

BfS

Bundesamt
für
Strahlenschutz

4 W 90. 198 - 1990, 1

13 02 104

Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport

(1989)

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

Peter Brennecke und Joachim Schumacher

Salzgitter, April 1990

ET 1/90



ET-Berichte

ISSN 0937-4434

Zusammenfassung

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) führt das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), das für die Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle gesetzlich zuständig ist, eine jährliche Erhebung der in der Bundesrepublik Deutschland vorhandenen und erwarteten radioaktiven Abfallmengen durch. Diese Erhebung wird seit dem Jahr 1985 vorgenommen.

Am 31. Dezember 1989 betrug der Bestand an unkonditionierten radioaktiven Abfällen etwa $13\,000\text{ m}^3$; davon entfällt ein Anteil von ca. $1\,300\text{ m}^3$ auf Abklingabfälle. Bei den konditionierten radioaktiven Abfällen, deren Volumen sich auf etwa $44\,400\text{ m}^3$ belief, machten die Abfälle aus Forschungseinrichtungen mit ca. $18\,100\text{ m}^3$, aus dem Betrieb von Kernkraftwerken mit ca. $13\,800\text{ m}^3$ und aus der Wiederaufarbeitung mit ca. $9\,000\text{ m}^3$ die größten Anteile aus.

In Ergänzung zu der Abfallerhebung für das Jahr 1989 wurde der zukünftig zu erwartende Anfall an konditionierten radioaktiven Abfällen prognostiziert. Für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ist danach bis zum Ende vom Jahr 2000 ein kumuliertes Abfallgebindevolumen in einer Bandbreite von $129\,900\text{ m}^3$ bis $170\,900\text{ m}^3$ zu erwarten, während für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle eine Bandbreite von $3\,200\text{ m}^3$ bis $3\,600\text{ m}^3$ abgeschätzt wird.

Für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen stand in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1989 eine Lagerkapazität von etwa $124\,400\text{ m}^3$ zur Verfügung, die durch unkonditionierte und konditionierte radioaktive Abfälle im Mittel zu etwa 40 % ausgenutzt war.

Die Angaben zum Abfallmengenaufkommen und zur Ausnutzung der Zwischenlagerkapazitäten erlauben bei integraler Betrachtungsweise die Schlußfolgerung, daß bis zur geplanten Inbetriebnahme des Endlagers Konrad Mitte der neunziger Jahre keine Engpässe bei der Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zu erwarten sind.

Abstract

On behalf of the Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), the Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) as the body legally responsible for the long-term storage and disposal of radioactive wastes makes an annual inquiry into the existing and expected amounts of radioactive wastes in the Federal Republic of Germany. This inquiry has been carried out since 1985.

On December 31, 1989, the unconditioned radioactive wastes amounted to about $13,000\text{ m}^3$ including a share of about $1,300\text{ m}^3$ of waste stored for decay. The volume of the conditioned radioactive wastes amounted to about $44,400\text{ m}^3$. Of this, the waste from nuclear research establishments made up about $18,100\text{ m}^3$, the waste from the operation of nuclear power plants about $13,800\text{ m}^3$ and that from the reprocessing of spent fuel elements about $9,000\text{ m}^3$.

A prognosis was also made of the future amount of conditioned radioactive wastes. According to this forecast, supplementing the 1989 radioactive waste inquiry, the cumulated waste package volume of radioactive wastes with negligible heat generation will be approximately within the bandwidth of $129,900\text{ m}^3$ to $170,900\text{ m}^3$ at the end of the year 2000, whereas for heat-generating radioactive wastes a bandwidth of $3,200\text{ m}^3$ to $3,600\text{ m}^3$ is estimated.

In 1989 a capacity of about $124,400\text{ m}^3$ for the interim storage of radioactive wastes was available in the Federal Republic of Germany. On December 31, 1989, an average of about 40 % of this capacity was utilized by unconditioned and conditioned radioactive wastes.

From the data on the expected amount of radioactive wastes and on the utilization factor of the interim storage facilities, it may be concluded that, taking an overall view, no bottlenecks in the interim storage of radioactive wastes with negligible heat generation are to be anticipated up to the planned operation of the Konrad repository in the mid-nineties.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	4
2. Herkunft, Arten und Konditionierung radioaktiver Abfälle	4
3. Bestand und Anfall radioaktiver Abfälle	5
3.1 Vorhandene und erwartete Abfallgebinde	5
3.2 Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung	6
3.2.1 Unkonditionierte Abfälle	6
3.2.2 Abklingabfälle	6
3.2.3 Konditionierte Abfälle	6
3.3 Wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle	7
3.3.1 Unkonditionierte Abfälle	7
3.3.2 Konditionierte Abfälle	7
3.4 Vergleich mit den Abfallerhebungen für die Jahre 1984 bis 1988	7
3.4.1 Rohabfälle und Abklingabfälle	7
3.4.2 Verarbeitete und verpackte Abfälle	8
3.4.3 Schätzung für das Folgejahr	8
4. Entsorgung vorhandener und zukünftig erwarteter Abfallmengen	8
4.1 Prognose zukünftiger Abfallmengen	8
4.1.1 Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung	10
4.1.2 Wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle	10
4.2 Entsorgung radioaktiver Abfälle	11
4.2.1 Zwischenlagerung	11
4.2.2 Endlagerung	12
4.3 Zusammenfassende Bewertung	13
5. Literatur	13

1. Einleitung

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ist seit dem 1.11.1989 für die Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle gesetzlich zuständig /1/. Als Nachfolger der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), die zuvor für diese Aufgabe verantwortlich war, führt das BfS im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) die seit 1985 vorgenommene jährliche Erhebung der in der Bundesrepublik Deutschland angefallenen radioaktiven Abfallmengen durch /2/. Im Rahmen dieser Abfrage wird insbesondere der Bestand an unkonditionierten und konditionierten radioaktiven Abfällen verursacher- und anlagenspezifisch ermittelt. Das für ihre Durchführung verwendete Formblatt ist im Anhang wiedergegeben /3/.

Im Einvernehmen mit dem Fachausschuß "Brennstoffkreislauf" des Länderausschusses für Atomkernenergie wurde vom BMU festgelegt, daß das BfS dieses Formblatt einmal jährlich parallel den zuständigen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden der Länder und denjenigen Ablieferungspflichtigen zuleitet, die an ein Endlager für radioaktive Abfälle ablieferungspflichtig sind. Die Ablieferungspflichtigen senden das ausgefüllte Formblatt über die zuständige Länderbehörde an das BfS zurück.

Entsprechend dieser Festlegung hat das BfS die Abfallerhebung für das Jahr 1989 im November 1989 initiiert. Im März 1990 gingen die letzten Angaben der Ablieferungspflichtigen im BfS ein.

2. Herkunft, Arten und Konditionierung radioaktiver Abfälle

In der Bundesrepublik Deutschland fallen radioaktive Abfälle an

- bei der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung in Forschungseinrichtungen;
- bei der Radioisotopenanwendung in sonstigen Forschungsinstituten, Universitäten, Gewerbe- und Industriebetrieben, Krankenhäusern oder Arztpraxen (Anmerkung: diese Abfälle werden i. a. an Landessammelstellen abgegeben);
- beim Betrieb von Leichtwasserreaktoren (Druckwasser- und Siedewasserreaktoren) und von Reaktoren fortgeschrittener Baulinien (z. B. Hochtemperaturreaktoren);
- bei der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen;
- in der Industrie des Kernbrennstoffkreislaufs bei der Urananreicherung, der Herstellung von Brennelementen sowie bei industriellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten;
- bei der Stilllegung und dem Abbau von Reaktoren der Elektrizitätsversorgungsunternehmen, von Forschungs-, Demonstrations- und Unterrichtsreaktoren sowie von weiteren Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs;
- bei sonstigen Ablieferungspflichtigen wie Bundeswehr oder pharmazeutische Industrie.

Darüber hinaus sind radioaktive Abfälle zu berücksichtigen, die bei der Konditionierung von abgebrannten Brennelementen aus Leichtwasserreaktoren für die direkte Endlagerung zu erwarten sind.

Bei den insgesamt anfallenden radioaktiven Abfällen wird zwischen Abfällen mit nennenswerter Wärmeentwicklung wie

- Spaltproduktkonzentraten,
- Hülsen und Strukturteilen,
- Feedklärschlämmen,
- Schrott

und Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung unterschieden, zu denen beispielsweise die folgenden

Abfallarten (Rohabfälle) zählen:

- Metalle und Nichtmetalle,
- Filter und Filterhilfsmittel,
- leicht und schwer brennbare Stoffe,
- Kadaver,
- Chemieabwässer,
- Schlämme/Suspensionen,
- biologische Abwässer,
- Öle, Lösungsmittel und Emulsionen.

Falls keine schadlose Verwertung durchgeführt werden kann, ist eine Konditionierung (Verarbeitung und Verpackung) der radioaktiven Abfälle notwendig. Das Ziel der Abfallkonditionierung ist die Herstellung zwischen- und endlagergerechter Abfallgebinde. Hierfür stehen verschiedene erprobte Verfahren und Anlagen zur Verfügung /4/:

- Nach Sammlung und Sortierung können die Rohabfälle z. B. zur Volumenminimierung oder zur Inertisierung zunächst vorbehandelt und zu Zwischenprodukten verarbeitet werden.
- Für die Verpackung von festen Rohabfällen und Zwischenprodukten stehen das Schmelzen, Kompaktieren und Zementieren zur Verfügung.
- Für die Verarbeitung von ggf. vorbehandelten flüssigen Abfällen werden das Zementieren, Bituminieren, Trocknen und Verglasen angewandt.
- Die Verpackung der Abfallprodukte orientiert sich an einem auf sicherheitstechnische und betriebliche Belange ausgelegten und zwischen allen Beteiligten abgestimmten System standardisierter Abfallbehälter.

Bei der Konditionierung können verschiedenartige oder aus verschiedener Herkunft stammende radioaktive Abfälle gemischt werden. Für die Verarbeitung und Verpackung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung geben die vorläufigen Endlagerungsbedingungen für die Schachanlage Konrad /5/ die Randbedingungen vor, die nach gegenwärtigem Stand bei der Ablieferung von Abfallgebinden an diese Anlage eingehalten werden müssen.

3. Bestand und Anfall radioaktiver Abfälle

Auf der Basis der eingegangenen Antworten von 54 Ablieferungspflichtigen wurde eine Auswertung der Formblätter zur Abfallerhebung für das Jahr 1989 vorgenommen. Angaben zu den verwendeten Abfallbehältern sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Die wichtigsten Ergebnisse, die sich aus der Auswertung der Angaben der Ablieferungspflichtigen ergeben haben, sind in Übersichtsform verursachergruppenspezifisch in Tab. 2 aufgeschlüsselt und in den Abb. 1 - 4 graphisch dargestellt:

- Bestand an unkonditionierten radioaktiven Abfällen Ende 1989: ca. 13 000 m³ (einschl. von ca. 1 300 m³ Abklingabfällen);
- Bestand an konditionierten radioaktiven Abfällen Ende 1989: ca. 44 400 m³,
- Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle im Jahr 1989: ca. 3 700 m³,
- geschätzter Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle für das Jahr 1990: ca. 7 000 m³.

3.1 Vorhandene und erwartete Abfallgebinde

In der Bundesrepublik Deutschland wurden am 31. Dezember 1989 etwa 68 800 Abfallgebinde (ca. 44 400 m³) zwischengelagert. Dieser Bestand teilt sich wie folgt auf:

- ca. 67 000 Gebinde (etwa 43 900 m³) mit radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und
- ca. 1.800 Gebinde (etwa 500 m³) mit wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen.

Fässer, zylindrische Betonbehälter sowie Container in Stahlblech- und Betonausführung dienen überwiegend zur Verpackung der radioaktiven Abfälle. Von den insgesamt verwendeten Verpackungen (Tab. 3) entfallen ca. 51 800 Stück auf 200-l-Fässer, ca. 7 700 Stück auf zylindrische Betonbehälter Typ I, ca. 2 000 Stück auf Container Typ IV und ca. 7 300 Stück auf sonstige Abfallbehälter.

Der Vergleich des Gebindeanfalls im Jahr 1988 /6/ und im Jahr 1989 zeigt eine größenordnungsmäßig annähernde Übereinstimmung des Abfallgebindespektrums. Im einzelnen ist u. a. eine Abnahme von 200-l-Fässern als Endlagerbehälter zu erkennen. Bei der Verwendung von Gußbehältern Typ II und III ist ein stärkerer Bedarf erkennbar. In Ergänzung zum Container Typ IV werden die Container Typ III und V als Abfallbehälter zunehmend eingesetzt.

Für das Folgejahr 1990 werden ca. 6 400 Abfallgebäude erwartet (Tab. 3), wobei im Vergleich zu 1989 insbesondere die Anteile von 200-l-Fässern, Gußbehältern und Containern bei der Verpackung von radioaktiven Abfällen zunehmen sollen.

3.2 Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

3.2.1 Unkonditionierte Abfälle

Der Bestand an unkonditionierten Abfällen (Rohabfallvolumen) betrug am 31. Dezember 1989 etwa 11 700 m³ (Tab. 4). Zu diesem Volumen tragen die Kernkraftwerke mit 69,2 %, die Landessammelstellen mit 11,3 %, die Forschungseinrichtungen mit 10,7 % sowie die übrigen Ablieferungspflichtigen mit 8,8 % bei.

3.2.2 Abklingabfälle

Bei Abklingabfällen handelt es sich z. B. um Abfälle aus der Radioisotopenanwendung im medizinischen Bereich, bei der Radionuklide mit vergleichsweise kurzen Halbwertszeiten verwendet werden /7/. Nach einer entsprechenden Zwischenlagerzeit, während der die Aktivität dieser Radioisotope abklingt, werden sie konventionell entsorgt. Eine Verbringung dieser Abfälle in ein Endlager ist nicht vorgesehen.

Der Bestand an Abklingabfällen betrug am 31. Dezember 1989 etwa 1 300 m³ (Tab. 5). Dieses Volumen setzt sich aus Beiträgen der Landessammelstellen (82,2 %), der sonstigen Ablieferungspflichtigen (13,2 %) und der Kernkraftwerke (4,6 %) zusammen.

3.2.3 Konditionierte Abfälle

Der Bestand an konditionierten Abfällen (Abfallgebündelvolumen) betrug am 31. Dezember 1989 etwa 44 000 m³ (Tab. 6 und 7). Die verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung dieses Volumens zeigt, daß

- 41,0 % auf die Forschungseinrichtungen,
- 31,4 % auf den Betrieb von Kernkraftwerken,
- 19,6 % auf die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen,
- 4,0 % auf die kerntechnische Industrie,
- 3,8 % auf die Landessammelstellen,
- 0,2 % auf radioaktive Abfälle sonstiger Herkunft

entfallen (Abb. 5).

Im Jahr 1989 sind insgesamt etwa 3.700 m³ an konditionierten Abfällen angefallen (Tab. 7). Zu diesem Volumen tragen insbesondere die verarbeiteten und/oder verpackten Abfälle aus den Forschungseinrichtungen mit ca. 1 700 m³, aus dem Betrieb von Kernkraftwerken mit ca. 1 000 m³ und aus der Wiederaufarbeitung mit ca. 600 m³ bei, während sich der Anteil der übrigen Ablieferungspflichtigen auf ca. 400 m³ beläuft (Abb. 6).

Für das Jahr 1990 wird ein Abfallgebindevolumen von voraussichtlich ca. 7 000 m³ erwartet, dessen prozentuale Aufteilung z. T. von dem verursachergruppenspezifischen Anfall im Jahr 1989 abweicht (Tab. 7). Der Vergleich der im Jahr 1989 angefallenen und für das Folgejahr 1990 geschätzten Abfallmengen zeigt wie in den vergangenen Jahren /6/ etwa eine Verdoppelung der erwarteten Abfallmenge. Sie beruht vor allem auf der geplanten Konditionierung von brennbaren radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb von Kernkraftwerken, für deren Verarbeitung im Jahr 1989 ein Engpaß bei der verfügbaren Verbrennungskapazität bestand. Einen weiteren wesentlichen Beitrag liefert die vorgesehene Umkonditionierung von radioaktiven Abfällen aus den Forschungseinrichtungen (hier: 200-l-Fässer in Container Typ IV). Von den übrigen Ablieferungspflichtigen sind im Vergleich zum Jahr 1989 etwa ähnliche Mengen geschätzt worden.

3.3 Wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle

3.3.1 Unkonditionierte Abfälle

Der Bestand an unkonditionierten Abfällen (Rohabfallvolumen) betrug am 31. Dezember 1989 etwa 70 m³ (Tab. 4). Diese Abfälle stammen ausschließlich aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK).

3.3.2 Konditionierte Abfälle

Der Bestand an konditionierten Abfällen (Abfallgebindevolumen) betrug am 31. Dezember 1989 etwa 500 m³ (Tab. 6 und 8). Die verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung dieses Volumens zeigt, daß

- 69,2 % auf die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen,
- 24,6 % auf die Forschungseinrichtungen,
- 4,2 % auf die Landessammelstellen,
- 1,2 % auf den Betrieb von Kernkraftwerken,
- 0,8 % auf die kerntechnische Industrie

entfallen (Abb. 7).

Im Jahr 1989 sind etwa 30 m³ an konditionierten Abfällen angefallen. Zu diesem Volumen tragen insbesondere die verarbeiteten und verpackten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung mit ca. 20 m³ bei, während sich der Anteil der übrigen Ablieferungspflichtigen auf ca. 10 m³ beläuft (Abb. 8).

Der Anfall konditionierter wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle im Jahr 1989 entspricht dem voraussichtlich erwarteten Abfallgebindevolumen im Folgejahr 1990 (Tab. 8), in dem für die Herkunft dieser Abfälle allerdings nur Wiederaufarbeitung und Forschungseinrichtungen genannt werden.

3.4 Vergleich mit den Abfallerhebungen für die Jahre 1984 bis 1988

3.4.1 Rohabfälle und Abklingabfälle

Die wichtigsten Ergebnisse der Abfallerhebungen für die Jahre 1984 bis 1989 sind in der Tab. 9 zusammengefaßt.

Belastbare Tendenzen für eine Zunahme bzw. Abnahme der Rohabfallmengen können grundsätzlich nur bedingt aufgezeigt werden, da bei den Ablieferungspflichtigen die Rohabfälle in der Regel zunächst gesammelt werden, um sie anschließend chargenweise einer Konditionierung zuzuführen. Bis Ende 1989 hat sich der Bestand an unkonditionierten radioaktiven Abfällen auf etwa 11 700 m³ erhöht. Die Zunahme in den letzten Jahren ist durch die Ereignisse im kerntechnischen Bereich im Zeitraum 1987/88, die daraus resultierenden Umstrukturierungen und den damit insbesondere verknüpften Einschränkungen der verfügbaren Konditionierungskapazität erklärlich. Hinzu kommt, daß die Verbrennung von radioaktiven Abfällen z. Zt. nur in Jülich möglich ist, während die Anlagen in Karlsruhe und Karlstein derzeit nicht zur Verfügung stehen.

Bei den Abklingabfällen sind belastbare Angaben über eine Zunahme bzw. Abnahme der erwarteten Mengen

wie bei den Rohabfällen nicht möglich. Im Zeitraum von 1984 bis 1989 schwanken die entsprechenden Volumina im Bereich von etwa 500 m³ bis etwa 1 500 m³ (Tab. 10). Ihr Anfall hängt von dem jeweiligen Bedarf an Radioisotopen mit vergleichsweise kurzer Halbwertszeit ab.

3.4.2 Verarbeitete und verpackte Abfälle

Der Bestand an konditionierten Abfällen am Jahresende 1989 hat sich im Vergleich zum Bestand am Jahresende 1988 um 3.719 m³ erhöht (Tab. 9). Der Anfall an konditionierten Abfällen im Jahr 1989 ist dagegen mit 3 747 m³ ausgewiesen (Tab. 2). Die Differenz von 28 m³ ist im wesentlichen auf Korrekturen der Bestandszahlen für das Jahr 1988 durch die Ablieferungspflichtigen zurückzuführen.

Der Anfall an konditionierten Abfällen für die Jahre 1984 bis 1987 ist in seinen jeweiligen Volumina von 4 165 m³, 4 622 m³, 4 632 m³ und 4 271 m³ vergleichbar (Tab. 9). Für die Jahre 1988 und 1989 nimmt der Anfall an konditionierten Abfällen um ca. 20 % ab, was überwiegend auf die o. a. reduzierte Konditionierungskapazität wie auch auf das Bestreben nach einer weiteren Reduzierung des Abfallproduktvolumens zurückzuführen ist. Als Beispiel für die Anwendung moderner Konditionierungstechniken wie Hochdruckverpressung, Trocknung und Verpackung in dickwandigen Gußbehältern im Bereich der Kernkraftwerke /8/ zeigt Abb. 9, daß der jährliche Anfall von konditionierten radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung von 1984 bis 1989 trotz der Inbetriebnahme von neuen Kernkraftwerken in diesem Zeitraum nicht zugenommen hat, sondern eine abnehmende Tendenz zeigt.

3.4.3 Schätzung für das Folgejahr

Die bisherigen Schätzungen des erwarteten Abfallgebindevolumens im Folgejahr durch die Ablieferungspflichtigen betragen im Mittel 6 864 m³ ± 6 % (Tab. 9). Der Vergleich dieser Schätzwerte mit den tatsächlich angefallenen Abfallgebundemengen zeigt, daß nur etwa 2/3 bis zur Hälfte der jeweils erwarteten Volumina angefallen sind.

Der voraussichtlich erwartete Anfall von konditionierten radioaktiven Abfällen im Jahr 1990 liegt mit 6 916 m³ über dem Mittelwert der schon zu hohen Schätzungen der Ablieferungspflichtigen in den Vorjahren.

Vor diesem Hintergrund und den Erfahrungen der Vorjahre kann davon ausgegangen werden, daß der tatsächliche Zuwachs an konditionierten radioaktiven Abfällen wie in den vergangenen Jahren auch im Jahr 1990 um etwa 1/3 bis zur Hälfte niedriger als der Schätzwert von ca. 7 000 m³ ausfallen dürfte.

4. Entsorgung vorhandener und zukünftig erwarteter Abfallmengen

Für eine aktuelle Beurteilung und ggf. Fortschreibung des benötigten Zwischenlager- und Endlagerbedarfs wird nachfolgend die Situation der Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland bis einschließlich des Jahres 2000 betrachtet.

4.1 Prognose zukünftiger Abfallmengen

Der zukünftige Anfall an konditionierten radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer und nennenswerter Wärmeentwicklung bis zum Ende des Jahres 2000 ist

- einerseits auf der Basis von Angaben (Modelldaten) abgeschätzt worden, die der PTB bzw. dem BfS für Endlagerplanungsarbeiten von den Ablieferungspflichtigen vorgelegt wurden, und
- andererseits unter Verwendung der Ergebnisse und Erfahrungen aus den bisher durchgeführten Abfallerhebungen für die Jahre 1984 bis 1989 prognostiziert worden.

Damit unterscheiden sich beide Prognosen grundsätzlich in den jeweils verwendeten Basisdaten; neben den abdeckenden Modelldaten der Ablieferungspflichtigen sind die tatsächlich angefallenen Abfallgebindevolumina aus den verschiedenen kerntechnischen Einrichtungen (hier: jeweils als Mittelwerte für den Zeitraum 1984 bis 1989) verwendet worden.

Bei den unterstellten Randbedingungen für die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland wird

- im Rahmen der Prognose, die auf den Angaben der Ablieferungspflichtigen basiert, wird von einer modellmäßig angenommenen, abdeckenden Wiederaufarbeitungskapazität von 500 Mg/a ausgegangen.
- bei der Prognose, die auf den bisherigen Abfallerhebungen beruht, von den bestehenden vertraglichen Vereinbarungen mit der Compagnie Générale des Matières Nucléaires (COGEMA) in Frankreich und British Nuclear Fuels plc (BNFL) in Großbritannien ausgegangen (Wiederaufarbeitung von im Mittel 433 Mg/a in einem Zeitraum von etwa 10 Jahren).

Zu den Randbedingungen, die in beide Prognosen einfließen, zählen u. a., daß

- die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) bis einschließlich vom Jahr 1992 betrieben werden soll;
- die modellmäßig unterstellte Rücklieferung von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente von COGEMA und BNFL ab 1994 erfolgen wird;
- die im Jahr 2000 installierte Kernkraftwerksleistung ca. 24 GW betragen wird;
- der jährliche Anfall an radioaktiven Abfällen aus Landessammelstellen, Forschungseinrichtungen, der kerntechnischen Industrie und sonstiger Herkunft dem heutigen Aufkommen entsprechend als konstant angesetzt wird;
- aus der Stilllegung und dem Abbau kerntechnischer Anlagen radioaktive Abfälle aus Forschungs-, Demonstrations- und Prototypreaktoren (z. B. "Otto Hahn", AVR, HDR und VAK), den stillgelegten Kernkraftwerken Gundremmingen (KGA), Niederaichbach (KKN) und Lingen (KWL) sowie der WAK berücksichtigt werden.

Es wird davon ausgegangen, daß Umrüstabfälle und Stilllegungsabfälle sonstiger kerntechnischer Anlagen (z. B. Heiße Zellen in Universitätsinstituten) durch die jeweiligen Betriebsabfälle abgedeckt sind.

Unter Beachtung dieser Randbedingungen ergibt sich bis zum Ende des Jahres 2000 ein kumuliertes Abfallgebindevolumen von etwa 175 000 m³ (Tab. 11), das sich in

- ca. 170 900 m³ an konditionierten radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und
- ca. 3 600 m³ an konditionierten wärmeentwickelnden Abfällen

unterteilt. Bisherige Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß diese Angaben als obere Werte anzusehen sind, da die o. a. Modelldaten der Ablieferungspflichtigen zu überhöhten Abfallvolumina führen und der tatsächliche Anfall an endzulagernden Abfällen geringer ausfällt. Auf der Basis der Abfallerhebung für das Jahr 1986 /9/ wurde das zu erwartende Abfallgebindevolumen unter Einbezug der damaligen Erfahrungen und geltenden Randbedingungen mit etwa 150 000 m³ abgeschätzt /10/. Wenn die Prognose auf der Grundlage des in den bisherigen Abfallerhebungen /2, 3, 6, 9, 11/ tatsächlich ermittelten Abfallanfalls durchgeführt wird, errechnet sich bis einschließlich des Jahres 2000 ein unteres Abfallgebindevolumen von etwa 133 000 m³ (Tab. 11), das sich in

- ca. 129 900 m³ an konditionierten radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und
- ca. 3 200 m³ an konditionierten wärmeentwickelnden Abfällen

unterteilt. Somit wird der damalige Schätzwert von etwa $150\,000\text{ m}^3$ durch die aufgezeigten Bandbreiten heute bestätigt.

4.1.1 Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Der prognostizierte Anfall an konditionierten Abfällen ist in Tab. 11 dargestellt. Die verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung des kumulierten Abfallgebindevolumens von ca. $170\,900\text{ m}^3$ - oberer Wert - zeigt (Abb. 10), daß

- 32,2 % auf die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen;
- 28,8 % auf den Betrieb von Kernkraftwerken;
- 26,2 % auf die Forschungseinrichtungen;
- 4,6 % auf die kerntechnische Industrie;
- 5,6 % auf die Stilllegung und den Abbau kerntechnischer Anlagen;
- 2,1 % auf die Landessammelstellen;
- 0,5 % auf radioaktive Abfälle sonstiger Herkunft

entfallen.

Das bis zum Jahr 2000 prognostizierte Abfallgebindevolumen ist in den vergangenen Jahren stets gesunken. Diese in Tab. 12 zum Ausdruck kommende Abnahme der Abfallmengen spiegelt die verstärkten Bestrebungen der Ablieferungspflichtigen wider, den Anfall von Rohabfällen zu reduzieren wie auch das Volumen der Abfallprodukte durch den Einsatz von modernen Konditionierungsverfahren einzuengen. Im "Bericht der Bundesregierung zur Entsorgung der Kernkraftwerke und anderer kerntechnischer Einrichtungen" wurden im August 1983 /12/ etwa $327\,800\text{ m}^3$ (hier: 30,2 GW elektrische Leistung aus Kernkraftwerken im Jahr 2000) und im Januar 1988 /13/ etwa $195\,600\text{ m}^3$ (hier: 23,6 GW elektrische Leistung aus Kernkraftwerken im Jahr 2000) abgeschätzt. In den Abfallerhebungen für die Jahre 1984 bis 1989 lagen die prognostizierten Abfallgebindevolumina zwischen diesen Werten bzw. unterhalb von ihnen. Die Prognose auf der Basis der durchgeführten Abfallerhebung für das Jahr 1989 mit einem voraussichtlichen Abfallgebindevolumen in einer Bandbreite von ca. $129\,900\text{ m}^3$ bis ca. $170\,900\text{ m}^3$ (Abb. 11) am Ende des Jahres 2000 unterschreitet deutlich die in /13/ angegebenen Zahlen.

Zur weiteren Detaillierung der bisher angefallenen und prognostizierten Abfallgebindevolumina sind die entsprechenden Mengen in kumulierter Form über der Zeit (Abb. 12 und 14) und im jährlichen Anfall (Abb. 13 und 15) verursachergruppenspezifisch aufgetragen. Dabei wird jeweils zwischen der Prognose auf der Basis von Angaben der Ablieferungspflichtigen einerseits und von Ergebnissen aus den bisherigen Abfallerhebungen andererseits unterschieden. Die Darstellungen des zukünftig erwarteten jährlichen Anfalls radioaktiver Abfälle (Abb. 13 und 15) bzw. ihr Vergleich unterstreichen die o. g. Erfahrung, daß die Modelldaten der Ablieferungspflichtigen zu überhöhten Abfallvolumina führen. Darüber hinaus zeigen sie auf, daß mit der Prognose auf Grundlage des tatsächlich ermittelten Abfallanfalls ein wichtiger Schritt erfolgt ist, um unnötige Konservativitäten abzubauen und mögliche Fehleinschätzungen im Zusammenhang mit Prognosen des zukünftigen Anfalls radioaktiver Abfälle zu vermeiden.

4.1.2 Wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle

Der prognostizierte Anfall an konditionierten Abfällen bis einschließlich des Jahres 2000 läßt ein kumuliertes Abfallgebindevolumen von ca. $3\,600\text{ m}^3$ - oberer Wert - erwarten (Tab. 11). Die verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung dieses Volumens zeigt (Abb. 16), daß

- 92,8 % auf die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen und
- 7,2 % auf die übrigen Abfallverursachergruppen (Forschungseinrichtungen, Landessammelstellen, Kernkraftwerke und kerntechnische Industrie)

entfallen.

4.2 Entsorgung radioaktiver Abfälle

Bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers werden die geordnet zu beseitigenden radioaktiven Abfälle in betriebsinterne oder externe Zwischenlager verbracht. Für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ist die Schachanlage Konrad in Salzgitter-Bleckenstedt vorgesehen, während der Salzstock bei Gorleben z. Zt. auf seine Eignung zur Endlagerung von allen Arten fester und verfestigter radioaktiver Abfälle untersucht wird.

4.2.1 Zwischenlagerung

Bei den Ablieferungspflichtigen stehen in der Regel Transportbereitstellungshallen oder Lagerräume für eine längerfristige Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen zur Verfügung oder werden geplant (Tab. 13). Darüber hinaus können Abfallgebinde in externen Zwischenlagern temporär gelagert werden. In der Bundesrepublik Deutschland stehen hierzu das Faßlager Gorleben (Zwischenlager für radioaktive Abfälle aus Kernkraftwerken, Medizin, Forschung und Gewerbe) und die Sammelstelle Mitterteich (Zwischenlager für radioaktive Abfälle aus Kernkraftwerken; Landessammelstelle) zur Verfügung, wobei die Anlage in Mitterteich ausschließlich für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus Bayern vorgesehen ist.

Die Zwischenlagerung wurde in den meisten Fällen nach § 7 Atomgesetz (AtG) oder § 3 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) genehmigt, wobei sich die genehmigte Zwischenlagerkapazität überwiegend auf eine bestimmte Anzahl von Abfallgebinden bezieht. Daher wurden die Zwischenlagerkapazitäten von den Ablieferungspflichtigen unterschiedlich angegeben. Sie mußten in Lagervolumina für Abfallgebinde vereinheitlicht werden, was durch die Errechnung des zwischenlagerbaren Volumens verpackter radioaktiver Abfälle erreicht wurde. In der Bundesrepublik Deutschland stehen danach für die Zwischenlagerung von unkonditionierten und konditionierten radioaktiven Abfällen insgesamt etwa $124\,400\text{ m}^3$ zur Verfügung (Tab. 13), von denen

- ca. $123\,200\text{ m}^3$ auf die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Tab. 14) und
- ca. $1\,200\text{ m}^3$ auf die Zwischenlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle (Tab. 15)

entfallen.

Der Zubau an Zwischenlagerkapazitäten beläuft sich auf etwa 3.900 m^3 , die nach heutigem Planungsstand ausschließlich für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung vorgesehen sind.

Unter Berücksichtigung des Bestandes an unkonditionierten und konditionierten radioaktiven Abfällen am 31. Dezember 1989 ist der mittlere integrale Ausnutzungsgrad der vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten ermittelt worden. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

Der Bestand an unkonditionierten radioaktiven Abfällen - ohne Berücksichtigung von Abklingabfällen - betrug Ende 1989 ca. $11\,700\text{ m}^3$. Dieses Volumen unterteilt sich in

- ca. $3\,600\text{ m}^3$, die an ein Zwischenlager abgeliefert wurden, und
- ca. $8\,100\text{ m}^3$, die im Kontrollbereich von Kernkraftwerken für die Zusammenstellung von Konditionierungschargen zeitlich befristet lagern.

Für die Verpackung des Rohabfallvolumens von ca. $3\,600\text{ m}^3$ werden sehr unterschiedliche Behälter verwendet. Daher mußte für die Berechnung des Ausnutzungsgrades der Zwischenlagerkapazitäten modellmäßig angenommen werden, daß diese Abfälle in 200-l-Fässern verpackt sind. Diese Annahme führt zu einem Volumen der modellmäßig verpackten Rohabfälle von ca. $5\,000\text{ m}^3$. Für die Bestimmung des Ausnutzungsgrades werden diese $5\,000\text{ m}^3$ und der Bestand an konditionierten Abfällen von ca. $44\,400\text{ m}^3$ herangezogen.

Aus den insgesamt vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten von etwa $124\,400\text{ m}^3$ und dem zu berücksichtigenden Bestand von unkonditionierten und konditionierten radioaktiven Abfällen von etwa $49\,400\text{ m}^3$ resultiert

derzeit ein mittlerer integraler Gesamtausnutzungsgrad von etwa 40 % (Abb. 17). Die verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung der ausgenutzten bzw. noch zur Verfügung stehenden Zwischenlagerkapazitäten zeigt Abb. 18.

Die Ausnutzung der insgesamt in der Bundesrepublik Deutschland vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ist in Abb. 19 verdeutlicht. Diese Darstellung gibt sowohl die Ausnutzung der einzelnen Anlagen als auch deren Anteil an der Gesamtwischenlagerkapazität von etwa 123 200 m³ wieder, und zwar sind in Abb. 19

- die Zwischenlager entsprechend ihrer Belegung mit Abfallgebinden in Bandbreiten von jeweils 10 % zu Gruppen zusammengefaßt worden, wobei die Anzahl der Anlagen pro Bandbreite angegeben ist (eingekreist);
- die Lagerkapazität der Einzelanlagen, die jeweils einer Bandbreite zugeordnet sind, anteilig an der insgesamt vorhandenen Zwischenlagerkapazität ausgewiesen.

Aus dieser Darstellung geht hervor, daß von den insgesamt erfaßten Zwischenlagern sechs Anlagen einen Anteil von über 50 % der gesamten Zwischenlagerkapazität in der Bundesrepublik Deutschland einnehmen und im Mittel zu 50 % bis 60 % mit Abfallgebinden belegt sind. Für 17 Zwischenlager beträgt der Ausnutzungsgrad weniger als 30 %, während die Anzahl der Zwischenlager, deren Lagerungsmöglichkeiten zu mehr als 70 % ausgeschöpft sind, sich auf acht beläuft.

Aus der noch vorhandenen Zwischenlagerkapazität und dem prognostizierten Abfallmengenauflkommen (Abb. 11) läßt sich ungefähr abschätzen, daß bei integraler Betrachtungsweise diese Kapazität von 1990 an bei Zugrundelegung des oberen Wertes bis etwa zum Jahr 1997 und bei Verwendung des unteren Wertes bis etwa zum Jahr 2000 reicht. Wird der geplante Zubau an Zwischenlagerkapazität von etwa 3 900 m³ in die Betrachtung einbezogen, verlängern sich diese Zeiträume jeweils um annähernd ein weiteres Jahr. Damit wird die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle bis zur erwarteten Inbetriebnahme des Endlagers Konrad Mitte der neunziger Jahre als gesichert angesehen.

4.2.2 Endlagerung

Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung sollen in das geplante Endlager Konrad verbracht werden /13 - 15/. Der nachfolgenden Betrachtung über den Abbau der vorhandenen und prognostizierten Abfallmengen wurde modellmäßig eine jährliche Einlagerungskapazität von 20.000 m³ Abfallgebindevolumen im Einschichtbetrieb bzw. von 40.000 m³ Abfallgebindevolumen im Zweischichtbetrieb zugrunde gelegt.

Nach derzeitiger Planung dürfte mit einer Inbetriebnahme des Endlagers Konrad Mitte der neunziger Jahre zu rechnen sein. Bei dem angenommenen, jährlich einzulagernden Abfallgebindevolumen ergibt sich der in Abb. 16 bis zum Jahr 2000 wiedergegebene Abbau der endzulagernden Abfallmengen. Das bei der geplanten Verpackung aller 200-l- und 400-l-Fässer in Containern zu berücksichtigende Zwickelvolumen ist hier nicht als Abfallgebindevolumen gerechnet worden.

Beim Einschichtbetrieb (Abb. 20, Kurve A) zeigt sich, daß ein allmählicher Abbau des endzulagernden Abfallgebindevolumens erfolgt, und zwar von ca. 99 000 m³ Ende 1995 bis auf ca. 70 900 m³ Ende 2000. Die graphische Darstellung deutet darauf hin, daß auch nach der Jahrtausendwende die Mengen der jährlich anfallenden Abfälle geringer als die im Endlager Konrad eingelagerten Abfälle sein dürften. Damit könnte die insgesamt endzulagernde Abfallmenge weiter abgebaut werden. Wird dagegen im Zweischichtbetrieb (Abb. 20, Kurve B) eingelagert, können sowohl der bis zur Inbetriebnahme dieser Anlage zwischengelagerte Bestand an Abfallgebinden bis etwa 1999 abgebaut als auch die von diesem Zeitpunkt an anfallenden Abfallgebinde endgelagert werden.

Durch die geplante Auslegung des Endlagers Konrad steht also genügend Kapazität zur Verfügung, um die Entsorgung der radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmentwicklung längerfristig sicherzustellen.

In der Praxis dürfte die Anlage zunächst einschichtig betrieben werden. Auf der Basis von Betriebserfahrungen

und einer besseren Übersicht über die tatsächliche Menge der anfallenden Abfälle - insbesondere in bezug auf die über das Jahr 2000 hinaus erwarteten Abfallmengen - kann dann entschieden werden, ob zur Endlagerung der radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ein Zweischichtbetrieb mit einem jährlich einzulagernden Abfallgebindevolumen von 40 000 m³ überhaupt erforderlich ist.

4.3 Zusammenfassende Bewertung

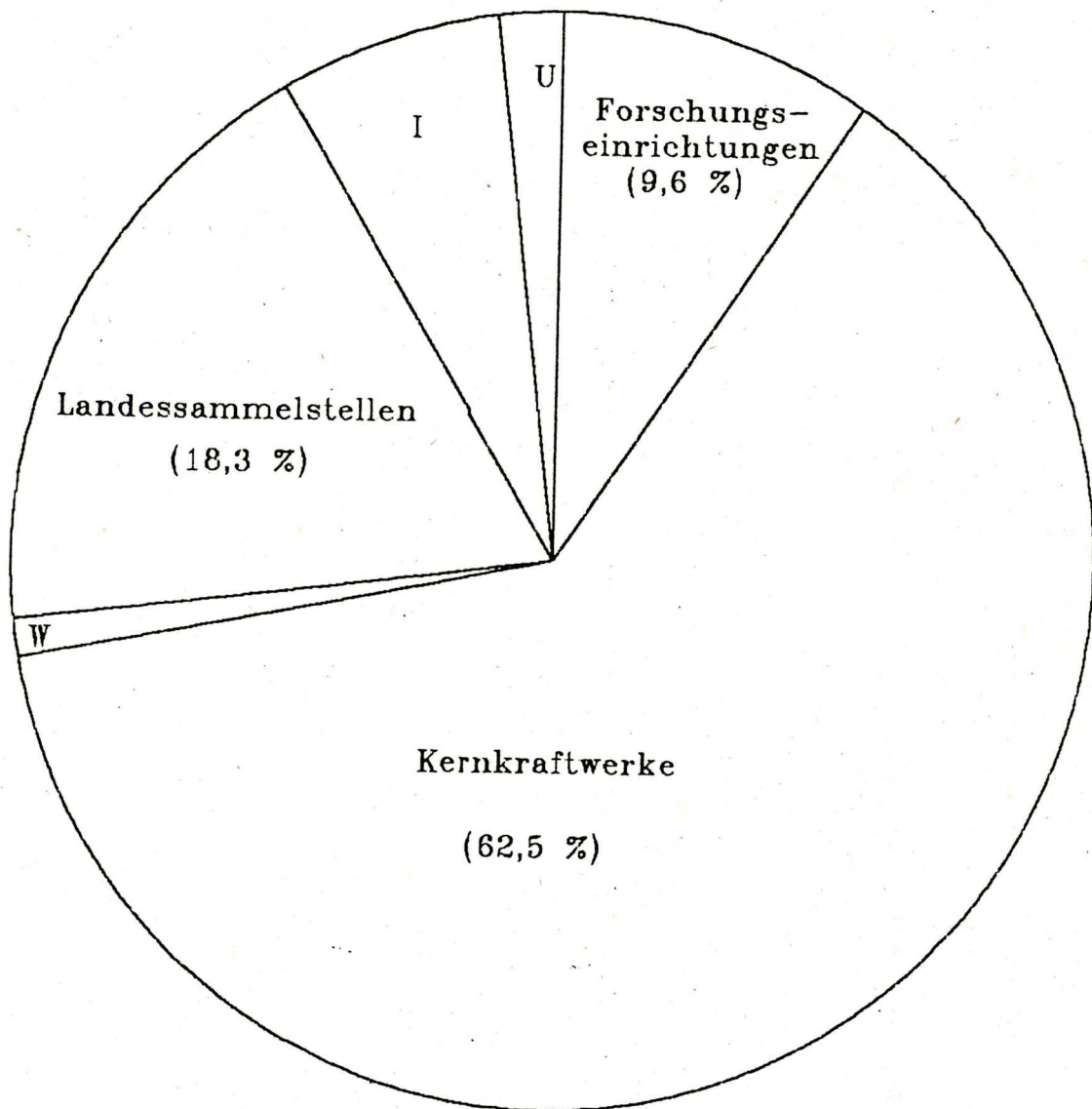
Die Prognose des bis einschließlich des Jahres 2000 erwarteten Abfallgebindevolumens basierte bisher auf Modellangaben, die von den Ablieferungspflichtigen vorgelegt worden sind. Der Vergleich mit dem tatsächlichen Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle zeigt auf, daß diese Angaben stark überhöht sind. Nach den Erfahrungen aus den bisher durchgeführten Abfallerhebungen für die Jahre 1984 bis 1988 läßt sich unmittelbar schließen, daß das bis zum Jahr 2000 prognostizierte Abfallgebindevolumen überschätzt ist und der tatsächliche Anfall von konditionierten radioaktiven Abfällen deutlich geringer ausfallen dürfte /10/. Daher wurde das bis zu diesem Zeitpunkt zu erwartende Abfallgebindevolumen unter Einbezug der o. a. Erfahrungen abgeschätzt; es ist in einer Bandbreite von etwa 133 000 m³ bis 175 000 m³ zu erwarten.

Nach Abschnitt 4.2.1 reichen die vorhandenen und geplanten Zwischenlagerkapazitäten über die erwartete Inbetriebnahme der Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung Mitte der neunziger Jahre hinaus. Vor dem Hintergrund einer differenzierten Betrachtung der in Tab. 14 angegebenen Ausnutzungsgrade oder bei Berücksichtigung der Tatsache, daß in der Sammelstelle Mitterteich nur radioaktive Abfälle aus Bayern zwischengelagert werden, kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß es in Einzelfällen etwa ab Mitte der neunziger Jahre zu Kapazitätsengpässen bei der Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle kommen könnte.

5. Literatur

- /1/ Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz vom 9. Oktober 1989. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1989, Teil I, Nr. 47, S. 1830 - 1832, Bonn (1989)
- /2/ P. Brennecke / J. Schumacher
"Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1984 -"
PTB-Bericht SE-9, Braunschweig (1986)
- /3/ P. Brennecke / J. Schumacher
"Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1985 -"
PTB-Bericht SE-12, Braunschweig (1986)
- /4/ Deutsches Atomforum e. V. (Hrsg.)
"Radioaktive Abfälle - Entstehung, Behandlung, Beseitigung"
Analysen 24, Bonn (1989)
- /5/ P. Brennecke / E. Warnecke (Hrsg.)
"Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Vorläufige Endlagerungsbedingungen, Stand April 1990) - Schachanlage Konrad -"
Bericht ET-3/90, Salzgitter (1990)
- /6/ P. Brennecke / J. Schumacher
"Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1988 -"
PTB-Bericht SE-24, Braunschweig (1989)
- /7/ B. Rogge / P. Lewe
"Zur Endlagerung fester radioaktiver Stoffe an Krankenhäusern"
Kerntechnik 51 (1987) Nr. 1, S. 60 - 63

- /8/ C. R. Jungmann
"Die Entsorgung von Kernkraftwerken als Aufgabe der Betreiber"
Kerntechnik 55 (1990) Nr. 2, S. 94 - 97
- /9/ P. Brennecke / J. Schumacher
"Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1986 -"
PTB-Bericht SE-18, Braunschweig (1987)
- /10/ P. Brennecke / J. Schumacher / E. Warnecke
"Radioactive Waste in Federal Germany"
Nuclear Europe 8 (1988) Nr. 1/2, S. 34 / 35
- /11/ P. Brennecke / J. Schumacher
"Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1987 -"
PTB-Bericht SE-22, Braunschweig (1988)
- /12/ Bundesminister des Innern (Hrsg.)
"Bericht der Bundesregierung zur Entsorgung der Kernkraftwerke und anderer kerntechnischer Einrichtungen"
Deutscher Bundestag, 10. Wahlperiode, Drucksache 10/327 vom 30.8.1983, Bonn (1983)
- /13/ Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.)
"Bericht der Bundesregierung zur Entsorgung der Kernkraftwerke und anderer kerntechnischer Einrichtungen"
Deutscher Bundestag, 11. Wahlperiode, Drucksache 11/1632 vom 13.1.1988, Bonn (1988)
- /14/ G. Wosnik / E. Warnecke / H. Röthemeyer
"Stand der Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland"
in: Deutsches Atomforum e. V. (Hrsg.), Berichtsband der DATF-Informationstagung Entsorgung,
Bonn, 5./6.10.1982, S. 251 - 271, Bonn (1983)
- /15/ G. Holtz
"Technische Planung des Endlagers Konrad"
Kerntechnik 50 (1987) Nr. 1, S. 18 - 21
- /16/ H. Rösel
"Endlagerung radioaktiver Abfälle in der BR Deutschland - Stand der Arbeiten"
in: W. D. Müller / R. Hossner (Hrsg.), Jahrbuch der Atomwirtschaft 1990, S. 39 - 44, Verlagsgruppe
Handelsblatt, Düsseldorf / Frankfurt (1990)



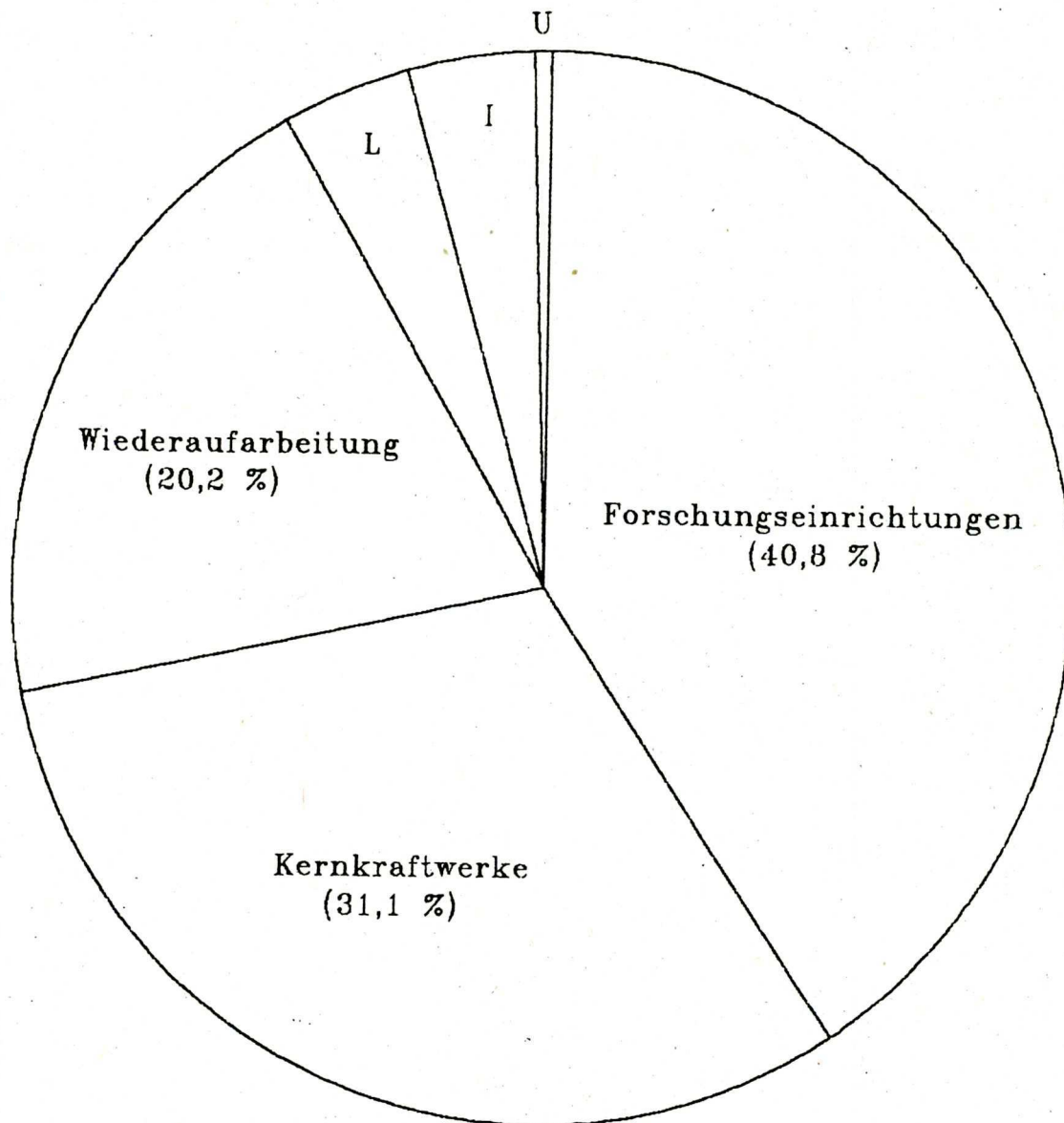
W: Wiederaufarbeitung (1,1 %)

I: kerntechnische Industrie (6,7 %)

U: sonstige Herkunft (1,8 %)

Abb. 1: Unkonditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer und nennenswerter Wärmeentwicklung (einschl. von Abklingabfällen)

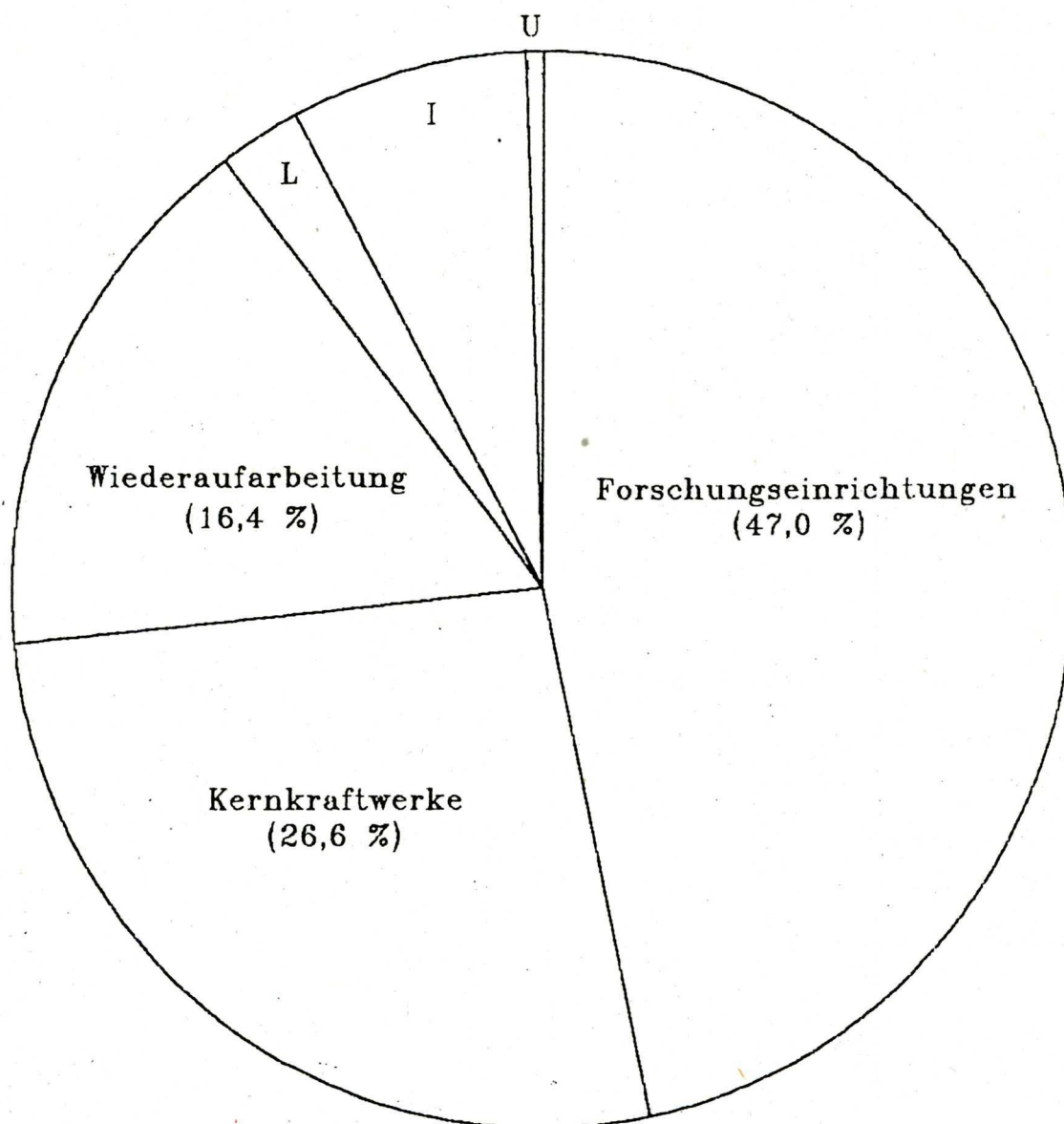
Bestand in der Bundesrepublik Deutschland am 31.12.1989
(Gesamtmenge: 13 031 m³)



L: Landessammelstellen (3,8 %)
I: kerntechnische Industrie (3,9 %)
U: sonstige Herkunft (0,2 %)

Abb. 2: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer und nennenswerter Wärmeentwicklung

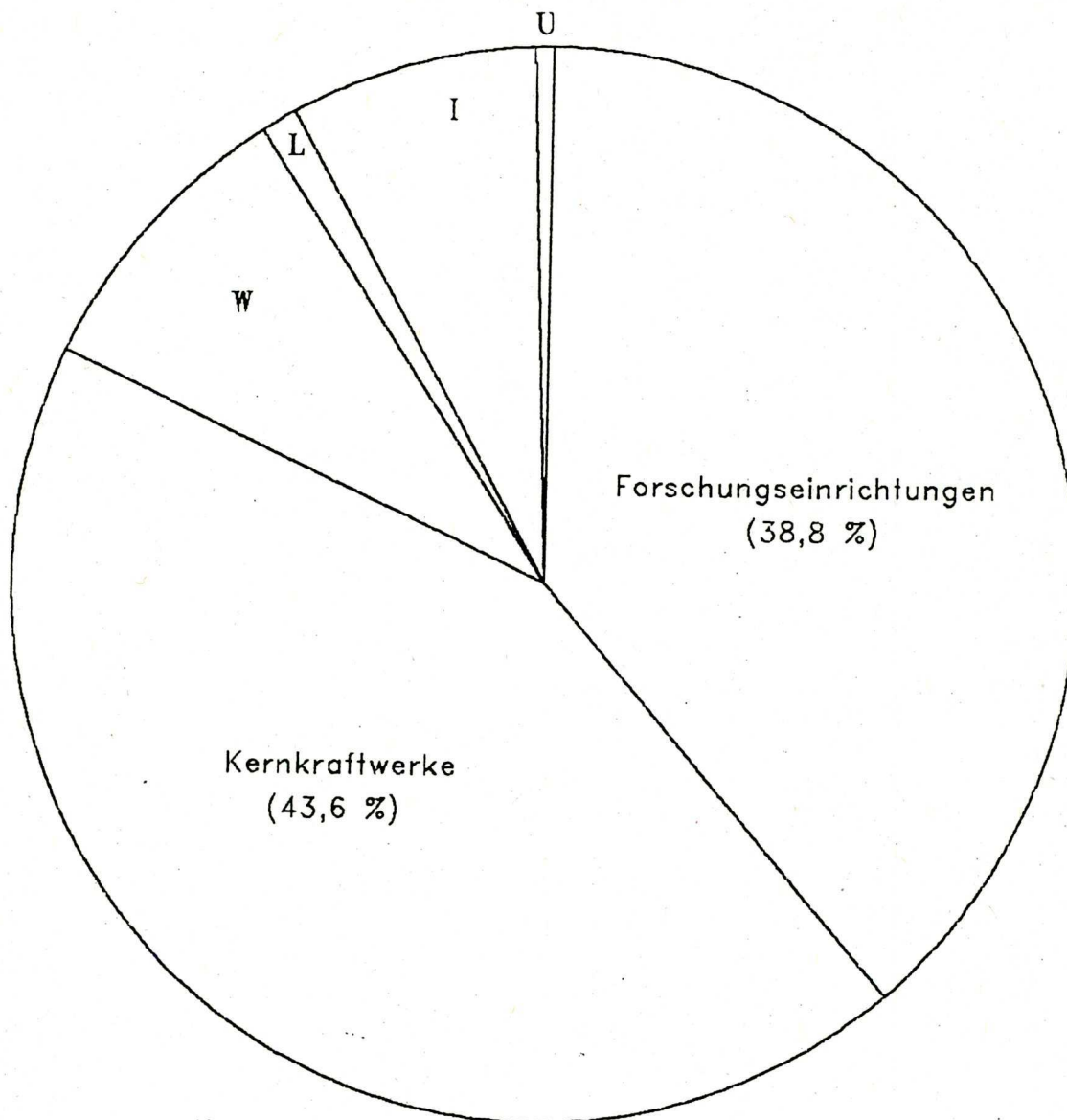
Bestand in der Bundesrepublik Deutschland am 31.12.1989
(Gesamtmenge: 44 420 m³)



L: Landessammelstellen (2,7 %)
I: kerntechnische Industrie (7,1 %)
U: sonstige Herkunft (0,2 %)

Abb. 3: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer und nennenswerter Wärmeentwicklung

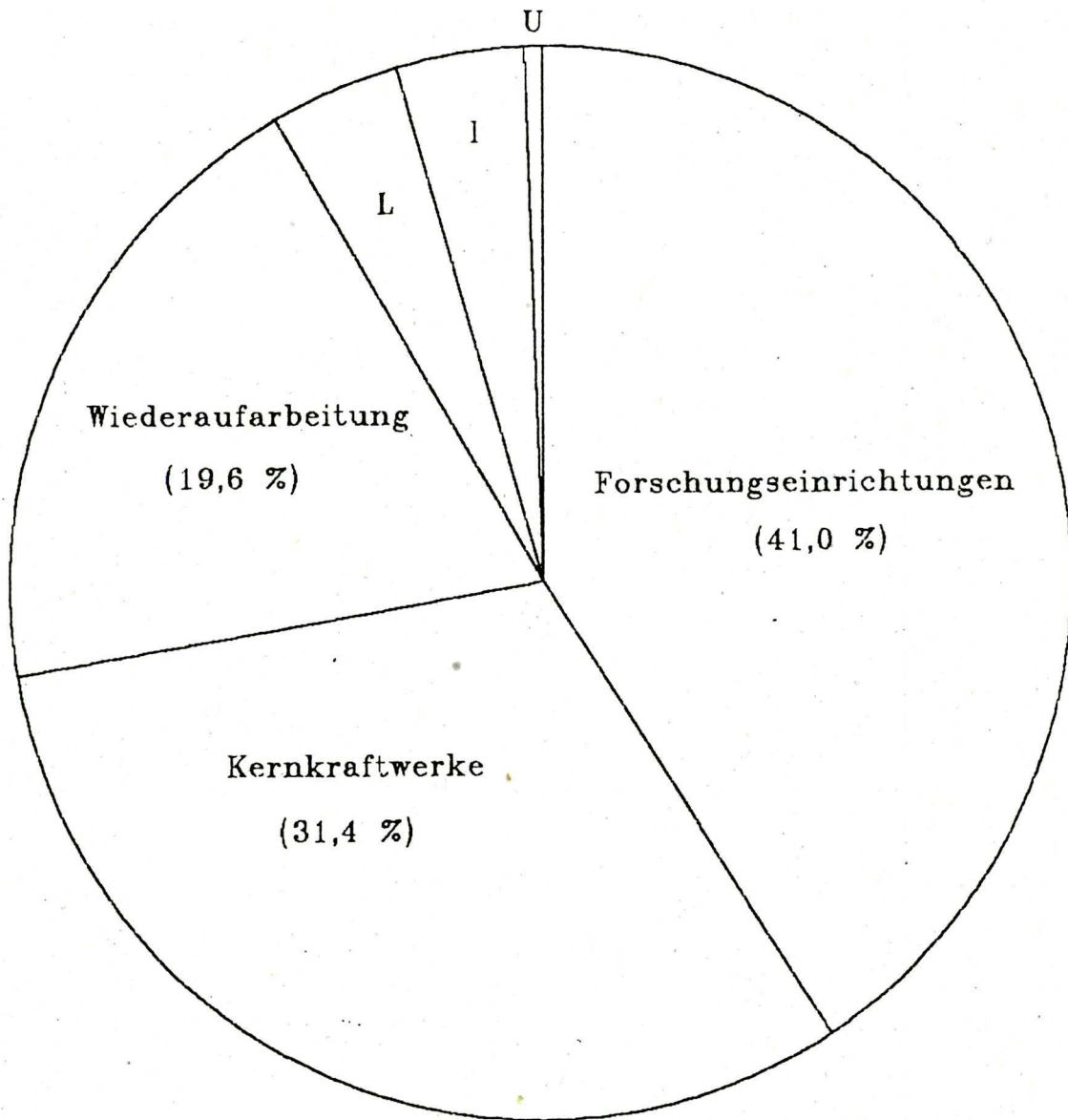
Prozentuale Verteilung des Anfalls im Zeitraum vom 01.01.1989
bis 31.12.1989
(Gesamtmenge: 3 747 m³)



W: Wiederaufarbeitung (8,9 %)
L: Landessammelstellen (1,1 %)
I: kerntechnische Industrie (7,5 %)
U: sonstige Herkunft (0,1 %)

Abb. 4: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer und nennenswerter Wärmeentwicklung

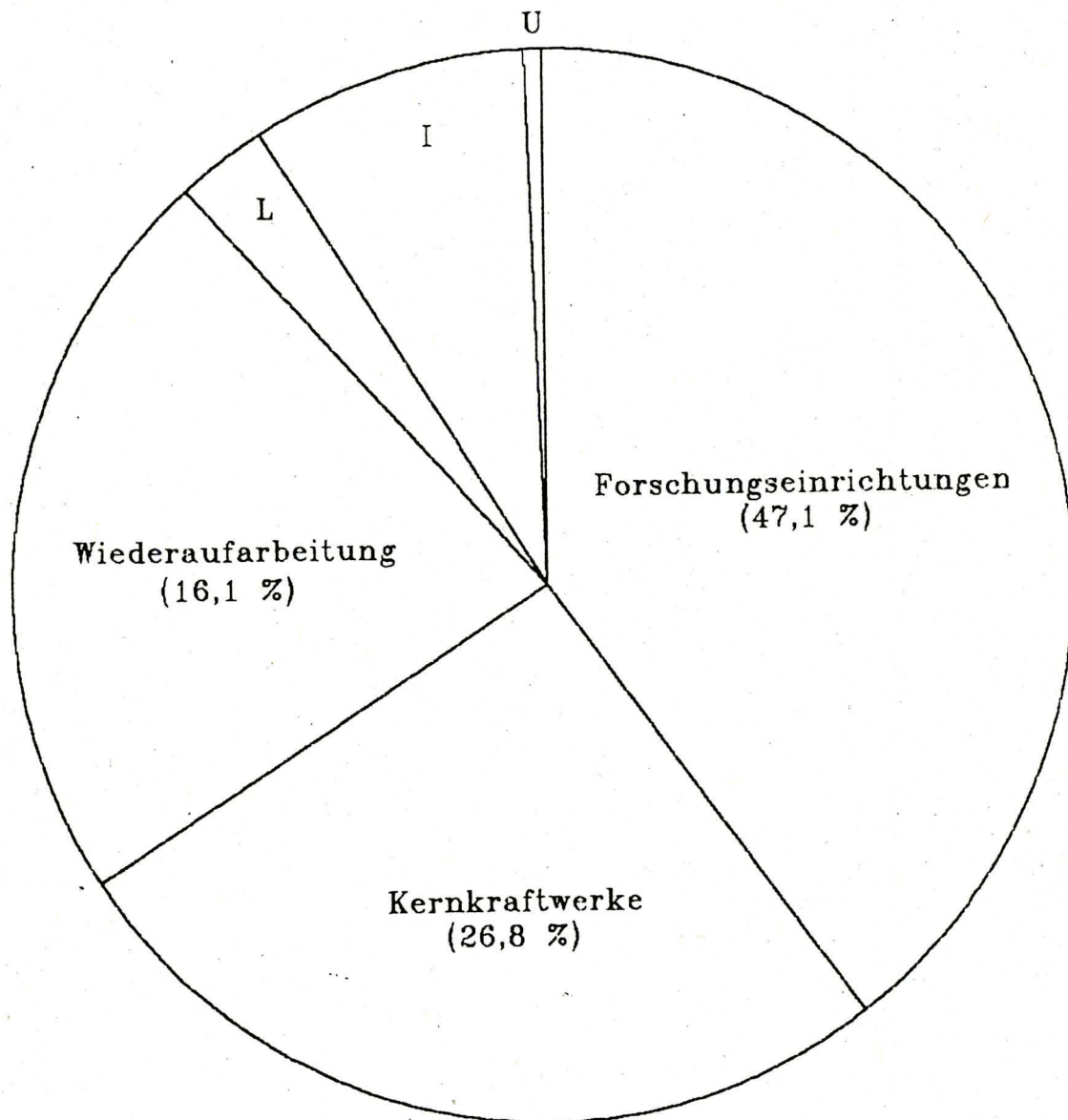
Prozentuale Verteilung des geschätzten Anfalls im Jahr 1990
(Gesamtmenge: 6 916 m³)



L: Landessammelstellen (3,8 %)
I: kerntechnische Industrie (4,0 %)
U: sonstige Herkunft (0,2%)

Abb. 5: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

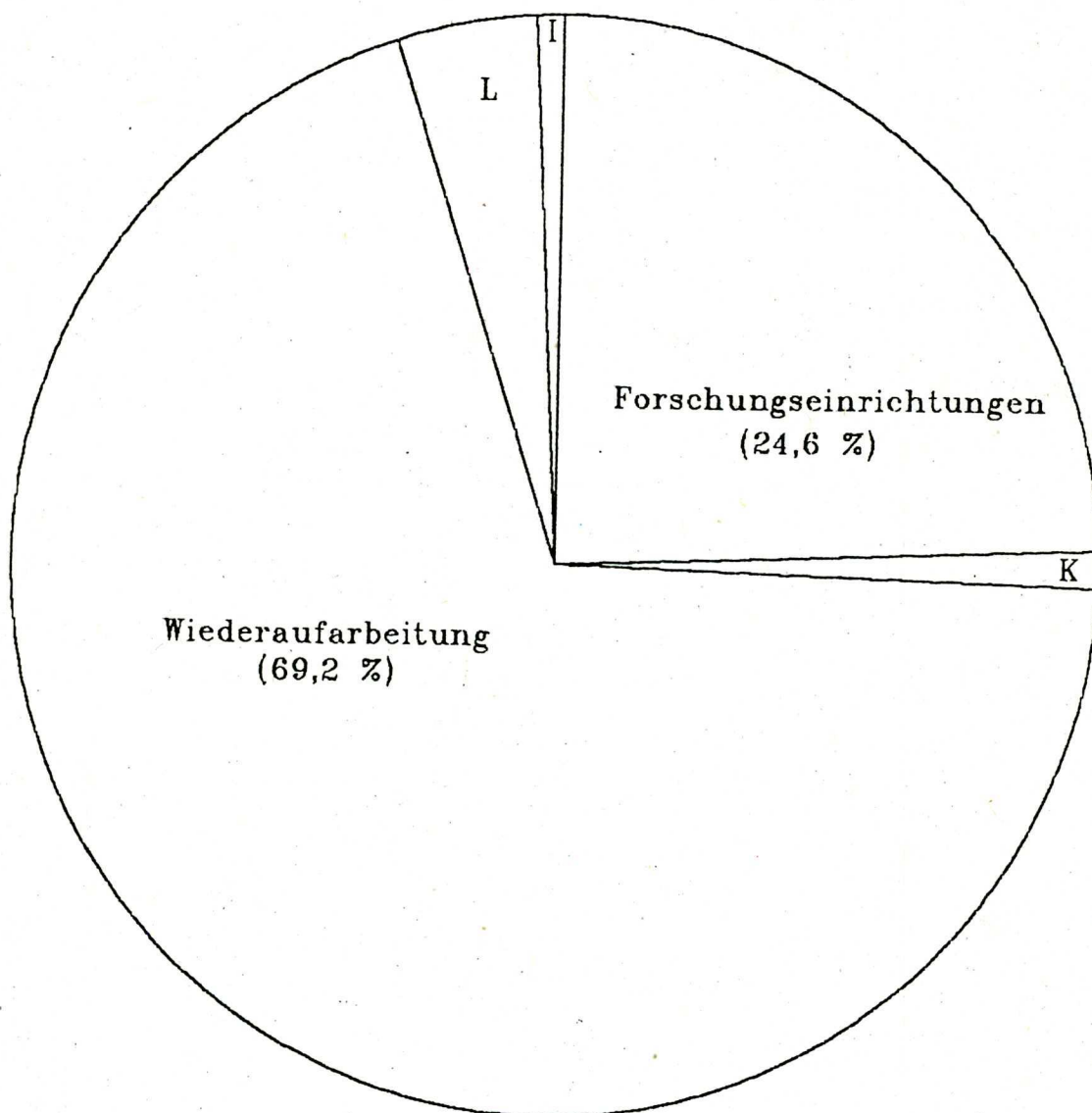
Bestand in der Bundesrepublik Deutschland am 31.12.1989
(Gesamtmenge: 43 940 m³)



L: Landessammelstellen (2,7 %)
I: kerntechnische Industrie (7,1 %)
U: sonstige Herkunft (0,2 %)

Abb. 6: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

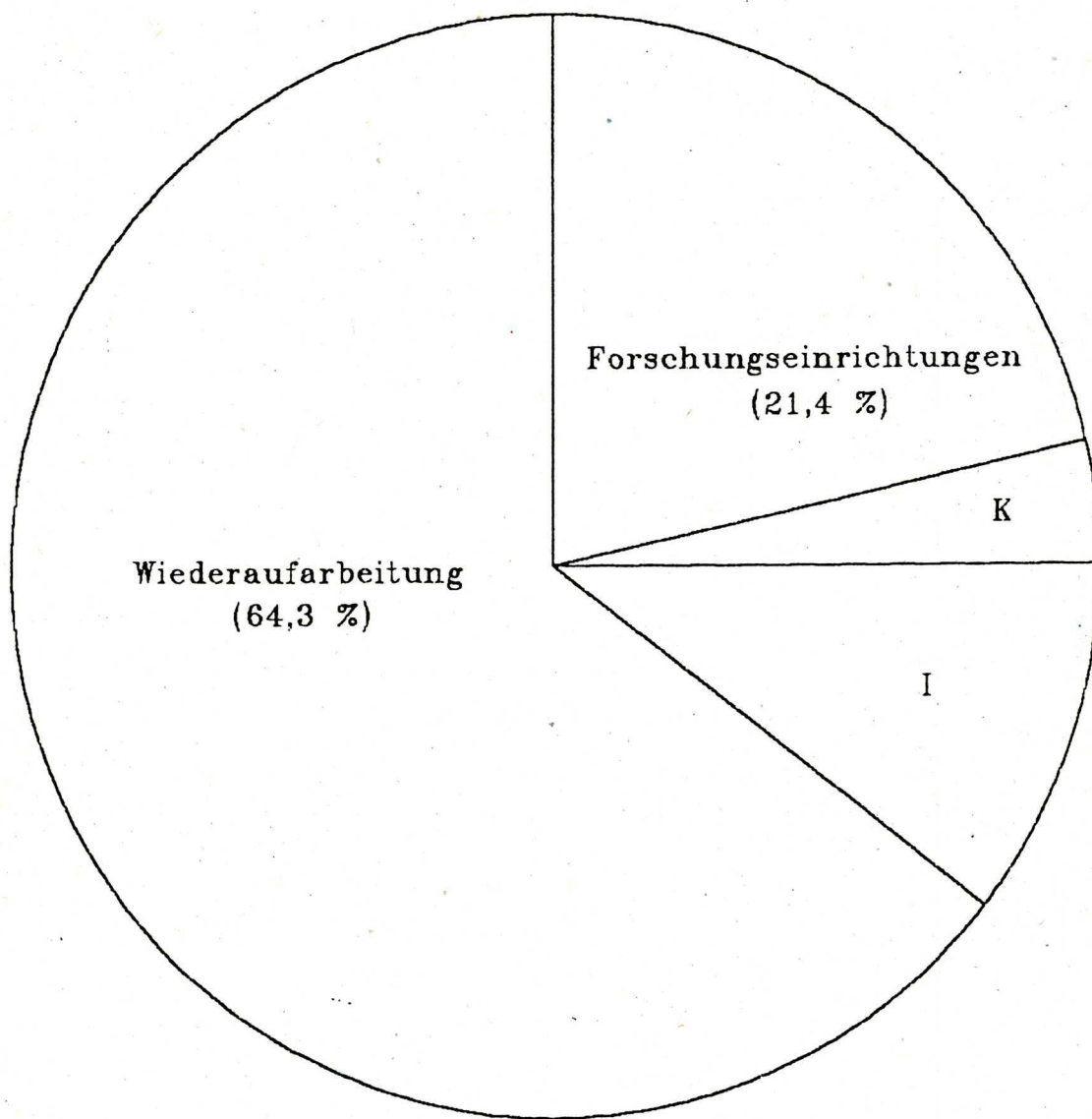
Prozentuale Verteilung des Anfalls im Zeitraum vom 01.01.1989 bis 31.12.1989
(Gesamtmenge: 3 719 m³)



- K: Kernkraftwerke (1,2 %)
L: Landessammelstelle (4,2 %)
I: kerntechnische Industrie (0,8 %)

Abb. 7: Konditionierte wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle

Bestand in der Bundesrepublik Deutschland am 31.12.1989
(Gesamtmenge: 480 m³)



K: Kernkraftwerke (3,6 %)

I: kerntechnische Industrie (10,7 %)

Abb. 8: Konditionierte wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle

Prozentuale Verteilung des Anfalls im Zeitraum vom 01.01.1989
bis 31.12.1989
(Gesamtmenge: 28 m³)

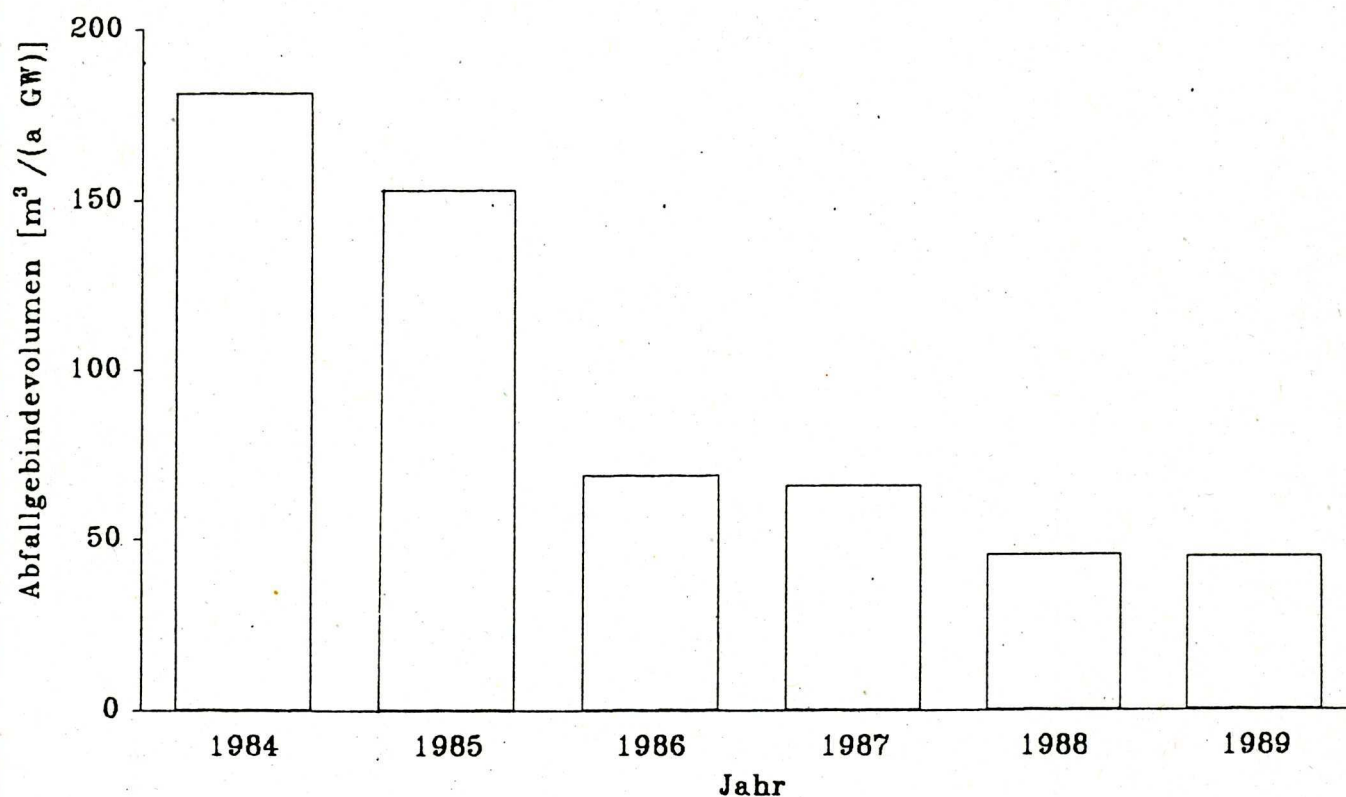
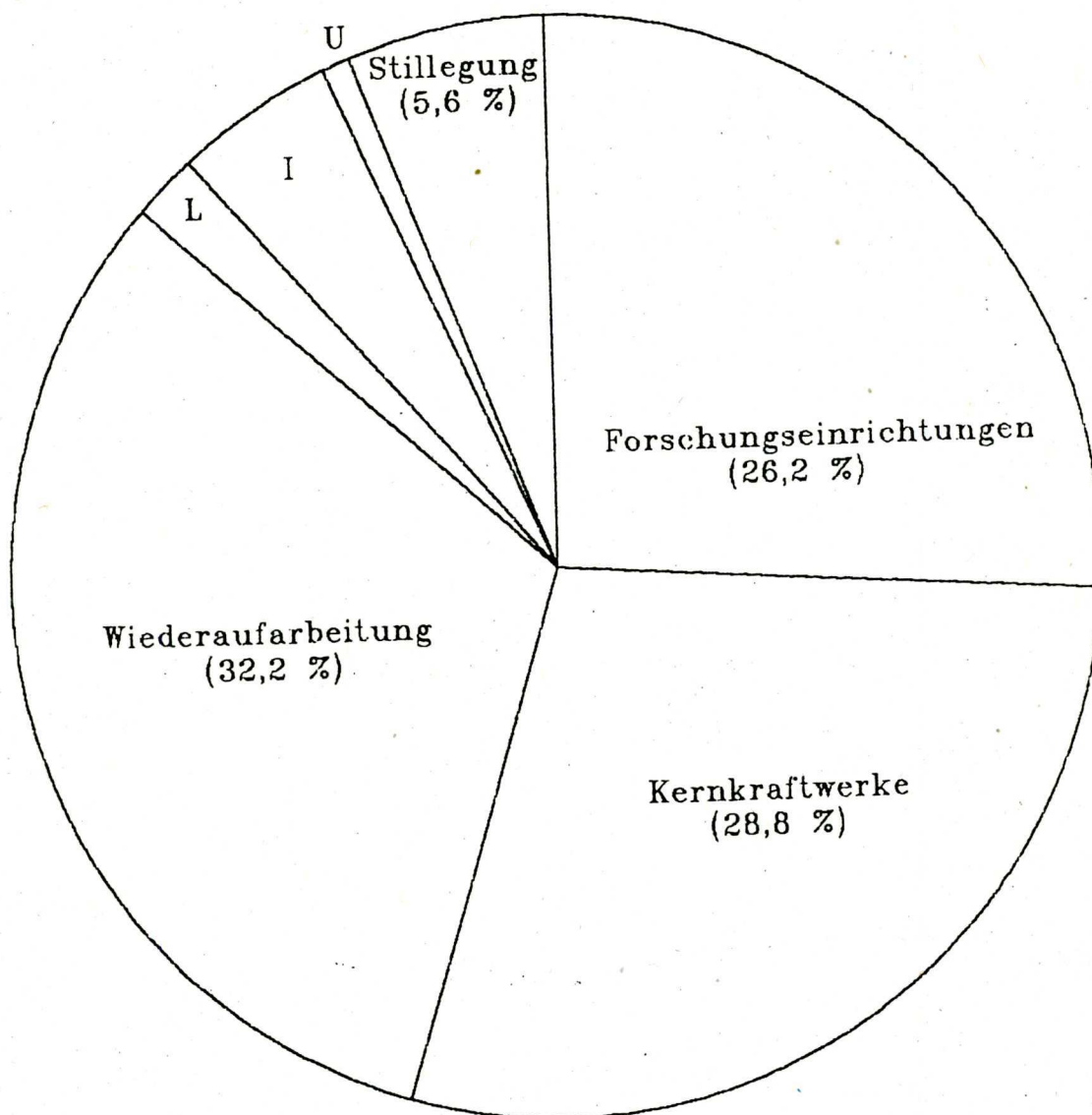


Abb. 9: Jährlicher Anfall konditionierter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aus dem Betrieb von Kernkraftwerken



L: Landessammelstellen (2,1 %)
 I: kerntechnische Industrie (4,6 %)
 U: sonstige Herkunft (0,5 %)

Abb. 10: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Prozentuale Verteilung des bis zum Ende vom Jahr 2000 prognostizierten Anfalls
 (Gesamtmenge: 170 874 m³ - oberer Wert)

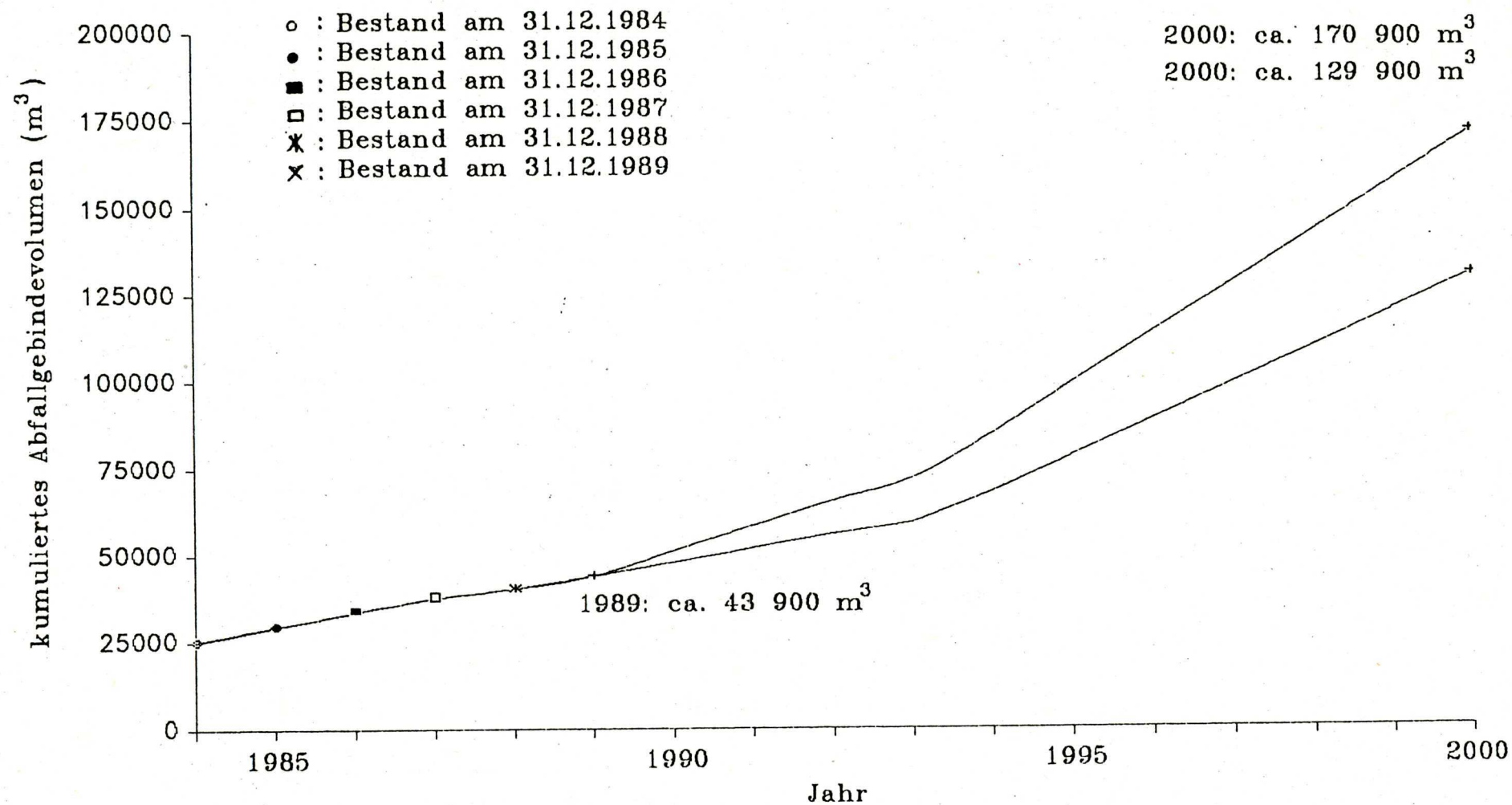


Abb. 11: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Prognose des kumulierten Abfallgebundevolumens bis zum Ende vom Jahr 2000 (oberer und untere Wert)

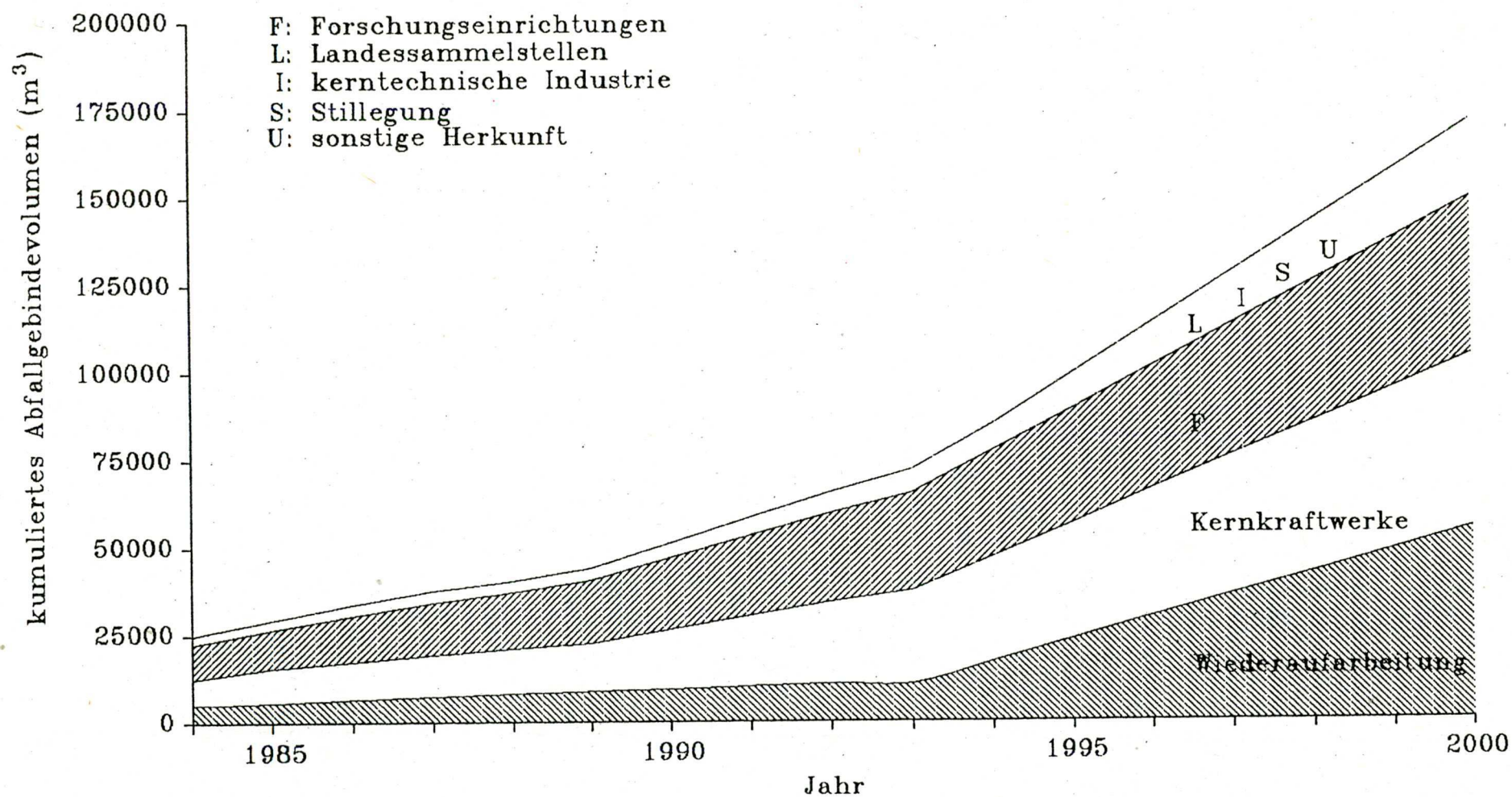


Abb. 12: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung der Prognose (hier: Verwendung von Angaben der Ablieferungspflichtigen) des kumulierten Abfallgebindevolumens bis zum Ende des Jahres 2000

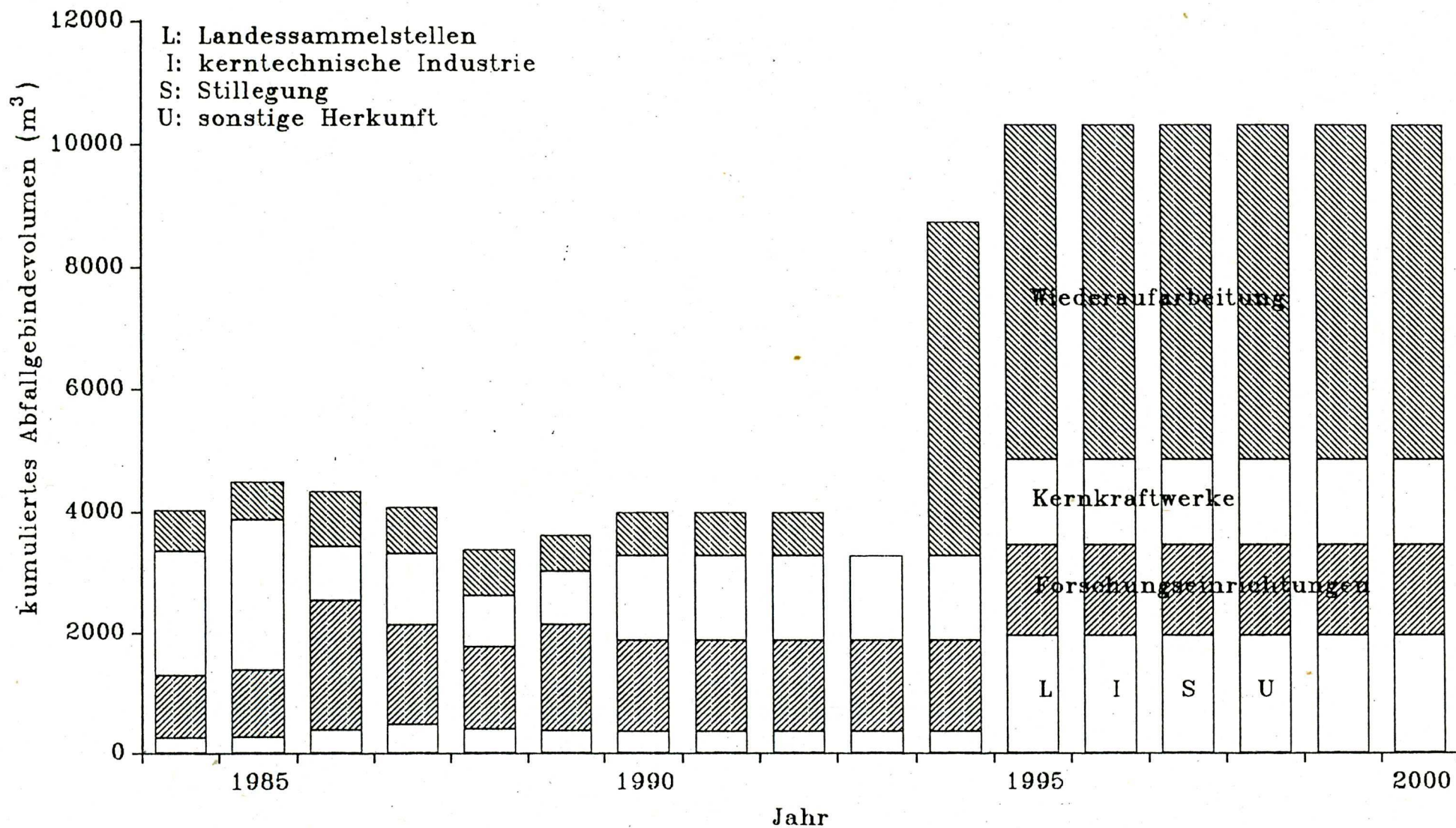


Abb. 13: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung des jährlichen Anfalls des bis zum Ende des Jahres 2000 prognostizierten Abfallgebindevolumens (hier: Verwendung von Angaben der Ablieferungspflichtigen)

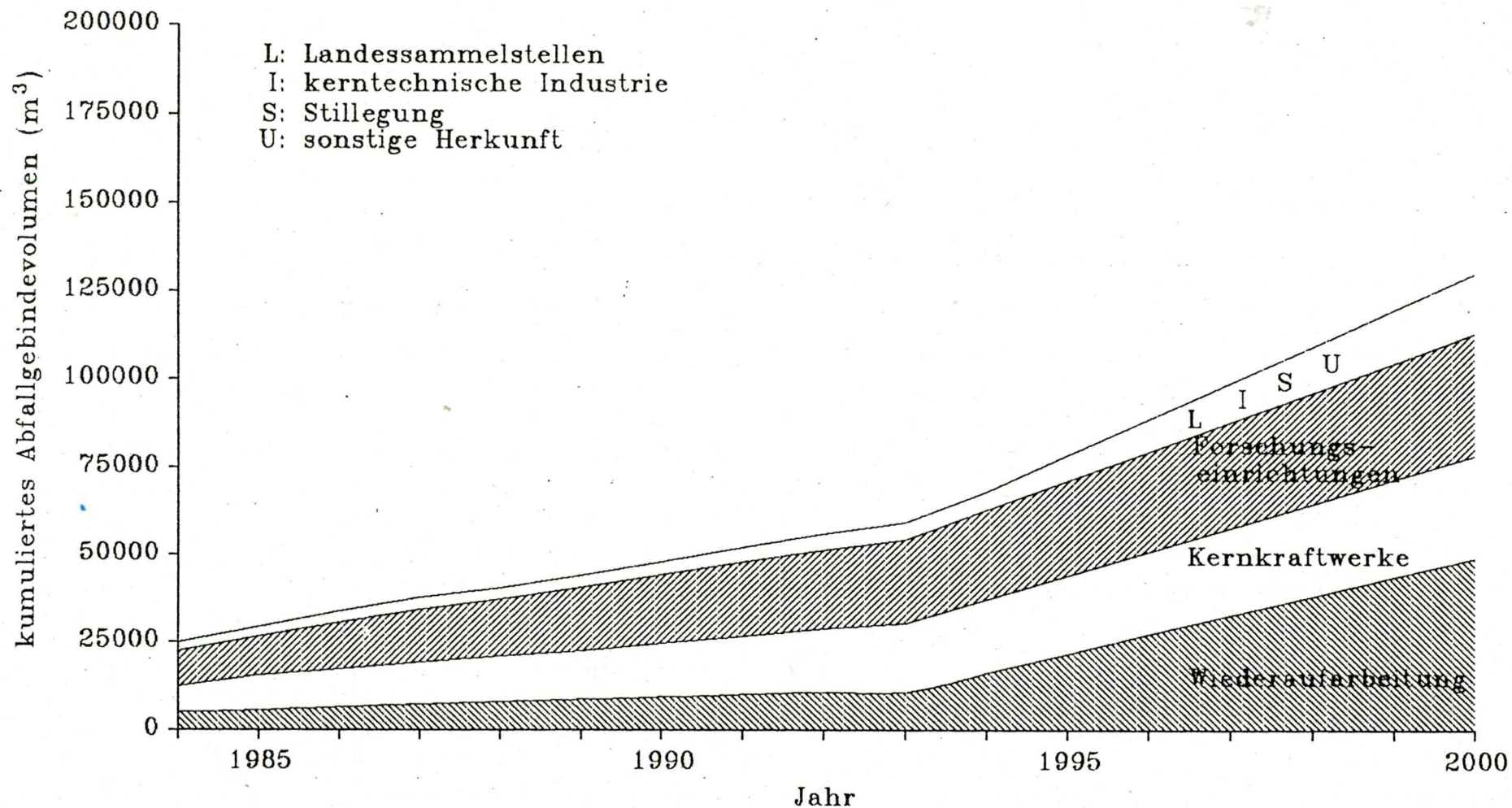


Abb. 14: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung der Prognose (hier: Verwendung von Ergebnissen der bisherigen Abfallerhebung) des kumulierten Abfallgebindevolumens bis zum Ende des Jahres 2000

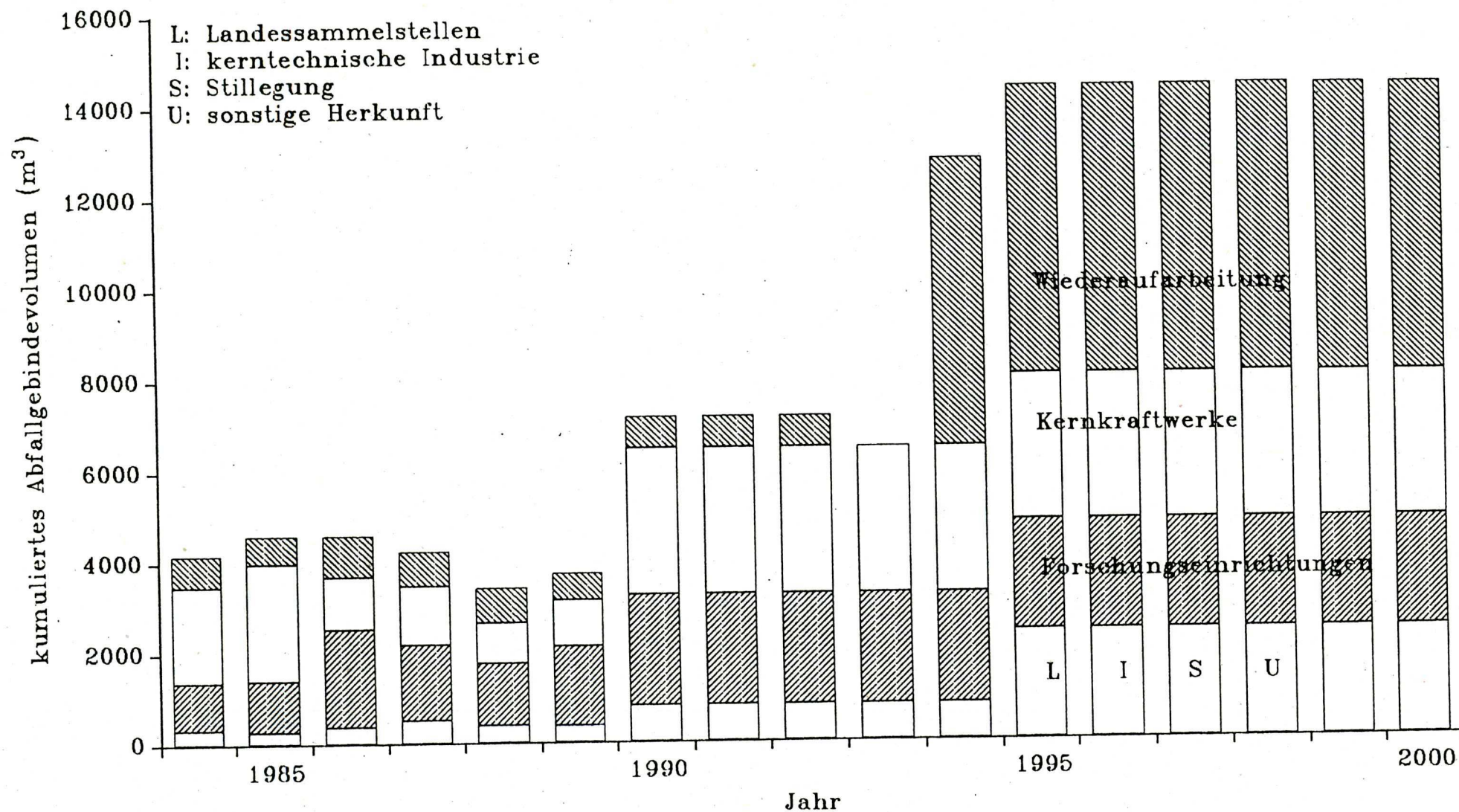
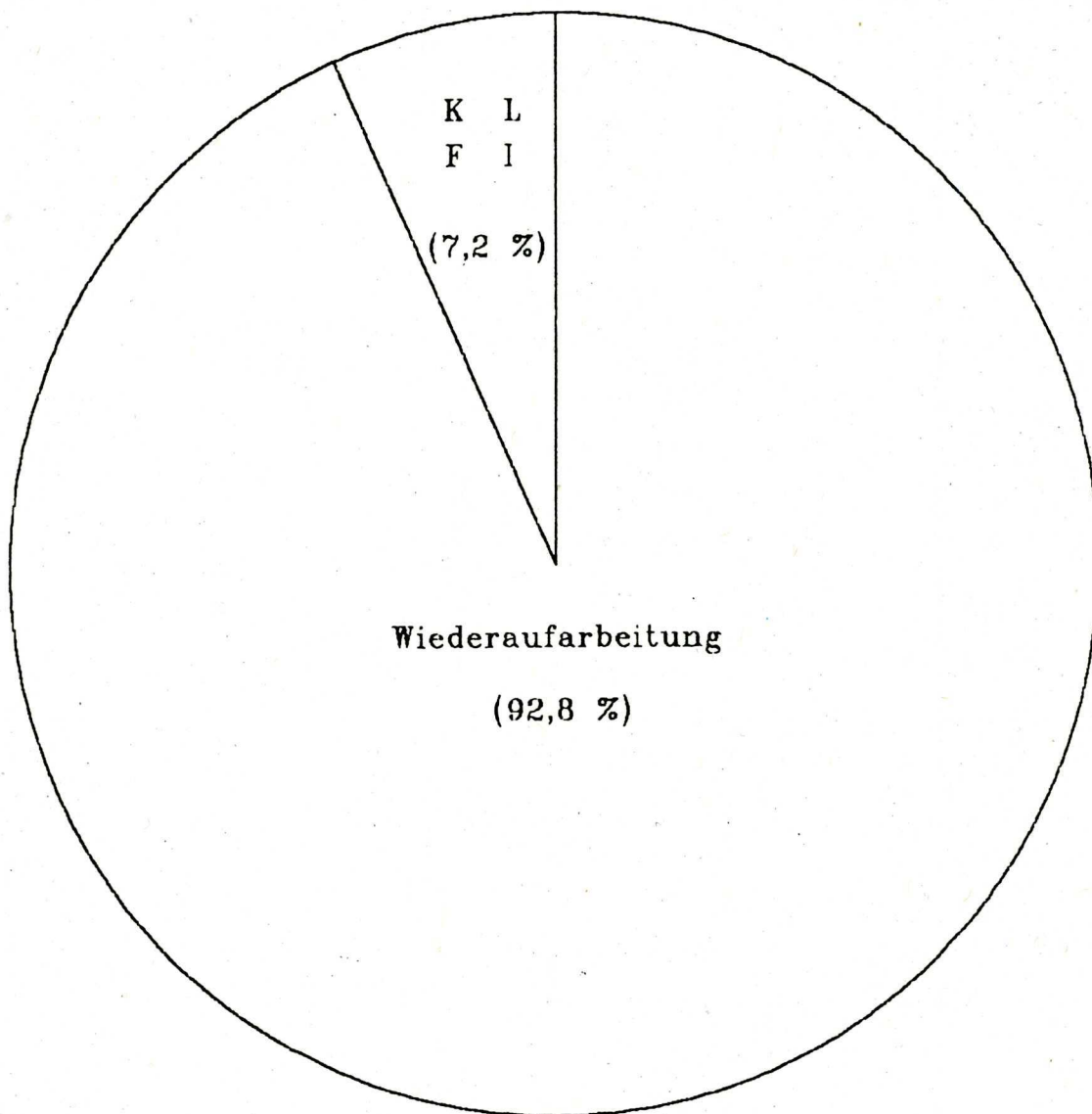


Abb. 15: Konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Verursachergruppenspezifische Aufschlüsselung des jährlichen Anfalls des bis zum Ende des Jahres 2000 prognostizierten Abfallgebundevolumens (hier: Verwendung von Ergebnissen der bisherigen Abfallerhebung)



K: Kernkraftwerke
L: Landessammelstellen
F: Forschungseinrichtungen
I: kerntechnische Industrie

Abb. 16: Konditionierte wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle

Prozentuale Verteilung des bis zum Ende vom Jahr 2000 prognostizierten Anfalls
(Gesamtmenge: 3 603 m³ - oberer Wert)

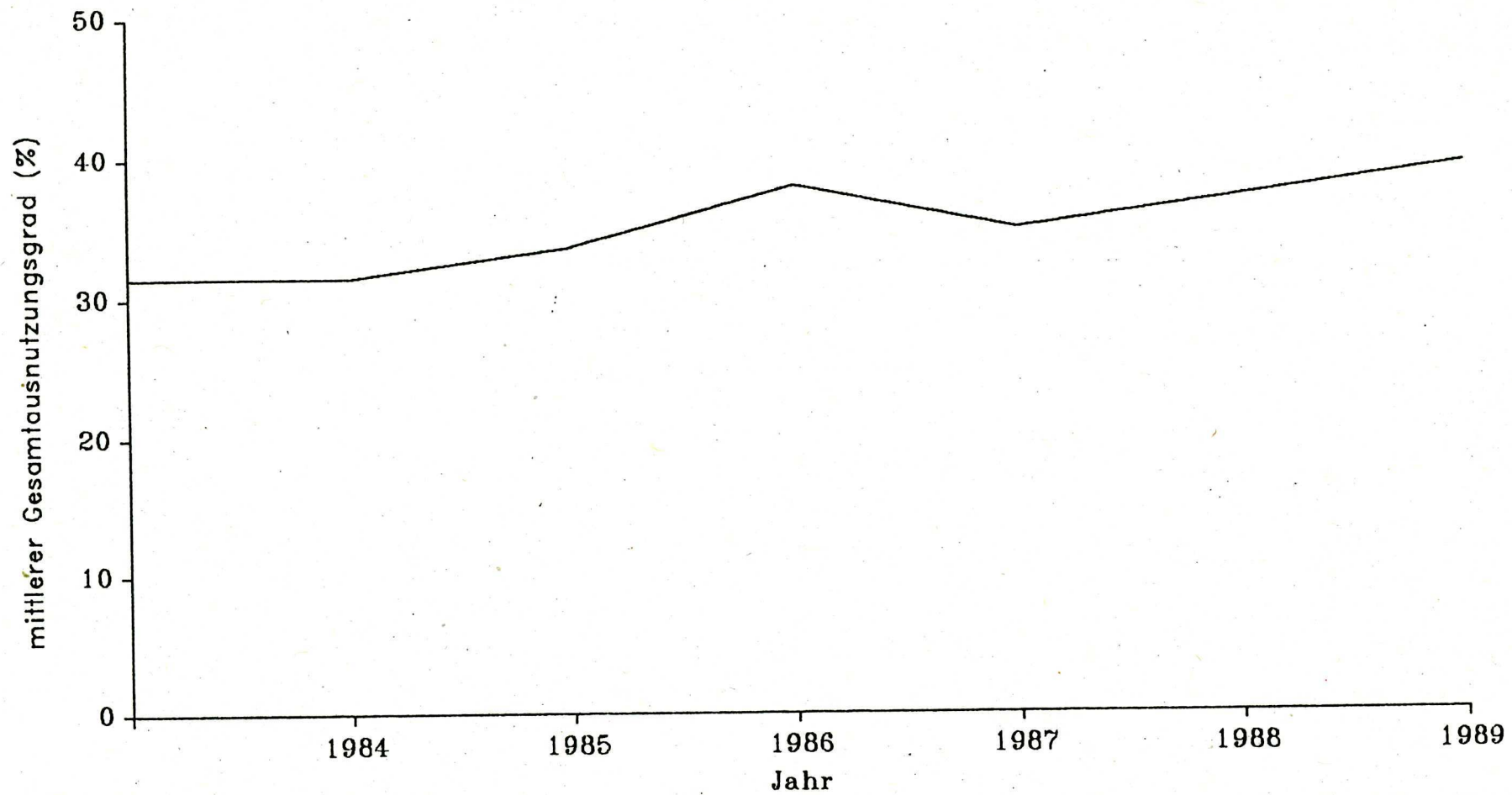


Abb. 17: Mittlerer integraler Ausnutzungsgrad der Zwischenlagerkapazitäten als Funktion der Zeit

- radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung -

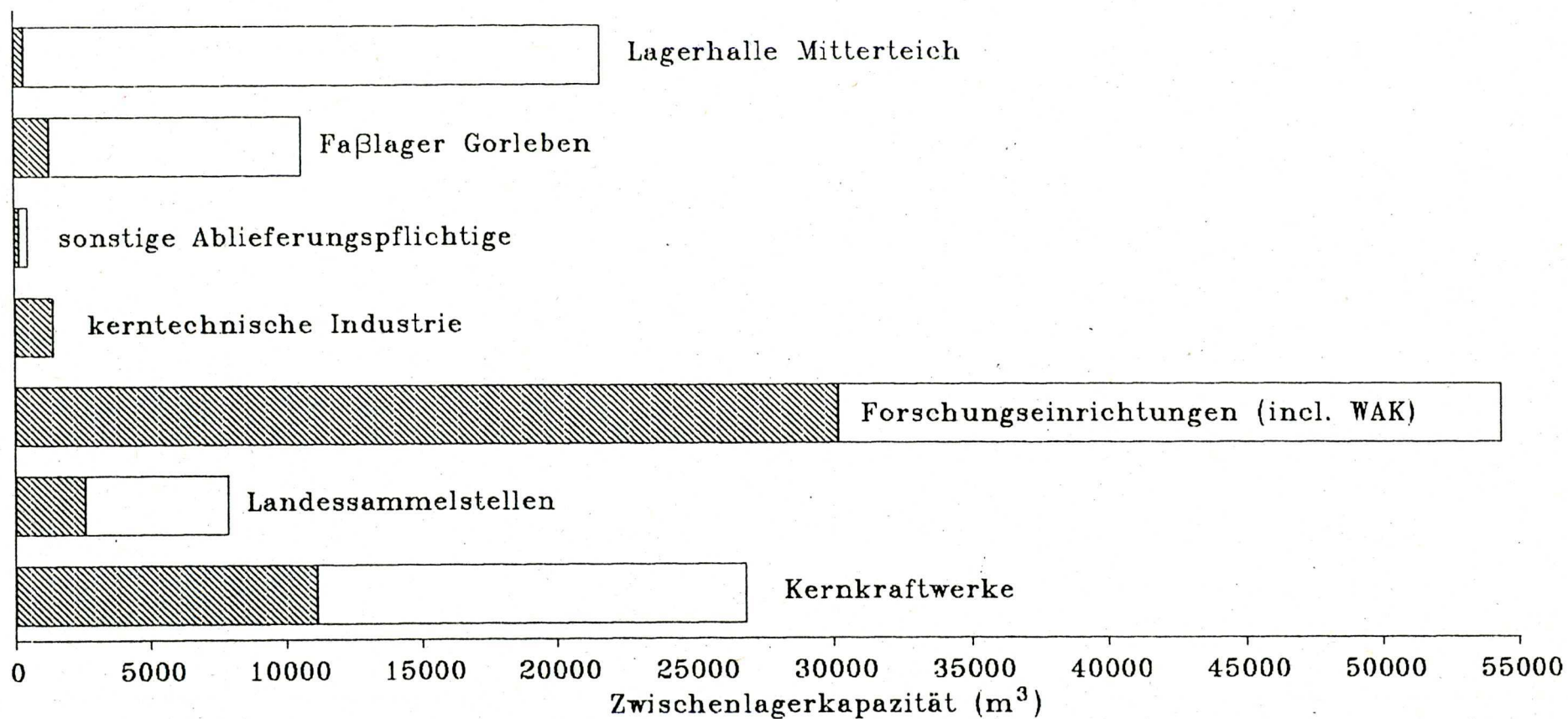


Abb. 18: Zwischenlagerkapazitäten und ihre Ausnutzung (schraffiert) für unkonditionierte und konditionierte radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland

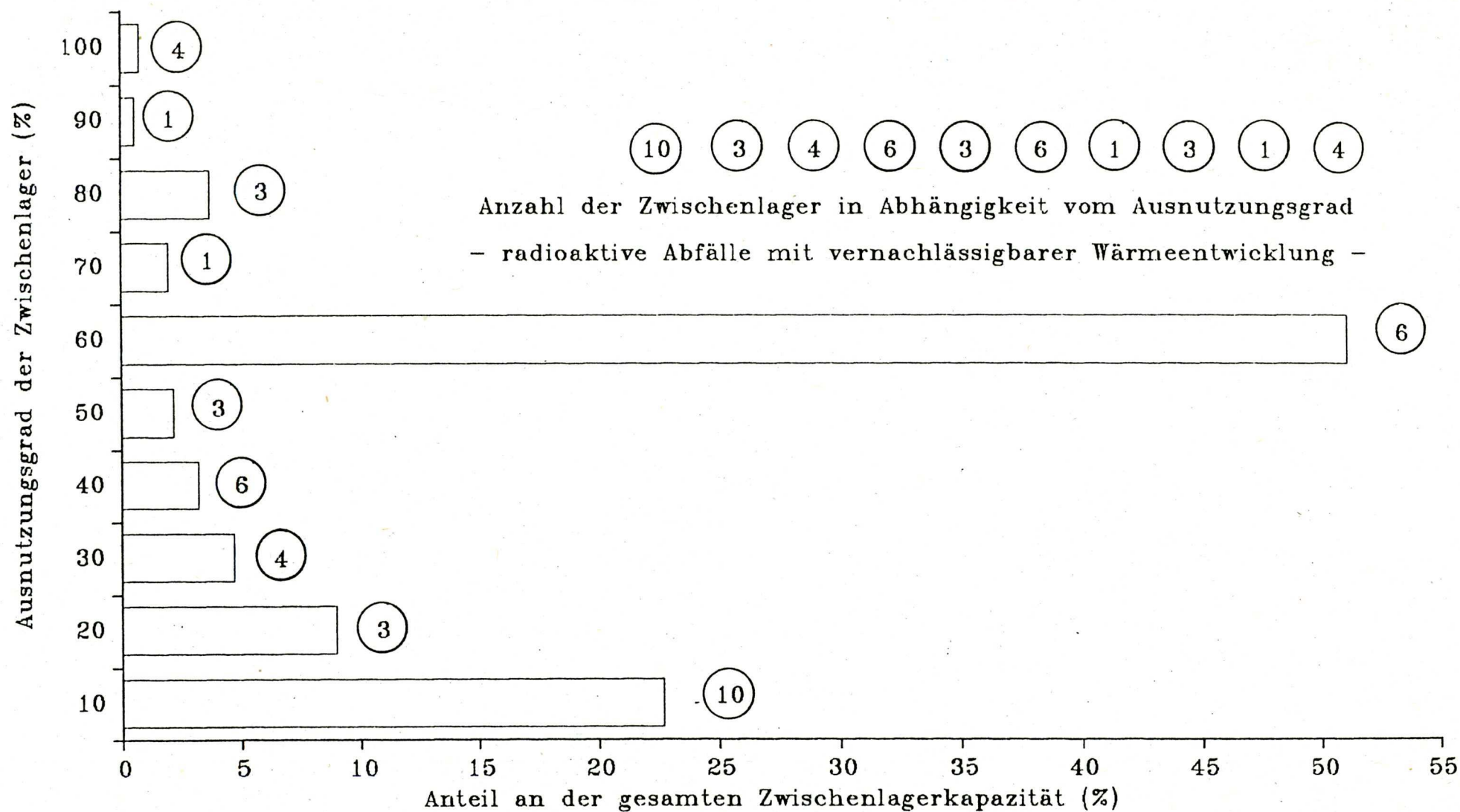


Abb. 19: Kapazitätsausnutzung von Zwischenlagern in der Bundesrepublik Deutschland

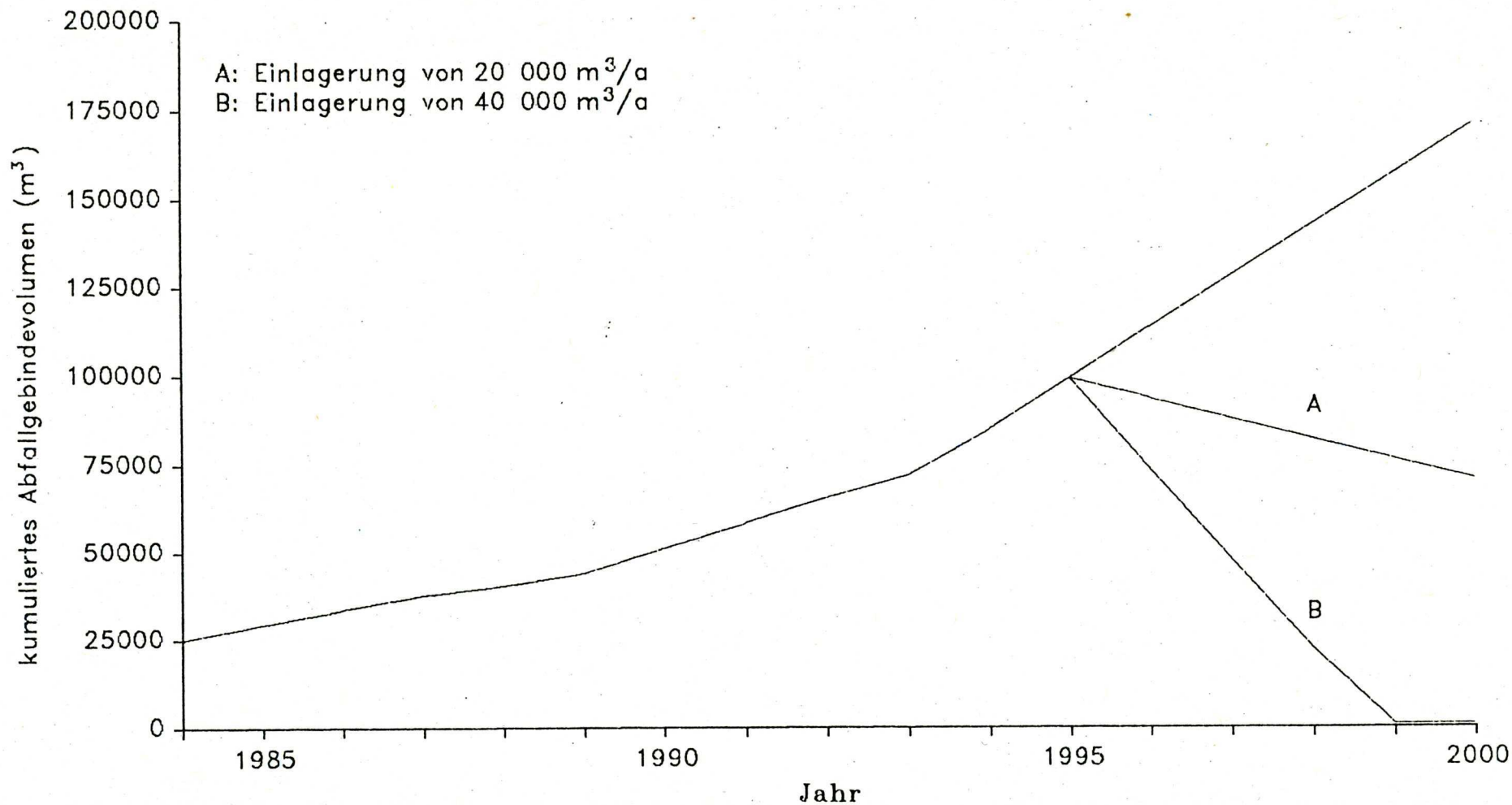


Abb. 20: Prognose über den Abbau der Menge an konditionierten radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung im geplanten Endlager Konrad

Nr.	Bezeichnung	Außenabmessungen			Bruttovolumen [m³]
		Länge/ Durchm. [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	
01.	Betonbehälter Typ I	ø 1 060	--	1 370 ¹⁾	1,2
02.	Betonbehälter Typ II	ø 1 060	--	1 510 ²⁾	1,3
03.	Gußbehälter Typ I	ø 900	--	1 150	0,7
04.	Gußbehälter Typ II	ø 1 060	--	1 500 ³⁾	1,3
05.	Gußbehälter Typ III	ø 1 000	--	1 240	1,0
06.	Container Typ I	1 600	1700	1 450 ⁴⁾	3,9
07.	Container Typ II	1 600	1700	1 700	4,6
08.	Container Typ III	3 000	1700	1 700	8,7
09.	Container Typ IV	3 000	1700	1 450 ⁴⁾	7,4
10.	Container Typ V	3 200	2000	1 700	10,9
11.	Container Typ VI	1 600	2000	1 700	5,4
¹⁾ Höhe 1 370 mm + Lasche von 90 mm = 1 460 mm ²⁾ Höhe 1 510 mm + Lasche von 90 mm = 1 600 mm ³⁾ Höhe 1 370 mm beim Typ KfK ⁴⁾ Stapelhöhe 1 400 mm beim Typ KfK					
Anlieferung von zylindrischen Beton- und Gußbehältern erfolgt auf Tauschpalette. Containerwerkstoffe sind z. B. Stahlblech, armierter Beton und Gußwerkstoff.					

Tab. 1: Behälter für die Verpackung von radioaktiven Abfällen
(hier: geplantes Endlager Konrad)

Verursachergruppen- spezifische Herkunft	Rohabfall [m ³]	konditionierter Abfall [m ³]		
	Bestand am 31.12.1989	Bestand am 31.12.1989	Anfall 01.01. - 31.12.1989	geschätzter Anfall in 1990
Wiederaufarbeitung	148	8 955	615	615
Kernkraftwerke	8 140	13 827	997	3 017
Landessammel- stellen	2 384	1 699	101	79
Forschungsein- richtungen	1 245 ¹⁾	18 105	1 760	2 681
kerntechnische Industrie	878 ²⁾	1 743	266	516
sonstige Abliefe- rungspflichtige	236	91	8	8
Σ	13 031	44 420	3 747	6 916

¹⁾ zzgl. von Reststoffen des Kernforschungszentrums Karlsruhe, die einen noch nicht quantifizierbaren Anteil an radioaktiven Abfällen enthalten

²⁾ zzgl. von Reststoffen der Urananlage Ellweiler, die einen noch nicht quantifizierbaren Anteil an radioaktiven Abfällen enthalten

Tab. 2: Überblick über vorhandene und erwartete Mengen radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer und nennenswerter Wärmeentwicklung (einschl. von Abklingabfällen)

Verpackung der konditionierten radioaktiven Abfälle	Bestand		Anfall		geschätzter Anfall	
	am 31.12.1989		01.01. - 31.12.1989		in 1990	
100	Stück	Verteilung [%]	Stück	Verteilung [%]	Stück	Verteilung [%]
200 l-Faß	51 819 ³⁾	75,3	2 526 ⁴⁾	75,6	4 648 ⁵⁾	72,6
400 l-Faß	4 569	6,6	95	2,9	56	0,9
Betonbehälter						
Typ I ¹⁾	7 748	11,3	14	0,4	---	---
Typ II ²⁾	958	1,4	---	---	---	---
Gußbehälter						
Typ I	65	0,09	---	---	10	0,2
Typ II	1 070	1,6	132	4,0	1 038	16,2
Typ III	517	0,72	48	1,4	70	1,1
Container						
Typ I	---	---	---	---	---	---
Typ III	19	0,03	19 ⁶⁾	0,6	19	0,3
Typ IV	2 012	2,9	491 ⁶⁾	14,7	435	6,8
Typ V	31	0,05	13 ⁶⁾	0,4	42	0,6
Typ VI	9	0,01	---	---	82	1,3

1) frühere Bezeichnung: Verlorene Betonabschirmung mit eingesetztem 200 l-Faß (VBA-200)

2) frühere Bezeichnung: Verlorene Betonabschirmung mit eingesetztem 400 l-Faß (VBA-400)

3) einschl. von 1 777 Stück mit wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen

4) einschl. von 98 Stück mit wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen

5) einschl. von 105 Stück mit wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen

6) einschl. der in Container umgepackten Fässer (200 l) aus den Vorjahren, die schon als Bestand bzw. Anfall registriert waren

Tab. 3: Anzahl vorhandener und erwarteter Abfallgebinde

Verursachergruppen- spezifische Herkunft	unkonditionierter Abfall [m ³] Bestand am 31.12.1989	
	mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung	wärmeentwickelnd
Wiederaufarbeitung	77	71
Kernkraftwerke	8 081	-
Landessammel- stellen	1 324	-
Forschungsein- richtungen	1 245 ¹⁾	-
kerntechnische Industrie	878 ²⁾	-
sonstige Abliefe- rungspflichtige	66	-
Σ	11 671	71

¹⁾ zzgl. von Reststoffen des Kernforschungszentrums Karlsruhe, die einen noch nicht quantifizierbaren Anteil an radioaktiven Abfällen enthalten

²⁾ zzgl. von Reststoffen der Urananlage Ellweiler, die einen noch nicht quantifizierbaren Anteil an radioaktiven Abfällen enthalten

Tab. 4: Bestand an unkonditionierten radioaktiven Abfällen in der Bundesrepublik Deutschland am 31. Dezember 1989

Verursachergruppenspezifische Herkunft	Abklingabfälle [m³] Bestand am 31.12.1989
Wiederaufarbeitung	--
Kernkraftwerke	59
Landessammelstellen	1 060
Forschungseinrichtungen	--
kerntechnische Industrie	--
sonstige Ablieferungspflichtige	170
Σ	1 289

Tab. 5: Bestand an Abklingabfällen in der Bundesrepublik Deutschland am 31. Dezember 1989

Verursachergruppen- spezifische Herkunft	konditionierter Abfall [m ³] Bestand am 31.12.1989	
	mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung	wärmeentwickelnd
Wiederaufarbeitung	8 623	332
Kernkraftwerke	13 821	6
Landessammel- stellen	1 679	20
Forschungsein- richtungen	17 987	118
kerntechnische Industrie	1 739	4
sonstige Abliefe- rungspflichtige	91	-
Σ	43 940	480

Tab. 6: Bestand an konditionierten radioaktiven Abfällen in der
Bundesrepublik Deutschland am 31. Dezember 1989

Verursachergruppen- spezifische Herkunft	konditionierter Abfall [m ³]		
	Bestand am 31.12.1989	Anfall 01.01. - 31.12.1989	geschätzter Anfall in 1990
Wiederaufarbeitung	8 623	597	597
Kernkraftwerke	13 821	996	3 017
Landessammel- stellen	1 679	101	79
Forschungsein- richtungen	17 987	1 754	2 673
kerntechnische Industrie	1 739	263	516
sonstige Abliefe- rungspflichtige	91	8	8
Σ	43 940	3 719	6 890

Tab. 7: Vorhandene und erwartete Mengen an konditionierten radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Verursachergruppen- spezifische Herkunft	konditionierter Abfall [m ³]		
	Bestand am 31.12.1989	Anfall 01.01. - 31.12.1989	geschätzter Anfall in 1990
Wiederaufarbeitung	332	18	18
Kernkraftwerke	6	1	-
Landessammel- stellen	20	-	-
Forschungsein- richtungen	118	6	8
kerntechnische Industrie	4	3	-
sonstige Abliefe- rungspflichtige	-	-	-
I	480	28	26

Tab. 8: Vorhandene und erwartete Mengen an konditionierten
wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen

Abfall- erhebung	Rohabfall [m ³]	konditionierter Abfall [m ³]		
	Bestand ¹⁾ am Jahresende	Bestand am Jahresende	Anfall	geschätzter Anfall im Folgejahr
1984	6 400	25 114	4 165	6 640
1985	5 469	29 560	4 622	6 425
1986	5 102	33 855	4 632	6 880
1987	7 736	37 920	4 271	7 361
1988	10 774	40 701	3 449	6 962
1989	11 742	44 420	3 747 ²⁾	6 916

¹⁾ ohne Abklingabfälle

²⁾ Bestandserhöhung im Vergleich zum Jahr 1988: 3 719 m³
(siehe Abschnitt 3.4)

Tab. 9: Vergleich der Ergebnisse der Abfallerhebungen für die
Jahre 1984 bis 1989

Abfallerhebung	Abklingabfall [m ³]
1984	525
1985	771
1986	1 491
1987	848
1988	951
1989	1 289

Tab. 10: Bestand von Abklingabfällen

Verursachergruppen- spezifische Herkunft	konditionierter Abfall [m ³]			
	Prognose auf der Basis von Modelldaten		Prognose auf der Basis von tatsächlich angefallenen Abfällen	
	wärmeent- wickelnd	mit vernach- lässigbarer Wärmeent- wicklung	wärmeent- wickelnd	mit vernachlässig- Wärmeentwicklung
Wiederaufarbeitung	3 345	54 957	2 953	49 113
Kernkraftwerke	17	49 241	17	29 177
Landessammel- stellen	20	3 659	20	2 900
Forschungsein- richtungen	184	44 717	184	34 652
kerntechnische Industrie	37	7 899	37	4 313
Stilllegung und Abbau	-	9 540	-	9 540
sonstige Abliefe- rungspflichtige	-	861	-	201
Σ	3 603	170 874	3 211	129 896

Tab. 11: Erwartete Mengen konditionierter radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Ende des Jahres 2000

Jahr	prognostiziertes Volumen radioaktiver Abfälle [m ³]
1984	245 000
1985	234 600
1986	224 300
1987	202 100
1988	179 200
1989	174 500

Tab. 12: Abnahme der jährlich prognostizierten
Menge radioaktiver Abfälle (obere
Schätzwerte)

Abfall- verursacher- gruppe	vorhandene Zwischen- lagerkapazität [m³]	geplanter Zubau an Zwischenlager- kapazität [m³]
Wiederaufarbeitung	376 ¹⁾	-
Kernkraftwerke	26 850	3 800
Landessammel- stellen	7 837	130
Forschungs- einrichtungen	55 274	-
kerntechnische Industrie	1 365 (4 800) ²⁾	(2 300) ²⁾
sonstige Abliefe- rungspflichtige	500	-
<u>Externe Zwischen- lager:</u>		
Gorleben	10 577	-
Mitterteich	21 600	-
Σ	124 379	3 930

¹⁾ flüssige radioaktive Abfälle

²⁾ Zwischenlagerkapazität für Reststoffe

Tab. 13: Überblick über Zwischenlagerkapazitäten für radioaktive Abfälle

Abfall- verursacher- gruppe	vorhandene Zwischenlager- kapazität [m ³]	Aus- nutzungs- grad [%]	geplanter Zubau an Zwischen- lagerkapazität [m ³]
Wiederaufarbeitung	120 ^{1) 2)}	20,6	-
Kernkraftwerke	26 850 ³⁾	41,4	3 800
Landessammel- stellen	7 837 ^{4) 5)}	32,8	130
Forschungs- einrichtungen	54 326 ⁶⁾	55,5	-
kerntechnische Industrie	1 365 ⁷⁾ (4 800) ⁸⁾	100,0	(2 300) ⁸⁾
sonstige Abliefe- rungspflichtige	500	36,0	-
<u>Externe Zwischen- lager:</u>			
Gorleben	10 577	12,2	-
Mitterteich	21 600 ⁹⁾	1,6	-
Σ	123 175	39,1 ¹⁰⁾	3 930

¹⁾ Zwischenlagerung flüssiger Rohabfälle

²⁾ Zwischenlagerung der konditionierten radioaktiven Abfälle der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH (WAK) im Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK)

³⁾ Zwischenlagerung der konditionierten KNK II- und MZFR-Abfälle im KfK

⁴⁾ einschl. von der LSSt-Halle im externen Zwischenlager Mitterteich

⁵⁾ ohne Berücksichtigung der Landessammelstelle Baden-Württemberg, deren Abfälle im KfK zwischengelagert werden

⁶⁾ einschl. von den radioaktiven Abfällen der Versuchsreaktoren des KfK, der WAK, des Europäischen Instituts für Transurane, der Landessammelstelle Baden-Württemberg und von Kunden der KfK, die nur geringe Zwischenlagerungsmöglichkeiten haben

⁷⁾ Zwischenlagerung von Anteilen der konditionierten radioaktiven Abfälle in der KfK und KfA

⁸⁾ Zwischenlagerkapazität für Reststoffe

⁹⁾ EVU-Halle im externen Zwischenlager Mitterteich

¹⁰⁾ mittlerer integraler Ausnutzungsgrad (ohne Berücksichtigung von Abklingabfällen)

Tab. 14: Zwischenlagerkapazitäten für unkonditionierte und konditionierte radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Abfall- verursacher- gruppe	vorhandene Zwischenlager- kapazität [m ³]	Aus- nutzungs- grad [%]	geplanter Zubau an Zwischen- lagerkapazität [m ³]
Wiederaufarbeitung	256 ¹⁾	48,1	-
Forschungs- einrichtungen	948	50,6	-
Σ	1204	50,1 ²⁾	-

¹⁾ Zwischenlagerung flüssiger Rohabfälle

²⁾ mittlerer integraler Ausnutzungsgrad

Tab. 15: Zwischenlagerkapazitäten für wärmeentwickelnde unkonditionierte und konditionierte radioaktive Abfälle