

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

KOM(93) 88 endg.

Brüssel, den 1. April 1993

MITTEILUNG UND DRITTER BERICHT DER KOMMISSION

über die derzeitige Lage und Aussichten der Entsorgung
radioaktiver Abfälle in der Europäischen Gemeinschaft

MITTEILUNG DER KOMMISSION

**über die derzeitige Lage und Aussichten der Entsorgung
radioaktiver Abfälle in der Europäischen Gemeinschaft**

- I. **PRÄAMBEL**

- II. **DERZEITIGE LAGE UND AUSSICHTEN DER ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE**
 - II.A. *Abfallaufkommen*
 - II.B. *Behandlung von Abfällen mit kurzer Halbwertszeit*
 - II.C. *Entwicklungsstand der tiefen Endlagerung*
 - II.D. *Erreichtes und ungelöste Fragen*

- III. **TÄTIGKEIT DER KOMMISSION**

- IV. **EMPFEHLUNGEN**

1 - PRÄAMBEL

In seiner EntschlieÙung vom 18. Februar 1980¹ hatte der Rat einem Aktionsplan der Gemeinschaft für 1980-1992 auf dem Gebiet der radioaktiven Abfälle zugestimmt. Dieser Plan betrifft die Probleme der radioaktiven Abfälle aus kerntechnischen Anlagen und insbesondere die der Entsorgung der hochaktiven und/oder langlebigen Abfälle.

Punkt 1 des Plans sieht eine ständige Analyse der Lage der Entsorgung von radioaktiven Abfällen in der Gemeinschaft in Hinsicht auf die Annahme der nötigen Lösungen vor. Diese Analyse soll sich auf folgende Gebiete erstrecken:

- verfügbare Techniken sowie bestehende und von den Mitgliedsstaaten vorgesehene Anlagen zur Sicherstellung der verschiedenen Stufen der Entsorgung radioaktiver Abfälle einschließlich der für die Endlagerung bestimmten Verfahren und Prozeduren;
- die technologischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, deren Durchführung sich die Mitgliedsstaaten und die Gemeinschaft vorgenommen haben;
- die festgelegten oder festzulegenden Praktiken der Mitgliedsstaaten für die Entsorgung der verschiedenen Abfallkategorien;
- die Voraussicht und der Zeitplan ihrer Einführung.

Die Informationen und Ergebnisse aus diesen Arbeiten werden im Hinblick darauf ausgewertet, "die Gemeinschaft und die Mitgliedsstaaten über den Stand der Arbeit und der Ergebnisse im Bereich der Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfallstoffe auf dem laufenden zu halten, und zwar unter Berücksichtigung des Bedarfs der Nuklearprogramme".

Die Kommission hat dem Rat 1983 und 1987 zwei Berichte² zur Lage und zum Ausblick hinsichtlich der Entsorgung radioaktiver Abfälle in den Mitgliedsländern bis zum Ende des Jahrhunderts übermittelt.

Die Kommission übermittelt beiliegend ihren dritten Bericht, der auf der Lage von 1990-1991 beruht und, wie die vorhergehenden, sich auf Informationen stützt, die von den Mitgliedsstaaten geliefert wurden.

Der Rat hat kürzlich einer Erneuerung des Plans³ für den Zeitraum 1993-1999 zugestimmt. Diese Fortschreibung dürfte insbesondere der Kommission gestatten, den Rat regelmäßig durch weitere Berichte auf dem laufenden zu halten.

¹ *Abl. Nr. C5111-2-3 vom 29.2.1980*

² *Mitteilung d. Kommission an den Rat "Erster Bericht zur derzeitigen Lage und den Aussichten der Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Gemeinschaft" Dok. KOM(83)262 vom 16.05.1983 und "Zweiter Bericht" Dok. KOM(87)312 vom 29.07.1987*

³ *Ratsentschließung vom 15.06.92*

18

II - DERZEITIGE LAGE UND AUSSICHTEN DER ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Der beiliegende Bericht hebt folgende Punkte hervor:

II.A. Abfallaufkommen

Der hohe Entwicklungsstand der Mitgliedsstaaten hat zur Folge, daß in der Gemeinschaft radioaktive Abfälle zahlreicher und unterschiedlicher Kategorien und Ursprünge erzeugt werden; die Größe dieses Aufkommens ist von einem Mitgliedsstaat zum anderen verschieden; es sind jedoch alle Mitgliedsstaaten betroffen.

- Die erste Entstehungsquelle beruht auf der Anwendung von Radioisotopen und gewisser Bestrahlungsgeräte in der Industrie, der Medizin und der nichtnuklearen Forschung. Diese betrifft alle Mitgliedsstaaten. Mit Ausnahme der verbrauchten Strahlenquellen sind diese Abfälle schwachaktiv. Obwohl die nationalen Angaben über diese Abfälle schwer zu vergleichen sind, scheint es, daß die betreffenden Volumen nicht vernachlässigbar gering sind und eine sorgfältige Entsorgung erfordern.
- Die zweite Quelle der Abfallerzeugung ist die von verschiedenen Industrien betriebene Behandlung von Erzen und Rohstoffen, die natürliche Radioelemente enthalten; diese betrifft Staaten mit und ohne Programm zur nuklearen Elektrizitätserzeugung, die Industriezweige wie die Ausbeutung von Uranlagerstätten, die Herstellung von Phosphatdünger oder die Gewinnung von Naturgas oder Erdöl betreiben; solche Abfälle enthalten ausschließlich natürliche Radioisotope und sind im wesentlichen sehr schwach aktiv. Angaben über diese letzte Kategorie von Abfällen sind, mit Ausnahme derer aus dem Uranabbau, durchweg nicht verfügbar.
- Die nukleare Elektrizitätserzeugung einschließlich der dazu gehörenden Forschung und Stilllegung ausgedienter Anlagen ist die dritte Quelle der Abfallerzeugung⁴. Die Abfälle aus den Kernkraftwerken und den Anlagen des angeschlossenen Brennstoffkreislaufs stehen, was die darin enthaltene Radioaktivität betrifft, an erster Stelle. Diese Abfälle gehören allen Kategorien (schwach-, mittel- und hochaktiv; lang- und kurzlebig) an. Sie betreffen diejenigen Mitgliedsstaaten, die Nuklearprogramme betreiben oder betrieben.
Volumenmäßig hält sich die Jahresproduktion solcher Abfälle im Rahmen der Vorhersagen des vorigen Berichts und sollte unter dem Einfluß verschiedener Faktoren (Entwicklung der nationalen Kernenergieprogramme, technischer Fortschritt bei der Abfallbehandlung, Optimierung der Entsorgung usw) in diesem Jahrzehnt mehr oder weniger gleich bleiben.

Obwohl dieser Bericht den Zeitraum 1990-2020 betrifft, sind die Bewertungen über das Jahr 2000 hinaus angesichts der Unsicherheiten über nationale Politiken auf dem Gebiet des Ausbaus und Rückbaus von kerntechnischen Anlagen ausgesprochen spekulativ.

⁴ Dieser Bericht behandelt die Abfälle militärischen Ursprungs nicht

II.B. *Behandlung von Abfällen mit kurzer Halbwertszeit*

Der Behandlung und Endlagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen (kurzer Halbwertszeit), die 90% am Volumen der Erzeugung aus der Kernenergie darstellen, gereicht der zufriedenstellende und durch Erfahrung erprobte Stand der Technik zum Vorteil.

Die Behandlungsmethoden genügen im Allgemeinen dem Bedarf der Industrie und den Anforderungen der Sicherheitsbehörden der Gemeinschaft; obwohl diese Tätigkeiten bereits seit mehreren Jahrzehnten durchgeführt werden, kommen ihnen laufend die technologischen Fortschritte und die Optimierung der Entsorgung, insbesondere in Hinsicht auf die Volumenverringering und die Senkung der radioaktiven Emissionen in die Umwelt zugute.

Die oberflächennahe Endlagerung in Bauwerken ist in der Gemeinschaft für diese Art Abfälle besonders weit entwickelt. Sie wird in steigendem Umfang angewandt⁵. Die Kapazität der seit kurzem in Betrieb genommenen nationalen Anlagen dürfte dem Bedarf der jeweiligen Mitgliedsstaaten bis etwa 2020/2030 genügen. Die Erfordernisse der anderen Mitgliedsstaaten sollen durch eine andere Wahl, der Tiefenendlagerung (s. folgenden Abschnitt C), die sich im Bau oder in der Zulassungsphase befindet oder durch langfristige Zwischenlagerung (im Falle eines Mitgliedsstaates) gedeckt werden.

II.C. *Entwicklungsstand der tiefen Endlagerung*

Die tiefe Endlagerung⁶ der radioaktiven Abfälle aller Kategorien ist sicherlich nach zwei Jahrzehnten durchgehender Programme der Forschung, Entwicklung und Demonstration auf internationaler, Gemeinschafts- und nationaler Ebene technisch machbar und grundsätzlich sicher. Die Verfahren zur Bewertung der Sicherheit in Abhängigkeit der vorgesehenen Standorte sind verfügbar.

Dieser Typ der Endlagerung wurde noch nie für die Abfallarten verwendet, für die kein anderer in Frage kommt, nämlich die langlebigen Abfälle: mittelaktive alphakontaminierte Abfälle und hochaktive Abfälle⁷, die durch radioaktiven Zerfall Wärme erzeugen. Diese Situation besteht nicht nur in der Gemeinschaft. Im Hinblick auf den Strahlenschutz ist sie kein Anlaß zu Besorgnis, da die Abfälle sicher in geeigneten Anlagen zwischengelagert werden können.

Soweit hochaktive Abfälle betroffen sind, empfiehlt es sich, aus technischen und Sicherheitsgründen, die letzteren Abfälle einige Jahrzehnte "abkühlen" zu lassen. Außerdem sind Mittel und Anlagen zur langfristigen Zwischenlagerung im Betrieb und im Bau.

Zu bedauern ist hingegen die Lage in Bezug auf die alphakontaminierten Abfälle, die keine "Abkühlung" brauchen und deren Lagervolumen - 8% des Rauminhalts der

⁵ An die 1 400 000 m³ sind bereits auf Lager, einschl. Gebinde - und Verpackung.

⁶ Auch "geologische" Endlagerung genannt.

⁷ Verglaste Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von abgebranntem Brennstoff oder Brennstoff, für den keine Wiederaufarbeitung vorgesehen ist.

gesamten Jahresproduktion an radioaktiven Abfällen - recht bedeutend werden. Die auf diesem Gebiet in gewissen Mitgliedsstaaten laufenden Vorhaben sind daher von großer Wichtigkeit.

II.D. Erreichtes und ungelöste Fragen

Im Allgemeinen ist davon auszugehen, daß die Sicherheit der Entsorgung der Abfälle aus der Nuklearindustrie und die Verringerung ihrer Auswirkung auf die Umwelt im Lauf der letzten Jahre wesentliche Fortschritte gemacht haben, was auf die technische Weiterentwicklung und die hohen Investitionen, die Verbesserungen in der Verwaltung, die von verschiedenen Mitgliedsstaaten eingesetzten Strukturen und auf weitgehende Verbesserungen des Ordnungswesens zurückzuführen ist.

Bei den Abfällen aus den Bereichen der Medizin, Industrie und Forschung ist man bemüht, die Kontrolle über ihre Erzeugung und Entsorgung auszubauen und zu verbessern.

Gewisse Fragen normativer und strategischer Art sind noch zu vertiefen und verdienen weiterhin stärkere Beachtung, vor allem die Entsorgung der sehr schwach aktiven Stoffe verschiedenen Ursprungs, die Äquivalenz zwischen radioaktiven Abfällen aus unterschiedlichen Entstehungsquellen und die Unterrichtung und Beteiligung der Öffentlichkeit.

III - TÄTIGKEIT DER KOMMISSION

Wie aus dem Bericht im Anhang ersichtlich, hat die Tätigkeit der Kommission sowohl im FuE-Bereich als auch auf den Gebieten des Ordnungswesens, der Förderung der Zusammenarbeit und der Angleichung von Verfahren zwischen Mitgliedsstaaten die Erfordernisse der Gemeinschaft weitgehend befriedigt:

- Im FuE-Bereich wurde das Programm 1985-1989 gut zu Ende geführt⁸, und das Programm 1990-1994 wird mit der Unterstützung des Beratenden Verwaltungs- und Koordinierungsausschusses durchgeführt. Außerdem hat die Kommission jegliche direkte oder indirekte Ausfuhr von gefährlichen und radioaktiven Abfällen in die 68 AKP-Staaten verboten⁹.
- Im Ordnungswesen sind die Maßnahmen zur Vermeidung von unkontrollierten Überführungen von radioaktiven Abfällen aus einem Land ins andere besonders zu erwähnen¹⁰.
- Hinsichtlich der Zusammenarbeit und der Angleichung von Verfahren sind die wachsende Öffnung der nationalen Versuchseinrichtungen zur unterirdischen

⁸ Bewertung des Programms "Bewirtschaftung und Lagerung radioaktiver Abfälle 1985-1989" Bericht EUR-12264 EN

⁹ Nach Artikel 39 der 4. Konvention AKP-KEG, unterzeichnet am 15. Dezember 1989 in Lomé.

¹⁰ Richtlinie des Rates zur Änderung der Richtlinie 80/836/EURATOM über die Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahr ionisierender Strahlungen im Hinblick auf die vorherige Genehmigung der Verbringung radioaktiver Abfälle - Abl. L 35 - 12.2.92, Seite 24

Endlagerung für Gruppen von Forschern aus anderen Mitgliedsländern und die Gründung eines Netzes von Laboratorien der Gemeinschaft zur Optimierung und Angleichung der Qualitätskontrolle von Abfallbinden zwei bemerkenswerte Beispiele.

- Mit dem Ziel, die im Rahmen des 5. Aktionsplans der Gemeinschaft über die Umwelt übernommenen Verpflichtungen zu erfüllen, wird die Kommission demnächst eine gemeinschaftliche Strategie auf dem Gebiet der radioaktiven Abfälle empfehlen. Damit wird die gemeinschaftliche Strategie für die Abfälle (die die radioaktiven Abfälle ausschließt), wie sie in der Entschließung des Rats vom 7. Mai 1990 definiert ist, vervollständigt.

IV - EMPFEHLUNGEN

Mit Hinblick auf die Analyse in dem Bericht im Anhang, die in Abschnitt II oben zusammengefaßt ist, macht die Kommission den Rat auf folgende Punkte aufmerksam:

- die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist ein wesentliches Element im Bereich der Sicherheit und des Umweltschutzes; sie sollte für alle Abfälle gleich welchen Ursprungs entwickelt und geordnet werden, um die Beachtung der Anforderungen auf dem Gebiet der Sicherheit und des Strahlenschutzes zu gewährleisten;
- die Untersuchung, Auswahl und Öffnung von Endlagerstandorten sind vorrangig und sollten fortgesetzt werden;
- die Anstrengungen zur technischen Weiterentwicklung und Optimierung sollten im Bereich der Entsorgung von Abfällen mit langer Halbwertszeit fortgesetzt werden (zum Beispiel durch Volumenverminderung, Dekontamination und Verminderung ihrer Radiotoxizität in der fernen Zukunft);
- die Durchführung der Entsorgung radioaktiver Abfälle, und vor allem ihrer letzten Stufe, der Endlagerung, erfordert eine Intensivierung der Unterrichtung und Beteiligung der Öffentlichkeit.

28

DRITTER BERICHT DER KOMMISSION

über die derzeitige Lage und Aussichten der Entsorgung
radioaktiver Abfälle in der Europäischen Gemeinschaft

INHALT

Vorwort

I Entsorgung im Blickfeld

II Aufkommen radioaktiver Abfälle in den EG-Ländern

II.1 Ursprung radioaktiver Abfallerzeugung

II.2 Radioaktive Abfallkategorien

II.3 Aufkommen radioaktiver Abfälle

II.3.1 Radioaktive Abfälle aus der Verwendung von Isotopen in Industrie, Medizin und aus der allgemeinen Forschung

II.3.2 Abfall aus der Verarbeitung von Rohstoffen mit natürlichen Radionukliden

II.3.3 Abfälle aus Kernkraftprogrammen

III Lage und Perspektiven der Entsorgungsmethoden und -Grundsätze für radioaktive Abfälle in der Gemeinschaft

III.1 Organisation und Struktur der Entsorgung radioaktiver Abfälle in den EG-Ländern

III.2 Forschungs- und Entwicklungsprogramme

III.2.1 Programme und Haushaltsmittel

III.2.2 Fortgeschrittene Forschungs/Transmutation

III.3 Systemkonzept und Grundsätze

III.4 Behandlung und Konditionierung

III.5 Transport radioaktiver Abfälle

III.5.1 Allgemeine Bestimmungen über den Transport von Kernmaterialien

III.5.2 Die Praxis des radioaktiven Abfalltransports

III.6 Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennstoffe

III.6.1 Einleitung

III.6.2 Zwischenlagerung

III.6.2.1 Schwach- und mittelaktive Abfallgebände

III.6.2.2 Verglaste hochaktive Abfälle

III.6.2.3 Abgebrannter Brennstoff

III.6.3 Endlagerung radioaktiver Abfälle

III.6.3.1 Oberflächennahe Endlager

III.6.3.2 Tiefe Endlager in geologischer Formationen

IV Nukleare Sicherheit bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle

IV.1 Massnahmen vor der Endlagerung

IV.2 Endlagerung

IV.2.1 Oberflächennahe Endlagerung

IV.2.2 Tiefe Endlagerung in geologischen Formationen

V Anstehende Rechts- und Grundsatzfragen

V.1 Stoffe mit sehr niedriger Radioaktivität

V.2 Äquivalenz radioaktiver Abfälle

V.3 Unterrichtung und Beteiligung der Öffentlichkeit

ABKÜRZUNGEN

AEA	Atomic Energy Authority
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BNFL	British Nuclear Fuels plc
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
KEG	Kommission der Europäischen Gemeinschaften
CEN/SCK	Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire/Studiecentrum voor Kernenergie
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, MedioAmbientales y Tecnológicas
COVRA	Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval
DBE	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betriebe von Endlagern für Abfallstoffe
EG	Europäische Gemeinschaften
ENEA	Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
ENEL	Ente Nazionale dell'Energia Elettrica
ENRESA	Empresa Nacional de RESiduos rAdioactivos
HAA	Hochaktive Abfälle
IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation
MAA	Mittelaktive Abfälle
NE	Nuclear Electric
NEA	Nuclear Energy Agency · Kernenergie Agentur
NIREX	Nuclear Industry Radioactive Waste Executive
NUCLECO	Nucleare-Ecologia

ONDRAF /NIRAS	Organisme National des Déchets RADIOactifs et des matières Fissiles/Nationale Instelling voor het Beheer van Radioactief Afval en Spleijstoffen
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OPLA	OPslag op LAnd
SAA	Schwachaktive Abfälle
SN	Southern Network
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
WHO	World Health Organisation - Weltgesundheitsorganisation

VORWORT

Der Aktionsplan der Gemeinschaft für radioaktive Abfälle 1980-92, wie er vom Rat der Europäischen Gemeinschaften im Februar 1980 gebilligt worden ist¹, sieht unter Punkt 1 vor, daß die Kommission ständig die Situation der Entsorgung der radioaktiven Abfälle in der Gemeinschaft analysiert.

Um der Gemeinschaft und den Mitgliedstaaten die Möglichkeit zu geben, die Ergebnisse dieser Analyse zu verwerten, erstattet die Kommission dem Ministerrat regelmäßig Bericht.

Bisher wurden dem Rat zwei Berichte, 1983 und 1987, übermittelt.² Der vorliegende Bericht ist damit der dritte seiner Art; die in den vorangehenden Berichten enthaltenen Informationen werden auf den neuesten Stand gebracht und ergänzt; außerdem wird auch erstmals über die Situation in den neuen Ländern der Bundesrepublik Deutschland berichtet. Eine vorsichtige Bewertung der in der Gemeinschaft anfallenden radioaktiven Abfälle wird in diesem Bericht bis zum Jahre 2020 abgegeben.

Dem Bericht liegen Angaben aus den Mitgliedstaaten zugrunde, die die Delegierten im Beratungsausschuß der Kommission für den Aktionsplan der Gemeinschaft für radioaktive Abfälle gemacht haben.

Allgemeine Hintergrundinformationen über radioaktive Abfälle wurden in den vorangehenden Berichten gegeben. Bei Bedarf sollte der Leser daher auf diese Berichte zurückgreifen.

* *

*

¹ Entschließung des Rates vom 18. Februar 1980, ABl. Nr. C 51 vom 29.2.1980, S. 1.

² Mitteilungen der Kommission an den Ministerrat der Europäischen Gemeinschaften, KOM(83) 262 vom 16. Mai 1983 "Lageanalyse und Perspektiven zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Gemeinschaft" und KOM(87) 312 vom 29. Juli 1987, idem.

KAPITEL 1

ENTSORGUNG IM BLICKFELD

In den letzten zehn Jahren ist die Entsorgung von Abfall jeglicher Art (Hausmüll, giftige und ungiftige Industrie- sowie Nuklearabfälle) zu einem Thema geworden, dem die Europäische Gemeinschaft wachsende Aufmerksamkeit schenkt.

Für den Anfall von Industrie- und Hausmüll sind auf nationaler und Gemeinschaftsebene erste Schätzungen erstellt worden. Der jährliche Anfall fester Abfälle (alle Kategorien zusammengerechnet) beläuft sich auf ungefähr 2.200 Millionen Tonnen in der Gemeinschaft als Ganzes, wovon 20 Millionen Tonnen giftige Industrieabfälle sind. Um die sichere Behandlung und Beseitigung diese Abfälle zu erleichtern, werden vorläufige Listen der schädlichen Stoffe, die in diesen Abfällen enthalten sein können, erstellt und weitgefaßte Abfallkategorien aufgestellt. In einigen Ländern wie der Bundesrepublik Deutschland werden derzeit Entsorgungsmöglichkeiten für giftige Abfälle, vor allem unterirdische, sowie geeignete nationale Abfallformen, gemäß dem bereits für nukleare Abfälle entwickelten "Systemkonzept" (siehe Kapitel III), geprüft.

Parallel dazu wird intensiv an nationalen und vor allem EG-Rechtsvorschriften gearbeitet.

Ende 1989 wurde eine EG-Abfallstrategie verabschiedet. Daneben wurden in letzter Zeit in mehreren Mitgliedstaaten geeignete nationale Einrichtungen für den Umgang mit dieser Art von Abfällen geschaffen.

Schätzungen des früheren und künftigen Anfalls radioaktiver Abfälle wurden je nach Kategorie für jedes Land und für die Europäische Gemeinschaft als Ganzes angestellt. Das jährliche Aufkommen in der Gemeinschaft beläuft sich auf ungefähr 80.000 m³, davon sind rund 150 m³ hochradioaktiv. Methoden und Tendenzen bei der Abfallverarbeitung und -beseitigung, nationale Abfallentsorgungsstrategien, die Entwicklung von Rechtsvorschriften sowie nationale Einrichtungen (d.h. nationale Behörden, Abfallunternehmer, Sicherheitsbehörden) wurden in den Berichten der Kommission an den Ministerrat von 1983 und 1987 behandelt. Ferner hat der Aktionsplan der Gemeinschaft für radioaktive Abfälle seit 1980 einen geeigneten Rahmen für die Konzertierung nationaler Maßnahmen und Vorschriften auf dem Gebiet der Entsorgung geboten.

Seither ist weltweit das Bewußtsein der Anlagenbetreiber und der Öffentlichkeit für zusätzliche Gesichtspunkte der Entsorgung radioaktiver Abfälle wie die folgenden gestiegen:

- die Notwendigkeit einer Abfall-Minimierung hinsichtlich Menge, Radioaktivität und chemischer Giftigkeit, was ein optimales Entsorgungsverfahren verlangt;
- die Regeln für den Transport und internationalen Transfer radioaktiver Abfälle;

- die Rezyklierung und Beseitigung von Abfällen aus dem Abbau stillgelegter kerntechnischer Anlagen; bis heute sind weltweit über 100 größere kerntechnische Anlagen geschlossen worden; diese Zahl wird noch steigen, da die bestehenden Kraftwerke zunehmend veralten;
- die Behandlung und Beseitigung radioaktiver Abfälle, die außerhalb des Kernbrennstoffkreislaufs anfallen und aus der Verwendung von Radioisotopen in Forschung, Industrie und Medizin stammen;
- die Sanierung von Standorten aus den Anfangsjahren der Kernenergie.

Die Frage nach den Bedingungen der Endlagerung radioaktiver Abfälle und ihrer Akzeptanz in der Öffentlichkeit ist jedoch auch heute noch in der EG und anderswo offen.

Die EG-Kommission widmet sich diesen Fragen mit ihren Forschungsprogrammen und ihren ordnungspolitischen Maßnahmen nach Kapitel III "Der Gesundheitsschutz" des Euratom-Vertrages. Eine Richtlinie über den Transfer radioaktiver Abfälle ist jüngst vom Rat erlassen worden. Der Rat hat sich außerdem vor kurzem zu künftigen Prioritäten geäußert³, vor allem zur Erstellung gemeinsamer Grundsätze über die Standortwahl von Endlagern.

Der vorliegende Bericht befaßt sich wie die zwei vorangehenden mit der Gesamtsituation in den Mitgliedstaaten der EG. Er bringt die Informationen der vorangehenden Berichte auf den neuesten Stand und ergänzt sie um die obengenannten Themen.

³ Pressemitteilung vom 18. Dezember 1990, Nr. 10871-90 - Presse 232

KAPITEL II

AUFKOMMEN RADIOAKTIVER ABFÄLLE IN DEN EG-LÄNDERN

II.1. URSPRUNG RADIOAKTIVER ABFALLERZEUGUNG

Radioaktive Abfälle können in der Europäischen Gemeinschaft bei drei Arten von Tätigkeiten anfallen⁴:

- Anwendung von Radioisotopen und bestimmten Bestrahlungsarten in Industrie, Medizin und Forschung,
- Verarbeitung von Rohstoffen mit natürlichen Radionukliden in verschiedenen Industriezweigen,
- Kernenergieprogramme, einschließlich der zugehörigen Forschung und der Stilllegung veralteter Anlagen.

Die jeweilige Bedeutung dieser Quellen ist von einem Land der Gemeinschaft zum anderen sehr unterschiedlich. Allen Gemeinschaftsländern gemeinsam ist die Verwendung radioaktiver Elemente zu Forschungs-, industriellen und medizinischen Zwecken. Die Länder mit Kernkraftprogrammen erzeugen den größten Teil der in den Abfällen enthaltenen Radioaktivität und auch den größten Teil des radioaktiven Abfallaufkommens in der Gemeinschaft als Ganzes. Ein paar Länder mit oder ohne Kernenergieprogramm betreiben Uranerzgewinnungs- und -verarbeitungsanlagen, die große Mengen leicht radioaktiver Stoffe mit natürlichen Radionukliden erzeugen.

Seit einigen Jahren weiß man außerdem, daß auch andere Industrietätigkeiten ähnliche Stoffe erzeugen können. Dazu gehören Industrieaktivitäten, bei denen Rohstoffe mit natürlich vorkommenden Radionukliden mit niedrigen Konzentrationen in großen Mengen verarbeitet werden, wie die Erzeugung von künstlichen Phosphatdüngern und die Öl- und Gasgewinnung. Bei diesen Vorgängen konzentrieren sich die natürlichen, in dem Rohstoff vorhandenen Radionuklide entweder im Erzeugnis oder in den verschiedenen Abfallströmen. Bislang gibt es aber noch keinen Überblick über die Mengen, Zusammensetzungen, den Radioaktivitätsgrad usw. dieser Abfälle.⁵

II.2. RADIOAKTIVE ABFALLKATEGORIEN

Radioaktive Abfälle setzen sich aus einer Vielzahl von Stoffen zusammen. Diese können sich in unterschiedlichen physikalisch/chemischen Zuständen befinden, verschiedene Arten

⁴ Militärische Tätigkeiten liegen außerhalb des in diesem Bericht behandelten Bereichs.

⁵ Der EUR-Bericht 13262 EN von 1991 ("Study of the radionuclides contained in waste produced by the phosphate industry and their impact on the environment") enthält Daten zu einem spezifischen Fall. Vgl. auch Abschnitt V.1 dieses Berichts hinsichtlich der zugehörigen Sicherheitsaspekte.

von Strahlung⁶ aussenden und Unterschiede in der spezifischen Radioaktivität aufweisen, die sich über mehrere Größenordnungen erstrecken.

Es leuchtet ein, daß eine derartige Vielfalt ein äußerst unterschiedliches Schadenspotential in sich birgt und daher unterschiedliche Entsorgungsformen erfordert. Daher ist die Einteilung der radioaktiven Abfälle nach Kategorien zweckmäßig. Die nachstehend erläuterte Klassifizierung wurde bereits in den vorangehenden Berichten (1983 und 1987) verwendet. Sie wurde ausgewählt, weil sich mit ihrer Hilfe die Mengenangaben über die in den Mitgliedstaaten anfallenden behandelten und konditionierten radioaktiven Abfälle für die Gemeinschaft am besten darstellen lassen. Sie hat auch den Vorteil, daß die radioaktiven Abfälle in Kategorien zusammengefaßt werden, die den zur Zeit in den Mitgliedstaaten angewandten oder geplanten Endlagerungsvarianten angepaßt sind (vgl. Kapitel III).

Es werden vier Hauptkategorien von Abfällen unterschieden:

- schwachaktive Abfälle,
- mittelaktive Abfälle,
- Alpha-Abfälle,
- hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung und abgebrannter Kernbrennstoff (falls als Abfall deklariert).

Diese Kategorien stellen ebensowenig wie die Zuordnung einer Abfallart zur einen oder anderen Kategorie eine Norm oder Regelung dar. In einigen Mitgliedstaaten entfallen, entsprechend der Art der Entsorgung, einige der Abfallarten oder -kategorien, die in diesem Bericht aufgeführt sind.

- a) Die Kategorie der schwachaktiven Abfälle umfaßt Abfälle⁷ aus Forschungsanstalten, der industriellen und medizinischen Radionuklidverwendung sowie aus den verschiedenen Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs, die in geringer Konzentration (daher die Bezeichnung schwachaktiv) Beta-Gamma-Strahler und Alpha-Strahler im wesentlichen natürlichen Ursprungs enthalten, oder in denen die Präsenz von solchen Strahlern vermutet wird. Die zulässige Konzentration der anderen Alpha-Strahler (Plutonium, Americium usw.) ist in dieser Abfallkategorie sehr niedrig und unterliegt einer strengen Kontrolle. Spätestens nach einigen hundert Jahren ist der Aktivitätsgehalt der Abfälle durch natürlichen Zerfall völlig unbedeutend. Die Wärmeentwicklung ist vernachlässigbar.
- b) Die Kategorie der mittelaktiven Abfälle⁸ umfaßt Abfälle, die hauptsächlich Beta-Gamma-Strahler in verhältnismäßig hoher Konzentration enthalten. Die Abfälle dieser Kategorie stammen zum größten Teil aus dem Betrieb von

⁶ Vor allem Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung

⁷ Hauptsächlich aus Wartungsarbeiten

⁸ In der Bundesrepublik Deutschland werden mittelaktive Abfälle und Alpha-Abfälle, die nur vernachlässigbare Wärmemengen entwickeln, der Kategorie der schwachaktiven Abfälle zugerechnet, da die Endlagerung der Abfälle sämtlicher Kategorien in tief liegenden geologischen Formationen erfolgen wird.

- c) Die Kategorie der Alpha-Abfälle⁹ umfaßt die technologischen und die Prozeßabfälle aus kerntechnischen Laboratorien, in denen Forschung über Transuranelemente betrieben wird, aus Betrieben, in denen Brennelemente aus Uran-Plutonium-Mischoxid hergestellt werden, sowie aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente. Ein Teil dieser Abfälle enthält ausschließlich Alpha-Strahler. Der restliche Teil umfaßt mittelaktive Abfälle aus Wiederaufarbeitungsanlagen mit Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlern, beispielsweise Hüllrohre, Hüllendstücke und Späne der Brennstäbe. Der Aktivitätsgehalt bleibt aufgrund der langlebigen Alpha-Strahler über sehr lange Zeiträume hoch. Die Wärmeentwicklung ist gering.
- d) Die Kategorie der hochaktiven Abfälle umfaßt in diesem Bericht hauptsächlich die verglasten Abfälle¹⁰, die die "Asche" aus dem nuklearen Verbrennungsprozeß (Spaltprodukte und Transplutoniumelemente, die im wesentlichen Alpha- und Beta-Gamma-Strahler sind), enthalten. Diese Rückstände werden in strahlenchemischen Anlagen (Wiederaufarbeitungsanlagen), in denen der in den Kraftwerken entladene abgebrannte Kernbrennstoff wieder aufgearbeitet wird, von dem unverbrannten Kernbrennstoff (Uran und Plutonium) getrennt. Diese Abfälle enthalten den größten Teil der Radioaktivität; sie bleiben während sehr langer Zeit gefährlich und geben mehrere Jahrhunderte lang eine beträchtliche Wärmemenge ab.
- e) Soll der in den Kernkraftwerken entladene abgebrannte Kernbrennstoff nicht wieder aufgearbeitet werden, so wird er als Abfall deklariert und bildet eine besondere Kategorie hochaktiven Abfalls. Beispiele dafür sind der abgebrannte Kernbrennstoff aus dem THTR-Reaktor¹¹ in Deutschland sowie der Kernbrennstoff aus den Leichtwasserreaktoren Spaniens.

Äußerst schwachaktive Abfälle können von der Überwachung durch die Genehmigungsbehörden ausgenommen werden und sollten daher nicht länger als radioaktiver Abfall betrachtet werden. Um diese Frage geht es in Kapitel V.

Flüssige und gasförmige Ableitungen in Oberflächengewässer und in die Luft werden nach den geltenden Regelungen zum Strahlenschutz und nach einer entsprechenden Kontrolle an die Kommission der Europäischen Gemeinschaften gemeldet; die Kommission berichtet in regelmäßigen Abständen darüber, so daß sich eine Erörterung in diesem Bericht erübrigt.

⁹ siehe (8).

¹⁰ In Deutschland wird diese Kategorie als Abfall mit bedeutender Wärmeentwicklung definiert.

¹¹ THTR: Thorium-Hochtemperatur-Reaktor in Hamm/Uentrop.

II.3. AUFKOMMEN RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Die Schätzungen beziehen sich auf mit heutigen Methoden sachgerecht behandelte und konditionierte radioaktive Abfälle.

II.3.1. Radioaktive Abfälle aus der Verwendung von Isotopen in Industrie, Medizin und aus der allgemeinen Forschung

Dieser Bereich ist für alle Mitgliedstaaten der Gemeinschaft von Belang. Das Aufkommen dieser Art von Abfall und seine Zunahme hängt nicht von Kernkraftprogrammen ab, sondern vom Stand und von der Geschwindigkeit der industriellen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung der betreffenden Länder sowie von der Bevölkerungszahl und ihrem Wachstum.

Im allgemeinen handelt es sich bei diesen Abfällen um schwachaktive und sehr kurzlebige Abfallstoffe. Eine Ausnahme bilden die abgebrannten umschlossenen Strahlungsquellen, von denen manche hochaktiv und langlebig sein können. Die potentielle Gefahr, die von solchen Quellen bei falscher Entsorgung ausgeht, sollte nicht unterschätzt werden, was sich bei dem Unfall in Goiania (Brasilien) 1987 gezeigt hat. Damals wurden ungefähr 200 Personen einer Bestrahlung ausgesetzt.

Die Mitgliedstaaten haben bereits Maßnahmen ergriffen, und setzen ihre Bemühungen fort, ihre Kontrolle über Anfall und Entsorgung aufrechtzuerhalten und zu verbessern.

Tabelle I veranschaulicht die Schätzungen der Abfallmengen, die jährlich zu den Sammelstellen zur Zwischenlagerung verbracht werden. Infolge von Unterschieden in den der Zwischenlagerung vorangehenden Entsorgungsschritten (z.B. bei der Erfassung, dem Abklingen, der Behandlung und der Konditionierung der Abfälle) können die Zahlen für die verschiedenen Länder nicht ohne weiteres verglichen werden. Trotzdem läßt sich ein durchschnittliches Jahresaufkommen von 10-15 m³ je Million Einwohner ableiten.

II.3.2. Abfall aus der Verarbeitung von Rohstoffen mit natürlichen Radionukliden

Bei der Uranerzverarbeitung entsteht eine besondere Kategorie von Abfallstoffen: Haldenabfall mit einer sehr niedrigen Konzentration an natürlichen Radionukliden, von denen einige langlebig sind. Die Uranerzgewinnung und -verarbeitung sind in der Gemeinschaft relativ unbedeutend und auf Frankreich, Spanien, Portugal und Deutschland beschränkt.

Uranerze in den genannten Ländern sind im allgemeinen geringhaltig. Die Gewinnung von Uran basiert auf hydrometallurgischer Extraktion. Wegen des geringen Urangehalts enthalten die Verarbeitungsrückstände mehr als 99% der behandelten Erzmasse und 75-80% der in dem Erz enthaltenen natürlichen Radioaktivität, die auf die Zerfallsprodukte des Urans 238 zurückzuführen ist. Eines der in diesen Rückständen enthaltenen natürlichen Radionuklide ist das gasförmige Radon 222. Die Rückstände enthalten auch einen Teil der bei dem Extraktionsvorgang verwendeten chemischen Mittel (z.B. Restsäure).

Wird die Uranextraktion durch Haldenauslaugung durchgeführt (geringhaltige Erze), verbleiben die abgereicherten Erzhalde am Ort. Um eine bessere Auslaugungsleistung

den Boden zu verhindern, wird der Boden, auf dem aufgehaldet wird, vorher undurchlässig gemacht.

Rückstände aus der dynamischen Auslaugung (hochhaltige Erze) werden zusammen mit Schlamm aus der Neutralisierung oder Behandlung von Abwässern aus Anlagen in speziell konditionierten Halden oder Gräben entsorgt, um das Bestrahlungsrisiko für Mensch und Umwelt zu verringern.

Bei Rückständen aus früheren Verarbeitungstätigkeiten müssen gegebenenfalls Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden. Diese können je nach den besonderen Bedingungen des Standorts sehr unterschiedlich ausfallen.

Wie auch bei anderen Bergbauaktivitäten und besonders beim Tagebau ist die Entsorgung und Konditionierung von Verarbeitungsrückständen Teil einer umfassenden Standortsanierung mit der die ursprüngliche Landschaft wiederhergestellt oder neu angelegt werden soll.

Abwässer werden durch Rückführung auf ein Mindestmaß beschränkt und vor ihrer kontrollierten Ableitung durch Neutralisierung, Ausfällung und Verdunstung behandelt.

Die bis Ende 1990 angefallene Abfallmenge aus der Uranerzverarbeitung ist nachstehend aufgeschlüsselt:

	<u>Schlammrückstände (10⁶ t)</u>	<u>Halden (abgereichert) (10⁶ t)</u>
Deutschland	54,00	-
Frankreich	30,49*	18,05
Portugal	2,38	0,04
Spanien	1,75	6,20

* Naßgewicht; das Trockengewicht ist 27,72 t.

II.3.3. Abfälle aus Kernkraftprogrammen

Die Menge der im Rahmen der Kernkraftprogramme (einschließlich der damit direkt zusammenhängenden Forschung) erzeugten radioaktiven Abfälle verhält sich annähernd proportional zum Umfang dieser Programme. Sie hängt aber auch vom Typ¹² und Zustand (in Betrieb, abgeschaltet, im Abbau) der kerntechnischen Anlagen der jeweiligen Programme ab.

¹² Zum Beispiel fallen bei Reaktoren vom Typ GGR (Gas-Graphit-Reaktor) und den dazugehörigen Anlagen des Brennstoffkreislaufs (Wiederaufarbeitungsanlagen usw.), die nicht mehr entwickelt werden, aber noch Bestandteil des Programms des Vereinigten Königreichs sind, nahezu viermal soviel Abfälle je erzeugte Stromeinheit an wie bei einem Leichtwasserreaktor mit den Anlagen seines Brennstoffkreislaufs.

Mehrere EG-Länder haben seit Ende der fünfziger Jahre unterschiedliche Typen von Kernkraftwerken errichtet. Die installierte Kernkraftleistung ist in der Gemeinschaft ständig gestiegen und betrug 1990 rund 111,8 GWe (1,8 GWe aufgrund der hinzugekommenen ostdeutschen Kraftwerke). Diese Zahl ist im Vergleich zu den 77,5 GWe zu sehen, die im Bericht von 1987 zur Schätzung des Abfallaufkommens für Ende 1985 angegeben sind. Diese Zunahme ist hauptsächlich auf die neuen französischen und deutschen Kraftwerke und zu einem kleineren Teil auf neue britische und spanische Anlagen zurückzuführen. Der Betrieb der italienischen Kraftwerke wurde 1987 eingestellt. Die endgültige Stilllegung wurde im Juli 1990 beschlossen.

a. Vor 1991 angefallene radioaktive Abfälle aus Kernkraftprogrammen

Diese Abfälle sind entweder noch zu konditionieren, bzw. sind bereits konditioniert und kontrolliert zwischengelagert oder sind bereits endgelagert.

Zwischenlagerung

Ein Teil der vorhandenen schwach- und mittelaktiven Abfälle befinden sich in Zwischenlagern (vgl. Tabelle II), entweder weil in den betreffenden Ländern (Belgien, Deutschland, Italien, Spanien) bislang keine Endlager zur Verfügung stehen, weil die Zwischenlagerung die derzeitige grundsätzliche Strategie des Landes darstellt (Niederlande) oder weil Zwischenlager ein normaler Puffer für den Betrieb bestehender Endlager sind (Frankreich, Vereinigtes Königreich). Alle Alpha-Abfälle, alle hochaktiven Abfälle und nicht aufgearbeiteter abgebrannter Brennstoff befinden sich in Zwischenlagern.

Endlagerung

Schwach- und mittelaktive Abfälle (siehe Tabelle III) sind in der Vergangenheit auf folgende Weise endgelagert worden:

- Versenken im Meer (viele Länder, bis zum Moratorium nach dem Londoner Internationalen Übereinkommen über die Verhütung der Meeresverschmutzung von 1983);
- tiefe Endlagerung (Bundesrepublik Deutschland bis 1978);
- oberflächennahe Endlagerung (Frankreich, Vereinigtes Königreich)¹³.

Die oberflächennahe Endlagerung ist stark verbessert worden¹⁴ und wird von Frankreich im "Centre de la Manche" und im "Centre de l'Aube" und vom Vereinigten Königreich in Drigg praktiziert. 470.000 m³ schwach- und mittelaktiver Abfälle sind bislang in La Manche und 775.000 m³ schwachaktiver Abfälle in Drigg eingelagert worden¹⁵. Ferner sind 14.000 m³ schwachaktive Abfälle in Dounreay endgelagert.

Die DDR verbrachte von 1978 bis 1990 14.300 m³ hauptsächlich schwachaktiver Abfälle (teilweise durch In-situ-Verfestigung eingelagerte flüssige Abfälle) und 5.800 umschlossene

¹³ Vgl. Einzelheiten im zweiten Bericht KOM(87) 312 von 1987.

¹⁴ Vgl. Abschnitt III.6.3.1

¹⁵ Die Zahlen für 1986 waren: 278.000 m³ für La Manche und 630.000 m³ für Drigg.

Strahlenquellen in das Salzbergwerk Morsleben. Seitdem ist auf Antrag des Bundesamtes für Strahlenschutz die Endlagerung flüssiger Abfälle, unkonditionierter brennbarer Abfälle und von Strahlenquellen eingestellt worden.

Derzeit wird eine Untersuchung über die Sicherheit des Endlagers Morsleben durchgeführt. Im Februar 1991 haben die örtlichen Behörden wegen rechtlicher Einwände die Aussetzung der Endlagerung von Abfällen beschlossen.

Bislang wurden in der Europäischen Gemeinschaft keine Alpha-Abfälle, hochaktive Abfälle oder abgebrannte Kernbrennstoffe endgelagert.

b. Künftige radioaktive Abfälle aus Kernkraftprogrammen

Schätzungen über die Zukunft der Kernenergie (Tabelle IV) sind nur für sehr kurze Zeiträume hinreichend genau. Es ist daher nicht möglich, eine genaue Prognose der im Jahre 2000 oder gar im Jahre 2020 installierten Kernkraftleistung für die Europäische Gemeinschaft als Ganzes abzugeben. Dies liegt vor allem an der politischen Ungewißheit über den langfristigen Anteil der Kernenergie an den nationalen Energiebilanzen.

Angesichts dieser Sachlage und aus Gründen der Einheitlichkeit beziehen sich die in diesem Bericht für die Europäische Gemeinschaft als Ganzes abgegebenen Schätzungen über radioaktive Abfälle auf die Abfälle, die in den vorhandenen (abgeschalteten oder in Betrieb befindlichen) oder in Auftrag gegebenen Kernkraftwerken¹⁶ anfallen. Dies kann für einzelne Staaten zu unrealistischen Zahlen führen. Das gilt für Frankreich, wo die Arbeitsgruppe für den Energieplan die Inbetriebnahme neuer Kernkraftwerke im Zeitraum 2000 bis 2020 prognostiziert (vgl. Tabelle IV, Fußnote 7).

Die Schätzungen über die Kernenergie in Tabelle IV führen daher zu einem Abfallaufkommen, das nur durch unerwartete größere politische Entscheidungen in der Energiepolitik der Mitgliedstaaten einerseits und durch technologische und entsorgungspolitische Fortschritte andererseits, die aus Forschung und Entwicklung sowie aus der Erfahrung erwachsen können, verringert werden könnte.

Die Schätzungen für die einzelnen Mitgliedstaaten sind nach den vier in Abschnitt II.2 beschriebenen Abfallkategorien aufgeschlüsselt und für Fünf- oder Zehnjahreszeiträume für schwachaktive, mittelaktive, Alpha- und hochaktive Abfälle in den Tabellen V, VI, VII bzw. VIII angegeben.

Die globale Entwicklung des künftigen Abfallaufkommens ergibt sich aus dem Zusammenspiel verschiedenster Ursachen, die zuweilen konträr wirken:

- die Elektrizitätserzeugung nuklearen Ursprungs;
- die Verringerung des Volumens, die im Hinblick auf die schrittweise Einführung neuer Behandlungs- und Konditionierungsverfahren und auf die Optimierung des Umgangs mit Abfällen bei den Verursachern einkalkuliert wird,
- die Zeitplanung der Wiederaufarbeitung abgebrannter Kernbrennstoffe und der Behandlung und Konditionierung der dabei entstehenden Abfälle,

¹⁶ Kraftwerke und die dazugehörigen Anlagen des Brennstoffkreislaufs.

- die Verbesserung der Reaktorbetriebsweise, da die Brennstoffbe- und -entladungspläne die Abbrände regelmäßig im Hinblick auf eine wirtschaftliche Optimierung und u.a. auf eine Verringerung des Abfallaufkommens angepaßt werden,
- und nicht zuletzt die Abschaltung mehrerer Kraftwerke und der Abbau ausgedienter kerntechnischer Anlagen.

Da die mittel- oder langfristige Zukunft derzeit in Betrieb befindlicher Kernkraftwerke in mehreren Ländern nicht bekannt ist (dies gilt für Belgien, die Bundesrepublik Deutschland und die Niederlande um das Jahr 2000; für Spanien nach 2000), wird davon ausgegangen, daß sie bis zum Ende ihrer technologischen Lebensdauer, d.h. für 30 Jahre (vgl. Tabelle IV), betrieben werden.

Die Angaben in den verschiedenen Tabellen deuten darauf hin, daß die Schlußfolgerungen des Berichts von 1987 auch für die nächsten Jahre gültig sind. Im Detail: Die Prognosen von 1987 für schwach- und mittelaktive Abfälle sind für den Zeitraum 1996-2000 leicht nach unten korrigiert worden; die Prognosen von 1987 für den Anfall von Alpha-Abfällen wurden nach oben hin korrigiert, was vor allem eine Folge des Betriebs der britischen und französischen Wiederaufarbeitungsanlagen ist. Das Gesamtaufkommen konditionierter schwachaktiver, mittelaktiver und Alpha-Abfälle wird derzeit für die Gemeinschaft als Ganzes auf rund 80.000 m³ pro Jahr geschätzt und dürfte bis zum Ende des Jahrhunderts ungefähr gleich bleiben. Dabei machen die Alpha-Abfälle 8 % der Gesamtmenge aus, die mittel- und schwachaktiven Abfälle stellen den Rest, d.h. 92 %. Angesichts der oben gemachten Annahmen zur Zukunft der Kernkraftprogramme wird das jährliche Abfallaufkommen nach dem Jahr 2000 langsam abnehmen.

Die schwach- und mittelaktiven Abfälle aus der Stilllegung ausgedienter kerntechnischer Anlagen können nach 1995/2000 beträchtlich ansteigen. Zahlen hierzu sind den Tabellen V und VI zu entnehmen. Sie basieren auf Strategien, die derzeit in verschiedenen Mitgliedstaaten untersucht werden. Einige nationale Behörden erachten es aus den nachstehenden Gründen als schwierig, aussagekräftige Prognosen über den Zeitplan und die Mengen der bei den Stilllegungen anfallenden Abfälle anzustellen:

- Nach derzeitigen Untersuchungen kann die Lebensdauer eines Kraftwerks um ein weiteres Jahrzehnt verlängert werden;
- nationale Stilllegungsmaßnahmen sind noch nicht beschlossen; viele Kernkraftwerke können nach Ende ihrer Betriebsdauer für lange Zeiträume eingeschlossen werden, ohne teilweise oder vollständig abgebaut zu werden;
- wieviel radioaktiver Abfall aus den 12.000-15.000 Tonnen Material (Beton, Metalle) beim Abbau des nuklearen Teils eines Kernkraftwerks mit 1.000 MWe anfallen wird, ist nicht genau bekannt. Einerseits wird durch den technologischen Fortschritt, vor allem bei den Dekontaminierungsverfahren, die zu entsorgende Abfallmenge reduziert; andererseits werden die nationalen und gemeinschaftsweiten Regeln für die Ausklammerung unwesentlich kontaminierter Abbaumaterialien aus der gesetzlichen Überwachung erst jetzt entwickelt.

In dem aus Kraftwerken entladenen abgebrannten Kernbrennstoff ist fast die gesamte durch die Nutzung der Kernenergie erzeugte Radioaktivität konzentriert. Er beläuft sich derzeit auf rund 3.400 tSM¹⁷ pro Jahr und wird bis zum Jahre 2000 in der Gemeinschaft als Ganzes auf rund 3.000 tSM jährlich zurückgehen (Tabelle IX). Dieser Rückgang ist eine direkte Folge der Verzögerung bzw. Einstellung von Kernenergieprogrammen, vor allem im Vereinigten Königreich und in Italien, sowie der Beschränkung der vorliegenden Schätzung auf abgeschaltete, in Betrieb befindliche oder in Auftrag gegebene Kernkraftwerke, während geplante Anlagen unberücksichtigt bleiben. Ein großer Teil des abgebrannten Kernbrennstoffs wird in diesem Jahrzehnt aufgearbeitet. So werden jährlich mehrere hundert Kubikmeter verglaster hochaktiver Abfälle in der Gemeinschaft anfallen.

Der abgebrannte Kernbrennstoff von Forschungsreaktoren besteht aus einer sehr begrenzten Menge hochangereicherter Materials und befindet sich meist in Zwischenlagern; dies und die Vielfalt der Brennelemente, mit denen man es zu tun hat, erschweren ihre Wiederaufarbeitung in großtechnischen Anlagen.

¹⁷ tSM = Tonnen Schwermetall

KAPITEL III

LAGE UND PERSPEKTIVEN DER ENTSORGUNGSMETHODEN UND -GRUNDSÄTZE FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE IN DER GEMEINSCHAFT

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle setzt sich aus einer Reihe abgestimmter Maßnahmen (Abfallsortierung, -behandlung, -konditionierung, -verpackung, -transport, -lagerung) zusammen, die sich von der Entstehung beim Verursacher bis zur Endlagerung erstrecken. Ein typisches Entsorgungsschema für radioaktive Abfälle ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

III.1. ORGANISATION UND STRUKTUR DER ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE IN DEN EG-LÄNDERN

Die vier Hauptbeteiligten bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle auf nationaler Ebene sind:

- die Verursacher radioaktiver Abfälle,
- die ganz oder teilweise mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle in den einzelnen Ländern beauftragten Exekutivorgane,
- die Aufsichtsbehörden,
- die Regierung.

Die Verursacher radioaktiver Abfälle werden in jedem Land von den Aufsichtsbehörden registriert. Die Verursacher sind im allgemeinen für die Abfallkonditionierung und -verpackung bis zur Ablieferung des Gebindes am Endlager verantwortlich. Ab dann übernimmt der Betreiber des Endlagers die Verantwortung für das Abfallgebände. Dennoch:

- In den Niederlanden ist der Abfallverursacher nur für die Bescheinigung zuständig, daß die Art, die Eigenschaften, der Radioaktivitätsgehalt usw. der Abfälle mit den Annahmekriterien und Spezifikationen für die zentrale Behandlung und Zwischenlagerung übereinstimmen.
- Die oben angegebene allgemeine Regel bezüglich der Zuständigkeit gilt mitunter nicht für Verursacher geringer Abfallmengen, die sogenannten "Kleinverursacher". Die Abfallkonditionierung wird in diesem Fall von dem zuständigen Organ auf staatlicher Ebene bzw. in einem Bundesstaat wie Deutschland auf Länderebene (Landessammelstellen) übernommen.

Im Rahmen der nationalen Rechtsvorschriften sind diese Exekutivorgane oder nationalen Agenturen mit der Beseitigung und in unterschiedlichem Ausmaß mit der gesamten Entsorgung radioaktiver Abfälle betraut. In allen Mitgliedstaaten mit Kernkraftprogrammen bestehen sie seit einigen Jahren.

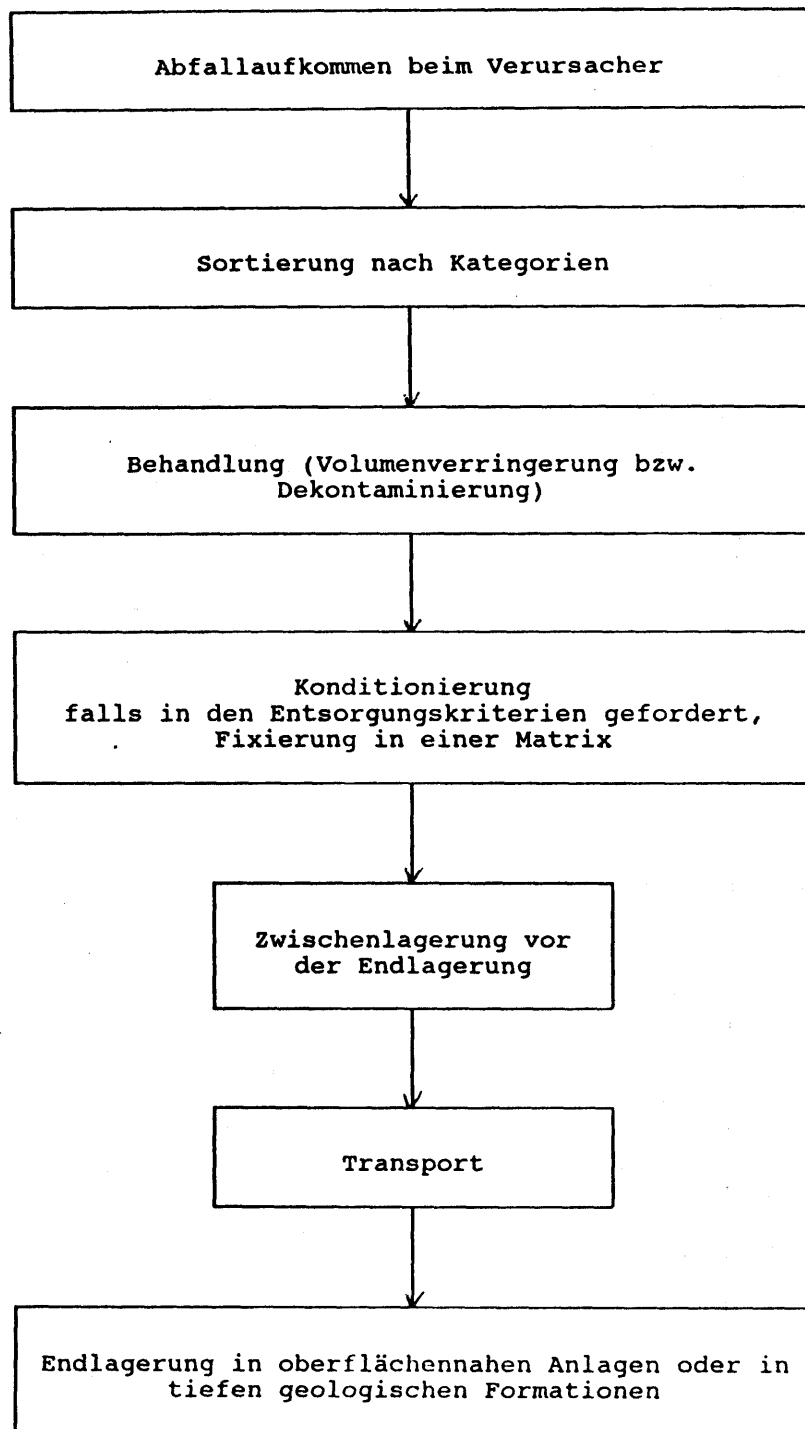


Abb. 1

TYPISCHES ENTSORGUNGSSCHEMA FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE

Ihre vielfältigen Aufgaben und Zuständigkeiten sind im Bericht von 1987 ausführlich beschrieben worden. Tabelle X gibt einen aktuellen Überblick über das 1991 geltende System. Die Exekutivorgane nehmen die von den Abfallverursachern abgelieferten Abfallgebinde zur Zwischen- und Endlagerung an, wenn diese Gebinde den Zulassungskriterien entsprechen. Diese Kriterien stehen im Einklang mit den allgemeinen Leitlinien zum Strahlenschutz und zur nuklearen Sicherheit. Qualitätssicherung und Kontrollverfahren gewährleisten die Einhaltung der Zulassungskriterien.

Seit der Veröffentlichung des letzten Berichts ist folgendes anzumerken:

- die Unabhängigkeit der früher vom französischen Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) abhängigen nationalen Agentur "ANDRA",
- die Ausweitung der Zuständigkeit der nationalen belgischen Agentur ONDRAF/NIRAS auf Stilllegungsmaßnahmen,
- die Eingliederung der zuständigen Abteilung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Deutschland,
- die Zuständigkeitsübertragung für ordnungspolitische Maßnahmen im Bereich der Abfallentsorgung im Vereinigten Königreich an Her Majesty's Inspectorates of Pollution (HMIP und HMIPI).

Diese Regierungsbeschlüsse spiegeln den nationalen Konsens über die Optimierung der bereits bestehenden Organisations- und Betriebsstrukturen für die Abfallentsorgung wider.

Die Aufsichtsbehörden sind für die Entwicklung der Rechtsvorschriften und die Aufsicht über ihre Durchführung sowie für die Genehmigung kerntechnischer Anlagen, einschließlich Entsorgungs- und Endlagerungseinrichtungen für radioaktive Abfälle, zuständig.

Schließlich sind die Regierungen für die nationalen Grundsatzleitlinien zur Entsorgung radioaktiver Abfälle zuständig. Die letzte Zuständigkeit für die langfristige Sicherheit der Endlagerung liegt bei ihnen. Die drei anderen Beteiligten werden in diesem Zusammenhang tätig.

III.2. FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSPROGRAMME

III.2.1. Programme und Haushaltsmittel

Auf nationaler und Gemeinschaftsebene werden seit Jahren bedeutende Forschungs- und Entwicklungsprogramme zur Entsorgung radioaktiver Abfälle durchgeführt. Der erreichte Wissensstand ist beträchtlich¹⁸ und läßt keinen Zweifel daran, daß Abfälle im großtechnischen Maßstab sicher entsorgt werden können. Die Programme haben deshalb immer mehr einen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationscharakter und sind auf die Optimierung der Entsorgung und die Validierung des Konzepts der tiefen Endlagerung, das bereits entwickelt wird, ausgerichtet (vgl. Abschnitt II.6.3).

¹⁸ Vgl. z.B. den Sitzungsbericht der 3. Konferenz der Europäischen Gemeinschaft zur Entsorgung radioaktiver Abfälle, Luxemburg, September 1990, Bericht EUR 13389 EN.

Besondere Aufmerksamkeit wird folgenden Themen gewidmet:

- Minimierung des zu entsorgenden Abfallvolumens, besonders der Abfälle mit langlebigen Nukliden (Alpha-Abfälle),
- Reduzierung der Radioaktivitätsabgaben an die Umgebung auf beträchtlich unter den bestehenden Abgabegrenzen liegende Werte,
- Entwicklung von Tieflagern; Sicherheit der Endlagerung.

Tabelle XIII gibt einen Überblick über die Haushaltsmittel, die von den Mitgliedstaaten und der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Entsorgung der radioaktiven Abfälle aufgewendet werden. Es ist zu beachten, daß in den letzten drei Jahren die allgemeine Tendenz in Richtung auf Beibehaltung oder sogar Steigerung der finanziellen Aufwendungen für die Forschung geht.

Zu betonen ist, daß die internationale Zusammenarbeit speziell in diesem Bereich besonders intensiv ist. Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften setzt sich insbesondere mit ihrem FuE-Programm und dem EG-Aktionsplan auf dem Gebiet der radioaktiven Abfallstoffe¹⁹ seit langem für die Förderung und Koordinierung einer solchen Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedstaaten ein.

III.2.2. Fortgeschrittene Forschung/Transmutation

In einigen Forschungsprogrammen wird seit kurzem untersucht, ob die Entwicklung einer fortgeschrittenen Entsorgungsstrategie für radioaktive Abfälle - d.h. die Transmutation langlebiger Radionuklide in kurzlebige - technisch durchführbar ist und welche Auswirkungen sie hat. Eine derartige Strategie setzt u.a. besondere Wiederaufarbeitungsanlagen zur Trennung der entsprechenden Radionuklide und spezielle "Brenner" für ihre Transmutation (z.B. Schnellbrutreaktoren, Beschleuniger usw.) voraus. Mit Hilfe dieser Strategie könnte die Sicherheit der geologischen Endlagerung erhöht werden. Gesellschaftliche Erwägungen und politische Forderungen sprechen deshalb auch für Bemühungen auf diesem Gebiet. Das zeigt sich auf einzelstaatlicher Ebene an dem jüngst in Frankreich verabschiedeten Gesetz über die Forschung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle²⁰ und auf Gemeinschaftsebene am Inhalt des aktuellen FuE-Programms der Kommission der Europäischen Gemeinschaften zur Entsorgung radioaktiver Abfälle.

In finanzieller Hinsicht sind die Forschungsaufwendungen auf dem Gebiet der Transmutation derzeit recht bescheiden. Die Beteiligung der EG-Länder stützt sich hauptsächlich auf Frankreich (Aufwand: 30 Personenjahre) und in geringerem Maße auf die Niederlande, die Bundesrepublik Deutschland und möglicherweise Italien. Außerhalb der Gemeinschaft verfolgen nur Japan (OMEGA-Projekt) und die ehemalige UdSSR bedeutende Programme in diesem Bereich.

¹⁹ Ratsentschließung vom 18.2.1980 - ABl. Nr. C 51/1 und Mitteilung der Kommission an den Rat KOM(92)22 vom 31.1.92 über die Erneuerung des Plans.

²⁰ Gesetz Nr. 91-1381 vom 30. Dezember 1991.

III.3. SYSTEMKONZEPT UND GRUNDSÄTZE

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle umfaßt die Sammlung, Sortierung, Behandlung, Konditionierung, den Transport, die Zwischenlagerung und schließlich die Endlagerung. Diese Maßnahmen sind durch zahlreiche Wechselwirkungen eng verknüpft. Sie müssen als System verstanden und dementsprechend behandelt werden.

Zur Feststellung der vielen Wechselwirkungen zwischen den folgenden Komponenten des Systems wird derzeit weltweit ein "Systemkonzept" angewendet: Abfallgebinde, Transportmittel, Lagereinrichtung, Endlagerstätte und ihre Umgebung.

Eine Verzögerung bei der Festlegung einer Komponente des Systems kann daher Auswirkungen auf die Entwicklung der anderen haben. Z.B. kann sich die Wahl der richtigen Abfallform oder des richtigen Abfallgebundes als schwierig erweisen, wenn die Frage der Endlagerung offen bleibt. Dann müssen eventuell besondere Gebinde, die nur für Zwischenlagerungszwecke geeignet sind, hergestellt werden.

Die Entsorgungspolitik der Mitgliedstaaten trägt dem Systemkonzept Rechnung.

International anerkannte allgemeine Grundsätze bilden den Rahmen für die Abfallentsorgung und ihre Sicherheit. Sie gelten für den Strahlenschutz, ethische und soziologische Fragen, Schutz der Umwelt und der natürlichen Ressourcen und nukleare Sicherungsmaßnahmen. Sie sind nachstehend aufgeführt.

Gemeinschaftsvorschriften stellen gemeinsame Leitlinien und Anforderungen auf, von denen ein Großteil nationaler Maßnahmen abgeleitet werden. Daher weisen die einzelstaatlichen Maßnahmen eine Reihe gemeinsamer Merkmale auf, hauptsächlich im Bereich Strahlenschutz (vgl. Kapitel V). Die Vorgehensweisen und Strategien zur Entsorgung radioaktiver Abfälle, ebenso wie die Mittel und Wege zur Gewährleistung der technologischen Sicherheit, liegen jedoch in der Zuständigkeit der Mitgliedstaaten.

Daraus ergeben sich einige Unterschiede bei den Entsorgungsmethoden in den einzelnen EG-Ländern, wie sich im folgenden zeigt.

ALLGEMEINE GRUNDSÄTZE²¹

<u>BEREICH</u>		<u>GRUNDSATZ</u>
· <u>Strahlenschutz</u>		
a) System der Dosisbegrenzung	→	RECHTFERTIGUNG
	→	OPTIMIERUNG DES SCHUTZES (ALARA)
	→	INDIVIDUELLE DOSISBEGRENZUNG
b) Kontrollsystem	→	NOTIFIZIERUNG
	→	REGISTRIERUNG
	→	GENEHMIGUNG
· <u>Ethische und soziologische Fragen</u>	→	SORGE FÜR ANDERE
	→	ÖFFENTLICHE BETEILIGUNG
	→	VERURSACHER BEZAHLT
	→	ENTSCHÄDIGUNG (HAFTUNG)
· <u>Schutz der Umwelt und der natürlichen Ressourcen</u>	→	SCHADENSVERHINDERUNG
	→	WIEDERGUTMACHUNG
	→	SCHUTZ DER NATÜRLICHEN RESSOURCEN
· <u>Nukleare Sicherungsmaßnahmen</u>	→	VERHINDERUNG DER ABZWEIGUNG VON KERNMATERIAL

III.4. BEHANDLUNG UND KONDITIONIERUNG

Abfälle werden nach ihrer Sammlung und ordnungsgemäßen Sortierung behandelt und konditioniert. Mit diesen technischen Umwandlungsverfahren sollen die Abfälle in eine handhabungs-, zwischenlager- und endlagergerechte Form gebracht werden.

Schwach- und mittelaktive Abfälle

Ungefähr 92 % des derzeit in der Gemeinschaft anfallenden radioaktiven Abfalls sind schwach- und mittelaktive Abfälle (siehe Kapitel II).

²¹ "Objectives, Standards and Criteria for radioactive waste disposal in the European Community". Bericht EUR 12570 EN (1989).

Für diese Abfälle stehen Behandlungs- und Konditionierungsverfahren zur Verfügung; die entsprechenden Industrieanlagen werden seit Anfang der 50er Jahre erfolgreich betrieben. Eine allgemeine Beschreibung dieser Verfahren und Anlagen ist in den Berichten von 1983 und 1987 enthalten.

Bei der Behandlung werden die Rohabfälle für die Konditionierung vorbereitet. Dies geschieht hauptsächlich durch:

- Kompaktierung oder Veraschung bei festen Abfällen,
- Verdampfung, Ionenaustausch und chemische Fällung mit Filtration bei wässrigen Abfällen.

Die in dem Bericht von 1987 bei festen Abfällen festgestellte Tendenz zu einer Volumenverringerng durch hochgradige Kompaktierung bzw. Veraschung wird bestätigt.

Die hochgradige Kompaktierung ist ein weit entwickeltes Verfahren (das auf der erprobten Hochdruckpresstechnologie basiert), nicht umweltbelastend und besonders vorteilhaft, wenn die Kapazität der Zwischen- bzw. Endlager begrenzt ist.

Die Verwendung der Hochdrucktechnik im Endlager für schwachradioaktive Abfälle in Drigg (UK) verlängert beispielsweise die Betriebsdauer dieses Lagers bis zum Jahr 2050. In der französischen Endlagerungsstätte "Centre de l'Aube" für schwachaktive Abfälle wird 1992 eine 1.000 Tonnen Hochdruckpresse in Betrieb gehen. Mehrere Hochdruckpressen sind in den EG-Mitgliedstaaten verkauft worden oder werden dort geplant (Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Niederlande, Spanien, Vereinigtes Königreich).

Die hochgradige Kompaktierung wird in manchen Fällen kampagnenweise unter Verwendung mobiler gewerblicher Pressen durchgeführt. Es werden aber auch stationäre Hochdruckpressen verwendet und geplant, um die mobilen Pressen zu ergänzen bzw. zu ersetzen. Dies ist in Belgien der Fall, wo eine große stationäre Anlage mit den erforderlichen ergänzenden Einrichtungen (Zwischenlagerung, Vorbehandlung, Zementierung, Kontrolle) noch vor 1995 in Betrieb gehen soll. Es könnten Volumenverringerngsfaktoren von bis zu 10 erreicht werden, falls die festen Abfallstoffe vorher aussortiert werden (vgl. Tabelle XII). In Italien wird die Hochdruckkompaktierung niedrigaktiver Abfälle mit Volumensreduktionsfaktoren im Bereich von 3 bis 6 derzeit in ortsfesten und fahrbaren Anlagen durchgeführt.

Durch Veraschung können weit höhere Volumenverringerngsfaktoren erreicht werden²², nachdem der brennbare Teil der Abfälle ordnungsgemäß getrennt worden ist. Dennoch wird die Entwicklung bei Verbrennungsanlagen nicht so rasch vorangehen wie bei Hochdruckpressen, weil die Kosten für sie höher sind und komplexe umweltgerechte Abgaswasch- und Filtrierungsverfahren bei der Verbrennung von Abfällen mit relativ hoher spezifischer Aktivität oder eventuell Kontamination durch Alpha-Strahler benötigt werden. Ferner ist das geeignete Langzeitverhalten von Matrices zur Einbettung der Asche bislang noch nicht nachgewiesen worden, es wird derzeit erforscht (vgl. Tabelle XI).

Schließlich haben in den letzten Jahren die Bemühungen der Stromerzeuger zur Ausbildung ihrer mit der Abfallentsorgung bei Kernkraftwerken befaßten Mitarbeiter bedeutend zur Reduzierung des Abfallaufkommens an der Quelle beigetragen. In Frankreich fällt z.B. das Durchschnittsaufkommen fester Abfallstoffe beim Betrieb von

²² 20 bis 40

Kernkraftwerken jährlich um rund 8 %; damit für es von 70 m³/TWh im Jahre 1983 auf 40 m³/TWh 1990.

Für flüssige Abfälle sind seit kurzem zahlreiche Anlagen, mit denen hohe Dekontaminierungsfaktoren erreicht werden sollen, zur Verwendung in bestimmten kerntechnischen Großanlagen zugelassen worden, z.B. die Site Ion Exchange Effluent Plant (SIXEP), die 1985 zur Dekontaminierung schwach aktiver Flüssigabfälle in der britischen Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield (Vereinigtes Königreich) in Betrieb ging. Bei dieser Großanlage wird ein Ionenaustauschverfahren angewandt, das so wirksam ist, daß jetzt jährlich nur noch wenige Prozent der in den siebziger Jahren freigesetzten Radioaktivität ins Meer eingeleitet werden. Seit mehreren Jahren werden im CEN/SCK in Mol (Belgien) zur Dekontaminierung Ausflockungs-/Fällungsverfahren angewendet. Weitere hochwirksame Verfahren, wie die Ultrafiltration (Membranverfahren) oder Verfahren, bei denen für die wichtigsten Radionuklide Komplexbildner verwendet werden, befinden sich in der Entwicklung. Die Einführung dieser Verfahren ermöglicht durch eine bessere Abtrennung die Verringerung des Volumens der aktiven Schlämme und könnte auch zu einer Verringerung der Restaktivität der Abwässer führen.

Bei der Konditionierung werden die behandelten Abfälle in Produkte umgewandelt, bei denen die Gefahr einer Ausbreitung der in den Abfällen vorhandenen Radionuklide bei der Handhabung oder beim Transport sowie bei Zusammentreffen mit Wasser oder anderen externen Stoffen nach der Endlagerung gering ist. Zu diesem Zweck werden die behandelten Abfälle meistens mit Matrices umhüllt, die beim Aushärten Blöcke oder andere Strukturen bilden, die - mit oder ohne Außenbehälter - die verlangten Sicherheitsmerkmale aufweisen (hohe mechanische Festigkeit, Feuerbeständigkeit, niedrige Auslaugrate, gutes Langzeitverhalten usw.).

Die in der Gemeinschaft am häufigsten verwendeten Matrices sind:

- Zement, der seit den fünfziger Jahren hauptsächlich für schwachaktive Abfälle verwendet wird,
- Bitumen, das zwischen 1960 und 1965 eingeführt wurde und von einigen Mitgliedstaaten eingesetzt wird (Belgien, Frankreich, Dänemark),
- Polymere, die erst vor kurzem eingeführt wurden.

Zur Verbesserung der Eigenschaften von durch Zement verfestigten Abfallstoffen, zur Gewährleistung ihres Langzeitverhaltens unter Zwischen- bzw. Endlagerungsbedingungen und zur Erweiterung ihres Anwendungsbereichs wurden, auch im Rahmen von EG-Forschungsprogrammen, umfangreiche Arbeiten durchgeführt. Positive Ergebnisse und die Einfachheit der Anwendung machen sie heute zu den meistverwendeten Bindern für schwach- und mittelaktive Abfälle.

Die Behandlungsmethoden für schwach- und mittelaktive Abfälle erfüllen, wie es aussieht, insgesamt die derzeitigen Anforderungen der Kernkraftindustrie sowie die Sicherheitsanforderungen der Aufsichtsbehörden. Obgleich diese Verfahren seit mehreren Jahrzehnten zur täglichen Praxis gehören, profitieren sie immer noch in erheblichem Umfang vom technologischen Fortschritt.

Alpha-Abfälle

Rund 8 % der in der Gemeinschaft anfallenden radioaktiven Abfälle bestehen aus Stoffen, die mit langlebigen Radionukliden, hauptsächlich Alpha-Strahlern wie Plutonium, Americium und Neptunium, kontaminiert sind. Trotz beträchtlicher FuE-Aktivitäten zur Entwicklung verbesserter Behandlungs- und Konditionierungsverfahren wird ein bedeutender Teil solcher Abfälle noch unbehandelt gelagert, vor allem weil endgültige Zulassungskriterien für die Endlagerung von Alpha-Abfällen (hochaktive Abfälle ausgenommen) in geologischen Formationen fehlen. Dafür die nächste Zukunft keine untertägigen Endlager verfügbar sind, konzentrieren sich die laufenden Forschungsprogramme auf die Entwicklung leistungsfähiger Dekontaminierungsmethoden, durch die Alpha-Abfälle im Hinblick auf die Endlagerung in eine niedrigere Kategorie eingestuft werden können. Mit anderen Worten, es wurde der Versuch unternommen, den Alpha-Gehalt einer Reihe von Abfallarten soweit zu reduzieren, daß diese anschließend den Zulassungskriterien für oberflächennahe Endlager entsprechen. Mehrere fortgeschrittene Behandlungsverfahren für flüssige und feste Alpha-Abfälle befinden sich in der Entwicklung. Einige davon haben die aktive Pilotphase erreicht.

Für solche Alpha-Abfälle, die mit den derzeitigen technologischen Methoden nicht in eine andere Kategorie überführt werden können, werden Verfahren zur Volumenverringering erforscht. In diesem Zusammenhang sind das von dem CEN/Valrhô (Frankreich) untersuchte Schmelzverfahren für abgebrannte Kernbrennstoffhüllen (inaktive industrielle Prototypanlage in Betrieb) und die bevorstehende aktive Inbetriebnahme der EARP (Enhanced Actinide Removal Plant: Anlage zur Behandlung der schwach- und mittelaktiven Flüssigabfälle von Sellafield, Vereinigtes Königreich, Leistung: 250 m³/d) zu erwähnen.

Schließlich ist zu betonen, daß durch angepaßte Verfahren zur Verringerung des Abfallaufkommens an der Quelle beträchtliche Fortschritte bei der Entsorgung von Alpha-Abfällen erzielt werden können. Dies belegen anschaulich die kürzlich gesammelten Erfahrungen von Belgonucléaire beim Betrieb der Mischoxid-Brennstoffherstellungsanlage von Dessel (Belgien). Dort wurde nach der Einführung einer vierten Einschlußbarriere bei der Brennstoffherstellung eine Verringerung sowohl des Plutoniumgehalts (um 80 %) als auch des Volumens (um 10-15 %) der mit Plutonium kontaminierten Feststoffabfälle festgestellt.

Hochaktive Abfälle

Diese Abfallart, die bei der Wiederaufarbeitung anfällt, enthält fast die gesamte beim Betrieb von Kernkraftwerken entstehende Radioaktivität. Die Konditionierung hochaktiver Abfälle wird in der Regel in großtechnischen Verglasungsanlagen in Frankreich und im Vereinigten Königreich (Marcoule, La Hague und Sellafield) durchgeführt. Alle drei Anlagen wenden die gleiche Verglasungsmethode mit einem Drehofen an. Außerdem wurde in Dessel (Belgien) eine Demonstrationsverglasungsanlage mit einem keramischen Schmelzofen errichtet. Diese Anlage, die zuerst zur Konditionierung der hochaktiven Abfälle von Eurochemic in Betrieb ging, soll als nächstes für die Verglasung der in der Vergangenheit in der WAK in Karlsruhe (Deutschland) angefallenen hochaktiven Flüssigabfälle eingesetzt werden.

III.5. TRANSPORT RADIOAKTIVER ABFÄLLE

III.5.1. Allgemeine Bestimmungen über den Transport von Kernmaterialien

Der Transport radioaktiver Stoffe unterliegt seit vielen Jahren den Bestimmungen der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO), die in die nationale Gesetzgebung der EG-Mitgliedstaaten eingeflossen sind.

Zielsetzung der Vorschriften und Grundanforderungen

Die IAEO-Vorschriften sollen vor allem sicherstellen, daß beim Transport radioaktiver Stoffe die folgenden vier grundlegenden Sicherheitsanforderungen erfüllt werden:

- a. angemessener Einschluß der radioaktiven Stoffe;
- b. angemessene Kontrolle der von den Stoffen ausgehenden Strahlung;
- c. sichere Ableitung der bei der Absorption der Strahlung erzeugten Wärme;
- d. im Falle von Spaltstoffen, Vermeidung der Kritikalität.

Um all diesen Anforderungen nachzukommen, werden in den IAEO-Vorschriften der Strahlenpegel sowie Freisetzungsgrenzen sowohl für normale Transportbedingungen als auch für Unfallsituationen vorgeschrieben. Dies soll weniger über Vorkehrungen wie Spezialfahrzeuge oder bestimmte Strecken erfolgen, sondern vorzugsweise über die Verpackung, die vor den Gefahren beim Transport radioaktiver Stoffe schützen soll. Sicherheitsvorkehrungen, die dem Wesen und der Menge der radioaktiven Stoffe angepaßt sind, werden bei der Auslegung der Verpackung berücksichtigt durch die Annahme, daß es zu einem schweren Transportunfall kommen könnte. In den Vorschriften sind genaue Normen für die Auslegungsleistung festgelegt, die vom Transportmittel, mit dem das Gebinde befördert wird, unabhängig sind.

Für den Fall, daß die Radioaktivität des zu befördenden Inhalts bestimmte Grenzwerte überschreitet, enthalten die Vorschriften Prüfungen zum Nachweis, daß den Transportbedingungen, einschließlich Unfallsituationen, entsprochen werden kann. Ferner verlangen sie eine unabhängige Bewertung und Bescheinigung über die Erfüllung der Kriterien durch die zuständige Behörde. Außerdem wird in den Vorschriften die Forderung aufgestellt, daß die zuständigen Behörden Maßnahmen für Notfälle entwickeln, die bei einem Unfall während des Transports befolgt werden müssen.

Die Hauptverantwortlichkeit für die Sicherheit liegt beim Versender der radioaktiven Stoffe, der in den Begleitpapieren erklären muß, daß diese gemäß den geltenden Bestimmungen verpackt, gekennzeichnet und beschriftet sind. Dadurch wird gewährleistet, daß die Verpflichtung, für die Sicherheit beim Transport einzelner Frachtstücke zu sorgen, hauptsächlich der Person zukommt, die am ehesten über die besonderen Gefahren der radioaktiven Stoffe Bescheid weiß und über die Mittel verfügt, um sie in den Griff zu bekommen. Dem Beförderer kommt eine weit geringere Verantwortung zu: Er muß angemessene Vorkehrungen zum Schutz der Arbeitskräfte und der Öffentlichkeit während des Transports ergreifen, beispielsweise indem er dafür sorgt, daß seine Ladung ordnungsgemäß verstaut ist.

In den Vorschriften werden auch strenge Maßnahmen zur Qualitätssicherung verlangt, um eine unbeabsichtigte Verletzung der Sicherheitskriterien zu vermeiden, sowie geeignete Notfallvorkehrungen zur Eindämmung der Folgen von Unfällen oder Störfällen. Der wirksame und umfassende Charakter des von der IAEO empfohlenen Regelungssystems hat den Ausschlag für seine weltweite Anwendung gegeben.

III.5.2. Die Praxis des radioaktiven Abfalltransports

Der Transport radioaktiver Abfälle und die rechtlichen Bestimmungen

Die meisten radioaktiven Abfälle werden in fester Form befördert. In einigen EG-Ländern werden jedoch speziell ausgelegte und abgeschirmte Behälter zum Transport flüssiger Abfallstoffe verwendet.

Transportiert wird meistens vom Erzeuger zur zentralen Zwischen- oder Endlager. Die Häufigkeit der Transporte ist je nach Mitgliedstaat sehr unterschiedlich. In Belgien fanden z.B. 1989 und 1990 200 Transporte unkonditionierter Abfälle und 1990 115 Transporte konditionierter Abfälle statt, die meisten von einem Kernkraftwerk zum Lager von Belgoprocess. Die Bilanz des radioaktiven Abfalltransports in den EG-Mitgliedstaaten ist in all den Jahren vorbildlich gewesen und zeigt, daß die Technologie beherrscht wird.

Wie alle anderen Kategorien radioaktiver Stoffe unterliegt auch der Transport radioaktiver Abfälle den oben aufgeführten Bestimmungen und Vorschriften.

Auf EG-Ebene schließt Artikel 2 des Euratom-Vertrages²³ den Transport radioaktiver Stoffe in seinen Anwendungsbereich ein. Die entsprechende Richtlinie über die einheitlichen Sicherheitsnormen (Artikel 30) enthält jedoch nur allgemeine Anforderungen für alle Aktivitäten, die eine Gefahr durch ionisierende Strahlen in sich bergen.

Grenzüberschreitende Transporte radioaktiver Abfälle

Im Januar 1988 geriet die Beförderung radioaktiver Abfälle, insbesondere zwischen Belgien und der Bundesrepublik Deutschland, ins Kreuzfeuer der Kritik. Die KEG stellte nach Untersuchung der technischen Vorkehrungen für den Transport schwach- und mittelaktiver Abfälle fest, daß diese den einschlägigen IAEO-Anforderungen entsprachen und zu jedem Zeitpunkt ein hinreichendes Sicherheitsniveau aufwiesen. Dennoch wurde deutlich, daß die Überwachung der Abfalltransporte durch die Aufsichtsbehörden in einigen Fällen verbesserungsbedürftig war.

Auf Antrag des Europäischen Parlaments legte die KEG am 1. Dezember 1989²⁴ dem Ministerrat der Europäischen Gemeinschaften einen Vorschlag für eine Richtlinie vor, mit der der Transport radioaktiver Abfälle den Tätigkeiten zugeordnet wird, für die eine vorherige Genehmigung erforderlich ist, und mit der ein gemeinsames Notifizierungs- und Versandsystem geschaffen wird, um zu verhindern, daß die zuständigen nationalen

²³ Artikel 2 (b) sieht vor, daß die Gemeinschaft einheitliche Sicherheitsnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte aufstellt und für ihre Anwendung sorgt.

²⁴ ABl. Nr. C5/7 vom 10. Januar 1990.

Behörden die Kontrolle über radioaktive Abfälle verlieren. Diese Richtlinie ist am 3. Februar 1992 vom Rat angenommen worden.

Die EG hat sich auch mit der internationalen Verbringung radioaktiver Abfälle befaßt. Das am 15. Dezember 1989 in Lomé unterzeichnete AKP-EWG-Abkommen²⁵ befaßt sich in Artikel 39 mit dem internationalen Verkehr von gefährlichen und radioaktiven Abfällen. Der Artikel sieht u.a. vor, daß die Gemeinschaft jegliche direkte oder indirekte Ausfuhr gefährlicher und radioaktiver Abfälle in die 68 AKP-Staaten untersagt, während die AKP-Staaten gleichzeitig die direkte oder indirekte Einfuhr dieser Abfälle aus der Gemeinschaft oder aus anderen Ländern in ihr Hoheitsgebiet untersagen. "Diese Bestimmungen hindern einen Mitgliedstaat, in den auf Beschluß eines AKP-Staats Abfälle zur Aufbereitung eingeführt werden, nicht daran, die aufbereiteten Abfälle wieder in den betreffenden AKP-Ursprungsstaat auszuführen."

Die gleiche Frage wurde auf weltweiter Ebene behandelt: 1990 wurde von den 112 IAEO-Mitgliedstaaten ein Verhaltenskodex zum internationalen grenzüberschreitenden Transport radioaktiver Abfälle vereinbart. Dieser Kodex, der rechtlich nicht verbindlich ist, unterstreicht das souveräne Recht jedes Staates, den Transport radioaktiver Abfälle in, aus oder durch sein Hoheitsgebiet zu untersagen. Ferner verlangt er, daß grenzüberschreitende Transporte radioaktiver Abfälle in Übereinstimmung mit international anerkannten Sicherheitsnormen sowie diesbezüglichen nationalen Gesetzen und Vorschriften und mit der vorherigen Notifizierung und Zustimmung des Sender-, Empfänger- und Transitlandes durchgeführt werden.

III.6. ZWISCHEN- UND ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE UND ABGEBRANNTER BRENNSTOFFE

III.6.1. Einleitung

Im Bereich der Endlagerung, letzter und wichtigster Schritt bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle, hat sich die Lage seit 1987 nicht wesentlich geändert. Zum einen gilt das Moratorium zur Versenkung radioaktiver Abfälle im Meer²⁶ weiterhin; deshalb werden keine radioaktiven Abfälle im Meer versenkt. Zum anderen hat nur ein oberflächennahes Endlager den Betrieb aufgenommen: das "Centre de l'Aube" (Frankreich) für schwach- und mittelaktive Abfälle (das schrittweise das fast vollständig gefüllte "Centre de la Manche" ersetzen soll). Ein weiteres oberflächennahes Endlager, das 1992 in Betrieb gehen soll, wird derzeit in "El Cabril" in Spanien gebaut. Eine Reihe von Überlegungen und allgemeinen Grundsätzen über die Auswahl von Zwischen- und Endlagerstandorten sowie Erläuterungen zu bestehenden Anlagen sind bereits im vorangehenden Bericht enthalten. Auf eine Wiederholung wird hier verzichtet.

Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß das bereits 1987 feststellbare Mißbehagen der Öffentlichkeit gegenüber der Nuklearindustrie sich in den letzten Jahren fortgesetzt

²⁵ AKP: afrikanische, karibische und pazifische Staaten.

²⁶ Dieses Moratorium wurde auf freiwilliger Basis von den Parteien des Übereinkommens über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Versenken von Abfällen und anderen Stoffen (die sog. Londoner Konvention) 1983 vereinbart und ist bis zum Abschluß verschiedener Studien, der für 1993 erwartet wird, in Kraft.

hat. Dies führte zur Ausbildung starker lokaler Widerstände gegen die Errichtung von Endlagern für radioaktive Abfälle. Dadurch ergab sich eine Vermehrung der gerichtlichen Klagen und Moratorien, die den Bau bzw. den Betrieb von Endlagern für radioaktive Abfälle oder unterirdischer Versuchs- und Pilotanlagen beträchtlich verzögert haben. In einigen Fällen (wie in den Niederlanden) richtete sich der öffentliche Protest sogar gegen den Betrieb eines zentralen Zwischenlagers.

Wenn auch Unterschiede zwischen den Mitgliedstaaten bestehen, ist eine der Folgen dieser Situation die zunehmende Lagerung abgebrannter Kernbrennstoffe oder radioaktiver Abfälle vor Ort. Dies trug auch zur Entwicklung sehr wirksamer Verfahren zur Volumenverringering (z.B. Veraschung, hochgradige Kompaktierung) bei, die es ermöglichen, Lagerraum einzusparen.

Weitere Folgen sind vermehrte Untersuchungen zur besseren Unterrichtung der Öffentlichkeit über die potentiellen Gefahren von Endlagerstandorten, zusätzliche Bemühungen zur Erhöhung der Sicherheit sowie der Qualität der Sicherheitsdokumentation von Endlagern und die Untersuchung fortgeschrittener Entsorgungsstrategien zur Verringerung des in ferner Zukunft zu beseitigenden Bestands an langlebigen Radionukliden (vgl. Abschnitt III.2.2).

Schließlich sollte an dieser Stelle erwähnt werden, daß in den meisten Mitgliedstaaten der direkten Endlagerung abgebrannter Kernbrennstoffe - besonders der Sonderarten - wachsende Aufmerksamkeit geschenkt wird.

III.6.2. Zwischenlagerung

III.6.2.1. Schwach- und mittelaktive Abfallgebinde

Grundsätzlich gibt es zwei Grundkonzepte zur Lagerung schwach- und mittelaktiver Abfallgebinde: entweder am Entstehungsort oder in einem zentralen Zwischenlager. Beide Konzepte werden in der Europäischen Gemeinschaft angewendet. Wie aus Tabelle XIV ersichtlich, scheinen Mitgliedstaaten mit begrenzter Kernkraftkapazität zentrale Zwischenlager zu bevorzugen.

Spanien

Das Zentrallager von "El Cabril" besteht aus Modulen, in die bis Ende 1990 rund 2.900 m³ konditionierte Abfälle, hauptsächlich Abfallgebinde von Kleinverursachern und CIEMAT-Aktivitäten, eingelagert wurden. Seit 1988 werden hier Abfallgebinde aus einigen Kernkraftwerken endgelagert. Rund 12.000 m³ lagern noch an den Reaktorstandorten.

Niederlande

Seit 1984 hat sich die Regierung für eine zentrale langfristige (100 Jahre) Zwischenlagerung für alle Arten radioaktiver Abfälle entschieden. Zu diesem Zweck wurde zuerst vorläufig in Petten und dann in der Nähe von Borssele von COVRA eine Anlage errichtet. Wegen Widerstands der örtlichen Bevölkerung wurde jedoch der Beginn der Einlagerung etwas verzögert. Nach einem positiven Beschluß des Staatsrats wurde die Einlagerung radioaktiver Abfallgebinde Ende 1991 aufgenommen.

Belgien

Alle Abfallarten (Abfälle von Kernkraftwerken, aus der Mischoxid-Brennstoffherstellung, der Medizin usw.) werden in einem zentralen Zwischenlager in Mol/Dessel gelagert.

Derzeit sind 8.300 m³ schwachaktive Abfälle eingelagert. Konditionierte mittelaktive Abfälle (2.750 m³) aus der Wiederaufarbeitung abgebrannten Brennstoffs durch Eurochemic werden in einem "Eurostorage" genannten Gebäude gelagert. Die verbleibende Lagerkapazität dieses Gebäudes (über 1.000 m³) wird jetzt für mittelaktive Abfälle aus dem Reaktorbetrieb genutzt.

In Dessel wird ein zusätzliches Zwischenlager speziell für Wiederaufarbeitungsabfälle aus dem Ausland gebaut. Es soll 1993 den Betrieb aufnehmen.

Vereinigtes Königreich

Außer schwachaktiven Festabfällen, die den Zulassungskriterien für das oberflächennahe Endlager Drigg im Besitz der BNFL entsprechen, werden zur Zeit alle Abfallarten vor Ort gelagert. Ein Endlager in tiefen geologischen Formationen zur Einlagerung schwach- und mittelaktiver Abfälle wird jedoch geplant.

Frankreich

Wegen des derzeitigen Betriebs zweier oberflächennaher Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle ("Centre de la Manche" und "Centre de l'Aube") betrifft die Zwischenlagerung hauptsächlich Alpha-Abfälle und einen Teil der schwachaktiven Abfälle, die bei Kleinverursachern anfallen und vor der Freigabe bzw. Behandlung abklingen und sortiert werden müssen. Für den letzteren Fall stehen zwei zentrale Zwischenlager zur Verfügung (CEN/Saclay und Tricastin).

Deutschland

Bis zur Verfügbarkeit der Schachanlage Konrad oder der erneuten Nutzung des Endlagers Morsleben sind an verschiedenen Standorten mehrere Zwischenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle in Betrieb. Ein Teil der Abfallgebände von Reaktoren wird vor Ort gelagert, ein anderer Teil in Gorleben und Mitterteich. Die vorhandenen Kapazitäten reichen für die nächsten Jahre.

Italien

Alle radioaktiven Abfallgebände, die beim früheren Betrieb kerntechnischer Anlagen angefallen sind, werden vor Ort gelagert.

Dänemark, Portugal, Griechenland

Die Zwischenlagerung erfolgt in zentralen Anlagen (Risø, Sacavém und Demokritos).

III.6.2.2. Verglaste hochaktive Abfälle

Seit der Veröffentlichung des Berichts von 1987 ist die verfügbare Wiederaufarbeitungskapazität für Leichtwasserreaktor-Brennstoffe in der Europäischen Gemeinschaft um rund 1.000 Tonne gestiegen (hauptsächlich dank des Betriebs der Anlage UP2 400 mit normaler Kapazität und der kürzlichen Inbetriebnahme der Anlage UP3 in La Hague in Frankreich). Demzufolge werden jetzt auch erhöhte Mengen verglaster hochaktiver Abfälle, welche die meisten Spaltprodukte und langlebigen Radionuklide enthalten, erzeugt und gelagert (vgl. Tabelle VIII).

Damit die Wärmezeugung und Radioaktivität abklingen können, muß diese Abfallart für mehrere Jahrzehnte entweder vor Ort (d.h. Sellafield im Vereinigten Königreich, Dessel in Belgien, La Hague und Marcoule in Frankreich) oder in geeigneten Anlagen in den Mitgliedstaaten, denen im Ausland wiederaufgearbeiteter Kernbrennstoff gehört, gelagert werden (vgl. Tabelle XV).

Das allgemeine Konzept für die Zwischenlagerung verglaster hochaktiver Abfälle basiert meist auf der Einlagerung von Glasblöcken in doppelte Stahlröhren, die durch natürliche Luftzirkulation gekühlt werden.

Die Lager werden in Modulbauweise errichtet und können zur Deckung des künftigen Bedarfs mühelos erweitert werden.

III.6.2.3. Abgebrannter Brennstoff

Das allgemeine Vorgehen der EG-Mitgliedstaaten bei der Entsorgung abgebrannter Kernbrennstoffe hat sich seit 1987 nicht bedeutend gewandelt: Kein weiteres Land ist dem Beispiel Spaniens und der Bundesrepublik Deutschland gefolgt, sich gegen eine Wiederaufarbeitung der meisten bzw. besonderer Kategorien abgebrannten Brennstoffs zu entscheiden. Andererseits fand auch die frühe Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennstoffe keine zusätzlichen Anhänger. Mehrere Länder entschieden sich für die "wait and see"-Lösung, die darin besteht, abgebrannten Brennstoff zumindest für ein paar Jahrzehnte zu lagern.

Abgebrannter Kernbrennstoff wird meist in Becken auf dem Reaktorgelände für mehrere Monate oder Jahre zwischengelagert, damit der Brennstoff vor dem Transport zu einem anderen Lager abklingen kann.

Magnox-Brennstoff (der im Vereinigten Königreich anfällt) kann jedoch selbst bei geeigneter Überwachung der Lagerungsbedingungen - chemische Zusammensetzung des Beckenwassers und andere physikalische Aspekte der Einschließung - wegen der besonderen Art der Brennelementhülle und des Uranmetalls selbst nur rund drei Jahre lang gelagert werden. Danach kann solcher Brennstoff trockengelagert werden.

An der Trockenlagerung abgebrannter Leichtwasserreaktor-Brennstoffe besteht ein größeres Interesse, insbesondere wenn eine lange Zwischenlagerung (länger als nur einige Jahrzehnte) angestrebt wird. Entsprechende Anwendungen werden auch für die Zwischenlagerung von Brennstoffen der Fortschrittlichen gasgekühlten Reaktoren im Vereinigten Königreich erwartet.²⁷

Auch Deutschland befaßt sich mit Option der Zwischenlagerung. Wegen des lokalen Widerstands, der zu Gerichtsverfahren führte, sind bis jetzt in die Lager von Gorleben und Ahaus noch keine abgebrannten Kernbrennstoffe eingelagert worden.

In Spanien ist man im Begriff, Metallbehälter zur zweifachen Nutzung (Lagerung/Transport) zu entwerfen und eine Genehmigung hierfür zu erteilen. Diese Behälter könnten zur Zwischenlagerung abgebrannten Brennstoffs entweder auf dem Reaktorgelände oder im Zentrallager verwendet werden.

Die gesamten in den Mitgliedstaaten vorhandenen Lagerkapazitäten für abgebrannte Kernbrennstoffe (d.h. zentrale Anlagen und Anlagen vor Ort) sind in Tabelle XVI aufgeführt.

²⁷ Magnox Brennstoffe aus Wylfa werden bereits in einer gasförmigen Umgebung gelagert.

III.6.3. Endlagerung radioaktiver Abfälle

III.6.3.1. Oberflächennahe Endlager

Frankreich

Diese von Frankreich praktizierte Endlagermethode ist seit 1987 erheblich weiterentwickelt worden.

Wegen der Schließung des "Centre de la Manche", in dem ungefähr eine halbe Million m³ radioaktiver Abfallstoffe mit kurzlebigen Radionukliden endgelagert werden, ist ein neues oberflächennahes Endlager zur Aufnahme der gleichen Art radioaktiver Abfallstoffe, das "Centre de l'Aube", errichtet worden. Diese Anlage soll bis zu 1 Million m³ radioaktiver Abfallgebinde aufnehmen. Der Betrieb des Endlagers "Centre de l'Aube" wurde Anfang 1992 aufgenommen.

Spanien

Ein ähnliches Konzept mit einigen besonderen Unterschieden in der Bauweise wurde in Spanien mit der Anlage "El Cabril" verfolgt, wo sich ein oberflächennahes Endlager in einer fortgeschrittenen Bauphase befindet. Die Möglichkeit, die Abfallgebinde erforderlichenfalls wieder zurückzuholen, ist eines der Hauptmerkmale der Auslegung dieser Anlage. Sie wird eine Kapazität von rund 50.000 m³ radioaktiver Abfallgebinde haben. Der Betrieb soll Mitte 1992 aufgenommen werden.

Vereinigtes Königreich

Im Vereinigten Königreich werden seit 1987 schwachaktive Abfallgebinde in das Endlager "Drigg" eingelagert. Es ist jedoch erwähnenswert, daß 1988 neue Grenzwerte der spezifischen Aktivität für die einzelnen Abfalltransporte (4 GBq/t Alpha und 12 GBq/t Beta-Gamma) und für die Gesamtmengen der in der Anlage in jedem Jahr endgelagerten Radionuklidgruppen festgelegt worden sind. Außerdem wird das Endlager Drigg in dem Sinne verbessert, daß die Gräben zur Erhöhung der allgemeinen Sicherheit der Endlagerungsmaßnahmen durch Betongewölbe ersetzt werden. Das erste Betongewölbe wird seit Januar 1989 genutzt.

Schließlich ist zu betonen, daß 1987 die Untersuchungen über zusätzliche Standorte für oberflächennahe Endlager für schwachaktive Abfälle im Vereinigten Königreich infolge eines Regierungsbeschlusses eingestellt wurden. Darin wurde festgelegt, daß die schwachaktiven Abfälle zusammen mit den mittelaktiven und Alpha-Abfällen in einem Tieflager endgelagert werden sollen, wenn die zugelassenen Endlagerungsmengen in Drigg erreicht sind.

Belgien

Zur Zeit werden oberflächennahe Endlagermöglichkeiten für konditionierte schwachaktive Abfälle untersucht. Die endgültige Entscheidung über das Endlagersystem wird frühestens Ende 1992 erwartet. Der Betrieb eines Endlagers soll dann um die Jahrhundertwende aufgenommen werden.

In Belgien werden Studien über die grundlegende Auslegung durchgeführt, die eine mögliche Anlage aufweisen muß, sowie über vorläufige Grenzwerte für die Abfalleigenschaften. Auf der Grundlage einer vorläufigen Sicherheitsprüfung könnte eine erste Standortwahl erfolgen, worauf dann nach Billigung des Sicherheitsberichts über den Standort durch die Behörden die Errichtung und Inbetriebnahme eines Endlagers gegen Ende der 90er Jahre erfolgen kann.

III.6.3.2. Tiefe Endlager in geologischen Formationen

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten tiefer Endlager unterscheiden: solche für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und Lager für alle Abfallkategorien einschließlich verglaster hochaktiver Abfälle und abgebrannter Brennstoffe. Zwar ist zur Zeit in der Europäischen Gemeinschaft kein Tieflager in Betrieb, es besteht jedoch die Aussicht, daß die in stillgelegten Bergwerken eingerichteten Endlager für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (in Deutschland) um die Jahrhundertwende ihren Betrieb aufnehmen bzw. wiederaufnehmen können, vorausgesetzt, daß die Betriebserlaubnis nicht weiter durch politische Auseinandersetzungen verzögert wird. Im Rahmen der Errichtung bzw. des Betriebs unterirdischer Laboratorien sind jedoch Untersuchungen für die in geologischen Formationen (Salzstock, Ton-, Schiefer-, Granitformationen) auszuschachtenden Tieflager im Gang, die voraussichtlich noch eine Reihe von Jahren andauern werden. Hier ist zu erwähnen, daß mit Förderung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften zwischen den mit dem Betrieb der unterirdischen Laboratorien betrauten Institutionen eine enge und fruchtbare Zusammenarbeit erzielt worden ist, und daß das FuE-Programm der Kommission die Forschung für unterirdische Pilotanlagen finanziell unterstützt.

Im folgenden wird dargestellt, wie es in den einzelnen Mitgliedstaaten um die Errichtung tiefer Endlager steht.

Deutschland

Wegen mehrerer Klagen der niedersächsischen Landesregierung wurde der Fortgang des Verwaltungsverfahrens zur Öffnung des Endlagers in der Schachanlage Konrad beträchtlich verzögert. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens werden nun nach öffentlicher Auslegung der Planunterlagen (zwischen dem 16. Mai und 15. Juli 1991) Stellungnahmen und Fragen untersucht. Die öffentliche Erörterung aller Einwendungen wird wahrscheinlich Anfang 1992 stattfinden. Deshalb wird dieses Tieflager für nichtwärmeerzeugende Abfälle nicht vor Mitte der 90er Jahre in Betrieb gehen. Die Lagerkapazität der Schachanlage Konrad beläuft sich auf rund 1 Million m³ radioaktiver Abfallgebände. Das ehemalige Bergwerk wird sechs verschiedene Lagerstellen umfassen, von denen jede in mehrere Lagerräume mit einem durchschnittlichen Querschnitt von 40 m² und einer Länge bis zu 1.000 m unterteilt ist.

Die übertägigen Untersuchungen für das Endlager Gorleben, in das alle Arten von Abfällen einschließlich wärmeentwickelnder Abfälle eingelagert werden sollen, sind nahezu abgeschlossen. Die untertägige Erkundung des Salzstocks Gorleben ist im Gange. Hierfür werden z.Z. zwei Zugangsschächte abgetäuft. Der Abschluß der untertägigen Untersuchungen ist für Ende der 90er Jahre geplant, zusammen mit einer allgemeinen Beurteilung der Möglichkeiten, die der Salzstock Gorleben für die Endlagerung radioaktiver Abfälle bietet. Die Inbetriebnahme des Lagers dürfte nicht vor 2008 erfolgen. Es ist jedoch zu bedenken, daß der Fortschritt der Untersuchungen und des Genehmigungsverfahrens ebenso wie bei der Schachtanlage Konrad in hohem Maße von politischen Entwicklungen abhängen, die zu weiteren Verzögerungen führen können.

Das ehemalige Bergwerk Morsleben - das in der ehemaligen DDR als tiefes Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle betrieben wurde (14.300 m³ feste und flüssige radioaktive Abfälle sowie rund 5.800 radioaktive Quellen wurden bereits darin eingelagert) - wurde mit Entscheidung des Bezirksgerichts Magdeburg im Februar 1991 geschlossen. Außerdem ordnete der zuständige Bundesminister die Aussetzung aller weiteren Endlagerungsmaßnahmen an, bis eine positive Stellungnahme der Reaktorsicherheitskommission vorliegt.

Schließlich wird als Unterstützung zu den Testuntersuchungen in Gorleben zur Zeit im Salzbergwerk Asse ein wichtiges FuE-Programm durchgeführt.
Es betrifft

- die Entwicklung und Prüfung von Einlagerungsverfahren für mittelaktive Abfallgebände (mit Auflösungsrückständen sowie Hüllen und Hüllenendstücken) und für abgebrannte Brennelemente aus Hochtemperaturreaktoren (MAW-Projekt),
- Endlagerungsversuche für 30 mit Caesium und Strontium beladene, hochaktive Abfälle simulierende Glasblöcke, die erheblich verzögert worden sind: mittlerweile fünf Jahre wegen Genehmigungsproblemen (HAW-Projekt),
- einen Demonstrationsversuch für die direkte Endlagerung abgebrannter Brennelemente (TSS-Versuch),
- die Entwicklung einer Mehrkomponentenbarriere zur Verwendung als technische Barriere in Stollen.

Belgien

Der Bau und Betrieb eines unterirdischen Labors (67 m langer Versuchsstollen mit einem inneren Durchmesser von 3,5 m) in der Tonschicht unterhalb der Anlage von Mol in 225 m Tiefe sind seit 1984 im Gang (HADES-Projekt). In diesem Zusammenhang sind Untersuchungen in mehreren Forschungsgebieten durchgeführt worden:

- Überwachung der Langzeitbelastung der Auskleidung eines Endlagerstollens,
- das Überwachungsexperiment mit Strahlung für das belgische Endlager (CERBERUS-Projekt), bei dem die In-situ-Reaktion der Tonmasse auf eine kontrollierte Einwirkung von sowohl Hitze als auch Strahlung erfaßt wird,

- Erhitzungstest (nur mit elektrischen Heizgeräten) zur Feststellung der Auswirkung von Wärmequellen auf den umgebenden Ton und die Füllmaterialien in einem Endlagerstollen (PRACLAY- und CACTUS-Projekt).

1989 gab ONDRAF/NIRAS den SAFIR-Bericht (Safety Assessment and Feasibility Interim Report) über die Eigenschaften der Boom-Tonschicht für die Endlagerung hochaktiver bzw. langlebiger Isotope heraus. Eine Bewertungskommission hat den Bericht genehmigt und Empfehlungen zu dem untersuchten Gebiet abgegeben. Das Forschungsprogramm wurde mit dem Ziel eines vorläufigen Sicherheitsberichts für 1997 aufgestellt. Nachdem die Durchführbarkeit nachgewiesen worden ist, wird eine endgültige Standortwahl erforderlich. Die Einlagerung des ersten vollaktiven Gebindes dürfte nicht vor dem Jahr 2030 erfolgen.

Frankreich

Als erster Schritt zur Wahl einer geeigneten geologischen Formation für die Aufnahme eines Endlagers langlebiger radioaktiver Abfälle wurden 1987 vorbereitende Feldstudien an vier Standorten aufgenommen.

Versuchsbohrungen zur seismischen Kalibrierung und zu hydrologischen Zwecken wurden in einer Tonformation durchgeführt (Department Aisne). Als eine neue Reihe von Versuchsbohrungen in einer Schieferformation durchgeführt werden sollten (Department Maine-et-Loire), kam es vor Ort zu starken Protesten, die den Premierminister veranlaßten, die Einstellung der Felsarbeiten anzuordnen, bis das Parlament ein Gesetz über die Entsorgung radioaktiver Abfälle erörtert und gebilligt hat. Dieses Gesetz wurde dann vom Parlament Ende 1991 verabschiedet. Zwei Hauptpunkte des Gesetzes sehen vor, daß in Frankreich mehrere unterirdische Labors errichtet werden und daß über den Standort des Tieflagers nicht endgültig entschieden wird, bevor eine vollständige Beurteilung der Leistungen der einzelnen Labors abgeschlossen ist (spätestens im Jahre 2017).

Obgleich nicht in direktem Zusammenhang mit den Felduntersuchungen, wurde Ende 1990 ein In-situ-Forschungsprogramm in einem 1.885 m langen Tunnel bei Tournemire in Südfrankreich eingeleitet. Dieser Tunnel geht durch eine dicke Tonformation (die darüberliegenden Kalksteinschichten sind 270 m dick), deren geotechnische und hydrogeologische Bedingungen sich als repräsentativ für die eines Tieflagers erwiesen.

Vereinigtes Königreich

Die britische NIREX Ltd. untersucht derzeit die Möglichkeiten für die Erschließung einer tiefen untertägigen Anlage für schwach- und mittelaktive Abfälle. Zu diesem Zweck wurden geologische Untersuchungen mit Bohrungen und geophysikalischen Messungen bei Sellafield und Dounreay durchgeführt. An beiden Stellen stieß man auf geeignete harte Gesteinsformationen, doch wurde Sellafield für unterirdische Untersuchungen und Messungen während der Aushubphase ausgewählt. Das Endlager wird aus mehreren unterirdischen Kammern im tiefen Gestein bestehen. Der Bau der Kammern wird schrittweise durchgeführt und während der Betriebszeit fortgesetzt. Der bevorzugte Standort liegt nahe der Wiederaufarbeitungsanlage von Sellafield.

Nach dem derzeitigen Zeitplan (abhängig von den erforderlichen Genehmigungen) soll die Errichtung eines Tieflagers für schwach- und mittelaktive Abfälle Ende der 90er Jahre beginnen. Die Inbetriebnahme könnte dann um das Jahr 2005 erfolgen.

Das britische Umweltministerium verfolgt mit großem Interesse die ausländische Forschung auf dem Gebiet der Entsorgung hochaktiver Abfälle. Bislang ist noch weder über spezifische Konzepte noch über den Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle entschieden worden.

Spanien

Für die Entsorgung abgebrannter Leichtwasserreaktor-Brennstoffe und verglaster hochaktiver Abfälle sowie für alle Abfallgebinde, die den Zulassungskriterien von "El Cabril" nicht entsprechen, werden seit 1986 vorläufige Untersuchungen zur Feststellung möglicher Tiellagerstandorte durchgeführt. Parallel dazu werden seit 1990 Projekte zur vorläufigen Auslegung eines Tiellagers in zwei geologischen Medien - Salz und Granit - durchgeführt. Ein ähnliches Projekt könnte zu einem späteren Zeitpunkt für Ton eingeleitet werden. Hauptzweck dieser Projekte ist es, hinreichende Ergebnisse für die Auswahl von Referenzkonzepten sowie wichtige Daten zum Standort und dem zugehörigen FuE-Programm zu liefern. Die Inbetriebnahme des geologischen Endlagers ist nicht vor dem Jahre 2010 zu erwarten.

Niederlande

Obwohl in den Niederlanden grundsätzlich die langfristige Zwischenlagerung (100 Jahre) aller Arten radioaktiver Abfälle vorgesehen ist (vgl. Abschnitt III.6.2.1), wird an dem OPLA-Forschungsprogramm über Endlagermöglichkeiten in Salz noch gearbeitet. Der generische Charakter dieses Forschungsprogramms erlaubte noch keine Bestimmung möglicher Standorte für Tiellager. Mögliche vorbereitende Felduntersuchungen vor Ort (einschließlich seismischer Messungen und anderer zerstörungsfreier Felduntersuchungen sowie geohydrologischer Bohrungen) sind nicht vor Ende der 90er Jahre zu erwarten.

Italien, Portugal, Griechenland, Irland, Dänemark

Seit 1987 sind keine weiteren Entwicklungen bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle zu verzeichnen.

KAPITEL IV

NUKLEARE SICHERHEIT BEI DER ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

IV.1. MASSNAHMEN VOR DER ENDLAGERUNG

Die nukleare Sicherheit muß bei allen Aktivitäten des Menschen sichergestellt werden, die mit der Verbringung radioaktiver Stoffe sowie dem Bau, Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen zu tun haben. Die Entsorgung radioaktiver Abfälle und ihre einzelnen Schritte sind hier keine Ausnahme.

Anlagen zur Behandlung und Konditionierung radioaktiver Abfälle werden mit den gleichen allgemeinen Sicherheitsanforderungen betrieben wie andere kerntechnische Einrichtungen. Drei bedeutende Schritte nach vorne sind dennoch erwähnenswert:

- Die Senkung der Umweltbelastung durch die Inbetriebnahme neuer Behandlungsanlagen hat zu einer drastischen Abnahme radioaktiver Abgaben an die Umwelt geführt; Beispiele hierfür sind die britischen Erfolge in Sellafield und das laufende französische Programm in La Hague;
- die ständige Entwicklung von Technologien und Verfahren zur Charakterisierung, Qualitätskontrolle, Identifizierung und Verfolgung der von einer kerntechnischen Anlage erzeugten Abfallformen oder -gebände. Dies hat keinen Einfluß auf die Sicherheit der betreffenden Anlagen selbst, sondern ist ein bedeutender Beitrag zur Sicherheit der nachfolgenden Maßnahmen im Entsorgungsprozeß (d.h. Transport, Zwischenlagerung, Endlagerung);
- die ständige Abnahme der betrieblichen Strahlungsbelastung bei allen Maßnahmen zu Beginn der radioaktiven Abfallentsorgung (Abfallsortierung, Behandlung, Konditionierung, Handhabung der Abfallgebände usw.).

Die derzeitige Sachlage beim Transport radioaktiver Abfälle ist oben beschrieben worden (vgl. Abschnitt III.5). Die jüngsten ordnungspolitischen Entwicklungen, die technologischen Errungenschaften, vor allem für die Verbringung abgebrannten Brennstoffs, sowie die reiche Erfahrung und guten Bilanzen geben die Zuversicht, daß die Sicherheit in diesem Bereich gewährleistet ist.

Die Sicherheit neuer Zwischenlager wie der Anlagen von Borssele (Niederlande), El Cabril (Spanien) oder Dessel (Belgien) wird durch geeignete Bauweisen, bei denen Gefahren wie Überflutung, Feuer usw. weiter verringert werden, sichergestellt. Bei der Lagerung wärmeentwickelnder Abfälle, wie verglaster hochaktiver Abfälle, wird für eine ausreichende und zuverlässige Kühlung zur Eindämmung der Gefahr mechanischer Störungen gesorgt. Zum Beispiel hat man mit einem passiven System bei der Anlage Marcoule (Frankreich) in den letzten zwanzig Jahren zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Bei der Anlage La Hague hat man sich für die Zwangskonvektion entschieden.

IV.2. ENDLAGERUNG

IV.2.1. Oberflächennahe Endlagerung

Aus Sicherheitsgründen ist die oberflächennahe Endlagerung auf schwach- und mittelaktive Abfälle beschränkt (vgl. Abschnitt II.2). In einigen Ländern findet diese Art der Endlagerung seit den Anfängen der Kernenergie Anwendung.

Am Anfang wurden Abfälle in oberflächennahen Gräben vergraben, mit oder ohne vorhergehender Konditionierung bzw. Verpackung. Dieses frühe Konzept wird nun allgemein als veraltet angesehen.

Wegen des Fortschritts in Technologie, ingenieurtechnischer Entwicklung und betriebstechnischer Erfahrung wurden fortgeschrittenere Konzepte untersucht bzw. angewendet. Das Konzept der oberflächennahen Endlagerung in Bauwerken, das zum ersten Mal Anfang der 70er Jahre in Frankreich (Centre de la Manche) für kurzlebige schwach- und mittelaktive Abfälle angewandt wurde, gehört nun zur Entsorgungsstrategie aller Länder, die die oberflächennahe Endlagerung praktizieren oder erwägen.

Das Prinzip, das dem Konzept zugrunde liegt, ist die Isolierung des Abfalls von der Umwelt des Menschen unter kontrollierten Bedingungen und für einen Zeitraum, der für ein natürliches Abklingen der Radioaktivität ausreicht, sowie die spätere uneingeschränkte Zugänglichkeit der Stätte.

In Wirklichkeit ist ein solches Prinzip nur insoweit anwendbar, als die Länge der institutionellen Überwachungszeit (Betriebsdauer der Anlage plus Zeit nach der Schließung) nach menschlichem Maßstab noch annehmbar ist, d.h. höchstens einige hundert Jahre.

Die Umsetzung des Prinzips stützt sich auf die Anwendung eines Mehrbarrierensystems zwischen der Radioaktivität und der Umwelt des Menschen. Dieses System läßt sich allgemein in die drei folgenden Hauptkomponenten aufteilen:

- das Abfallgebände, einschließlich der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Abfalls, der Eigenschaften des umgebenden Materials, falls vorhanden, und der Leistungskennwerte des Behälters,
- das Endlager, d.h. die zum Schutz des Abfallgebändes errichteten Bauten an der Endlagersstätte: Abdeckung, Betonkonsole, andere Betonbauten usw.,
- die Geologie des Standorts selbst.

Die gemeinsame Wirkung dieser drei Barrieren sorgt für den Abschluß der Radioaktivität bei normalen Betriebsbedingungen und nach der Schließung. Sie gewährleistet, daß die Folgen jedes normal vorhersehbaren Vorfalles annehmbar gering sind.

Dementsprechend haben mehrere nationale Sicherheitsbehörden in den letzten Jahren ihre Zustimmung zur oberflächennahen Endlagerung schwach- und mittelaktiver Abfälle in Bauwerken gegeben.

Innerhalb der Europäischen Gemeinschaft²⁸ gilt dies für

- a. die Drigg-Anlage im Vereinigten Königreich, nach einer Überprüfung ihrer Genehmigung durch die Genehmigungsbehörden 1987,
- b. die Dounreay-Anlage im Vereinigten Königreich, die beinahe ausschließlich für schwachaktive, in Dounreay anfallende Abfälle benutzt worden ist,
- c. das Endlagerzentrum für schwach-/mittelaktive Abfälle in Frankreich ("Centre de la Manche"), nach seiner Überprüfung im Jahre 1971,
- d. das neue Entsorgungszentrum für schwach-/mittelaktive Abfälle ("Centre de l'Aube"), für das die französischen Sicherheitsbehörden im Dezember 1991 die Betriebsgenehmigung erteilt haben,
- e. das neue Endlager für schwach-/mittelaktive Abfälle von El Cabril, für das die spanischen Sicherheitsbehörden Anfang 1990 eine Baugenehmigung erteilt haben und dessen Betriebsgenehmigung für Frühjahr 1992 erwartet wird.

Darüber hinaus wird diese Endlageroption in Belgien geprüft (vgl. Abschnitt III.6.3.1).

IV.2.2. Tiefe Endlagerung in geologischen Formationen

Im Gegensatz zu technischen Barrieren, die wahrscheinlich nicht länger als mehrere Jahrhunderte unverändert bleiben, haben sich einige geologische Formationen (z.B. Ton, Salz und Granit) als über mehrere Millionen Jahre stabil erwiesen. Sie könnten daher eine sichere Langzeitlösung für die Endlagerung radioaktiver Abfälle mit langlebigen Radionukliden bieten. Deshalb wird weltweit die tiefe Endlagerung in geologischen Formationen für Alpha- und hochradioaktive Abfälle erforscht.

Der sicheren Endlagerung dieser Abfälle, besonders im Hinblick auf den notwendigen Schutz der Menschen und der Umwelt in ferner Zukunft wird in allen Ländern mit Kernenergiegewinnung, vor allem in der Europäischen Gemeinschaft, große Aufmerksamkeit geschenkt. Aber auch in den anderen Ländern, die radioaktive Stoffe nur zu medizinischen, industriellen oder Forschungszwecken einsetzen, ist dieses Thema von Belang.

Die Sicherheit eines Entsorgungssystems für langlebige Abfälle bedarf der Analyse und des Nachweises über Zeiträume hinweg, die den üblichen Horizont gesellschaftlicher und technischer Planung bei weitem überschreiten, bevor die Bau- und Betriebsgenehmigung für ein Endlager für radioaktive Abfälle eingeholt werden kann. Über die Durchführbarkeit einer solchen Analyse ist man sich aber nicht einig, und oft werden Zweifel an der Gültigkeit ihrer Ergebnisse laut.

Es ist offensichtlich, daß der vollkommene Beweis einer beständigen Sicherheit für alle technischen Systeme unmöglich ist. Erwartet und gesucht wird deshalb ein wissenschaftliches und ordnungspolitisches Vorgehen, bei dem die Faktoren, die die Sicherheit maßgeblich beeinträchtigen könnten, richtig eingeschätzt werden. Dann kann entschieden werden, ob das vorgeschlagene Abfallentsorgungssystem langfristig als sicher genug betrachtet werden kann.

²⁸ Die geplanten Endlagereinrichtungen in den US-Staaten North Carolina, Illinois und Pennsylvania sind Beispiele für oberflächennahe Endlagerung in Bauwerken außerhalb der Europäischen Gemeinschaft.

Nachstehend werden die Fortschritte zusammengefaßt, die in der Gemeinschaft bei der Entwicklung wissenschaftlicher Methoden und Mittel zur Beurteilung der langfristigen Sicherheit der Entsorgung gemacht worden sind, und die bislang erzielten Ergebnisse sowie die Sicht der EG-Sachverständigen und der internationalen Wissenschaftsgemeinde dargestellt.

Die Sicherheitsbeurteilung

Die Sicherheitsbeurteilung kann als Analyse der künftigen Vorgänge im gesamten Abfallendlagerungssystem und seiner potentiellen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt definiert werden, gefolgt von einem Vergleich der Ergebnisse mit angemessenen Sicherheitsnormen.

Die zu berücksichtigenden möglichen Entwicklungen werden anhand von Szenarien eingeschätzt, die sich auf menschliche Vorstellungskraft und wissenschaftliches Urteil sowie auf das vorhandene Wissen über natürliche Systeme (vgl. unten: natürliche Analoga) und von Menschen geschaffene Barrieren stützen.

Anschließend werden prädiktive Modelle zur Bewertung und Quantifizierung der Auswirkungen von Schlüsselprozessen, die die Eignung eines Endlagerungssystems für radioaktive Abfälle bestimmen, sowie zur zeitgemäßen Beurteilung der möglichen radiologischen Folgen verwendet. Angemessene Daten zu dem untersuchten System und ein fundiertes Grundverständnis der relevanten physikalischen und chemischen Eigenschaften der Bestandteile des Systems und ihrer Entwicklung sind weiterhin eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung von Modellen. Dies ist eines der Hauptziele des in Abschnitt III.2.1 erwähnten Forschungsprogramms.

Die Bemühungen zur Verbesserung der Sicherheitsbeurteilung sind in den letzten Jahren in beeindruckender Weise verstärkt worden.

Alle Länder mit einem bedeutenden Kernenergieprogramm haben sich in der Sicherheitsbeurteilung fachkundig gemacht und geeignete Methoden entwickelt bzw. sind auf dem Weg dorthin.

Innerhalb der Europäischen Gemeinschaft leitete die KEG 1982 als Teil ihres FuE-Programms über radioaktive Abfälle ein großes multinationales Projekt ein (PAGIS: Performance Assessment of Geological Isolation Systems: Beurteilung der Eignung geologischer Isolierungssysteme). Damit sollten eine solche Entwicklung in den beteiligten EG-Mitgliedstaaten gefördert, die verschiedenen methodologischen Ansätze abgestimmt und die Verbreitung der Ergebnisse ermöglicht werden.

Alle beteiligten EG-Mitgliedstaaten nahmen an diesem Projekt teil, das 1989 auslief, bzw. waren assoziiert.

Mit Beteiligung und Zustimmung einer großen Mehrheit der in der Europäischen Gemeinschaft auf verschiedenen Gebieten dieses multidisziplinären Projekts tätigen Wissenschaftler wurde eine Methode erarbeitet und auf die tiefen Endlager für hochaktive Abfälle angewendet.

Die 1989 auf einer KEG-Konferenz in Madrid zusammengetragenen Ergebnisse zeigen, daß es mit den gemachten Annahmen an der Oberfläche der untersuchten Lagerstätten zumindest innerhalb von 10.000 Jahren nicht zu einer Freisetzung von Radioaktivität kommt. Allenfalls werden in sehr ferner Zukunft unbedeutende Mengen an Radioaktivität freigesetzt.

Die im PAGIS-Projekt entwickelte Methodik kann als Grundlage für die in der Zukunft benötigte Eignungsbeurteilung dienen - was in einigen EG-Mitgliedstaaten bereits der Fall ist -, weil sie mit ausgereifteren Modellen und Daten aus standortspezifischen Untersuchungen angewendet werden kann.

Diese Errungenschaften, zusammen mit den außerhalb der Gemeinschaft erzielten Erfolgen, veranlaßten die internationale Wissenschaftsgemeinde 1990 zur Abgabe einer kollektiven Stellungnahme, die folgendermaßen lautet²⁹:

"Heutzutage stehen Sicherheitsbeurteilungsmethoden zur Verfügung, mit denen die potentiellen langfristigen radiologischen Auswirkungen eines sorgsam ausgelegten Endlagersystems für radioaktive Abfälle auf Mensch und Umwelt angemessen bewertet werden können";

"und der angemessene Einsatz von Methoden der Sicherheitsbeurteilung, zusammen mit ausreichenden Informationen über die vorgeschlagenen Endlagerstandorte, kann die technische Grundlage für die Entscheidung liefern, ob spezifische Endlagerungssysteme der Gesellschaft ein zufriedenstellendes Maß an Sicherheit für heutige und künftige Generationen bieten würden".

Die Arbeit in diesem Bereich wird fortgesetzt, um die Methoden der Sicherheitsbeurteilung weiterzuentwickeln und Daten aus vorgeschlagenen Endlagerstandorten zu sammeln und zu bewerten.

Natürliche Analoga: ein zusätzlicher Sicherheitsnachweis

Wie oben dargelegt, besteht die zentrale Frage bei der Beurteilung der langfristigen Eignung und Sicherheit einer Endlagerungsanlage für radioaktive Abfälle in der Fähigkeit, das Wesen und die Wirkung von Vorgängen und geologischen Phänomenen weit in die Zukunft hinein zuverlässig vorauszusagen.

Das Extrapolieren von im allgemeinen über Monate oder höchstens ein paar Jahre hinweg gewonnenen Labordaten auf realistische Zeiten in der Zukunft ist offensichtlich problematisch.

Die im Labor untersuchten Vorgänge umfassen besondere Aspekte der Mobilisierung von Radionukliden in Abfällen und ihrer nachfolgenden Wanderung ins Grundwasser. Glücklicherweise wirken fast alle Vorgänge, die dabei von Belang sind, auch in der natürlichen Umwelt, obwohl dann andere Elemente und andere geochemische und hydrochemische Systeme beteiligt sein können. Somit besteht also die Möglichkeit, natürliche Analoga zur Beurteilung der Vorgänge über geologische Zeiträume hinweg zu verwenden.

Bereits seit vielen Jahren untersuchen die Mitgliedstaaten der EG natürliche Systeme (ebenso wie archäologische und historische Analoga) in und außerhalb Europas. Einige von ihnen nahmen auch an Großprojekten teil, z.B. die an den Uranlagerstätten am Alligator River, Poços de Caldos und Cigar Lake in Australien, Brasilien bzw. Kanada.

Die Kommission unterstützt seit 1985 die Untersuchung der natürlichen Analoga mit ihrem FuE-Programm über die Entsorgung radioaktiver Abfälle und einem internationalen Forum (der "Natural Analogues Working Group"), in dem die auf diesem Gebiet gewonnenen Erfahrungen vorgestellt und erörtert werden.

Die Beweise für die Ausscheidungs- und Verzögerungsfähigkeiten natürlicher Systeme häufen sich, wodurch das Vertrauen in die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen gestärkt wird.

²⁹ Eine kollektive Stellungnahme zu "Disposal of radioactive waste: can long term safety be evaluated" (Endlagerung radioaktiver Abfälle: Kann die langfristige Sicherheit beurteilt werden?) NEA/KEG/IAEO Paris 1990.

Die Kommission setzt ihre diesbezüglichen Bemühungen innerhalb des vierten FuE-Programms über die Entsorgung radioaktiver Abfälle fort und trägt finanziell zu einer Reihe von Studien in diesem Bereich bei, insbesondere zur Untersuchung des natürlichen Reaktors in Oklo (Gabun), die vom französischen Commissariat à l'Énergie Atomique geleitet wird und der sich andere Länder angeschlossen haben.

Das ordnungspolitische Vorgehen

Das genaue Verfahren zum Nachweis der Sicherheit eines Systems, von der Standortwahl bis zur endgültigen Genehmigung eines Endlagers, muß normalerweise von Fall zu Fall festgelegt werden: Es kann daher in den verschiedenen Ländern unterschiedlich ausfallen. Auf alle Fälle berührt es die Zuständigkeiten verschiedener Institutionen, die in Abschnitt III.1 dargestellt sind. Die in Tabelle XII aufgeführten Behörden und Exekutivorgane sind für alle Auflagen der zuständigen Sicherheitsbehörden verantwortlich und sorgen so dafür, daß die Anlage einer Reihe von vorab aufgestellten Kriterien entspricht.

KAPITEL V

ANSTEHENDE RECHTS- UND GRUNDSATZFRAGEN

V.1. STOFFE MIT SEHR NIEDRIGER RADIOAKTIVITÄT

Die bestehenden Rechtsvorschriften auf internationaler, Gemeinschafts- und nationaler Ebene zum Schutz der Arbeitskräfte und der Öffentlichkeit vor ionisierender Strahlung legen sehr deutlich die Bedingungen für die Behandlung, Konditionierung, Zwischenlagerung, Beförderung und Endlagerung radioaktiver Stoffe fest. Der Umfang dieser Rechtsvorschriften hängt von der Radioaktivität der jeweiligen Stoffe ab.

Bei den meisten Vorschriften gibt es jedoch eine Grauzone für schwachaktive Abfälle, die den Aktivitäts- (Radiotoxizitäts-) Grad erreichen, der dem vieler natürlich vorkommender Substanzen nahekommt oder entspricht. Dies liegt daran, daß die Überwachungsvorkehrungen sich hauptsächlich auf Bereiche mit höheren Risiken konzentrieren, um das Schutzniveau zu erhöhen. Die hohe Anzahl an Tätigkeiten, bei denen mit sehr kleinen Mengen radioaktiver Stoffe umgegangen wird, und die große Vielfalt der Industriesektoren, die daran beteiligt sein können, sind ebenfalls für diese Situation verantwortlich³⁰.

Viele dieser Tätigkeiten in Medizin, Forschung und Industrie werden von nationalen Rechts- und Verwaltungsvorschriften erfaßt. Die erzeugten radioaktiven Abfälle werden aus den Vorschriften jedoch ausgeklammert, wenn sie die einschlägigen Befreiungskriterien erfüllen. Zwischen den nationalen Bestimmungen gibt es aber beträchtliche Unterschiede.

Auf Gemeinschaftsebene sind die Bestimmungen zur Befreiung von der Notifizierungspflicht an die zuständigen nationalen Behörden und der vorherigen Genehmigung für jede Aktivität, bei der mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, in den Euratom-Grundsicherheitsnormen (Richtlinie 80/836 in ihrer 1984 geänderten Fassung) festgelegt. In dieser Richtlinie werden die Grenzwerte für eine bestimmte Beförderungsmenge radioaktiver Stoffe bestimmt, die von der Radiotoxizität der Stoffe abhängen. Ferner wird darin ein allgemeiner Konzentrationsgrenzwert von 100 Bq/g, der für feste natürliche radioaktive Stoffe auf 500 Bq/g erhöht wird, festgelegt. Materialien mit radioaktiven Stoffen, deren Menge und Konzentration diese Grenzwerte überschreiten, können nur nach Einholung der Zustimmung der Behörden freigegeben werden. Dennoch sollten diese Werte nicht als zulässige Mengen für eine uneingeschränkte Beseitigung von Abfällen angesehen werden.

Im kerntechnischen Sektor werden beim Abbau ausgedienter kerntechnischer Anlagen, der in der Entwicklung steht, große Mengen von Altmaterial anfallen, von dem der größte Teil nur sehr schwach radioaktiv sein wird (vgl. Abschnitt II.3.3b). Innerhalb der Gemeinschaft wurden unter der Schirmherrschaft einer EG-Sachverständigengruppe nach

³⁰ Abfälle aus medizinischer Untersuchung und Behandlung, Abfälle von Forschungsinstituten, ausgediente Verbrauchsgüter wie Rauchdetektoren und durchgebrannte Elektrosicherungen, Abfälle der Leuchtfarbenindustrie usw.

Artikel 31 des Euratom-Vertrages Empfehlungen für Strahlenschutzkriterien für die Rezyklierung von Materialien aus dem Abbau kerntechnischer Anlagen³¹ veröffentlicht. Diese Empfehlungen werden zur Zeit überarbeitet und auf andere Materialien als Stahl, wie Kupfer und Aluminium, ausgeweitet; zu einem späteren Zeitpunkt soll auch noch Beton hinzugefügt werden. Die Empfehlungen haben rein wissenschaftlichen Charakter. In den EG-Mitgliedstaaten werden die meisten Entscheidungen über die Freigabe schwachaktiver Abfälle aus dem Kernbrennstoffkreislauf von den zuständigen Behörden je nach Einzelfall gefällt.

Alles in allem ist die jetzige Form der Befreiung von Materialien mit sehr niedriger Radioaktivität von den Kontrollvorschriften nicht zufriedenstellend. Aus diesem Grund sind die Bemühungen zur Aufstellung von kohärenten und wissenschaftlich fundierten Regeln in den letzten Jahrzehnten verstärkt worden. Mehrere nationale Sicherheitsbehörden und internationale Organisationen (IAEO, OECD/NEA, WHO)³² untersuchen Kriterien für die - teilweise oder vollständige - Befreiung von Strahlenquellen und Aktivitäten von den Kontrollvorschriften. Inzwischen haben mehrere EG-Mitgliedstaaten gesetzliche Maßnahmen vorbereitet bzw. arbeiten daran. Es ist zu betonen, daß die Harmonisierung nationaler Maßnahmen mit Blick auf die Gewährleistung eines gleichen Schutzniveaus innerhalb der Gemeinschaft nachdrücklich empfohlen wird. Der künftige einheitliche EG-Binnenmarkt verstärkt den Harmonisierungsbedarf.

Schließlich ist zu bedenken, daß - wie bereits in Kapitel II erwähnt - eine Reihe von industriellen Vorgängen, die zu einer erhöhten Konzentration natürlich vorkommender Isotope führen (z.B. die Behandlung von Phosphaterzen)³³, gewöhnlich von der Anmeldepflicht bei den zuständigen nationalen Sicherheitsbehörden befreit sind bzw. nicht als Aktivitäten, bei denen mit radioaktiven Materialien umgegangen wird, eingestuft sind. Die radiologischen Auswirkungen der Beseitigung einiger dieser Materialien können problematisch sein. Einige Länder sind bei der Erarbeitung von Bestandsaufnahmen und Entsorgungsstrategien für diese Abfallarten schon mehr oder weniger weit fortgeschritten und werden, falls erforderlich, geeignete Maßnahmen ergreifen.

V.2. ÄQUIVALENZ RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Einige Länder führen auf der Grundlage wirtschaftlicher Vereinbarungen oder als Folge von Verpflichtungen zur Aufarbeitung abgebrannter Brennstoffe die Behandlung oder Konditionierung von Abfällen aus dem Ausland durch.

Ungeachtet einer möglichen nationalen Bestimmung des Aufnahmelandes, betreffend die Endlagerung ausländischer Abfälle, kann die Rückgabe des gesamten, genau identischen Abfalls an das Herkunftsland nach ausreichender Behandlung und Konditionierung in einigen Fällen technisch undurchführbar oder vom Standpunkt der Strahlungssicherheit aus widersinnig sein (unnötiger Umgang mit radioaktiven Stoffen zum Beispiel). In einer solchen Situation kann das Land erwägen bzw. sogar gezwungen sein, einen "äquivalenten

³¹ CEC radiological protection series, Veröffentlichung Nr. 43, Dezember 1988.

³² IAEA Safety series No. 89 "Principles for the exemption of radiation sources and practices from regulatory control" (1988)

³³ siehe (5)

Abfall" zurückzugeben. Dies sollte innerhalb eines angemessenen, von den beteiligten Parteien vereinbarten Regelungsrahmens erfolgen. Die Äquivalenz radioaktiver Abfälle ist bislang weder in internationalen noch in nationalen Rechtsvorschriften behandelt worden. Der Rat der Europäischen Gemeinschaften verwies 1990³⁴ auf die Notwendigkeit, geeignete Leitlinien für die Äquivalenz von Abfällen aufzustellen. Diese Forderung stellte eine Schlußfolgerung zu einem Bericht der Kommission zu diesem Thema dar³⁵.

V.3. UNTERRICHTUNG UND BETEILIGUNG DER ÖFFENTLICHKEIT

In den letzten Jahren haben verschiedene nationale Behörden bzw. Abfallentsorgungsunternehmen sowie die Kommission der Europäischen Gemeinschaften im Rahmen ihrer Zuständigkeit umfassende Maßnahmen ergriffen zur

- Unterrichtung der Öffentlichkeit über größere kerntechnische Anlagen und die Abgaben radioaktiver Abfälle,
- Beteiligung der Öffentlichkeit an der Entscheidungsfindung bei der Errichtung neuer Anlagen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle.

Auf der Ebene der Institutionen der Europäischen Gemeinschaft ist im Juli 1988 eine Richtlinie in Kraft getreten, die die Mitgliedstaaten unter anderem auffordert, dafür zu sorgen, daß

- jeder Genehmigungsantrag für ein neues Projekt und die dazugehörigen Informationen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden,
- die Öffentlichkeit die Möglichkeit hat, ihre Meinung vor dem Anlaufen des Projekts kundzutun.

Die Kommission legt dem Rat und dem Parlament 1993 einen Bericht über die Anwendung und den Erfolg der Richtlinie vor.

In vielen Fällen wird der Öffentlichkeit Zugang zu allen Anträgen auf die Errichtung solcher Anlagen gewährt (Vereinigtes Königreich usw.) und, im Falle größerer Vorhaben, wird oft eine öffentliche Anhörung veranstaltet, mit der

- der Öffentlichkeit die Informationen über das jeweilige Vorhaben zugänglich gemacht werden,
- die Stellungnahmen und Einwände der Öffentlichkeit zur Vorlage bei der zuständigen nationalen Verwaltung gesammelt werden.

³⁴ Schlußfolgerungen der 1464. Ratstagung vom 18./19. Dezember 1990, Pressemitteilung 10871/90 (Presse 232).

³⁵ "Radioactive waste equivalence", Euradwaste series Nr. 3, EUR-Bericht 12879 - Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg 1990.

In den meisten Fällen hat das Verfahren der öffentlichen Anhörung eine rechtliche Grundlage. Dabei kann es zwingend vorgeschrieben sein (Deutschland, Spanien, Frankreich, die Niederlande) oder, wie im Vereinigten Königreich, von der Regierung für den jeweiligen Einzelfall beschlossen werden. Darüber hinaus wird in einem unlängst verabschiedeten französischen Gesetz³⁶ verlangt, daß am Standort jedes unterirdischen Endlagerlabors ein örtlicher Informations- und Aufsichtsausschuß errichtet wird, in dem alle beteiligten Parteien vertreten sind.

Neben der Information der Öffentlichkeit durch Broschüren (wie die holländische Informationskampagne von 1987) oder durch Zugänglichmachen amtlicher Unterlagen berichten mehrere Regierungen (Deutschland, Spanien, Vereinigtes Königreich) in unterschiedlichen Zeitabständen den nationalen Parlamenten über das Aufkommen bzw. die Entsorgung radioaktiver Abfälle in ihrem Land. Diese Berichte sind der Öffentlichkeit zugänglich. Nach dem oben erwähnten neuen Gesetz legt auch die französische Regierung dem Parlament einen Jahresbericht über die Forschung zur Entsorgung hochaktiver und langlebiger Abfälle vor.

³⁶ Gesetz Nr. 91-1381 vom 30. Dezember 1991 über Forschungsarbeiten zur radioaktiven Abfallentsorgung.

TABELLE I

**AUFKOMMEN RADIOAKTIVER ABFÄLLE AUS DER
ISOTOPENANWENDUNG, IN MEDIZIN, INDUSTRIE
UND ALLGEMEINER FORSCHUNG (m³)**

(Zur Zwischenlagerung verbrachte konditionierte Abfälle)

Land	1991-1995	1996-2000	2001-2010	2011-2020
Belgien	370	370	740	740
Dänemark	100	100	200	100
Deutschland	5.100	5.100	10.200 ⁴	10.200 ⁴
Irland	mehrere Dutzend ³	mehrere Dutzend ³		
Spanien	210	210	420	420
Frankreich ¹	5.000	5.000	10.000	10.000
Griechenland	100	mehrere Dutzend	mehrere Dutzend ⁵	mehrere Dutzend ⁵
Italien	4.500	4.500	9.000	9.000
Niederlande	1.600	1.600	3.200	3.200
Portugal	20	30	80	100
Vereinigtes Königreich ²	4.960	3.030	5.610	5.610

¹ Abfälle werden nicht zwischengelagert, sondern endgelagert.

² Berücksichtigte Zeiträume : 1990-1994, 1995-1999, 2000-2009, 2010-2019.

³ Unkonditioniert und am Entstehungsort aufbewahrt.

⁴ Aus den für den Zeitraum bis 2000 angegebenen Zahlen extrapoliert.

⁵ Für einen Zeitraum von fünf Jahren.

TABELLE II

**VOR 1991 ENTSTANDENE, BEHANDELTE, KONDITIONIERTE ODER ALS
KONDITIONIERT ANGENOMMENE¹ ZWISCHENGELAGERTE ABFÄLLE**

Land	Zwischengelagerte Abfallmenge (m ³)				Anmerkungen
	Schwach-aktiv	Mittel-aktiv	Alpha-haltig	Hoch-aktiv	
Belgien	6.000	-	3.000	160	Stand : 1.5.1990 Mittelaktive Abfälle sind in den schwachaktiven Abfällen enthalten
Deutschland	43.900	²	²	500	
Spanien	15.000	-	-	-	Mittelaktive Abfälle sind in den schwachaktiven Abfällen enthalten
Frankreich	0	0	60.400	1.040	Mittelaktive Abfälle sind in den schwachaktiven Abfällen enthalten
Italien ³	10.400	720	190	15	
Niederlande	3.100				
Vereinigtes Königreich	7.930	18.470	65.550	710	Alpha-Abfälle sind solche MAA mit einer Alphaaktivität >10 GBq/m ³ in konditionierter Abfallform
Dänemark	700 ⁴	50 ⁵	-	-	Alpha-Abfälle sind in den mittelaktiven Abfällen enthalten
Portugal	50	-	-	-	
Griechenland	100	50	-	-	

¹ Der größte Teil der (in flüssigem Zustand zwischengelagerten) Alpha- und hochaktiven Abfälle ist noch nicht konditioniert. Zum Zweck einer homogenen Darstellung wurden die Mengen in der Tabelle so angegeben, als ob diese Abfälle nach den derzeit zur Verfügung stehenden Verfahren konditioniert worden wären.

² Teilweise in schwachaktiven Abfällen (als Abfälle "ohne Wärmeentwicklung") und in hochaktiven Abfällen (als "Wärme entwickelnde Abfälle") enthalten.

³ Die unkonditionierten zwischengelagerten Abfallmengen sind : 12.195 m³ SAA (davon 11.620 m³ fest- und 575 m³ flüssig Abfall); 585 m³ fester MAA; 356 m³ Alpha-Abfall (davon 346 m³ fest- und 10 m³ flüssig Abfall); 120 m³ flüssiger HAA.

Die konditioniert zwischengelagerten Abfallmengen belaufen sich auf : 3.610 m³ SAA und 345 m³ MAA. Es wird ein Volumenverringerungsfaktor zwischen 3 und 5 für zu kompaktierenden Festabfall, und ein Verringerungsfaktor von 1/2 für flüssigen SAA angenommen.

In den Zahlen sind nicht enthalten rund 5000-7000 m³ unkonditionierter Abfälle aus medizinischer, industrieller und nicht nuklearer Forschung.

⁴ Nur die Hälfte des Aufkommens ist tatsächlicher Abfall, der Rest eine umgebende Betonschicht in den Abfalleinheiten.

⁵ Meist ohne Konditionierung in rostfreien Stahl-Kontainern, Fässern oder anderen Verpackungen gelagert.

TABELLE III

**VOR 1991 ENDGELAGERTE SCHWACH- UND MITTELAKTIVE ABFÄLLE,
EINSCHLIESSLICH KONDITIONIERUNGSZUSÄTZEN UND
EINWEGGEBINDEN**

Land	Abfallmenge (m ³)			Standort
	Schwach-aktiv	Mittel-aktiv	Art der Endlagerung	
Belgien	15.000		Versenken im Meer ¹	Nordatlantik
Deutschland	96		Versenken im Meer ¹	Nordatlantik
	42.000	260	Tiefe geologische Formation	Salzstock Asse ²
	14.300 ³		Tiefe geologische Formation	Salzstock Morsleben
Spanien	-	-		
Frankreich	9.900		Versenken im Meer ⁴	Nordatlantik
	464.500		Oberflächennahe Endlagerung	Centre de la Manche
Italien	23		Versenken im Meer ¹	Nordatlantik
Niederlande	8.700		Versenken im Meer ¹	Nordatlantik
Vereinigtes Königreich	26.000		Versenken im Meer ¹	Nordatlantik
	775.000	-	Oberflächennahes Vergraben	Drigg
	14.000	-	Oberflächennahes Vergraben	Dounreay

¹ Moratorium für Versenkung im Meer seit 1983.

² Zwischen 1967 und 1978 in Betrieb.

³ Zahlen bis 1990.

⁴ Versuchskampagnen 1967 und 1969.

TABELLE IV

**KERNKRAFTPROGRAMME DER MITGLIEDSTAATEN DER
EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT**

Land	Am Jahresende installierte Nettoleistung (GWe) (Nur im Betrieb befindliche und in Auftrag gegebene Kernkraftwerke)				
	1990	1995	2000	2010	2020
Belgien ¹	5,4	5,4	5,4	5,4	3,6
Deutschland	23,6	23,6	23,6	25,0 ⁵ 17,5	25,0 ⁵ 17,5
Spanien ²	7,1	7,1	7,1		
Frankreich ⁷	62,7	62,2	[63,3]	[63,3]	[63,3]
Italien ³	1,1				
Niederlande ⁴	0,5	0,5	0,5		
Vereinigtes Königreich ⁶	11,4	10,0	9,5	5,4	1,2

- ¹ Der allgemeine Elektrizitätsplan gilt bis zum Jahre 2000; darüberhinaus gibt es keine Schätzungen.
- ² Das derzeitige kerntechnische Programm geht nur bis zum Jahre 2000. Voraussagen für den Zeitraum danach liegen nicht vor.
- ³ 1,1 GWe installiert, aber nicht in Betrieb.
- ⁴ Die Entwicklung von Kernkraftprogrammen muß überprüft werden.
- ⁵ Erste Zeile : Kernkraftwerke in Betrieb und mit Ersetzung alter stillgelegter Kraftwerke.
Zweite Zeile : idem, ohne Ersetzung.
- ⁶ Wird 1994 überprüft.
- ⁷ Zahlen in Klammern sind zum Zwecke der Homogenität mit ähnlichen Zahlen in anderen Ländern angegeben. In ihnen werden nicht die geplanten Kraftwerke der französischen Energieplanprognose berücksichtigt : 63,3 bis 66,3 GWe in 2000/74,2 bis 80,8 GWe in 2010/und 80 bis 95 GWe in 2020.

TABELLE V

AUFKOMMEN BEHANDELTHER UND KONDITIONIERTER SCHWACHAKTIVER ABFÄLLE
IN VERSCHIEDENEN MITGLIEDSTAATEN DER GEMEINSCHAFT

(In Betrieb befindliche oder in Auftrag gegebene Kraftwerke
- Annahmen gemäß Tabelle IV, zugehörige Brennstoffkreislaufeinrichtungen, Kernenergieforschung)

Land	Im angegebenen Zeitraum kumulierte Abfallmenge (m ³)				Anmerkungen
	1991-1995	1996-2000	2001-2010	2011-2020	
Belgien	3.130	4.230	15.785	15.060	
Deutschland ²	35.000-50.000	50.000-71.000	97.000 (83.000+14.000)	97.000 (83.000+14.000)	Mittelaktive und Alpha- Abfälle teilweise mitgerechnet
Spanien ¹	11.000	10.000 (8.500+1.500)	17.000 (15.700+1.300)	40.000 (14.600+25.400)	MAW mitgerechnet
Frankreich	160.000	160.000	300.000	300.000	MAW mitgerechnet
Italien ¹	3.100 (3.100+0)	2.700 (1.900+800)	4.300 (3.500+800)	7.000 (500+6.500)	
Niederlande	2.400	2.400	- ⁴	- ⁴	
Vereinigtes Königreich ¹	137.530 (104.550+32.980)	106.230 (65.200+41.030)	256.730 (77.360+179.370)	143.330 (12.830+130.500)	Zeiträume 90-94, 95-99, usw.
Dänemark	-	-	-	1.500 ³	

¹ Eine Aufschlüsselung des Abfallaufkommens aus dem Betrieb von Kraftwerken (1. Zahl) und des Aufkommens aus der Stilllegung von Kraftwerken (2. Zahl) ist in Klammern angegeben.

² Höhere und niedrigere Schätzungen.

³ Mögliche Stilllegung des DR3-Forschungsreaktors.

⁴ Siehe Tabelle IV, Fußnote 4).

TABELLE VI

**AUFKOMMEN BEHANDELTEN UND KONDITIONIERTER MITTELAKTIVER
ABFÄLLE JEGLICHER HERKUNFT IN VERSCHIEDENEN
MITGLIEDSTAATEN DER GEMEINSCHAFT**

(In Betrieb befindliche oder in Auftrag gegebene Kraftwerke - Annahmen gemäß Tabelle IV)

Land	Im angegebenen Zeitraum kumulierte Abfallmenge (m ³)				Anmerkungen
	1991-1995	1996-2000	2001-2010	2011-2020	
Belgien ³	2500 (2450+50)	2754 (2704+50)	6724 (6624+100)	5730	
Deutschland	-	-			1
Spanien	-	-	-	-	1
Frankreich	-	-	-	-	1
Italien	205	120	275		4
Niederlande	-	250	250	-	2
Vereinigtes Königreich ³	12240 (7240+5000)	11540 (6400+5140)	23010 (11560+11450)	18100 (6270+11830)	Zeiträume : 90-94, 95/99 usw.
Dänemark	100	5	5	-	Alpha-Abfälle mitgerechnet

¹ Gemäß dem in diesem Land angewandten Entsorgungsverfahren werden diese Abfälle bei anderen Abfallkategorien mitgerechnet.

² Abfälle aus im Ausland aufgearbeitetem Brennstoff von bestehenden Kraftwerken.

³ Siehe Tabelle V, Fußnote¹.

⁴ Abfälle aus im Ausland aufgearbeitetem Brennstoff von stillgelegten Kraftwerken.

TABELLE VII

AUFKOMMEN BEHANDELTEN UND KONDITIONIERTER ALPHA-ABFÄLLE IN VERSCHIEDENEN MITGLIEDSTAATEN DER GEMEINSCHAFT

(In Betrieb befindliche oder in Auftrag gegebene Kraftwerke
- Annahmen gemäß Tabelle IV)

Land	Im angegebenen Zeitraum kumulierte Abfallmenge (m ³)				Anmerkungen
	1991-1995	1996-2000	2001-2010	2011-2020	
Belgien	190	540	2890	2430	
Deutschland ³	-	-	-		
Spanien	-	-	-	40	
Frankreich	13640	14060	36110	36110	
Italien					⁴
Niederlande	10	60	70	20	¹
Vereinigtes Königreich ²	16350 (12000+4350)	18620 (14230+4390)	20470 (11960+8500)	9550 (1080+8470)	Zeiträume: 90-94,95-99 usw.

¹ Einschließlich Abfällen aus im Ausland aufgearbeitetem Brennstoff von bestehenden Kraftwerken.

² Siehe Tabelle V, Fußnote¹.

³ Gemäß dem in diesem Land angewandten Entsorgungsverfahren werden diese Abfälle bei anderen Abfallkategorien mitgerechnet.

⁴ Bei der Kernenergieforschung dürften keine signifikanten Mengen anfallen.

TABELLE VIII

**AUFKOMMEN BEHANDELTEN UND KONDITIONIERTER HOCHAKTIVER
ABFÄLLE IN VERSCHIEDENEN MITGLIEDSTAATEN DER GEMEINSCHAFT**

**(In Betrieb befindliche oder in Auftrag gegebene Kraftwerke
- Annahmen gemäß Tabelle IV)**

Land	Im angegebenen Zeitraum kumulierte Abfallmenge (m ³)				Anmerkungen
	1991-1995	1996-2000	2001-2010	2011-2020	
Belgien	45	54	180	180	
Deutschland ²	1310-1510	1310-1510	2620-3020 ₅	2620-3020 ₅	
Spanien	-	-	-	36	
Frankreich	510	540	1980	2190	
Italien ⁴	10	5	25	-	
Niederlande ¹	-	20	25	-	
Vereinigtes Königreich ³	170	260	130	-	Zeiträume : 1990-1994, 1995-1999, usw.

- ¹ Abfälle aus im Ausland aufgearbeitetem Brennstoff von bestehenden Kraftwerken.
² Höhere und niedrige Schätzungen. In dieser Kategorie sind mittelaktive und Alpha-Abfälle teilweise mitgerechnet.
³ Ausschließlich aus der Wiederaufarbeitung von britischem Brennstoff.
⁴ Abfälle aus im Ausland aufgearbeitetem Brennstoff von stillgelegten Kraftwerken.
⁵ Aus den für den Zeitraum bis 2000 angegebenen Zahlen extrapoliert.

TABELLE IX

**MENGE DES IN DEN MITGLIEDSTAATEN DER EUROPÄISCHEN
GEMEINSCHAFT ENTLADENEN ABGEBRANNTEN BRENNSTOFFS**

Land	Reaktor- typ	Menge des im angegebenen Zeitraum entladenen abgebrannten Brennstoffs (TSM) ¹ - In Betrieb bzw. im Bau befindliche Kraftwerke - Annahmen gemäß Tabelle IV)				
		bis Ende 1990	1991-1995	1996-2000	2001-2010	2011-2020
Belgien	LWR	850	550	550	1100	770
Deutschland	LWR	3865	2450	2215	4500 ² 4100	5500 ² 3200
Spanien	LWR	975	800	855	1510	1090
	GGR	445	447	-	-	-
Frankreich	LWR	6650	5120	5330	10820	11000
	GGR	4340	1850	-	-	-
	SBR	-	65	72	140 ⁵	140 ⁵
Italien ^{2, 4}	LWR	342	137			
	GGR	1353	73			
Niederlande	LWR	75	75	75	²	²
Vereinigtes Königreich	GGR		4000	4000	2300 ³	
	AGR		1100	1200	1500 ³	³
	LWR		-	150	150 ³	
	SBR					
Dänemark		0,2	0	0	0	0

¹ TSM : Tonnen Schwermetall.

² Siehe Tabelle IV, Fußnote³ und ⁴.

³ Angaben liegen nur bis 2005 vor.

⁴ Entladung soll 1991 abgeschlossen sein.

⁵ Diese Angaben beziehen sich auf im Betrieb befindliche Reaktoren und sagen nichts aus über Entscheidungen zur Zukunft des SBR.

⁶ Erste Zeile : In Betrieb befindliche Kraftwerke mit Ersetzung der stillgelegten alten Kraftwerke.
Zweite Zeile : idem, ohne Ersetzung

* LWR: Leichtwasserreaktor
GGR: Gas-Graphit-Reaktor
AGR: Fortgeschrittener gasgekühlter Reaktor
SBR: Schneller Brutreaktor

TABELLE X

**MIT DER ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE
IN DEN MITGLIEDSTAATEN DER GEMEINSCHAFTEN BEAUFTRAGTE EXEKUTIVEORGANE**

(Abkürzungen s. Anhang)

Land	Exekutivorgan	Abfall- konditionierung	Festlegung von Qualitäts- anforderungen und -Kriterien	Qualitäts- kontrolle	Standortstudien, Auslegung, Bau und Verwaltung der Endlager	Studien über Entsorgungs- strategien	Abfall- transport	Zwischenlagerung ausserhalb der Abfall- produzierenden Anlagen
Belgien	ONDRAF/ NIRAS staatlich gegr. 80-81	In Ergänzung zu den industriellen Betreibern	X	X	X	X	X	X
Dänemark	Das staatliche Laboratorium von RISØE übernimmt im Einvernehmen mit dem staatlichen Gesundheitsamt die Sammlung und Lagerung radioaktiver Abfälle aus Krankenhäusern und Industrie. Aufsichtsbehörde für kerntechnische Anlagen							
Deutschland	BfS - Die Aufgabe "Abfälle" wurde der Bundesanstalt 1976 übertragen	- (Aufgabe der Industrie)	X BfS	X BfS	X (DBE handelt im Auftrag des BfS)	X	Durch die Industrie mit Genehmigung des BfS	Durch die Industrie und/oder Landessammelstellen
Frankreich	ANDRA staatlich gegr. am 07.11.79	- (Aufgabe der Industrie)	X	X	X	X	X (zum Teil)	
Spanien	ENRESA* staatlich gegr. 1984	X (unter bestimmten Umständen)	X	X	X	X	X	X
Griechenland	Die Entsorgung und Lagerung werden von den zuständigen Ministerien in Zusammenarbeit mit der Atomenergiekommission und dem Forschungszentrum Demokritos durchgeführt.							

* auch für abgebrannten Brennstoff

TABELLE X (Fortsetzung)

**MIT DER ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE
IN DEN MITGLIEDSTAATEN DER GEMEINSCHAFTEN BEAUFTRAGTE EXEKUTIVEORGANE**

(Abkürzungen s. Anhang)

Land	Exekutivorgan	Abfall- konditionierung	Festlegung von Qualitäts- anforderungen und -Kriterien	Qualitäts- kontrolle	Standortstudien, Auslegung, Bau und Verwaltung der Endlager	Studien über Entsorgungs- strategien	Abfall- transport	Zwischenlagerung ausserhalb der Abfallproduzierenden Anlagen
Irland	Nach dem "Statutory Instrument 166/1977" ist das "Nuclear Energy Board" für die Regelung der Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle aus Industrie, Forschungslaboratorien und Krankenhäusern verantwortlich.							
Italien	NUCLECO* <u>halbstaatlich</u> gegr. 1981	Abfallerzeuger (ENEA & ENEL) und NUCLECO	ENEA-DISP (Direktion für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz)	ENEA-DISP	Verwaltung der Lager	ENEA	Gewerbliche Unternehmen (unter Aufsicht von ENEA-DISP)	X (für Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung)
Niederlande	COVRA <u>privat</u> gegr. Dez. 1982	X **	X	X			X**	X****
Portugal	Für die Sammlung, Verpackung und Lagerung der nuklearen Abfälle aus Forschung, Krankenhäusern und Industrie sorgt die Abteilung für Strahlenschutz und strahlensicherheit des Laboratorio Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (LNETI) in Sacavem. Nationale zuständige Behörden sind die Generaldirektion für primäre Gesundheitsvorsorge des Bundesministeriums (Gesetzvertretende Verordnung nr. 348/89 vom 12. Oktober 1989) und das Amt für nukleare Sicherheit und Schutz des Umweltministeriums (Gesetzvertretende Verordnung nr. 425/91 vom 30. Oktober 1991).							
Vereinigtes Königreich	UK NIREX Ltd gegr. Juli 1982 und 1985 in eine GmbH in staatlichem Besitz umgewandelt	Abfallerzeuger	X***	X***	X***	Abfallerzeuger	Kerntechnische Betreiber	BNFL, AEA NE, SN

- * Nur für schwach und mittelaktive Abfälle (Abfallverarbeiter für Konditionierungen).
- ** Bei Zwischenlagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen.
- *** Nur für schwach und mittelaktive Abfälle und Alpha-Abfälle.
- **** Neue Anlagen zur Zwischenlagerung und Behandlung schwach und mittelaktiver Abfälle werden derzeit gebaut und dürften 1991 bzw. 1992 fertig gestellt sein.
- X Aufgabe, die von dem Exekutivorgan erfüllt wird.

TABELLE XI

JÄHRLICHE FuE-AUSGABEN AUF DEM GEBIET DER
RADIOAKTIVEN ABFÄLLE

Mio ECU

	1987 ¹	1990
BELGIEN	9,5	11,0
DÄNEMARK	0,6	0,3
FRANKREICH	48,0 ⁽¹⁾	85,0
DEUTSCHLAND	55,0	57,0
GRIECHENLAND	0,1	0,1
IRLAND	0,0	0,0
ITALIEN	10,0	5,0
LUXEMBURG	0,0	0,0
NIEDERLANDE	4,3	3,6
PORTUGAL	0,1	0,1
SPANIEN	4,5	7,5
VEREINIGTES KÖNIGREICH	56,0	63,0
KEG	15,0	20,0

⁽¹⁾ nur CEA

¹ Quelle : The nuclear fuel cycle : Review on R&D policies in the Member States of the European Community - EUR 12380 (1987)

TABELLE XII

HOCHDRUCKPRESSEN IN DEN EG-MITGLIEDSTAATEN*

(in Betrieb oder in Auftrag gegeben)

Land und Standort	Typ	Maximale Kraft	Abfallstrom	Volumenverringerng ¹
FRANKREICH <u>Endlager</u> Centre de l'Aube	Stationär	1000t	Versch. SAA	2-5
<u>Wiederaufarbeitungsanlagen</u> La Hague AD2	Stationär	1500t	Versch. SAA	2-16
<u>Kernkraftwerk</u> Bugey	Stationär	2000t		
DEUTSCHLAND <u>Kraftwerk</u> Brunsbüttel	Mobil	2000t	Versch. SAA (180-Liter Fässer)	3-4
<u>Forschungszentrum</u> Karlstein und Karlsruhe	Stationär	1500t	Versch. SAA (180-Liter Fässer)	3-10
<u>Gesellschaft für Nuklear Service</u> Essen, verschiedene	Mobil	1500t	Versch. SAA (220-Liter Fässer)	3-10
ITALIEN <u>Forschungszentrum/</u> <u>Abfallbehandlungs-</u> <u>unternehmen</u> Casaccia	Stationär	1500t	Versch. SAA Versch. SAA	3-6
Nucleco, verschiedene	Mobil	2000t	(220-Liter Fässer)	3-6
NIEDERLANDE <u>Forschungszentrum/</u> <u>Abfallbehandlungs-</u> <u>unternehmen</u> Petten	Stationär	1500t	Versch. SAA (100-Liter Fässer)	5-10
SPANIEN Verschiedene	Mobil	1200t	Versch. SAA	3-6
VEREINIGTES KÖNIGREICH Drigg	Stationär	-	Versch. SAA	-
Dounreay	Mobil	2000t	Versch. SAA	5-10
BELGIEN	Mobil Stationär	- 1995 Betriebsbereit	Versch. SAA	-

¹ Abhängig von physikalischer Ursprungsform des Abfalls. Die niedrigeren Werte beziehen sich auf vorkompaktierte Stoffe.

TABELLE XIII

GROSSTECHNISCHE VERBRENNUNGSANLAGEN IN DEN EG-MITGLIEDSTAATEN*

(in Betrieb oder in Auftrag gegeben)

Land und Standort	Stand	Abfallstrom	Auslegungs- kapazität
BELGIEN Mol	In Betrieb	Feste schwachaktive Beta-Gamma Abfälle + kleinere Mengen Flüssigabfälle	80 kg/h
id	Ersetzt vorangehende Anlage	Idem + begrenzte Menge sehr schwachaktiver Alpha-Abfälle	80 kg/h
FRANKREICH Marcoule	In Auftrag gegeben	Versch. Festabfälle	80 kg/h
Fontenay-aux-Roses	In Betrieb	Tierkadaver	50 kg/h
Pierrelatte	"	Öl und Lösungsmittel	70 kg/h
Cadarache	"	Verbrauchte Lösungsmittel	30 kg/h
"	"	Pu-kontaminierte Festabfälle	30 kg/h
Grenoble	"	Organische Produkte	15 kg/h
DEUTSCHLAND Karlsruhe	In Betrieb	Alpha-Festabfälle	50-60 kg/h
"	"	Versch. Festabfälle (Beta/Gamma)	50 kg/h
"	"	Flüssigabfälle	50 kg/h
Jülich	"	Schwachaktive Flüssigabfälle	20 kg/h
"	"	Schwachaktive Festabfälle	50 kg/h
SPANIEN El Cabril	In Auftrag gegeben	Schwachaktive Abfälle, hauptsächlich organische und biologische Abfälle	50 kg/h
VEREINIGTES KÖNIGREICH Hinkley Point und Wylfa	In Betrieb	Versch. Festabfälle Kontaminiertes Öl	75 kg/h 20/30 l/h
Harwell	"	Schwachaktive Festabfälle	136 kg/h
Dounreay	"	Hauptsächlich Festabfälle	3000 m ³ /y

TABELLE XIV

**ZWISCHENLAGERUNG SCHWACH- UND MITTEL-RADIOAKTIVER ABFALLGEBINDE
IN DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT**

Land	Lager vor Ort	Zentrales Lager	Anmerkungen
Spanien	ja	ja	Die El Cabril-Anlage sollte zunehmend noch am Entstehungsort gelagerte Abfallgebinde aufnehmen.
Niederlande	ja (vorläufig)	ja	Das Zwischenlager Borssele ist sowohl für die Aufnahme von Reaktor- als auch Wiederaufarbeitungsabfällen ausgestattet.
Belgien	nein	ja	Alle in Belgien anfallenden Abfallarten werden in Mol/Dessel gelagert. Eine Erweiterung der Gebäudekapazität zur Lagerung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung soll 1993 abgeschlossen sein.
VK	ja	nein	Die Zwischenlagerung betrifft nur solche Abfallarten, die den Endlagerungskriterien für das oberflächennahe Lager Drigg nicht entsprechen.
Frankreich	ja	ja (für SAA von kleinem Verursachern)	Wie im VK betrifft die Zwischenlagerung nur solche Abfallarten, die nicht in einem oberflächennahen Lager endgelagert werden können ("Centre de la Manche" und "Centre de l'Aube").
Deutschland	ja	ja (Anlagen Gorleben und Mitterteich)	Sobald ein Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle zur Verfügung steht, werden nur noch zentrale Zwischenlager betrieben.
Italien	ja	nein	
Portugal	nein	ja	
Griechenland	nein	ja	
Dänemark	nein	ja	

TABELLE XV

**ZWISCHENLAGERUNG VERGLASTER HOCHAKTIVER ABFÄLLE
IN DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT**

Land	Anlagen	(vorhandene Kapazität in m ³)	Dauer der Zwischenlagerung	Inbetriebnahme
Frankreich	Marcoule	440	30 J	1978
	La Hague	160 900 720	30 J	1996 Juni 1989 1996
VK	Sellafield	1200	mindestens 50 J	Februar 1991
Belgien	Dessel			
	1) Eurochemic 2) La Hague	250 75	mindestens 30 J mindestens 50 J	1986 1993
Niederlande	Borsele	60	100 J	2000
Deutschland	Gorleben	noch festzulegen	mindestens 15-20 J	noch nicht festgelegt
Spanien	- ¹		40 J	- ²
Italien	- ³		-	1994

¹ Wird zur Jahrhundertwende festgelegt.

² Verglaste Abfälle werden nach 2010 zurückgeholt.

³ Die verglasten Abfälle von ENEL werden wahrscheinlich in einem stillgelegten Kraftwerk gelagert.

TABELLE XVI

LAGERKAPAZITÄTEN FÜR ABGEBRANNTEN BRENNSTOFF
(TONNEN SCHWERMETALL)

Land	Jahr		
	1990	1995	2000
Belgien	1350	1350	1350*
Deutschland	**** 3000	**** 3000	**** 3000
Spanien***	1950	4030	4170
Frankreich*****	13000	20400	21000
Italien	590	590	580
Niederlande	0	0	0
Vereinigtes Königreich	8.300	8.300**	8.300**

-
- * Kapazitätserweiterung wird geprüft.
 ** Über diesen Zeitpunkt hinaus wird zusätzliche Kapazität nach Bedarf bereitgestellt.
 *** Zusätzliche volle Kernentladungskapazität vorhanden.
 **** Zentrallager.
 ***** Einschließlich Wiederaufarbeitungsanlagen und Kraftwerke.

KOM(93) 88 endg.

DOKUMENTE

DE

15

Katalognummer : CB-CO-93-109-DE-C

ISBN 92-77-53528-8

Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften
L-2985 Luxemburg