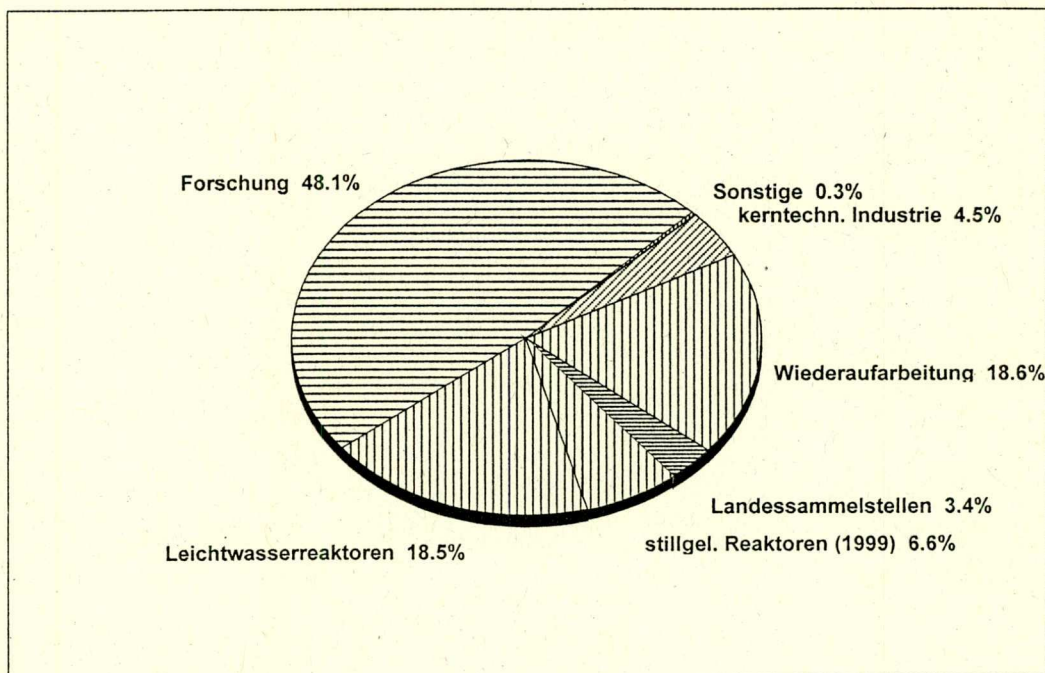


Abbildung 1: Aufteilung des Bestandes konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle am 31.12.1999, Gesamtvolumen: 63712 m³

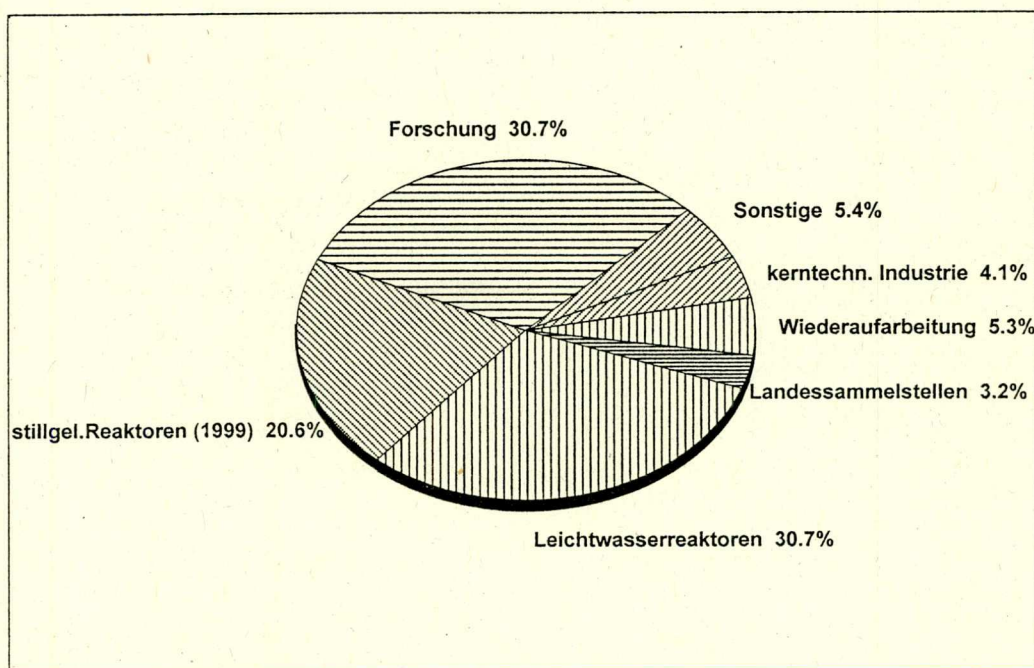


Abbildung 2: Aufteilung des Anfalls konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle im Jahr 1999, gemeldetes Abfallvolumen: 3903 m³

3.3 Wärmeentwickelnde Abfälle

3.3.1 Rohabfälle

Der Bestand an wärmeentwickelnden Rohabfällen belief sich am 31.12.1999 auf 452 m³. Dieses Volumen setzt sich aus dem Spaltproduktkonzentrat aus der stillgelegten WAK sowie an Core-Schrott aus Leichtwasserreaktoren zusammen. Zur Entsorgung des Spaltproduktkonzentrats der WAK errichtet das FZK derzeit die Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK).

Zusätzlich zu diesen Volumina wurden als wärmeentwickelnde Reststoffe die kugelförmigen Brennelemente des AVR Jülich (1,5 Mg SM [4]) gemeldet, die im Forschungszentrum Jülich (FZJ) lagern.

3.3.2 Konditionierte Abfälle

Wärmeentwickelnde Abfälle sind 1999 nur in geringen Mengen angefallen. Am 31.12.1999 betrug der Bestand an konditionierten Abfällen (Abfallgebindevolumen) 1433 m³ (Tabelle 9). Die Aufschlüsselung der Herkunft dieses Volumens zeigt, dass 87,9 % auf die stillgelegten Reaktoren (einschließlich der ausgedienten Brennelemente aus dem THTR), 0,4% auf die Leichtwasserreaktoren, 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). Die aus dem THTR entladene Masse der ausgedienten Kugelbrennelemente beträgt 6,9 Mg SM. Diese 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; sie 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 (§ 9 a Abs.1 AtG) eingeführt wurde, galten ausgediente Brennelemente als Wertstoffe, die zu recyklieren waren, sofern dies schadlos möglich und wirtschaftlich vertretbar war. Bis zum 31.12.1999 wurden aus den Leichtwasserreaktoren der alten Bundesländer 5444,2 Mg SM entweder zur Wiederaufarbeitung in das europäische Ausland oder in die externen Zwi-

schenlager 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 [4].

Im Jahr 1996 sind erstmals Kokillen mit verglastem Spaltproduktkonzentrat (sog. HAW-Kokillen) aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente in Frankreich zurückgeführt worden. Am 31.12.1999 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. Insgesamt sollen ca. 4800 HAW-Kokillen aus Frankreich und Großbritannien 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 8800 CSD-C-Kokillen (Colis Standards de Dechèts-Compactés) 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 von vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen, Hülsen- und Strukturteilen und Feedklärschlamm durch verglastes Spaltproduktkonzentrat verhandelt. Dies würde die Rücklieferung einer größeren Anzahl von Kokillen im Vergleich zu der vertraglich festgelegten Anzahl bedeuten, während die übrigen Abfälle nicht zurückgenommen werden müssten.

Für das Folgejahr 2000 haben die Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen keine Abschätzungen für das erwartete Aufkommen an konditionierten wärmeentwickelnden Abfällen übermittelt.

Gruppe	Bestand am 31.12.1998	Anfall 1999	Bestand am 31.12.1999
Forschungseinrichtungen	79	-	79
kerntechnische Industrie	-	-	-
Leichtwasserreaktoren	1	5	6
stillgelegte Reaktoren (31.12.1999)	1259	-	1259
Landessammelstellen	19	-	19
Wiederaufarbeitung	55	-	55
Wiederaufarbeitung HAW	15	-	15
Summe	1428	5	1433

Tabelle 9: Bestand konditionierter wärmeentwickelnder Abfälle in Deutschland Ende 1998, Anfall 1999 sowie Bestand Ende 1999, Angaben in m³

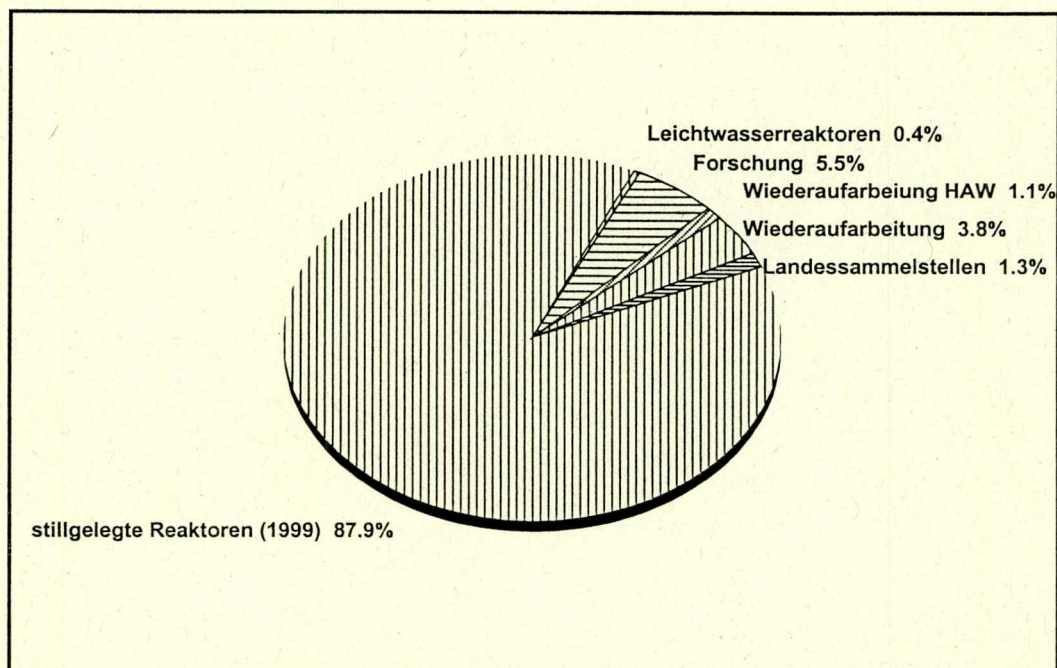


Abbildung 3: Prozentuale Verteilung des Bestandes konditionierter wärmeentwickelnder Abfälle in Deutschland am 31.12.1999 (Gesamtvolumen: 1433 m³)

4. Vergleich der Abfallmengen 1984 - 1999

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 4700 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
1999	31634	63712	2817	-	1433	5

*) vernachlässigbar wärmeentwickelnd

Tabelle 10: Aufkommen radioaktiver Reststoffe und Abfälle im Zeitraum von 1984 bis 1999, Angaben in m³

Für 1996 und 1997 ergab sich eine Abnahme radioaktiver wärmeentwickelnder Abfälle (in Tabelle 10 mit negativem Zeichen gekennzeichnet). Der Rückgang resultiert aus einer vom Ablieferungspflichtigen vorgenommenen Änderung der Zuordnung wärmeentwickelnd-ver-

nachlässigbar wärmeentwickelnd auf der Basis der vorläufigen Endlagerungsbedingungen für das Endlagerprojekt Konrad [3].

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 Verhandlungs- und Behandlungsschritten 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 Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen 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.

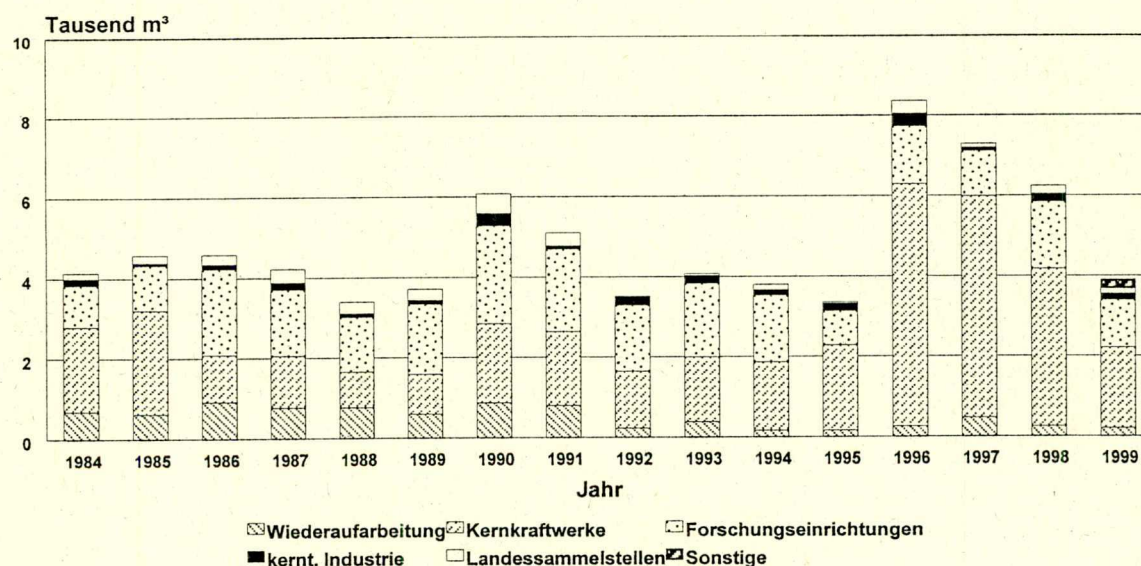


Abbildung 4: Jährlicher Anfall konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle in Abhängigkeit von ihrer Herkunft im Zeitraum 1984 bis 1999, Angaben in m³

Im Zeitraum vom 13. Januar 1994 bis zum 28. September 1998 wurden im ERAM 22320 m³ feste Abfälle der Abfallart A1 [7] in 95444 Stück 200-l-, 280-l-, 400-l- und 570-l-Fässern sowie in zylindrischen Betonbehältern Typ I und Typ II sowie 394 Stück umschlossene Strahlenquellen der Abfallart A3 [7] endgelagert.

5. Prognose des zukünftigen Abfallaufkommens

5.1 Prognose für das Folgejahr

Tabelle 11 enthält den für das Jahr 2000 erwarteten Anfall an konditionierten vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen.

Gruppe	Prognose für 2000
Forschungseinrichtungen	1027
kerntechnische Industrie	364
Leichtwasserreaktoren	1038
stillgelegte Reaktoren (31.12.1999)	3824
Landessammelstellen	30
sonstige Ablieferungspflichtige	278
Wiederaufarbeitung	444
Summe	7005

Tabelle 11: Prognose der Abfallverursacher für den erwarteten Anfall konditionierter vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle im Jahr 2000, Angaben in m³

Nicht alle Abfallverursacher haben Angaben über den zu erwartenden Abfall bereitgestellt. Bei Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen, bei denen die Abfallmeldung mittels ISAR erfolgt, sind keine Daten verfügbar. Für jeden derzeit betriebenen Leichtwasserreaktor wurde daher der Anfall von 75 m³ Abfallgebindevolumen (hier: Betriebsabfälle) 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 2000 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 einschließlich der Brennelementherstellung, die Forschung im Grundlagen und Anwendungsbereich wie auch die vorgesehenen Maßnahmen zur Konditionierung von radioaktiven Abfällen von Bedeutung.

5.2.1 Vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle

Die Prognosen bauen auf dem Bestand an konditionierten radioaktiven Abfällen am 31.12.1999 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 zukünftigen Änderungen angepasst werden müssen. Da in das Endlager Morsleben keine Abfälle mehr eingelagert werden, mussten die Abfallmengen für einige Verursacher neu abgeschätzt bzw. aktualisiert werden. Es handelt sich hierbei jedoch um vergleichsweise geringe Mengen.

Im Rahmen der Prognose werden nach Außerbetriebnahme eines Leichtwasserreaktors jeweils 2 Jahre Nachbetrieb, 1 Jahr Entladung und 1 Jahr Vorbereitung des Abbaus angenommen.

Die Gruppe Leichtwasserreaktoren enthält die Volumina der heute in Betrieb befindlichen Anlagen inklusive der Stilllegungsabfälle, die im Mittel mit 5700 m³ je Leichtwasserreaktor berücksichtigt wurden. Für jede Anlage wird pro Jahr 75 m³ Abfallgebindevolumen an Betriebsabfällen berechnet, dieses Volumen entspricht dem ermittelten Durchschnittswert aus den bisherigen Abfallerhebungen.

Die Ergebnisse der Prognosen sind in Tabelle 12 und Abbildung 5 dargestellt. Danach wird sich das Aufkommen konditionierter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung auf etwa 303 000 m³ im Jahr 2080 belaufen.

Gruppe	Summe 2000	Summe 2005	Summe 2010	Summe 2020	Summe 2030	Summe 2040	Summe 2080
Forschungseinrichtungen	32939	42546	45069	48363	49493	50623	58683
kerntechnische Industrie	3350	7437	7531	7714	8397	8482	8733
Leichtwasserreaktoren	13301	20503	30875	87290	14957	161230	161230
stillgelegte Reaktoren (31.12.1999)	8190	17113	25155	29242	29242	36742	36742
Landessammelstellen	2677	3487	4297	5917	7537	9157	10777
sonst. Ablieferungs- pflichtige	0	20	40	80	120	160	320
Wiederaufarbeitung	12191	24432	26460	26460	26460	26460	26460
Gesamtsumme	72648	115538	139427	205065	270846	292854	302945

Tabelle 12: Prognostizierte Abfallgebindevolumina bis zum Jahr 2080, Angaben in m³

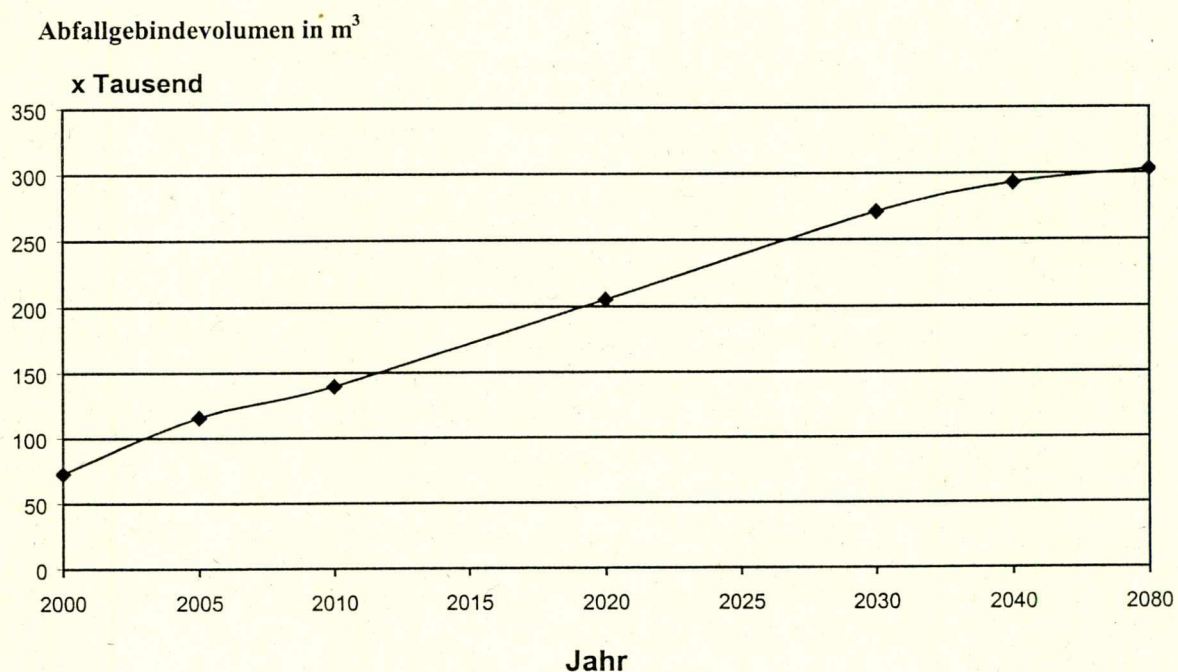


Abbildung 5: Prognostizierte Abfallgebindevolumina konditionierter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (kumulativ) bis zum Jahr 2080, Angaben in m³

Darüber hinaus wären grundsätzlich auch weitere radioaktive Reststoffe zu berücksichtigen, die ggf. 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 verursacherseitig mit ca. 14000 m³ abgeschätzt, zu den Abfallgebundevolumina der NORM-Abfälle können derzeit keine Angaben gemacht werden. Angaben zu Uran und Plutonium aus der Wiederaufarbeitung, die in der Prognose zu berücksichtigen wären, liegen gegenwärtig nicht vor.

5.2.2 Wärmeentwickelnde Abfälle

Der Bestand an wärmeentwickelnden Abfällen im Jahr 2080 wird bei einem Leichtwasserreaktorbetrieb von etwa 32 Jahren insgesamt zu 22143 m³ ermittelt. Dieses Volumen setzt sich u. a. aus 860 m³ verglasten Abfällen, die aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente in ausländischen Wiederaufarbeitungsanlagen und aus der WAK stammen sowie 16373 m³ verpackter Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren in den alten Bundesländern für die direkte Endlagerung zusammen. Die Brennelemente aus dem THTR und AVR werden direkt im CASTOR-THTR-Behälter endgelagert; das Volumen dieser Abfallgebunde beläuft sich auf 1974 m³.

Die Berechnung geht davon aus, ca. 9000 Mg ausgediente Brennelemente zu konditionieren und im POLLUX-Behälter endzulagern (derzeitiges Referenzkonzept). Für 1 Mg BE werden 1,83 m³ POLLUX-Gebundevolumen berechnet. 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. Für die Brennelemente des VKTA werden insgesamt 21 Behälter, für die Brennelemente des FRM II ca. 30 Behälter vom Typ CASTOR MTR 2 benötigt. Jeder dieser Behälter hat ein Volumen von etwa 2,5 m³.

Das Ergebnis der Prognose des zukünftigen Anfalls wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle ist in Abbildung 6 wiedergegeben, wobei die verschiedenen Abfallströme jeweils getrennt voneinander aufgetragen sind. Die graphische Darstellung weist nur den Zeitraum von 2000 bis 2030 aus, da ab dem Jahr 2030 keinen weiteren Beiträge zu dem kumulativen Abfallgebundevolumen von etwa 22000 m³ mehr erwartet werden.

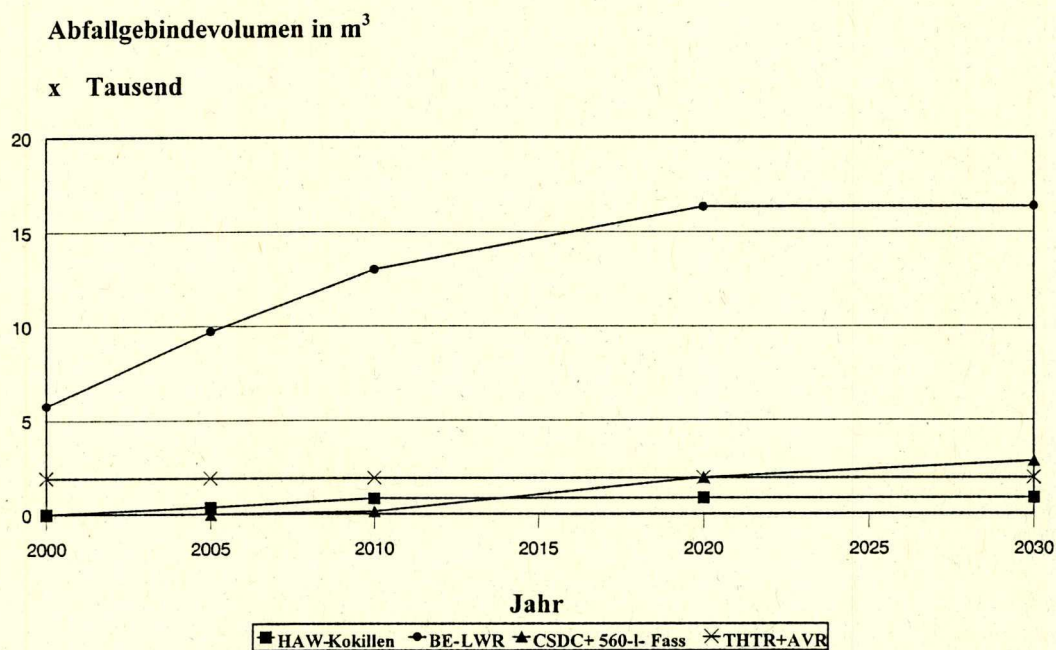


Abbildung 6: Prognostizierte Abfallgebindevolumina (kumulativ) konditionierter wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle bis zum Jahr 2030 (bzw. bis 2080, da keine weiteren Beiträge mehr erwartet werden), Angaben in m³

6. Entsorgung radioaktiver Abfälle

6.1 Zwischenlagerung

Das Formblatt zur Abfallerhebung enthält ebenfalls die Abfrage nach der vorhandenen Lagerkapazität und dem Ausnutzungsgrad beim Ablieferungspflichtigen/Abführungspflichtigen. Bei der Auswertung der Angaben stellt sich immer wieder heraus, dass keine vergleichbaren Randbedingungen für die Errechnung der Zwischenlagerkapazität vorliegen. In der Regel gelten die Genehmigungen für ein bestimmtes Gebinde, überwiegend für das 200-l-Fass. Z. B. wurden daher bei einer Lagerkapazität von 2900 Fässern 783 m³ Lagervolumen veranschlagt. In der Praxis liegt aber meistens ein gemischtes Gebindespektrum vor. Zum Teil bezieht sich die Zwischenlagerkapazität auch mit auf behandelte und vorbehandelte Abfälle, wie aus den Angaben der Abfallverursacher zu ersehen ist. Für genauere Aussagen müsste daher eine detaillierte Betrachtung der Situation jedes einzelnen Abfallverursachers unter Berücksichtigung technischer und genehmigungsrechtlicher Sachverhalte durchgeführt werden.

Angaben zur Zwischenlagerkapazität können nur überschlagsmäßig Tendenzen wiedergeben; für belastbare Aussagen müsste eine detaillierte Abfrage unter für alle Zwischenlagerbetreiber verbindlichen, vergleichbaren Randbedingungen durchgeführt werden.

Als zusätzliche Zwischenlager stehen das Abfalllager Gorleben, die externe Lagerhalle bei der Anlage Unterweser und die Sammelstelle der bayerischen 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 den im Abbau befindlichen Anlagen in Greifswald und Rheinsberg verbracht werden. Die Berechnung der Lagerkapazität basiert auf dem Bestand an konditionierten Abfällen; unkonditionierte und vorbehandelte Abfälle wurden hierbei 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 15000 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 abgeschalteten Reaktoren in 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 1999 ein mittlerer integraler Gesamtausnutzungsgrad von 38 % (Tabelle 13). Im Rahmen einer detaillierten Betrachtung für jeden Abfallverursacher zeigt sich, dass in Einzelfällen bereits heute z. T. weit höhere Ausnutzungsgrade erreicht werden. 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 31.12.1999
Forschung (inkl. Kunden)	61	75760	45960
kerntechnische Industrie	36	4914	1772
Leichtwasserreaktoren	21	23164	4865
Zwischenlager Nord (ZLN)	1	201025	1035
stillgelegte Reaktoren (31.12.1999)	20	4838	962
Landessammelstellen	21	6840	1454
sonstige Ablieferungspflichtige	6	3540	212
Zwischenlager der Energieversorgungsunternehmen (EVU)	16	42477	6796

Tabelle 13: Vorhandene Zwischenlagerkapazität, Bestand an konditionierten Abfällen am 31.12.1999 und Ausnutzungsgrad der Zwischenlager für vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle, Kapazitäten und Bestände in m³, Ausnutzungsgrade in %

Die Ausschöpfung der Zwischenlagerkapazität für konditionierte wärmeentwickelnde Abfälle (ohne THTR-Brennelemente, verglastes Spaltproduktkonzentrat und ausgediente Brennelemente, die in Transportbehältern zwischengelagert sind) liegt bei ca. 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

Rechtliche Grundlage für die geordnete Beseitigung von radioaktiven Abfällen ist das Atomgesetz (AtG). Danach hat der Bund nach § 9 a Abs. 3 AtG Anlagen zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle einzurichten. Diese Handlungspflicht des Bundes zum Bau und Betrieb von Endlagern ist einer der Eckpfeiler der nuklearen Entsorgung, die im Interesse der Allgemeinheit liegt. Mit der Erfüllung dieser Pflicht nimmt der Bund eine wichtige öffentliche Aufgabe der Daseinsvorsorge, insbesondere des Umweltschutzes wahr. Für die Aufgabe, Anlagen des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle zu errichten und zu betreiben, ist das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Salzgitter zuständig. Es gehört zum Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), das innerhalb der Bundesregierung für die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz zuständig ist.

Bisher hat der Bund die beiden Endlagerprojekte an den Standorten Konrad und Gorleben verfolgt sowie das Endlager für radioaktive Abfälle (ERAM) betrieben. Der aktuelle Stand stellt sich wie folgt dar:

- Mit der deutschen Vereinigung am 03. Oktober 1990 ging das von der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik genehmigte und betriebene Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) gemäß § 57 a AtG als Bundesendlager in die Zuständigkeit des BfS über. In das ERAM wurden seit 1971 schwach- und mittelfradioaktive Abfälle mit Konzentrationen von Alpha-Strahlern bis zu $4,0 \times 10^8 \text{ Bq/m}^3$ eingelagert. Nach einer durch das Bezirksgericht Magdeburg verfügten Unterbrechung des Einlagerungsbetriebes wurde nach Abklärung juristischer und technischer Fragen die Endlagerung radioaktiver Abfälle in dieser Anlage am 13. Januar 1994 wieder aufgenommen. In seinem Beschluss vom 25. September 1998 (vorläufige Entscheidung im Eilverfahren) hat das Obergericht Magdeburg dem BfS die weitere Einlagerung radioaktiver Abfälle im Ostfeld des ERAM bis zur rechtskräftigen Entscheidung im Hauptsacheverfahren untersagt. Im Hinblick auf die Entscheidungsgründe dieses Beschlusses wurde vom BfS vorsorglich festgelegt, bis auf weiteres keine radioaktiven Abfälle im ERAM mehr anzunehmen. Vor diesem Hintergrund fanden die letzten Einlagerungsvorgänge am 28. September 1998

statt; von diesem Zeitpunkt an sind keine weiteren radioaktiven Abfälle im ERAM mehr entsorgt worden. Das BfS hat zwischenzeitlich auf die Endlagermöglichkeit in der Dauerbetriebsgenehmigung für das ERAM unwiderruflich gegenüber dem Umweltministerium Sachsen-Anhalt verzichtet. Die Einlagerung radioaktiver Abfälle in dieser Anlage ist damit beendet und das laufende Planfeststellungsverfahren bleibt auf die Stilllegung beschränkt.

- Seit Ende der siebziger Jahre wird der Salzstock Gorleben auf seine Eignung zur Aufnahme eines Endlagers für alle Arten radioaktiver Abfälle untersucht. Obwohl die bisherigen Erkundungsergebnisse die Eignungshöflichkeit dieses Standortes bestätigen, bestehen grundsätzliche Zweifel an der Eignung des Salzstockes [2]. Insbesondere aus dem internationalen Raum gibt es eine Reihe neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Entwicklungen zu sicherheitsrelevanten Aspekten, die bisher noch nicht in die Bewertung der Fachbehörden des Bundes und in die deutsche Endlagerkonzeption eingeflossen sind. Daher ist die Erkundung seit dem 01. Oktober 2000 unterbrochen worden (Gorleben-Moratorium), und zwar für mindestens drei Jahre, längstens jedoch für 10 Jahre [2]. Entsprechend der geänderten Vorgehensweise bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle sollen weitere Standorte in unterschiedlichen Wirtsgesteinen anhand von noch aufzustellenden Kriterien auf ihre Eignung untersucht werden. Aufgrund eines sich anschließenden Standortvergleichs soll eine Auswahl des in Aussicht zu nehmenden Standortes für ein einziges Endlager in tiefen geologischen Formationen für die Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle getroffen werden.
- Das Endlagerprojekt Konrad wird im Rahmen des seit Ende August 1982 laufenden Planfeststellungsverfahrens betrieben und offen gehalten. Diese Anlage ist zur Entsorgung aller Arten radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung vorgesehen. Das Planfeststellungsverfahren läuft derzeit weiter und wird bis zu einer Entscheidung fortgeführt. Entsprechend der Konsensvereinbarung [2] hat das BfS als Antragsteller den Antrag auf sofortige Vollziehbarkeit des Planfeststellungsverfahrens im Juli 2000 zurückgezogen, um eine gerichtliche Überprüfung eines Planfeststellungsbeschlusses im Hauptsacheverfahren zu ermöglichen.

7. Literaturverzeichnis

- [1] P. Brennecke/A. Hollmann
„Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1998“
Bericht BfS-ET-30/00, Salzgitter, Dezember 1999
- [2] Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000
- [3] P. Brennecke (Hrsg.)
„Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995) - Schachtanlage Konrad -“
BfS-Bericht ET-IB-79, Salzgitter, Dezember 1995
- [4] Entsorgung abgebrannter Brennelemente aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland, Ergebnisse der Länderumfrage zum 31.12.1999
- [5] 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)
- [6] Entwurf einer Verordnung für die Umsetzung von EURATOM-Richtlinien zum Strahlenschutz – Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV), Stand: 14. März 2001
- [7] 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

Formblatt zur Erhebung radioaktiver Reststoffe
- 1999 -

1. Anlage

Name:	Standort:
Inbetriebnahme:	Außerbetriebnahme:
Vorhandene Lagerkapazität ^{*1)} :	m ³
Geplante Lagerkapazität ^{*1)} :	m ³
Ausnutzungsgrad des Lagers (ca.):	%
Genehmigungsinhaber:	
Genehmigung nach:	§ 6 AtG § 7 AtG § 9 AtG § 3 StrlSchV

2. Unbehandelte Reststoffe ^{*2)}

Bestand am 31.12.1999

- a: Reststoffe ^{*3)} wenn Angaben unter b und c nicht möglich
 b: 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 31.12.1999

- a: Zwischenprodukte ^{*3)}
 b: Abfallprodukte, die voraussichtlich keiner weiteren Behandlung unterliegen ^{*3)}

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

3.2 Anfall vom 01.01.1999 bis 31.12.1999 ^{*2)}

a: Zwischenprodukte ^{*3)}

b: Abfallprodukte, die voraussichtlich keiner weiteren Behandlung unterliegen ^{*)}

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

3.3 Erwarteter Anfall an Abfallprodukten im Folgejahr 2000 ^{*)}

Abfallbehälter *4)	Gebindeanzahl	Gebindebruttovolumen *5) in m ³

4. Für vorausleistungspflichtige Abfalllieferer gemäß § 6 (1) Ziffer 4 EndlagerVIV:

Wurden bzw. werden die unter Punkt 3.2 genannten Abfälle an Landessammelstellen abgeführt?
ja ^{*3)} nein ^{*3)}

Bei Teilablieferung bitte Mengen aufschlüsseln

Bemerkungen/Erläuterungen:

*1) Angabe des zur Lagerung genehmigten Gebindebruttovolumens

*2) Wärmeentwickelnde Reststoffe/Abfälle sind separat auszuweisen

*3) Zutreffendes bitte ankreuzen

*4) Die Angaben sollen abfallbehälterspezifisch erfolgen.

Bitte Behälter in die vorgesehenen Spalten eintragen (z.B. 200 l-Fass, 400 l-Fass, Betonbehälter Typ usw.)

*5) Angaben zum Gebindebruttovolumen in m³:

200 l-Fass:	0,27	280-l-Fass:	0,38	400 l-Fass:	0,52
570-l-Fass:	0,75	Betonbehälter Typ I:	1,2	Betonbehälter Typ II:	1,3
Gussbehälter Typ I:	0,7	Gussbehälter Typ II:	1,3	Gussbehälter Typ KfK II:	1,2
Gussbehälter Typ III:	1,0	Container Typ I:	3,9	Container Typ II:	4,6
Container Typ III:	8,7	Container Typ IV:	7,4	Container Typ KfK IV:	7,14
Container Typ V:	10,9	Container Typ VI:	5,4		

Bei nicht aufgeführten Behältertypen ist das Bruttovolumen aus den Maximalabmessungen des Behälters zu errechnen.

**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.; Warnecke, E.

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

BfS-ET-3/90-REV-1

Brennecke, P.; Warnecke, E.

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

BfS-ET-4/90

Brennecke, P.; Warnecke 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 Neufassung 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 Aktivitätsgrenzwerten aus den Ergebnissen der Störfallanalysen und Auswirkungen der Revision der Strahlenschutzverordnung und der zugehörigen Berechnungsgrundlagen. 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 Konzentrationen an den Rändern. Salzgitter, April 1991

BfS-ET-9/91

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

ANKONA. Programm zur rechnerischen Überprüfung an im geplanten Endlager Konrad einzulagernde 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

Warnecke, 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 Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle. Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (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 Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle. Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (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 groundwater 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 - Schachtanlage 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.)
Messungen 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 Erkundungsbergwerks 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

BfS-ET-31/00
Börst, F.-M.; Fasten, Ch.
Empfehlungen für die sichere Beförderung von radioaktiven Stoffen
in der Fassung 1996
deutsche Übersetzung der Abschnitte I bis VIII der „IAEA Safety Standards Series No. ST-1“.
Salzgitter, Juli 2000

BfS-ET-32/00
Börst, F.-M.; Rimpler, A.; Scheib, H.
Strahlungsmessungen an Transport- und Lagerbehältern zur Beförderung von hochaktiven Glas-
kokillen aus der Wiederaufarbeitung und von be-
strahlten Brennelementen.
Salzgitter, Juli 2000

BfS-ET-33/00
Brennecke, P.; Hollmann, A.
RADIOACTIVE WASTE ARISING IN THE
FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY
- 1998 WASTE INQUIRY -
Salzgitter, August 2000

BfS-ET-34/01
Ehrlich, D.; Theis, P.
Auswertung einschließlich Überprüfung der meteorologischen Messwerte der Wetterstation am Standort des Endlagers Morsleben (ERAM) für die Jahre 1995 bis 2000.
Salzgitter, April 2001

BfS-ET-35/01
Brennecke, P.; Hollmann, A.
Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland. - Abfallerhebung für das Jahr 1999. -
Salzgitter, April 2001

