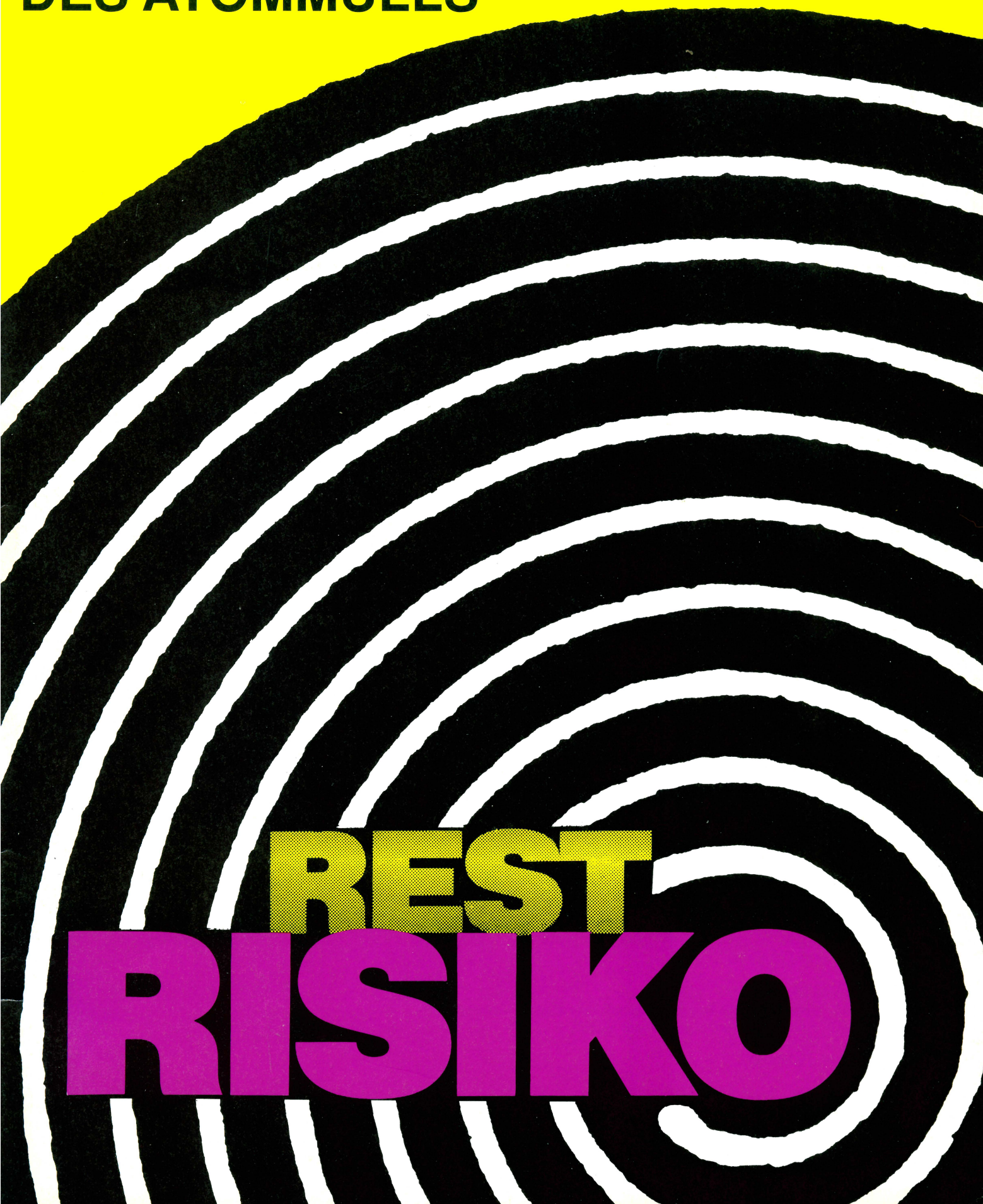


Nr.7 · Juni 1991

GREENPEACE

Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in La Hague und Sellafield

DIE UNGEORDNETE BESEITIGUNG DES ATOMMÜLLS



**REST
RISIKO**

Herausgegeben von:
Greenpeace e.V.
Vorsetzen 53 • 2000 Hamburg 11
Telefon: 040 / 311 86-0

Zweigbüro Berlin:
Hannoversche Str. 1 • 1040 Berlin
Tel. (Ost): 28 28340
Tel. (West): 030 / 312 63 96

Verantwortlich: Mona Rulfs
Redaktionelle Überarbeitung: Beatrix Stöpel, Mona Rulfs
Graphik, DTP + Gesamtgestaltung: Barbara Geibel
Litho: RÖLA, Hamburg
Druck: Grandt, Hamburg
Auflage: 7.000
Stand: Juni 1991
Hergestellt aus 100% Umweltschutzpapier (Nur Umschlag holzfrei weiß)

Die Benutzung des Titels "Restrisiko" erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Elternvereins Restrisiko e.V., Wiesbaden, der eine 14tägig erscheinende Zeitschrift mit gleichem Titel herausbringt.

REST RISIKO

**Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in
La Hague und Sellafield**

DIE UNGEORDNETE BESEITIGUNG DES ATOMMÜLLS

Autoren:

Dipl.-Ing. Ulrich Deppe
Ulrike Fink von Rabenhorst
Dr. Helmut Hirsch
Dipl.-Phys. Wolfgang Neumann
Alle: Gruppe Ökologie Hannover

unter Mitarbeit von:

Dr. Thomas Einfalt, Paris
freier Mitarbeiter der Gruppe
Ökologie Hannover

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	3
I. Statt klarer Konzepte - viele offene Fragen	5
Welche Abfallarten kommen überhaupt zurück?	5
In welcher Form kommen die Abfälle zurück?	5
Die "Spezifikationen" radioaktiver Abfälle	6
Verglasung hochaktiver Abfälle in La Hague	7
Zementierung von Hülse und Strukturteilen	7
Bituminierung radioaktiver Schlämme	8
Zementierte technologische Abfälle	9
Abfallbehandlung in Sellafield	10
"Altlasten" in La Hague und Sellafield	10
Welche Abfallmengen müssen zurückgenommen werden?	11
Werden angemessene Kontrollen der rückgeführten Abfälle möglich sein?	11
Ist die Einhaltung deutscher Endlagerbedingungen für die Wiederaufarbeiter überhaupt vorgeschrieben?	13
Können die Abfälle durch Nachkonditionieren in eine akzeptable Form gebracht werden?	14
Was geschieht, wenn keine Einigung über die Abfallform erzielt wird?	15
II. Fazit	17
Geordnete Beseitigung?	17
Endlagerung nur im Inland?	17
Nach dem Transnuklear/MOL-Skandal - klüger durch Erfahrung?	17
III. Anhang 1: "Altlasten" in La Hague	19
Gesamteindruck	19
1. Hülse und Strukturteile von Leichtwasser-Reaktor-Brennstoff	19
2. Schlämme aus der Abwasserreinigung	19
3. Strukturabfälle von Gas-Graphit-Reaktoren	20
4. Harze aus der Beckenwasserreinigung	20
IV. Anhang 2: Produktkontrolle bei radioaktiven Abfällen	21
Verfahrensqualifikation	21
Stichprobenüberprüfungen an Abfallgebinden	22
V. Anhang 3: die Pilot-Konditionierungsanlage	23
Aufgaben der Anlage	23
Kurze Anlagenbeschreibung	24
Bearbeitung der Wiederaufarbeitungs-Abfälle in der PKA	24
Auswirkungen und Störfälle	25
Auslastung der PKA	26
Zusammenfassung	26
Quellennachweis	27
Abkürzungsverzeichnis	28
Korrekturhinweis	28

EINLEITUNG

Seit den frühen 70er Jahren wird abgebrannter Kernbrennstoff aus Deutschland zur Wiederaufarbeitung ins Ausland gebracht. Wer die Risiken des Abtransportes gering schätzt und die radioaktive Umweltbelastung durch Wiederaufarbeitungsanlagen jenseits der eigenen Grenzen in Kauf nimmt, mag das als ein glücklich gelungenes Abschieben von Problemen in andere Staaten betrachten.

Diese Abschiebepolitik wird sich freilich ab 1994 als Bumerang erweisen. Dann nämlich soll die Rücklieferung von verglasten, hochaktiven Abfällen aus La Hague in Frankreich nach Deutschland beginnen. Weitere Abfallarten sowie radioaktive Abfälle aus Sellafield in England folgen in den Jahren danach.

Keine Rücknahmeverpflichtung für die Abfälle, die bei der Wiederaufarbeitung deutscher Kernbrennstoffe im Ausland produziert wurden, besteht bei Kernbrennstoffen, die vor 1977 nach Frankreich (rund 100 Tonnen) bzw. vor 1973 nach Großbritannien (12 Tonnen) geliefert wurden /1/. Ebenso wenig besteht diese Rücknahmeverpflichtung für Abfälle bei jenen rund 240 Tonnen Kernbrennstoff aus den Kernkraftwerken Rheinsberg und Greifswald in der ehemaligen DDR, die bis 1985 in die Sowjetunion verbracht wurden /2/. Inwieweit diese letztgenannten Brennstoffe bisher überhaupt wiederaufgearbeitet wurden, ist unbekannt.

Die Rücknahmeverpflichtung gilt jedoch für alle anderen Abfälle aus La Hague und Sellafield - egal, ob ihre Wiederaufarbeitung durch "Altverträge" (bis 1989 abgeschlossen) oder "Neuverträge" (ab 1990 abgeschlossen) geregelt wird. Die Altverträge laufen in La Hague bis 1998 und umfassen insgesamt 4.615 Tonnen. Rund 1.600 Tonnen davon wurden bereits aufgearbeitet. In Sellafield gilt der Vertrag bis ins Jahr 2002 und betrifft 884 Tonnen, von denen noch nichts aufgearbeitet wurde /3/. Die daran anschließenden Neuverträge werden verbindlich bis 2005 abgeschlossen, mit Optionen bis 2015. Sie umfassen praktisch sämtliche Brennelemente, die in Deutschland anfallen - das sind rund 500 Tonnen pro Jahr /1/. Etwa zwei Drittel davon sollen nach La Hague, ein Drittel nach Sellafield gebracht werden.

Die Abfallmengen, die bei Wiederaufarbeitung in derart großem Maßstab produziert werden und zurückgenommen werden müssen, sind gewaltig: Die Wiederaufarbeitung liefert mit Abstand den größten Beitrag zur Atomüll-Entsorgungsmisere. 96 bis 97 Prozent aller in den Jahren 1991 bis 2000 in Deutschland (alte Bundesländer) anfallenden wärmeentwickelnden radioaktiven Abfälle stammen aus der Wiederaufarbeitung, so hat das Bundesamt für Strahlenschutz errechnet. "Wärmeentwickelnd" sind sowohl hochaktive als auch der stärker aktive Teil der mittelaktiven Abfälle - diese Abfallkategorie enthält den Löwenanteil der Radioaktivität. Bei den nicht-wärmeentwickelnden Abfällen werden 1991 bis 2000 immer-

hin auch 40 bis 50 Prozent der anfallenden Volumina auf die Wiederaufarbeitung entfallen /4/. Zahlen für Gesamtdeutschland, die die neuen Bundesländer mit berücksichtigen, sind nicht verfügbar - eindeutige Prognosen können zur Zeit nicht durchgeführt werden. (Das Bild wird aber kaum wesentlich von jenem für die alten Bundesländer abweichen.)

Nachdem in der letzten Ausgabe von RESTRISIKO (Nr. 6) vor allem die Wiederaufarbeitungsanlage La Hague genauer unter die Lupe genommen wurde, ist diese Ausgabe den Wiederaufarbeitungsabfällen gewidmet. Dabei konzentrieren wir uns wieder in erster Linie auf La Hague. Zum einen hat diese Anlage bisher eine erheblich größere Rolle bei der "Entsorgung" deutscher Brennelemente gespielt als Sellafield und wird dies auch in Zukunft tun. Zum anderen werden zu Sellafield 1991 von Greenpeace außerhalb der Reihe RESTRISIKO zwei Berichte veröffentlicht, auf die wir verweisen können /5,6/.

Kasten 1:

AUSZUG AUS DEM DEUTSCHEN ATOMGESETZ

§ 9a Verwertung radioaktiver Reststoffe und Beseitigung radioaktiver Abfälle

(1) Wer Anlagen, in denen mit Kernbrennstoffen umgegangen wird, errichtet, betreibt, oder sonst innehat, wesentlich verändert, stilllegt oder beseitigt, außerhalb solcher Anlagen mit radioaktiven Stoffen umgeht oder Anlagen zur Erzeugung ionischer Strahlen betreibt, hat dafür zu sorgen, daß anfallende radioaktive Reststoffe sowie ausgebaute oder abgebaute radioaktive Anlagenteile

1. den in § 1 Nr. 2 bis 4 bezeichneten Zwecken entsprechend schadlos verwertet werden oder,
2. soweit dies nach dem Stand von Wissenschaft und Technik nicht möglich, wirtschaftlich nicht vertretbar oder mit den in § 1 Nr. 2 bis 4 bezeichneten Zwecken unvereinbar ist, als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden.

(2) Wer radioaktive Abfälle besitzt, hat diese an eine Anlage nach Absatz 3 abzuliefern. Dies gilt nicht, soweit Abweichendes durch eine auf Grund dieses Gesetzes erlassene Rechtsverordnung bestimmt oder auf Grund dieses Gesetzes oder einer solchen Rechtsverordnung angeordnet oder genehmigt worden ist.

(3) Die Länder haben Landessammelstellen für die Zwischenlagerung der in ihrem Gebiet angefallenen radioaktiven Abfälle, der Bund hat Anlagen zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle einzurichten. Sie können sich zur Erfüllung ihrer Pflichten Dritter bedienen

Die "geordnete Beseitigung" von radioaktiven Abfällen:

In dem "Entsorgungsparagraphen" 9a des deutschen Atomgesetzes stehen zwei Begriffe im Mittelpunkt: die "schadlose Verwertung" und die "geordnete Beseitigung" (siehe Kasten).

Was beim Betrieb kerntechnischer Anlagen an radioaktiven Produkten anfällt, für die zunächst keine weitere Verwendungsmöglichkeit besteht, gilt erstmal grundsätzlich als radioaktiver Reststoff. Reststoffe sind "schadlos zu verwerten" - soweit dies nach dem Stand von Wissenschaft und Technik möglich ist, ferner wirtschaftlich zu vertreten und mit dem Schutzzweck des Atomgesetzes zu vereinbaren ist. Ist eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt, muß der Reststoff als radioaktiver Abfall betrachtet werden, für den die "geordnete Beseitigung" vorgeschrieben ist.

Für die schadlose Verwertung ebenso für die geordnete Beseitigung ist der Abfallverursacher zuständig. Die "Beseitigung" schließt dabei die Endlagerung nicht ein: für diese ist der Bund zuständig (bisher noch; nach den neuesten Plänen der Bundesregierung ist hier eine Änderung zu erwarten). Zur Beseitigung, und damit zum Verantwortungsbereich des Verursachers, gehört jedoch

auf jeden Fall die "endlagergerechte Vorbehandlung und Konditionierung der radioaktiven Abfälle". Das bedeutet, daß die Abfälle die Bedingungen erfüllen müssen, die der Bund als Betreiber für die Annahme von Abfällen in solchen Lagern aufstellt /7/.

Im Falle der Wiederaufarbeitung gelten abgebrannte Brennelemente als radioaktive Reststoffe, die in der Wiederaufarbeitungsanlage schadlos verwertet werden sollen. Bei dieser Verwertung entsteht neben den Produkten Plutonium und Uran - von denen letzteres bisher allerdings kaum erneut als Kernbrennstoff genutzt wird - eine Vielzahl verschiedener Abfälle. Diese gelten auch als radioaktive Abfälle im rechtlichen Sinne und müssen geordnet beseitigt werden.

Die "Verwertung" abgebrannter Kernbrennstoffe in La Hague und auch in Sellafield kann kaum als "schadlos" bezeichnet werden - wie bereits im RESTRISIKO Nr. 6 deutlich gemacht.

Inwieweit kann bei den Wiederaufarbeitungsabfällen von einer "geordneten Beseitigung" gesprochen werden? Ist ihre "Entsorgung" überhaupt sichergestellt? Mit diesen Fragen wird sich diese Ausgabe von RESTRISIKO im folgenden näher befassen.



Defekte Fässer im Zwischenlager Gorleben, die hier gar nicht hätten angenommen werden dürfen - eine Facette der deutschen Entsorgungsmisere. Quelle: dpa

STATT KLARER KONZEPTE - VIELE OFFENE FRAGEN

I.

Welche Abfallarten kommen überhaupt zurück?

Diese Frage wurde bereits in zahlreichen Veröffentlichungen und Verlautbarungen behandelt. Eine Reihe von Auflistungen liegt vor; der neueste Stand (für die Altverträge) ist der ersten Spalte von Tabelle 1 zu entnehmen, veröffentlicht von der Gesellschaft für Nuklear-Service, Hannover.

Selbst dieser grundlegende Punkt ist jedoch nicht vollständig geklärt. Die Wiederaufarbeitungsverträge - soweit wir aus den uns vorliegenden Beispielen schließen können - enthalten nämlich nur beispielhafte, aber keine vollständigen Aufzählungen der Abfallkategorien, die zurückgenommen werden müssen. Auch diese beispielhaften Zusammenstellungen sind dann teilweise noch sehr allgemein formuliert. In dem "Mustervertrag" (Vorlage für Wiederaufarbeitungs-Neuverträge) der COGEMA vom 9. Januar 1990 heißt es etwa zu den unbehandelten Abfällen, die dem Kunden zugeteilt werden (/8/, übersetzt von der Gruppe Ökologie):

"Solche Abfälle sollen folgende Kategorien einschließen, ohne auf sie begrenzt zu sein:

- a) feste Abfälle wie Hülsen, Kästen und andere mechanische Strukturteile der Brennelemente;*
- b) flüssige Abfälle hoher Aktivität, wie etwa Spaltproduktkonzentrate;*
- c) flüssige Abfälle und Schlämme; Ionenaustauscher;*
- d) oder andere Container, die technologische Abfälle und Filter enthalten."*

Fast genauso ist die entsprechende Klausel in Altverträgen der COGEMA formuliert, die für die späten 70er und die 80er Jahre geschlossen wurden (/9/.

Verträge der Sellafield-Betreiberin British Nuclear Fuels Limited (BNFL) gehen von einer etwas abweichenden Systematik bei der Abfallklassifizierung aus, enthalten aber ebenfalls nur beispielhafte Aufzählungen (/10/.

Unliebsame Überraschungen sind also nicht ausgeschlossen. Vielleicht wird in einigen Jahren klar, daß noch zusätzliche Abfallkategorien zurückgenommen werden müssen. Eine Prüfung der bisher vorliegenden Abfallspezifikationen und Listen rückzunehmender Abfälle gibt tatsächlich Hinweise auf Lücken. Zum Beispiel ist aus diesen Angaben nicht ersichtlich, in welcher Form TBP/Kerosin-Abfälle (Abfälle mit radioaktiv kontaminierten, organischen Verbindungen wie den Lösungsmitteln Tri-

butylphosphat und Kerosin) aus La Hague oder mit Plutonium kontaminierte Materialien aus Sellafield abgedeckt sind.

Tabelle 1:

Zurückzunehmende Abfallmengen aus den Wiederaufarbeitungs-Altverträgen Stand: September 1990 /3/		
Abfallkategorie	Abfallvolumina	Gebindezahl
COGEMA (4.615 t Uran)		
Verglaste hochaktive Abfälle	620 m ³	3460 Kokillen
Zementierte Hülsen und Strukturteile	3.320 m ³	1850 Fässer
Bituminierte Schlämme	13.500 m ³	3460 Container
Zementierte technologische Abfälle, hoher Alpha-Gehalt	28.100 m ³	3230 Container
Zementierte technologische Abfälle, niedriger Alpha-Gehalt	23.580 m ³	35200 Fässer
BNFL (884 t Uran)		
Verglaste hochaktive Abfälle	110 m ³	600 Kokillen
Zementierte Hülsen, Strukturteile und Klärschlämme	635 m ³	1025 Fässer
Zementiertes Karbonat und Crud	100 m ³	78 Gußbehälter
Kompaktierte schwachaktive Abfälle	6.750 m ³	620 Container
Insgesamt handelt es sich um 3.850 m ³ wärmeentwickelnde und 65.180 m ³ nicht-wärmeentwickelnde Abfälle von COGEMA, sowie 750 m ³ wärmeentwickelnde, und 6.930 m ³ nicht-wärmeentwickelnde Abfälle von BNFL.		

In welcher Form kommen die Abfälle zurück?

Abbildung 1 in RESTRISIKO Nr. 6 stellt bereits die radioaktiven Abfälle dar und gibt die jeweiligen Mengen pro Tonne aufgearbeiteten Kernbrennstoffs an, die bei der Wiederaufarbeitung in La Hague anfallen. Tabelle 1 dieser Ausgabe listet nun die neusten Zahlenwerte auf, die gemäß den Wiederaufarbeitungs-Altverträgen nach Angaben der Nuklearindustrie für die einzelnen Abfallkategorien zu erwarten sind. Sie entsprechen weitgehend den Angaben in RESTRISIKO Nr. 6. Die Volumina an bituminierten, also in asphaltähnliche Substanzen gebundenen, mittelaktiven Abfällen bzw. technologischen Abfällen mit hohem Gehalt an Alpha-Strahlern sind allerdings gemäß Tabelle 1 erheblich größer als nach Abbildung 13

von RESTRISIKO Nr. 6. Der Grund dafür ist, daß in dieser Abbildung die Volumina auf unverpackte Fässer bezogen sind, während in Tabelle 1 davon ausgegangen wird, daß je vier bzw. je zwei Fässer dieser beiden Abfallarten nochmals in einen Container gepackt werden. Dadurch vergrößert sich das Volumen.

Tabelle 1 zeigt im übrigen einmal mehr, in welchem Ausmaß Wiederaufarbeitung die Menge radioaktiver Abfälle vergrößert. Aus einer Tonne Brennstoff (Netto - Volumen: etwa 0,5 Kubikmeter; zur direkten Endlagerung verpackt, beträgt das Brutto -Volumen etwa 2,3 Kubikmeter /12/) entstehen in La Hague 15 Kubikmeter radioaktive Abfälle, in Sellafield 8,6 Kubikmeter. (Die Ursachen für die Diskrepanz zwischen den beiden Anlagen sind unbekannt und verstärken die Zweifel an der Vollständigkeit der offiziellen Auflistungen - möglicherweise sind die aus Sellafield bisher vorliegenden Angaben besonders lückenhaft.)

Die "Spezifikationen" radioaktiver Abfälle

Die Wiederaufarbeitungsabfälle werden - dies ist in den Verträgen festgelegt - durch "Spezifikationen" beschrieben. Darin werden, für jede Abfallkategorie separat, die wichtigsten Eigenschaften festgehalten (Gewicht, chemische Zusammensetzung, Beschreibung der Behälter, Radionuklidgehalt, Wärmeleistung, Auslaugrate, Strahlenbeständigkeit u.a.m.). Diese Angaben haben den Charakter von Durchschnitts- oder Richtwerten. Für einige Bestimmungsgrößen werden weiterhin Grenzwerte angegeben, die auf jeden Fall eingehalten werden müssen (sogenannte "garantierte Parameter"). Die wohl wichtigste

Angabe dabei bezieht sich auf den Radionuklidgehalt. Schließlich werden auch die Konditionierungsverfahren kurz beschrieben und die Prinzipien der Qualitätskontrolle festgehalten.

Die Spezifikationen müssen von den zuständigen französischen bzw. britischen Behörden im Zuge des Genehmigungsverfahrens für die jeweilige Abfallbehandlungsanlage akzeptiert werden. Weiterhin werden sie den Kunden (d.h. den Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die wiederaufarbeiten lassen) übergeben. Die Kunden müssen sie der zuständigen deutschen Behörde (Bundsumweltministerium, BMU) vorlegen, die sich innerhalb von zwei Jahren nach Übergabe der Endfassung äußern muß, ob die Spezifikation akzeptiert wird oder nicht.

In Tabelle 2 ist die Situation bei den Abfall-Spezifikationen kurz zusammengefaßt. Wie daraus ersichtlich, lag bis Januar 1991 lediglich die Zustimmung des BMU zu den Spezifikationen für hochaktive, verglaste Abfälle aus La Hague vor. Die Beurteilung der anderen Abfallspezifikationen befindet sich noch in Vorbereitung. Für die bituminierten Abfälle aus La Hague liegt die endgültige Form noch gar nicht vor. (Die interessante Frage, was geschieht, wenn die deutsche Seite Spezifikationen nicht akzeptiert, wird weiter unten behandelt.)

Soviel zum Formalismus. Wie aber sieht die Realität der Abfallbehandlung aus? Bei den wichtigsten Abfallkategorien bestehen noch viele ungelöste Probleme, und zahlreiche Entwicklungsarbeiten sind erforderlich. Die Spezifikationen werden sich wahrscheinlich noch wesentlich ändern - auch jene für verglaste Abfälle.

Tabelle 2:

Status der Spezifikationen für die Wiederaufarbeitungsabfälle aus La Hague und Sellafield Stand: Januar 1991 /11/				
Abfallkategorie	Stand	Status der Spezifikation	Behördliche Stellungnahme	
			Frankreich	Bundesrepublik Deutschland
COGEMA				
Verglaste hochaktive Abfälle	7/1986	endgültig	akzeptiert	akzeptiert
Zementierte Hülsen und Strukturteile	3/1990	endgültig	akzeptiert	in Prüfung
Bituminierte Schlämme	1/1989	Entwurf	vorläufig akzeptiert	in Prüfung
Technologische Abfälle	1/1990	endgültig	akzeptiert	in Prüfung
BNFL				
Verglaste hochaktive Abfälle	3/1990	endgültig	akzeptiert	in Prüfung ¹⁾
Zementierte Abfälle ²⁾	3/1990	endgültig	akzeptiert	in Prüfung
Kompaktierte schwachaktive Abfälle	5/1990	endgültig	in Prüfung	in Prüfung
Fußnoten:				
¹⁾ Vorläufer der Spezifikationen wurden von deutscher Seite bereits positiv bewertet.				
²⁾ Beinhaltet: Hülsen, Strukturteile, Klärschlämme, Karbonat und Crud.				

Verglasung hochaktiver Abfälle in La Hague

Zur Verglasung vorgesehen sind die konzentrierten Spaltproduktlösungen aus der Uran- und Plutonium-Extraktion sowie Klärschlämme, die nach der Auflösung der Brennstoffe abgetrennt werden, und Abfalllösungen aus anderen Stufen des Wiederaufarbeitungsprozesses.

Der zu verglasende Abfall wird zunächst in einem Drehrohr-Ofen kalziniert (durch Erhitzen getrocknet). Der kalzinierte Abfall gelangt dann in einen elektrisch beheizten Schmelzofen, wo er mit Glaspulver gemischt wird. Bei Temperaturen über 1100 Grad Celsius entsteht eine radionuklidhaltige Glasschmelze. Diese wird chargenweise in Stahlbehälter, sogenannte Kokillen, gefüllt, die nach ihrer Abkühlung zugeschweißt werden.

Die erste Verglasungsanlage in La Hague, die zu UP2-800 (Usine de Plutonium 2-800) gehörige R7, wurde Mitte 1989 in Betrieb genommen*. Bei der praktischen Verwirklichung dieses Verfahrens tritt eine Reihe von Problemen auf, die bisher noch nicht im Griff sind. Dies ist unter anderem dem neuesten Fünfjahresplan für Forschung und Entwicklung des französischen Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) zu entnehmen /13/.

Die Probleme beginnen schon damit, daß zur Zeit nicht alle Abfälle verglast werden können, die gemäß Spezifikationen zur Verglasung bestimmt sind: Feedklärschlämme können zum Beispiel in der Verglasungsanlage R7 nicht behandelt werden, da noch Untersuchungen zur Glasstabilität nach Einbau der Schlammpartikel erforderlich sind.

Weiterhin bestehen Probleme mit der Korrosion des Schmelzofens durch flüchtige Stoffe wie vor allem Molybdän, Cäsium und Tellur; Probleme, die sich laut CEA als "wichtiger als vorhergesehen" /13/ erweisen könnten. Kritisch ist überdies der Wärmetransfer im Inneren des Schmelzofens. Durch Aufrühren der Schmelze mittels Einblasen von Stickstoff kann er verbessert werden. Dabei besteht jedoch ein fataler Zielkonflikt: Verbessertes Rühren führt gleichzeitig zu erhöhter Freisetzung flüchtiger Stoffe ins Abgas und damit auch zu verstärkter Korrosion. Der Spielraum für eine Weiterentwicklung des Verfahrens ist also eingeengt.

Andere betriebliche Probleme betreffen unter anderem das Betriebsverhalten der Rollenlagerung des Drehrohr-Kalzinator sowie die Haltbarkeit der Thermoelemente.

Beim Abkühlen des Glases entstehen Sprünge, die seine spätere Haltbarkeit herabsetzen. Der Fünfjahresplan des CEA fordert eine Verringerung dieser "Frakturierung".

Völlig ungelöst ist die Qualitätskontrolle der verglasten Produkte. Ein Konzept für die Kontrolle der Glasblöcke muß erst noch ausgewählt und dann erprobt werden. Möglichkeiten, aus der Glasschmelze Proben nehmen zu

können, müssen erst noch entwickelt werden. Dabei können sich Rückwirkungen auf das gesamte Schmelzverfahren ergeben.

Auch die bei dem derzeitigen Verfahren erreichten Temperaturen (1150 Grad Celsius bis 1200 Grad Celsius) werden vom CEA als problematisch angesehen. Um Material mit guter Qualität zu erzielen, seien höhere Temperaturen erforderlich.

Schließlich noch ein sehr wichtiger Punkt, der vom CEA wie folgt dargestellt wird (/13/, übersetzt von der Gruppe Ökologie):

"Zur Verbesserung der Dekontamination der Glasbehälter nach ihrer Füllung wird noch eine erhebliche Anstrengung unternommen werden müssen; die bei der Inbetriebnahme von R7 erhaltenen Ergebnisse machen es erforderlich, neue, leistungsfähigere Prozesse zu entwickeln."

Hinter dieser knappen Aussage verbergen sich nach unserer Einschätzung schwerwiegende Probleme. Die Kontamination der Kokillen muß sehr hoch sein, wenn der CEA es als erforderlich ansieht, neue Dekontaminationsverfahren zu entwickeln. Offensichtlich ist die Abdichtung der Kokillen während der Befüll- und Schmelzvorgänge unzureichend, so daß große Mengen radioaktiver Abgase in die Zelle gelangen, in der die Behälter stehen, und sich außen an den Behältern absetzen.

Der Verglasung kommt bei der Abfallbehandlung eine zentrale Stellung zu, da rund 98 Prozent der Gesamt-Radioaktivität aller Abfallströme in die Glaskokillen eingebracht werden sollen. Ausreichende Kontrollmöglichkeiten des Verfahrens sowie erstklassige Langzeitstabilität wären daher von besonderer Bedeutung. Nach einer Stellungnahme des Collège de la Prévention des Risques Technologiques, erstellt im Auftrag des französischen Industrieministeriums, ist die Glasmatrix langfristig weniger sicher (das heißt weniger auslaugbeständig) als die Urandioxid-Matrix des abgebrannten Kernbrennstoffes, wenn dieser direkt endgelagert wird /14/.

Zementierung von Hülzen und Strukturteilen

Bei den "Hülzen und Strukturteilen" handelt es sich um Reste von Brennelementen, die nach der Auflösung zurückbleiben. Auf diese Abfallkategorie entfallen rund 2 Prozent der Gesamt-Radioaktivität. Sie ist - wie die verglasten Abfälle - wärmeentwickelnd. Ihre Behandlung wurde bisher noch nicht praktiziert. Mit der Inbetriebnahme von UP3 1990/91 läuft sie im Anlagenteil T1 an.

Hierbei handelt es sich aber nur um ein Provisorium. Der Betrieb der Zementieranlage in T1 ist nur für 5 Jahre genehmigt. Danach muß das Verfahren entweder auf eine verbesserte Zementart (vor allem mit besserer Cäsium-Rückhaltefähigkeit) umgestellt werden; oder das Zementierungskonzept wird völlig aufgegeben, und die Hülzen und Strukturteile werden eingeschmolzen /13/. Das Schmel-

* Anmerkung: Der Plan der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague in RESTRI-SIKO Nr.6 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Anlagenteile.



Friedhof bei Sellafield. Aus einem Brief aus Cumbria, der Region um Sellafield, an die Deutschen und ihre Regierung: "Schicken Sie bitte keinen Atommüll mehr nach Sellafield, wir haben schon genug! Lagern Sie ihn irgendwie selber..." Quelle: Morgan/Greenpeace

zen ist ein völlig neues, unerprobtes Verfahren, dessen Einführung mit weiteren Verzögerungen verbunden wäre. Hochinteressant ist auch, daß trotz dieser noch völlig offenen Situation, von COGEMA den deutschen Kunden bereits endgültige Spezifikationen für diese Abfallkategorie, Hülsen und Strukturteile, vorgelegt wurden!

Zement enthält bekanntlich Wasser, das durch Strahlung zersetzt wird (sogenannte Radiolyse). Dabei entsteht Wasserstoff, ein Gas, das bei Konzentrationen von über vier Volumenprozent in Luft explosiv verbrennen kann. Die Bildung von Radiolyse-Gas in zementierten Hülsen und Strukturteilen scheint von den französischen Behörden nicht als besonderes Problem gesehen zu werden. Der CEA-Fünfjahresplan spricht lediglich davon, das Berechnungsmodell für das Aus-gasen aus den Abfallgebinden noch einer Verifikation zu unterziehen.

Insgesamt sechs verschiedene Varianten zur Behandlung von Hülsen und Strukturteilen wurden im Rahmen eines von der Kommission der Europäischen Gemeinschaft finanzierten Forschungsprogrammes betrachtet und gegenübergestellt. Beteiligt waren daran das CEA, das belgische Forschungszentrum Mol und die bekannte deutsche Firma NUKEM. Soweit aus dazu vorliegenden Berichten zu ersehen ist, gehen diese Arbeiten auf das Problem der Gasbildung bei verschiedenen Verfahren überhaupt nicht ein /15/.

Im Gegensatz dazu steht ein Bericht aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe, in dem immerhin angemerkt wird /16/:

"... die Freisetzung von gasförmiger Aktivität und von H_2 aus dem in Beton gebundenem Abfall während des Betriebes des Endlagers mag mit Nachteilen verbunden sein."

Die Wissenschaftler aus Karlsruhe wissen, wovon sie sprechen: Brennelementhülsen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe werden schon seit geraumer Zeit zementiert, und es wurden Messungen zur Gasfreisetzung unter kontrollierten Umständen durchgeführt. Bei einer Versuchszeit von 5,5 Jahren lag der Wasserstoffanteil in der Atmosphäre der Abfallfässer zwischen drei und vier Volumenprozent, nach Erwärmung auf 50 Grad Celsius bei über fünf Volumenprozent. Die Freisetzungsrate bei 90 Grad Celsius betrug nach 5,5 Jahren 1,7 Liter Wasserstoff pro Jahr (bezogen auf Normaldruck) /17, 18/.

Die Gasbildung nimmt mit der Zeit durch das Abklingen der Radioaktivität ab. Da diese Abfälle aber auch langlebige Alpha-Strahler enthalten, kommt sie auch im Verlauf von Zehntausenden von Jahren nicht völlig zum Erliegen. Durch diese Langzeit-Gasfreisetzung kann die Sicherheit des Endlagers nachhaltig beeinträchtigt werden.

Angeichts dieser Probleme ist das Zementieren von Hülsen und Strukturteilen keinesfalls ein akzeptables Behandlungsverfahren. Hier zeichnen sich möglicherweise Konflikte zwischen der deutschen und der französischen Seite ab: In Deutschland müssen die Probleme der Gasbildung aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse auch bei staatlichen Stellen doch ernster genommen werden, als dies in Frankreich der Fall zu sein scheint.

Bituminierung radioaktiver Schlämme

Auf die zu bituminierenden Abfälle - Schlämme aus der Abwasserreinigung - entfallen nur einige Hundertstelprozent der Gesamtaktivität. Die Schwierigkeit liegt hier in der komplexen chemischen Form, in der sie anfallen. Die erste Bituminierungsanlage in La Hague (in STE3) läuft

seit Mitte 1989. Wie die Verglasung ist auch die Bituminierung mit großen Problemen behaftet /13/:

Die Schwierigkeiten beginnen damit, daß es bisher nicht möglich war, ein Bitumen zu finden, das allen Anforderungen genügt. Der ursprünglich vorgesehene Typ R90/40 sollte mit 18,5 Terabecquerel (TBq, 10^{12} Bq) Radionukliden pro Gebinde beladen werden. 1986 wurde zum Typ 80/100 übergegangen, der bei niedrigeren Temperaturen eingesetzt werden kann (je höher die Temperatur bei der Bituminierung, desto größer die Gefahr unerwünschter chemischer Reaktionen). 80/100 neigt aber zum Aufblähen durch Radiolyse-Gase (wobei unter Umständen auch explosive Gasgemische entstehen können). Daher wurde bisher nur eine Beladung mit 3,5 TBq pro Gebinde genehmigt. 1990 wurde der Übergang auf einen neuen Bitumen-Typ empfohlen, um wieder 18,5 TBq pro Gebinde erreichen zu können. Die Mechanismen der Aufblähung müssen aber noch untersucht werden, da sie bisher nicht ausreichend verstanden sind.

Ein weiteres Problem des zur Zeit vorgesehenen Bitumens ist seine geringe Stabilität bei erhöhten Temperaturen. Schon bei 40 Grad Celsius tritt Erweichung ein. Die Anforderungen, die an die in Schacht Konrad einzulagernden Abfallprodukte nach den bisherigen Plänen gestellt werden, sind damit nicht erfüllt. Eine der Grundanforderungen des Bundesamtes für Strahlenschutz lautet, daß die Abfallprodukte in fester Form vorliegen müssen. Bei Gebirgstemperaturen zwischen 43 Grad Celsius und 53 Grad Celsius zwischen der 800 Meter-Sohle und der 1300 Meter-Sohle des Endlagerbergwerkes ist das bei diesem Bitumenprodukt nicht mehr gegeben /19/.

Die Bituminierungsanlage in La Hague ist zur Zeit nur im Probetrieb; es handelt sich, ebenso wie bei der Zementierung von Hülzen und Strukturteilen um ein Provisorium. Eine endgültige Inbetriebnahme kann frühestens Mitte 1993 erfolgen, falls das Problem der Bitumen-Qualität bis dahin gelöst sein sollte. In dieser Anlage gab es auch Probleme mit Korrosion und der Qualität der Werkstoffe. Nachdem zunächst der weitgehende Einsatz des korrosionsfesten, aber schwer zu verarbeitenden Metalles Zirkon vorgesehen war, mußte dann doch wieder auf stählerne Tanks zurückgegriffen werden (siehe RESTRI-SIKO Nr. 6).

Es ist fraglich, ob ein neuer Bitumen-Typ gefunden werden kann, der wesentlich bessere Eigenschaften aufweist als die bisher erprobten. Bei jedem Bitumen bleiben zwei unvermeidliche Probleme bestehen: (a) Brennbarkeit; (b) geringe Festigkeit. Das CEA faßt daher mittelfristig die Möglichkeit ins Auge, vom Bitumen ganz abzugehen und stattdessen Keramik oder Glas einzusetzen /13/. Damit würde der vorliegende Spezifikations-Entwurf für diese Abfallkategorie vollends zu Makulatur.

Zementierte technologische Abfälle

Jene Abfälle, die bei Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten in der Anlage anfallen, werden in Frankreich als "technologische Abfälle" bezeichnet. Solche Abfälle -

auf die insgesamt rund 0,03 Prozent der Radioaktivität entfällt - werden bereits seit Jahren in La Hague zementiert. Anfang 1990 ist die Behandlungsanlage AD2 in Betrieb gegangen, die UP2-800 und UP3 "bedienen" soll /20/.

Die Behandlung der technologischen Abfälle ist relativ einfach. Das Aktivitätsinventar ist ziemlich niedrig, und es gibt keine speziellen chemischen Probleme. Die Abfälle sind nicht wärmeentwickelnd.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, werden bei diesen Abfällen zwei Kategorien unterschieden: Mit hohem Gehalt an Alpha-Strahlern (über 3,7 Gigabecquerel pro Tonne - GBq/t; 1 GBq = 10^9 Bq) und mit niedrigem Gehalt an Alpha-Strahlern (unter 3,7 GBq/t). Die Abfälle mit hohem Alpha-Gehalt kommen aus den stärker radioaktiv kontaminierten Anlagenbereichen ("Zone 4") und enthalten in der Regel auch mehr Beta/Gamma-Strahler als jene der anderen Kategorie (aus den Zonen 2 und 3) /21, 22/.

Die Abfälle aus Zone 4 sind für die Endlagerung problematisch. Sie sollen in sogenannten Asbestzement-Behältern aus La Hague angeliefert werden. In dieser Form sind sie jedoch - nach dem jetzigen Planungsstand - für eine Einlagerung in Konrad nicht geeignet. Der Gehalt an radioaktiven Stoffen kann über den zulässigen Aktivitätswerten liegen, mit denen die thermische Belastung des Gesteins begrenzt werden soll. Im Einzelfall würde dies dennoch eine Einlagerung gestatten, wenn zum Ausgleich andere Gebinde eingelagert werden, die entsprechend unter dem zulässigen Wert liegen; bei einer großen Zahl derartiger Behälter wäre dies aber kaum mehr praktikabel. Daher sollen je zwei der Asbestzement-Behälter (Gesamtvolumen: 2,4 m³) in einen Container vom Typ "Konrad III" (Volumen: 8,7 m³) eingebracht werden. Der verbleibende, leere Raum wird mit Beton vergossen.

Für die großen Container gelten nun erheblich höhere Aktivitätsgrenzwerte als für die beiden kleineren Behälter zusammengenommen. Diese Grenzwerte können dann in der Regel voraussichtlich eingehalten werden, so daß die Abfälle durch diesen Trick "Konrad-gängig" gemacht werden. Der Preis ist eine nochmalige, beträchtliche Vergrößerung der Abfallvolumina.

Diese "Lösung" ist offensichtlich mehr als unbefriedigend. Seit Jahren ist es ein erklärtes Ziel der Abfallbehandlung, die Abfälle in eine möglichst konzentrierte Form zu bringen, um den Platzbedarf zu senken. Ein "Verdünnen" der Abfälle, um Grenzwerte zu unterschreiten, steht dazu im Widerspruch. Überdies gestaltet sich eine Überprüfung der Abfälle, sollte sie aus irgendeinem Grund nach dem Vergießen der Behälter im Container erforderlich werden, als sehr schwierig.

Werden Abfälle, deren Radionuklidgehalt dem in den Spezifikationen garantierten Maximalwert entspricht, in den Container eingebracht, dann liegen ihre Werte nur knapp unter dem Konrad-Aktivitätsgrenzwert. Schon Abweichungen von wenigen Prozent nach oben können

den Container dann zu einem Sonderfall machen, der einer Ausnahmegenehmigung vom Bundesamt für Strahlenschutz bedarf /23/. Oder wird dann die "Verdünnung" einfach einen Schritt weiter getrieben, indem nur noch ein Asbestzement-Behälter in den Konrad III-Container eingebracht wird? Damit würde jeder Willkür Tür und Tor geöffnet.

Abfallbehandlung in Sellafield

Die aus Sellafield zurückerwarteten Abfallkategorien und Mengen sowie der Status der Spezifikationen können der Tabelle 1 entnommen werden. Insgesamt ist die technische Realisierung der Abfallbehandlung in Großbritannien weniger weit fortgeschritten als in Frankreich. Die Anlage THORP (Thermal Oxide Reprocessing Plant), in der Leichtwasserreaktor-Brennstoffe aufgearbeitet werden sollen, wird nach derzeitigem Planungsstand erst 1992/93 in Betrieb gehen /24/.

Die Verglasungsanlage WVP (Windscale Vitrification Plant) nahm im Juli 1990 ihren Betrieb auf /25/. Zunächst sollen Abfälle aus der Magnox-Wiederaufarbeitung behandelt werden. Informationen über Betriebserfahrungen liegen bisher nicht vor. Die WVP benützt jedoch das französische Verglasungsverfahren, so daß anzunehmen ist, daß sie von den in La Hague aufgetretenen Problemen nicht verschont bleiben wird. Der einzige wesentliche Unterschied besteht darin, daß in Sellafield erst gar nicht angestrebt wird, auch die Feedklärschlämme zu verglasen. Diese sollen vielmehr gemeinsam mit den Hülse und Strukturteilen zementiert werden. Dies soll in der Anlage EP2 (Encapsulation Plant 2) geschehen, die in der zweiten Jahreshälfte 1992 in Betrieb gehen soll /24/.

In einer weiteren Zementierungsanlage sollen Rückstände aus der Transportbehälterspülung und der Lagerbekenreinigung (Crud) behandelt werden /24/. Ebenfalls zur Zementierung und Rücklieferung vorgesehen ist Bariumkarbonat, das bei der Abtrennung von radioaktivem Kohlenstoff-14 aus dem Auflöserabgas von THORP anfällt /3/ (in La Hague ist eine Rückhaltung von C-14 nicht vorgesehen).

Weiterhin soll auch Plutonium-kontaminierter, schwach-aktiver Abfall in einer eigenen Anlage zementiert werden /26/. Wir haben bereits darauf hingewiesen, daß interessanterweise diese Abfallkategorie bei den bisher in Deutschland veröffentlichten Aufstellungen über rückzunehmende Abfälle nicht erschien. Brennbare Mischabfälle aus allen Anlagenteilen beinhalten gering kontaminierte Abfälle aus Produktion, Wartung und Reparatur und entsprechen etwa den technologischen Abfällen in La Hague. Diese Abfälle sollen in keine Matrix eingeschlossen, sondern zwecks Volumenreduzierung unter hohem Druck verpreßt werden.

Eine Bituminierung von Abfällen ist in Sellafield nicht vorgesehen.

Insgesamt ergibt sich das Bild, daß außer der WVP sowie einer für Magnox-Abfälle bestimmten Zementierungsan-

lage EP1, die beide seit Sommer 1990 in der Inbetriebnahmephase sind, in Sellafield noch keine der Abfallbehandlungsanlagen läuft. Ein verbindliches Inbetriebnahmetermin wurde bisher außer für die EP2 (1992) in britischen Veröffentlichungen für die geplanten Anlagen auch noch nicht genannt.

"Altlasten" in La Hague und Sellafield

Bisher haben wir uns in unserer Untersuchung auf die Gegenwart und Zukunft konzentriert, auf die Frage, wie beim zukünftigen Wiederaufarbeitungsbetrieb die Abfallbehandlung funktionieren kann und wird.

Interessant ist aber auch der Blick in die Vergangenheit: Sowohl in Sellafield als auch in La Hague lagern gewaltige Mengen unkonditionierter, radioaktiver Wiederaufarbeitungsabfälle, in Sellafield fast ausschließlich aus der Wiederaufarbeitung von Gas-Graphit-Reaktorabfall, in La Hague zu einem guten Teil auch aus der Aufarbeitung von Leichtwasserreaktor-Brennstoff seit 1976. Diese "Altlasten" lagern zum Teil unter völlig unkontrollierten Bedingungen, so daß es schon ein Problem darstellt, überhaupt an sie heranzukommen und sie zum Zweck der Behandlung aus den Silos zu fördern. Oft ist die Behandlung von Alt- und Neuabfällen eng verknüpft und soll in der gleichen Anlage stattfinden.

Tabelle 3:

Angaben zu den Abfallvolumina (Nettovolumen, ohne Container) pro Tonne wiederaufgearbeitetem Brennstoff in La Hague, für 1984 (bzw. 1986) und 1990 /3, 21, 28, 29/:			
Abfallkategorie	Volumen 1984	Volumen 1990	Zunahme
Verglaste hochaktive Abfälle ¹⁾	0,11 m ³	0,13 m ³	18 %
Zementierte Hülse und Strukturteile	0,7 m ³	0,7 m ³	—
Bituminierte Schlämme	0,5 m ³	0,6 m ³	20 %
Technologische Abfälle, hoher Alpha-Gehalt	1,2 m ³	1,7 m ³	42 %
Technologische Abfälle, niedriger Alpha-Gehalt	3,5 m ³	5,1 m ³	46 %
¹⁾ Stand von 1986 und 1990.			

Von Sellafield ist überdies bekannt, daß dort über 90 Prozent der Abfälle, die in den rund 30 Jahren des zivilen britischen Atomprogrammes angefallen sind, lagern - zum großen Teil in flüssiger Form /27/.

Zu La Hague verfügen wir über detaillierte Informationen aus einem internen Dokument der COGEMA vom Juli 1990. Wir haben den Inhalt dieses brisanten Papiers in Anhang 1 kurz zusammengefaßt. Angesichts der Situation in La Hague, die durch ein Neben- und Durcheinander von Provisorien, Neuentwicklungen und ungelösten Problemen gekennzeichnet ist, erscheint es besonders fragwürdig, daß diese Anlage die Hauptstütze der deutschen "Entsorgung" ist und bleiben soll.

Wir nehmen an, daß die Situation in Sellafield im Hinblick auf Abfall-Altlasten keineswegs günstiger ist als in La Hague.

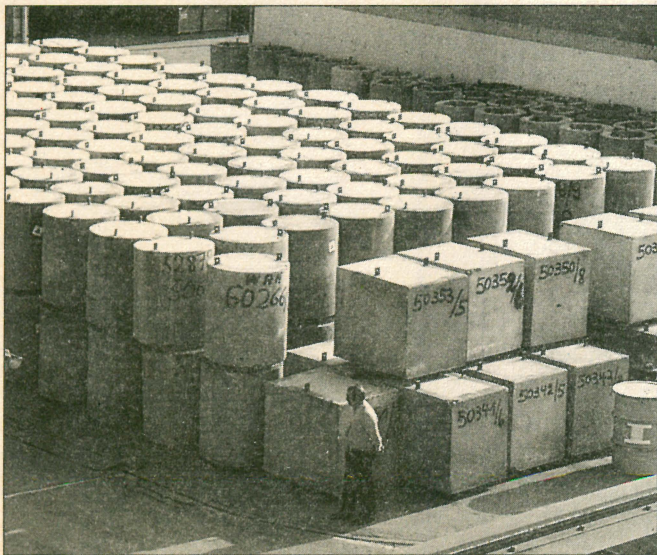
Welche Abfallmengen müssen zurückgenommen werden?

Diese Frage kann schon allein deshalb nicht exakt beantwortet werden, weil nicht klar ist, ob zu den bisher aufgelisteten Abfallkategorien nicht noch weitere hinzukommen.

Davon einmal abgesehen, bestehen bei den meisten in Tabelle 1 angeführten Abfallkategorien, wie oben gezeigt, schwerwiegende Probleme, die mit dem Behandlungsverfahren, aber auch mit der chemischen Zusammensetzung und der Stabilität der Produkte zusammenhängen. Bemühungen, diese Probleme in den Griff zu bekommen, sind im Gange. Inwieweit sie erfolgreich sein werden, kann nur Gegenstand von Vermutungen sein. Jedenfalls muß in dieser Situation damit gerechnet werden, daß sich die zurückzunehmenden Abfälle noch wesentlich ändern können - auch in jenen Fällen, in denen die Wiederaufarbeiter bereits Spezifikationen in endgültiger Form vorgelegt haben.

Mit solchen Änderungen der Abfallform können sich auch die Abfallvolumina ändern, so daß auch diese heute nicht genau vorhersehbar sind. Die bisherigen offiziellen Angaben können lediglich als sehr grobe Richtwerte angesehen werden.

In der Tat haben sich schon von Mitte der 80er Jahre bis 1990 - also in einem Zeitraum, in dem die Abfallbehandlung praktisch noch nicht gelaufen ist - zum Teil nennenswerte Änderungen in den Angaben zu den Abfallvolumina ergeben. Für die Abfälle aus La Hague sind sie in Tabelle 3 zusammengestellt. Wie ersichtlich, ergeben sich bei zwei Abfallkategorien Zunahmen von über 40 Prozent.



Lagerung von Betonbehältern mit mittelaktiven Abfällen auf dem Gelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Besonders für diese Abfallkategorie (mittel- und schwachaktive Abfälle) sucht die Bundesregierung dringend nach einer Lösung, da in ein paar Jahren alle Zwischenlager voll sind. Quelle: dpa

Jede Vorhersage wird dadurch noch unsicherer, daß die Wiederaufarbeitungsverträge die Möglichkeit von "swaps", also Austausch von Abfällen, offenhalten (das bedeutet, daß zum Beispiel statt eines großen Volumens schwachaktiver Abfälle ein kleineres Volumen höher aktiver Abfälle zurückgeführt wird). Die Verträge mit COGEMA sehen vor, daß der Kunde solchen "swaps" zustimmen muß /8/. Die BNFL dagegen hat die Möglichkeit, sie einseitig zu bestimmen (wenn sich herausstellt, daß eine bestimmte Abfallart in Sellafield nicht konditioniert werden kann, kann stattdessen eine andere zurückgesandt werden /10/).

Werden angemessene Kontrollen der rückgeführten Abfälle möglich sein?

Das Problem der Kontrolle radioaktiver Abfälle stellt sich nicht nur im Zusammenhang mit der Wiederaufarbeitung im Ausland. Gravierende Schwächen und Mängel der bisher praktizierten Verfahren zeigten sich bekanntlich 1987/88 im Zusammenhang mit dem TRANSNUKLEAR-Mol-Skandal, bei dem es um Betriebsabfälle von Kernkraftwerken ging (siehe z.B. /30/).

Weil es erforderlich ist, dieses Thema im Zusammenhang zu sehen, haben wir in Anhang 2 allgemeine Informationen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle zusammengestellt. Hier kurz angesprochene Methoden wie "Verfahrensqualifikation" oder "Stichprobenüberprüfung" werden dort genauer erläutert.

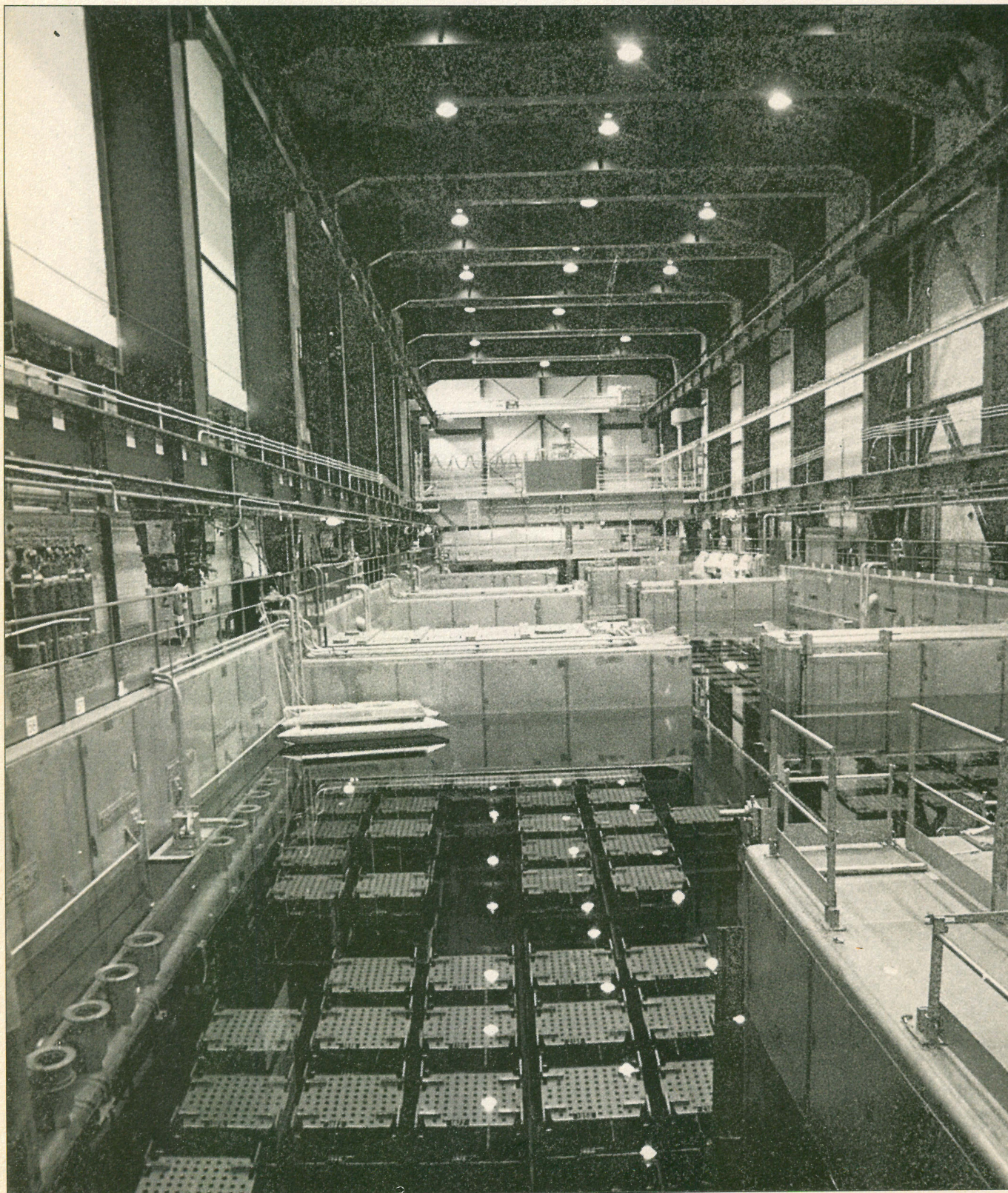
Bei den ausländischen Wiederaufarbeitungsabfällen wird, wie auch bei allen anderen Abfällen, von den Behörden möglichst eine Produktkontrolle über die "Verfahrensqualifikation" gewünscht. Das bedeutet, daß die Konditionierung der Abfälle unter genau definierten Bedingungen abläuft, die die Qualität der Produkte garantieren sollen.

In der Praxis wird sich dieser Weg kaum als gangbar erweisen, denn die Durchführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen setzt das Einverständnis der jeweiligen Anlagenbetreiber voraus. COGEMA und BNFL haben jedoch keinesfalls die Absicht, Vertretern des Bundesamtes für Strahlenschutz jenen weitgehenden Zugang zu ermöglichen, der für eine Prüfung und anschließende Qualifizierung von Konditionierungsverfahren erforderlich ist.

Das Bundesamt kann jedoch Sachverständige oder Institutionen beauftragen /19/, die den Abfallkonditionierer überprüfen. Sie sollen - im Rahmen einer unabhängigen Produktkontrolle - die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen bestätigen. Diese Unabhängigkeit muß jedoch erst noch bewiesen werden. Die einzige Kontrolle, die die Musterverträge vorsehen, ist die durch einen sogenannten Auditor: In La Hague das Bureau Veritas, das von den Kunden beauftragt worden ist, und in Sellafield die Firma Lloyds Register of Quality Assurance (LRQA), die gleich vom Betreiber selbst beauftragt wurde.

Das bedeutet: **Entweder** läßt sich das Bundesamt für Strahlenschutz darauf ein, die genannten Prüfinstitute als unabhängig anzuerkennen. Einiges deutet in diese Richtung. So wird zwar offensichtlich gerungen bei einer Formulierung wie *“Von daher könnte davon ausgegangen werden, daß unabhängige Produktkontrolle grundsätzlich möglich ist”*. Aber es heißt weiter: *“Aus der Tatsache allein, daß das Bureau Veritas von den Kunden der COGEMA und LRQA von BNFL beauftragt*

worden ist, kann eine Parteilichkeit des Bureau Veritas oder von LRQA nicht ohne weiteres abgeleitet werden, zumal es sich um eine multinationale Beauftragung des Prüfers handelt”. Schließlich seien auch in den Vorständen der Technischen Überwachungs-Vereine Betreiber von kerntechnischen Anlagen vertreten, *“ohne daß aufgrund dieser Tatsache die Unparteilichkeit ... begründet in Zweifel gezogen werden kann”* /31/.



Lagerung von abgebrannten Kernbrennstäben in La Hague vor der Wiederaufarbeitung. Aus einer Tonne Brennstoff (0,5 Kubikmeter) entstehen in La Hague 15 Kubikmeter radioaktive Abfälle. Quelle: dpa

Oder es müssen Stichprobenüberprüfungen (das heißt Messungen an einzelnen Abfallgebinden) vorgenommen werden. Das wäre allerdings eine gewaltige Aufgabe:

Bei der Wiederaufarbeitung im Ausland müssen laut Tabelle 1 pro Tonne abgebrannter Kernbrennstoff etwa 8 bis 15 Kubikmeter radioaktive Abfälle zurückgenommen werden. Der Löwenanteil des Volumens entfällt auf die nicht-wärmeentwickelnden Abfälle. Von diesem Abfalltyp müssen aus den Altverträgen von COGEMA 6.690 Container und 35.200 Fässer, von BNFL 620 Container und 78 Gußbehälter zurückgenommen werden.

Nimmt man an, daß sich diese Rücklieferung über einen Zeitraum von 10 Jahren erstreckt, müssen jährlich rund 3500 Fässer und über 700 Container angenommen werden. Die nationale Produktkontrollstelle ist für solche Kontrollen entweder überhaupt nicht eingerichtet (bei Containern) oder hat für die Fässer nicht ausreichend Prüfkapazität.

Detaillierte Unterlagen über die geplante Prozeßkontrolle sind bislang nur von der COGEMA - und hier auch nur für die Anlage zur Verglasung von hochaktiven Abfällen - vorgelegt worden /31/. Alles andere fehlt noch und kann von daher erst später überhaupt beurteilt werden.

Gerade jedoch bei den hochaktiven, wärmeentwickelnden Abfällen ist heute kaum absehbar, wie eine praktikable Stichprobenprüfung aussehen könnte. Die uns vorliegende Literatur enthält dazu keine Angaben, und entsprechende Prüfeinrichtungen sind uns nicht bekannt. Die Handhabung muß wegen der intensiven Strahlung sehr kompliziert sein. Der Aufwand einer Probennahme zum Beispiel bei Glas ist überaus hoch (wie oben erwähnt, haben die Franzosen selbst die werksinterne Produktkontrolle bei Glas nicht im Griff).

Besonders wohl scheint den deutschen Behörden angesichts dieser Kontrollproblematik jedenfalls nicht zu sein. So bewerten Vertreter der damaligen Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB; des heutigen Bundesamtes für Strahlenschutz) die vorgesehenen Qualitätssicherungsmaßnahmen in Frankreich und Großbritannien einigermaßen gequält: *„Die bisher vorgelegten Unterlagen lassen es nicht unmöglich erscheinen, daß die geplanten Maßnahmen zur Gewährleistung und zum Nachweis der spezifikationsgerechten Qualität der radioaktiven Abfälle als hinreichend angesehen werden können, wenn die noch ausstehenden Nachweise zufriedenstellend ... beigebracht werden können.“* /31/

Die Kontrollprobleme gewinnen an Schärfe angesichts der Tatsache, daß keineswegs immer genau die Abfälle, die aus dem hingelieferten Kernbrennstoff hervorgegangen sind, wieder zurückgeliefert werden. Laut Muster-Verträgen braucht der Wiederaufarbeiter die Abfälle erst dann einem bestimmten Kunden zuzuordnen, wenn sie vom Standort der Wiederaufarbeitungsanlage abtransportiert werden. Vorher ist keine Kennzeichnung erforderlich.

Es bleibt die Frage: Was geschieht, wenn nachträglich - nach der Rücklieferung nach Deutschland - festgestellt wird, daß Hunderte oder Tausende von Behältern mit nicht-wärmeentwickelndem Abfall den Anforderungen nicht entsprechen?

Viele „Lösungen“ bieten sich hier nicht an: Entweder werden die Anforderungen für Zwischen- und Endlagerung den Abfällen angepaßt, oder die Abfälle werden in andere Behälter umgeladen (auf die Grenzen des „Nachbesserns“ gehen wir unten noch ein). Oder aber man vertraut schlicht darauf, daß irgendwann ein Endlager zur Verfügung steht, das alle Arten von radioaktiven Abfällen aufnimmt (wie es sich Behörden und Atomindustrie für den Salzstock bei Gorleben wünschen).

Ist die Einhaltung deutscher Endlagerbedingungen für die Wiederaufarbeiter überhaupt vorgeschrieben?

Verbindliche Endlagerbedingungen für radioaktive Abfälle in Deutschland gibt es eigentlich noch gar nicht. Für nicht-wärmeentwickelnde Abfälle (Schacht Konrad) liegen vom Bundesamt für Strahlenschutz ausgearbeitete Anforderungen vor, die allerdings im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens noch geprüft werden müssen. Für wärmeentwickelnde Abfälle gibt es zur Zeit nichts Vergleichbares. Aber natürlich existieren gewisse Vorstellungen darüber, was für eine Endlagerung akzeptabel ist und was nicht.

Bestimmte Abfallkategorien erfüllen jedoch - wie oben dargestellt - die bisher mehr oder weniger genau definierten deutschen Anforderungen nicht. Die wichtigsten Beispiele:

- **Zementierte Hülsen und Strukturteile:**
Diese Abfallform mit ihrer starken Radiolysegas-Entwicklung wird für eine Endlagerung sicherlich nicht in Betracht gezogen - unabhängig davon, wie die Anforderungen im Detail festgelegt werden.
- **Bituminierte Schlämme:**
Aufgrund ihres niedrigen Erweichungspunktes entsprechen diese Abfälle nicht den im „Plan Konrad“ /19/ niedergelegten Anforderungen des Bundesamtes für Strahlenschutz.
- **Technologische Abfälle mit hohem Alpha-Gehalt:**
Diese Abfallkategorie ist aufgrund ihres hohen Radionuklidinventars, wieder gemessen an den Anforderungen des Bundesamtes für Strahlenschutz, zumindest äußerst problematisch.

Somit stellt sich die interessante Frage: Vorausgesetzt, in Deutschland existieren ausreichend präzise Endlagerbedingungen für alle Arten rückzunehmender Abfälle - können die Wiederaufarbeiter dann in die Pflicht genommen werden, diese zu erfüllen?

Diese Frage wird in den Wiederaufarbeitungs-Musterverträgen klar und eindeutig beantwortet und zwar mit Nein! In den COGEMA-Verträgen ist zum Beispiel folgende Klausel Nr. 8.2 (/8/, übersetzt von der Gruppe Ökologie) enthalten (zur Terminologie: Mit RESIDUES werden in den Verträgen die konditionierten und mit WASTE die noch nicht konditionierten Abfälle bezeichnet; diese Terme werden in der Folge nicht übersetzt):

“Die RESIDUES werden nur dann zurückgeliefert werden, wenn der WASTE in eine Form gebracht werden kann, die sicher zum Lager transportiert werden und im Einklang mit den Vorschriften der zuständigen nationalen Behörden gelagert werden kann. Beide Vertragsparteien gehen dabei davon aus, daß die zuständige Behörde einer solchen sicheren Form bis zum 31. Dezember 1998 zugestimmt haben wird. (...) Sollte der Kunde verlangen, daß die RESIDUES in einer Form zurückgeliefert werden, die für die Endlagerung in der Bundesrepublik Deutschland geeignet ist, wird der Wiederaufarbeiter in dieser Hinsicht sein Bestes tun (shall use its best efforts). Dabei ist vereinbart, daß alle Kosten, die daraus erwachsen - sofern überhaupt Kosten entstehen - vom Kunden getragen werden.”

Praktisch die gleiche Regelung ist in den BNFL-Verträgen /10/ enthalten.

Der Wiederaufarbeiter ist also lediglich dazu verpflichtet, sich auf Veranlassung - und auf Kosten - des Kunden zu bemühen, im Rahmen seiner Möglichkeiten endlagerfähige Abfälle zurückzuliefern. Ist sein Bemühen nicht erfolgreich, steht es ihm frei, nicht-endlagerfähige Abfälle zu liefern!

Die hier bei verschiedenen Abfallkategorien bereits bestehenden Probleme können noch dadurch verschärft werden, daß die Behandlungsverfahren zum Teil noch schlecht im Griff sind. Es besteht die Gefahr, daß, um die Behandlung überhaupt irgendwie durchführen zu können, diese nach rein verfahrenstechnischen Gesichtspunkten optimiert wird; bzw. auch nach dem Gesichtspunkt kurzfristiger Handhabbarkeit und Lagerbarkeit des Produktes. Die Frage der Eignung der Produkte für die Endlagerung kann dadurch noch weiter in den Hintergrund treten.

Können die Abfälle durch Nachkonditionieren in eine akzeptable Form gebracht werden?

Behörden und Betreiber gehen heute davon aus, daß die Abfallgebinde durch ein “Nachbessern” nach der Rücklieferung noch in eine Form gebracht werden können, die den deutschen Endlagerbedingungen genügt. Man hofft, daß dazu ein neues Verpacken der Abfälle ausreicht. Eine Anlage, die diese Aufgabe übernehmen kann, ist in der BRD nicht in Betrieb. Die Atomindustrie wußte jedoch schon frühzeitig von den möglicherweise auftretenden Problemen bei der Rücknahme der Wiederaufarbeitungsabfälle. Sie schuf sich rechtzeitig eine Hintertür im Genehmigungsantrag für die Pilotkonditionierungsanlage

(PKA) bei Gorleben. Die PKA war ursprünglich als Anlage zur Entwicklung und Erprobung von Konditionierungsverfahren für Brennelemente aus Atomreaktoren gedacht. In den Genehmigungsantrag für die PKA wurden einfach die Punkte “Umladen von Abfallgebinden” und “Service an Behältern und Gebinden” aufgenommen.

Die Behandlung der Abfälle, die bei der Wiederaufarbeitung von Brennelementen in La Hague und Sellafield entstehen (siehe Tabelle 1), wird plötzlich zum Hauptzweck der PKA - verglichen mit den im Sicherheitsbericht zur PKA /32/ angegebenen Durchsatzmengen. Nähere Angaben hierzu sowie zu den vorgesehenen Bearbeitungsabläufen sind im Anhang 3 zu finden, in dem auch allgemeine Fragen zur PKA behandelt werden.

Es ist nicht festgelegt, daß die Abfallgebinde unmittelbar nach Durchlaufen der PKA den bisher provisorisch vorliegenden Anforderungen für eine Endlagerung gerecht werden sollen. Vielmehr können die Angaben im Sicherheitsbericht zur PKA auch so interpretiert werden, daß die Abfallgebinde zunächst zwischenlagerfähig gemacht werden sollen. Mögliche Begründungen hierfür wären:

- Nach Beginn der Rücklieferung von Abfällen aus dem Ausland und der anschließenden Behandlung in der PKA steht noch kein in Betrieb befindliches Endlager zur Verfügung.
- Eine längere Zwischenlagerung eröffnet die Möglichkeit, bestimmte, nicht eingehaltene Spezifikationen für die Endlagerung erst noch zu erreichen. So würde durch lange Zwischenlagerung die Radioaktivität der Abfälle abklingen und, damit verbunden, die Wärmeentwicklung in den Abfallgebinden zurückgehen.

Eine oberirdische Zwischenlagerung über mehrere Jahrzehnte bedeutet jedoch, daß große Mengen radioaktiver Stoffe gegenüber Einwirkungen von außen verwundbar aufbewahrt werden, laufend kontrolliert und überwacht werden müssen. Außerdem müßten für einen Teil der Abfälle erst Zwischenlagerkapazitäten geschaffen werden.

Die Möglichkeiten für eine aktive Nachkonditionierung sind sehr begrenzt. Im wesentlichen können die Abfälle nur neu verpackt werden; ein tatsächliches Umkonditionieren ist nicht möglich, da hierzu die Matrix, in die die radioaktiven Stoffe eingebunden sind (Glas, Bitumen, Zement), aufgelöst werden müßte. Die passive Art des “Nachkonditionierens”, nämlich einfach zu warten, ist also die einzige, die an den Eigenschaften des angelieferten Abfalls tatsächlich etwas ändert.

Die schlechte Langzeit-Beständigkeit eines Glasproduktes, in das hochaktive Abfälle eingeschmolzen sind, kann nicht mehr ausgeglichen werden. Eigentlich sind Standzeiten von Zehntausenden von Jahren zu fordern, um ein vorzeitiges Auslaugen der Stoffe im Endlager und damit die radioaktive Kontamination des Grundwassers zu verhindern. Ein zu hohes Radio-

nuklidinventar der hochaktiven Abfälle kann ebenfalls nicht mehr aktiv beeinflusst werden. Eine längere Zwischenlagerung kann hier auch nur zum Teil gewisse Abhilfe bei den kürzerlebigen Gamma- bzw. Beta-Strahlern schaffen. Der Zerfall langlebiger Alpha-Strahler (mit Halbwertszeiten von einigen 100 bis einigen Millionen Jahren) kann auf diese Weise nicht "abgewartet" werden. Es bleibt nur, die Verpackung des Gebindes zu verbessern. Das heißt, der Stahlmantel, in dem sich die Glaskokille mit den eingebundenen radioaktiven Stoffen befindet, kann bei Beschädigung ausgebessert oder ausgewechselt bzw. ein weiterer Mantel übergestülpt werden. Dies kann den Korrosionsschutz verbessern, hat allerdings gemessen an den eigentlich notwendigen Standzeiten (siehe oben) nur einen Einfluß auf die Sicherheit während der Zwischenlagerung. Für die Endlagerung ist diese Art des Nachkonditionierens von marginaler Bedeutung, da bestenfalls eine Erhöhung der Standzeit von wenigen Jahrzehnten möglich ist.

Auch für bitumierte Abfälle ist eine Verbesserung sicherheitsrelevanter Eigenschaften im Zuge einer Nachkonditionierung nicht möglich. Ein zu hohes radioaktives Inventar oder eine ungleiche Verteilung der Aktivität im Gebinde sind nicht mehr rückgängig zu machen. Ebenso wenig kann die Zersetzung von Bitumen durch die Strahlung verhindert werden. In diesem Zusammenhang kommt es zu Gasbildung, die sowohl für die Zwischen- als auch für die Endlagerung sicherheitstechnische Probleme nach sich zieht. Die bereits angesprochene, im Vergleich zu den vorläufigen Endlagerbedingungen zu geringe Festigkeit des Bitumens kann in der PKA nicht wegkonditioniert werden. Die sonstige Qualität des Bitumenproduktes ist ebenfalls nicht veränderbar. Hier sind vor allem die Auslaugraten und Entzündungstemperaturen zu nennen. Die zur Zeit in La Hague vorgesehene Bitumensorte hat zum Beispiel eine um über 60 Grad Celsius niedrigere Zündtemperatur als die im Sicherheitsbericht zur PKA in der Störfallanalyse beschriebene Sorte. Nach dem Umladen der bituminierten Abfälle in der PKA ist allerdings die Wahrscheinlichkeit für eine Entzündung reduziert, da der Gußbehälter, in den die Gebinde gestellt werden, zusätzlichen Schutz bietet.

Für wärmeentwickelnde zementierte Abfälle (Hülsen und Strukturteile) gelten zum Teil ähnliche Argumente. So kann etwa schlechte Cäsium-Bindefähigkeit nicht nachgebessert werden. Die Bildung von Radiolysegasen ist bei dieser Abfallkategorie ein besonders schwerwiegendes Problem.

Die Behälter, die zementierte technologische Abfälle mit einem hohen Gehalt an Alpha-Strahlern beeinhalteten, sollen in einen Container eingebracht und mit Beton vergossen werden. Dadurch wird das Volumen nachträglich vergrößert. Der Effekt dabei: rein rechnerisch verringert sich das Radionuklidinventar pro Volumeneinheit, und die Endlagerungs-Grenzwerte können unterschritten werden. Dieser Punkt wurde oben bereits kritisch diskutiert.

Zusammenfassend lassen sich folgende Feststellungen treffen:

- Ein wirkliches Nachkonditionieren der aus der Wiederaufarbeitung von deutschen Brennelementen im Ausland zurückkommen den Abfälle ist technisch nicht möglich.
- Durch die Verpackung in andere Behälter kann ein gewisser zusätzlicher Korrosionsschutz und eine Erhöhung der Handhabungssicherheit erreicht werden. Durch - rein rechnerische - "Verdünnung" können Grenzwerte unterschritten werden.
- Eine längere Zwischenlagerung verringert Aktivität und Wärmeentwicklung der einzelnen Gebindetypen in unterschiedlichem Ausmaß. Diese Strategie geht jedoch auf Kosten der Sicherheit!
- Für die Langzeitsicherheit im Endlager haben die möglichen Maßnahmen nur untergeordnete Bedeutung.
- Keine Maßnahme kann das Problem, daß die Abfallvolumen schlicht zu groß sind, vertuschen. Die Abfallgebände werden durch Verpacken nicht kleiner und schrumpfen bei der Zwischenlagerung auch nicht zusammen.

Offensichtlich haben insgeheim auch die zuständigen Behörden und Fachgremien ihre Zweifel, daß durch "Nachbessern" in jedem Falle die Endlagerbedingungen erfüllt werden können. So schreibt zum Beispiel Herr Prof. Dr. E. Merz von der Kernforschungsanlage Jülich, Mitglied der Reaktorsicherheitskommission, am 14. März 1990 /33/:

"Klärungsbedarf besteht im Hinblick auf die Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen aus den COGEMA- und BNFL-Verträgen. Einige Abfallsorten bzw. die konditionierten Gebinde entsprechen noch nicht den vorläufigen Annahmebedingungen der PTB/BfS. Falls keine Anpassung erfolgt, müssen einige Abfallsorten von der Endlagerung in Konrad ausgeschlossen werden."

Was geschieht, wenn keine Einigung über die Abfallform erzielt wird?

Wir betrachten nun die Möglichkeit, daß sich Wiederaufarbeiter und Kunde nicht über die Abfallform einigen können, oder daß der Bundesumweltminister die vorgelegten Spezifikationen nicht akzeptiert.

Mit BNFL ist dieser Punkt - zumindest was die jetzt abgeschlossenen Neuverträge betrifft - klar geregelt: Eine Wiederaufarbeitung findet dann nicht statt. Weitgehend unbekannt ist, ob die gleiche Regelung für die Altverträge gilt. Für die bereits (vor 1973) aufgearbeiteten 12 Tonnen deutschen Brennstoffs gilt die Sonderregelung, daß Abfälle nicht zurückgeliefert werden.

Wenn nicht wiederaufgearbeitet wird, dann bedeutet dies wohl, daß der abgebrannte Kernbrennstoff wieder zurückgesandt wird. Das wird dann schon problematisch, wenn die gesamte "Entsorgungsstrategie" auf Wiederaufarbeitung beruht und keine back-up-Lösung vorbereitet wurde.

Erheblich komplizierter ist die Situation mit COGEMA. Laut Mustervertrag gehen die Vertragspartner davon aus, daß eine Einigung bis spätestens 31.12.1998 stattfinden würde. Für verglaste Abfälle habe man sich bereits geeinigt. Es fehlen aber Regelungen für den Fall, daß die Einigung nicht termingerecht erzielt wird, zum Beispiel wenn die Spezifikationen für verglaste Abfälle geändert werden und die neue Fassung für die deutsche Seite nicht akzeptabel ist. Es wird nicht gesagt, daß der Vertrag in diesem Falle außer Kraft trete.

Daraus ergibt sich der erste Fragenkomplex: Tritt der Vertrag in einem solchen Fall außer Kraft oder nicht? Werden dann abgebrannte Brennelemente zurückgeliefert bzw. später auch Abfälle, die nicht den deutschen Vorschriften entsprechen? Oder greift im letzteren Fall die Klausel 8 des Mustervertrages, die unter anderem besagt, daß die Abfälle in bestimmten Fällen in La Hague bleiben können, der Kunde dafür aber zur Kasse gebeten wird?

Der zweite Fragenkomplex betrifft die Altverträge. Klar ist nur, daß Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von Brennstoffen, die vor 1977 entladen wurden, nicht zurückgenommen zu werden brauchen. Diese machen aber nur einen kleinen Teil der Gesamtmenge aus. Können die anderen Abfälle dann auch gegen Bezahlung in La Hague bleiben? Oder enthalten die Altverträge Klauseln wie die uns vorliegenden Verträge der COGEMA mit dem Betreiber des schwedischen Kernkraftwerkes Ringhals (für die späten 70er und die 80er Jahre)? Diese Klauseln sehen vor, daß die Abfälle zurückgenommen werden müssen, wenn sie lediglich den französischen Anforderungen für Transport und langfristige Zwischenlagerung genügen. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß eine solche Regelung auch in den deutschen Altverträgen enthalten ist. Die Verträge mit dem Ringhals-Betreiber enthalten eine sogenannte Meistbegünstigungs-Klausel, die besagt, daß COGEMA anderen ausländischen Kunden keine günstigeren Vertragsbedingungen anbieten darf /9/. Dieser Fragenkomplex gewinnt seine besondere Schärfe dadurch, daß in La Hague immerhin bereits rund 1.600 Tonnen deutsche Kernbrennstoffe wiederaufgearbeitet wurden. Kurz: Es sind bereits Tatsachen geschaffen worden, die nicht mehr rückgängig gemacht werden können.



Eine neue Transnuklear-Affaire ist in den Wiederaufarbeitungsverträgen bereits vorprogrammiert: "Vom Wiederaufarbeiter wird zu keiner Zeit verlangt, daß er behandelte oder nicht-behandelte, am Standort der Wiederaufarbeitungsanlage gelagerte Abfälle mit einer Markierung oder Etikett versieht, aus dem der Besitzer oder Ursprung der Abfälle hervorgehen, bevor sie vom Standort der Wiederaufarbeitungsanlage abtransportiert werden." (aus dem Cogema-Mustervertrag, s.Text).

Quelle: Pandis/Sygma

Angesichts der vielen offenen Fragen und Probleme, die wir hier dargestellt haben, wird wieder einmal deutlich, wie absurd es ist, von einem "integrierten Entsorgungskonzept" zu sprechen. Alles, was bisher vorliegt, ist ein integrierter Katalog ungelöster Probleme. Dennoch wird das Atomprogramm weiter vorangetrieben; auf der Strecke bleiben dabei fundamentale Grundsätze, an denen sich die Planer des Atomprogramms bisher orientiert hatten.

Geordnete Beseitigung?

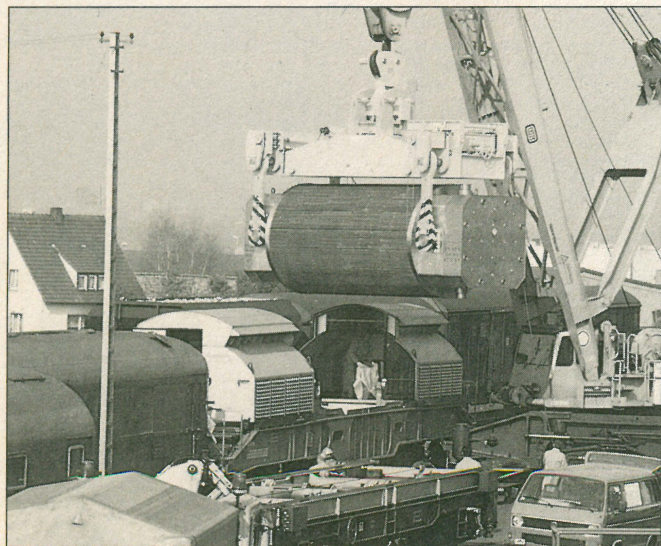
Paragraph 9a des Atomgesetzes verlangt vom Verursacher, radioaktive Abfälle geordnet zu beseitigen. Zu dieser geordneten Beseitigung gehört **nicht** die Endlagerung (für diese ist der Bund zuständig), wohl aber die endlagergerechte Konditionierung.

Schon bei den bisher offiziell zur Diskussion stehenden Abfallarten ist es sehr fraglich, ob dies jemals erreicht werden kann (die Existenz eines vernünftigen Kataloges von Endlagerbedingungen für radioaktive Abfälle einmal vorausgesetzt). Die Abfallbehandlungsverfahren sind noch völlig unausgereift, und es besteht keine Verpflichtung der Wiederaufarbeiter, die Abfälle in endlagerfähiger Form zurückzusenden.

Weiterhin ist unklar, wie überhaupt kontrolliert werden kann, ob die Bedingungen, auf die man sich geeinigt hat, eingehalten werden oder nicht.

Dazu kommt, daß in Zukunft womöglich noch weitere Abfallarten zur Rücknahme anstehen, von denen bisher überhaupt noch keine Spezifikationen bekannt geworden sind.

Hier von einer "geordneten Beseitigung" reden zu wollen, ist der blanke Hohn.



Ein Atommüllzug wird in Gorchsheim mit abgebrannten Brennelementen beladen: eine neue Atommüllreise durch Europa beginnt.
Quelle: Vennemann/Greenpeace

Endlagerung nur im Inland?

Seit Anfang des Atomprogramms galt - zumindest in der Bundesrepublik - der Grundsatz, deutsche Abfälle in Deutschland endzulagern. Auch nach der Entscheidung, die Wiederaufarbeitung völlig ins Ausland zu verlagern, wurde diese Absicht wiederholt nachdrücklich betont.

Falls Wiederaufarbeitungsabfälle, die nicht den deutschen Anforderungen entsprechen, auf Dauer gegen Bezahlung in Frankreich verbleiben, wird dieser Grundsatz massiv durchbrochen.



GreenpeaceInnen blockieren im April 91 in Dünkirchen 18 Stunden lang einen Transport abgebrannter Brennelemente vom AKW Unterweser nach Sellafield.

Quelle: S. Vielmo/Greenpeace

Schon die Tatsache, daß Abfälle aus der Frühphase der Wiederaufarbeitung im Ausland verbleiben sollen, widerspricht diesem Grundsatz; die Mengen, um die es hier in Zukunft aber möglicherweise geht, sind um ein Vielfaches größer.

Nach dem Transnuklear/MOL-Skandal - klüger durch Erfahrung?

Nach dem TRANSNUKLEAR-Skandal wurde wiederholt versichert, die deutschen Behörden hätten jetzt ihre Lektion gelernt. Es sei dafür gesorgt, daß ähnliches nie mehr geschehen könne.

Die neue Richtlinie des Bundesumweltministers zur Kontrolle nicht-wärmeentwickelnder Abfälle vom 16. Januar 1989 wurde in diesem Zusammenhang besonders hervorgehoben /7/. In dieser Richtlinie ist unter anderem in Absatz 1.1 folgendes festgelegt:

"...Menge, Verbleib und Behandlungszustand (der) Abfälle ... (müssen) jederzeit festgestellt werden können."

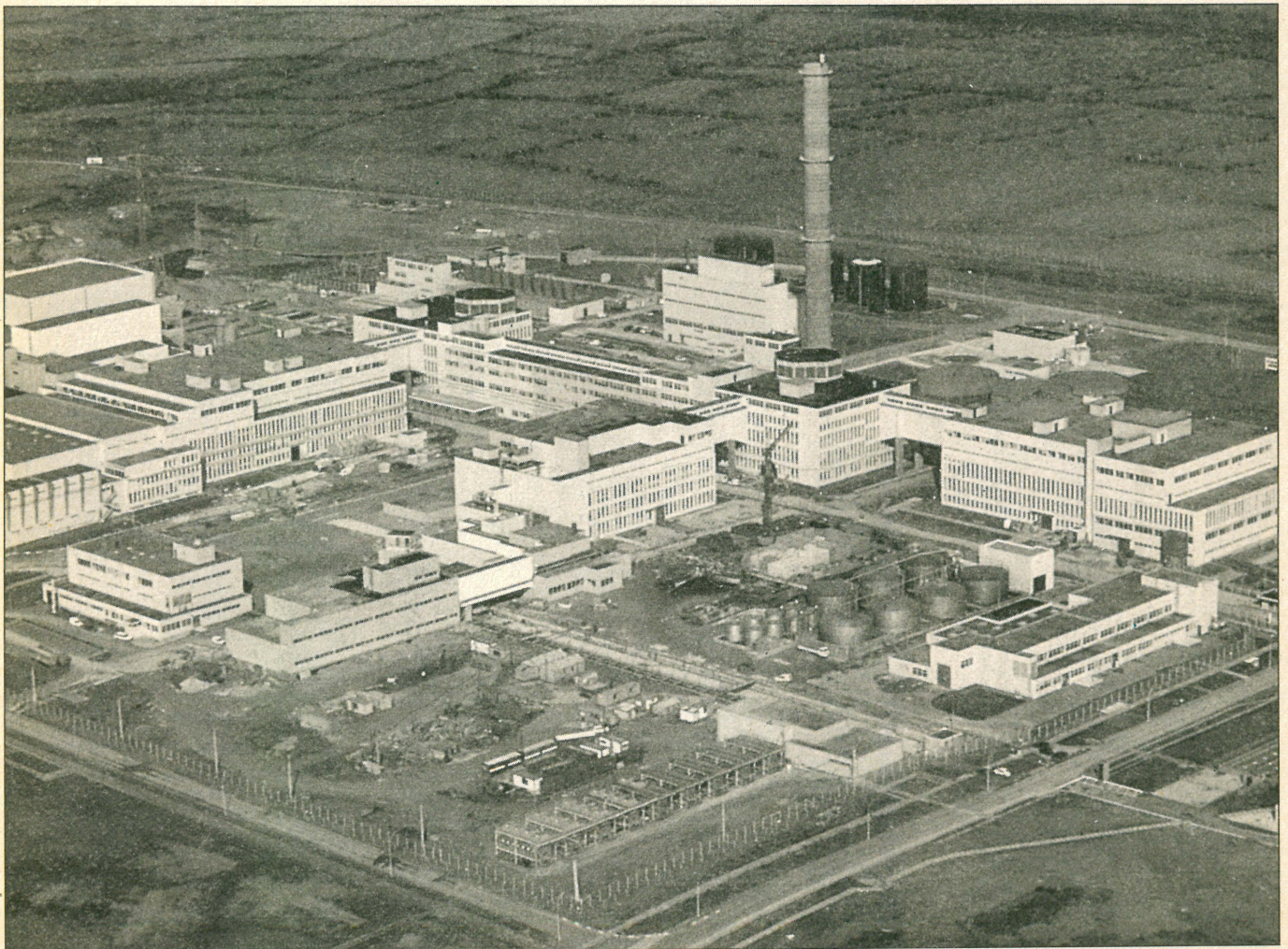
In Absatz 2.2 wird weiterhin bestimmt, daß Behälter mit Abfällen (auch mit Rohabfällen und Zwischenprodukten) so gekennzeichnet werden müssen, daß sie stets unverwechselbar dem Abfallverursacher zugeordnet werden können.

Diese Grundsätze müßten natürlich - angesichts des viel höheren Gefährdungspotentials - um so mehr auch für wärmeentwickelnde Abfälle gelten.

Was sagen dagegen die Wiederaufarbeitungs-Musterverträge zu der Frage von Zuordnung und Identifikation der Abfälle? Im COGEMA-Mustervertrag, Appendix A13, Absatz A.6, findet sich folgende Aussage (/8/, übersetzt von der Gruppe Ökologie; eine ähnliche Klausel ist auch im BNF-Mustervertrag enthalten):

“Vom Wiederaufarbeiter wird zu keiner Zeit verlangt, daß er behandelte oder nicht-behandelte, am Standort der Wiederaufarbeitungsanlage gelagerte Abfälle mit einer Markierung oder einem Etikett versieht, aus dem Besitzer oder Ursprung der Abfälle hervorgehen, bevor sie vom Standort der Wiederaufarbeitungsanlage abtransportiert werden.”

TRANSNUKLEAR läßt grüßen - die nächsten “Verwechslungen” und Vertauschungen von Atommüll werden bereits programmiert. Dabei geht es hier um Abfälle, die Plutonium in Kilogramm-Mengen enthalten und teilweise viel radioaktiver sind als die “Molfässer”. Nicht umsonst sagt ein altes belgisches Sprichwort: “Atom-Skandale werden von Mol zu Mol schlimmer!”



La Hague. Die Verträge über die Wiederaufarbeitung sehen nicht vor, daß die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bei ihrer Rücklieferung an die Bundesrepublik in endlagerfähige Form gebracht sein müssen. Quelle: Pandis/Sygma

“ALTLASTEN” IN LA HAGUE

In diesem Anhang wird kurz der Inhalt des folgenden internen Papiers der COGEMA wiedergegeben und diskutiert:

Bericht vom Juli 1990, erstellt für den Leiter des Service Central de Sureté des Installations Nucléaires, über “Studien über Wiedergewinnung und Konditionieren von Abfällen, die am Standort La Hague gelagert werden” - mit 4 Anhängen zu verschiedenen Abfallarten.

Gesamteindruck

In La Hague lagern zur Zeit etwa 15.000 Kubikmeter unkonditionierter radioaktiver Abfälle. Davon sind über 3.000 Kubikmeter bei der Wiederaufarbeitung von deutschem Brennstoff angefallen.

Nach derzeitiger Planung kann die Konditionierung dieser Abfälle “schon” 1994/95 beginnen, in manchen Fällen sogar erst um 2000.

Dabei ist die Behandlung der Altlasten vielfach verflochten mit der Behandlung der in den neuen Anlagen UP3 und UP2-800 laufend produzierten Abfälle (UP3 befindet sich gerade in der Inbetriebnahmephase, UP2-800 wird in einigen Jahren in Betrieb gehen). Es wird auch erwogen, Altlasten und neu erzeugte Abfälle in denselben Anlagen zu behandeln; die Verfahren sind zumindest teilweise die gleichen.

Die Abfallbehandlung insgesamt ist nicht im Griff. In einem Teil der Abfalltanks sind Alterungsprozesse abgelaufen, was die Handhabung der Abfälle erschwert. Außerdem sind die Abfälle schlecht zugänglich, und ihre genaue Zusammensetzung ist nicht bekannt.

Angesichts dieses Durcheinanders von Alt- und Neuabfällen, provisorischen Lösungen, Neuentwicklungen, Verzögerungen usw. stellt das COGEMA-Papier in Zweifel, ob die nach Deutschland zurückgesandten Abfälle tatsächlich immer genau dem deutschen Anteil an der Wiederaufarbeitung entsprechen werden und daß die Abfallspezifikationen stets eingehalten werden können.

Es folgt ein Überblick über die vier im Bericht der COGEMA behandelten Abfallkategorien:

1. Hülsen und Strukturteile von Leichtwasser-Reaktor-Brennstoff

Die gesamte bisher beim Betrieb von UP2-400 angefallene Menge - etwa 1.400 Kubikmeter, entsprechend rund 3.300 Tonnen aufgearbeitetem Brennstoff - lagert in einem wassergefüllten Betonsilo direkt neben dem Eingangsteil HAO und in Becken, die früher für die Eingangslagerung von Gas-Graphit-Brennstoff verwendet wurden. Diese Abfälle enthalten etwa 1,2 Millionen (TBq

Beta/Gamma-Strahler und etwa 24.000 TBq Alpha-Strahler. Rund die Hälfte davon ist der Bundesrepublik Deutschland zuzuordnen.

Bisher wurde für diese Abfälle Zementierung vorgesehen. COGEMA verweist darauf, daß dieses Verfahren bereits erprobt sei. Der entscheidende Schönheitsfehler ist aber, daß bisher noch kein geeigneter Zementtyp gefunden wurde. Wie aus dem Forschungs- und Entwicklungsprogramm des CEA von 1990 /13/ hervorgeht, ist auch die Zementierung von Neuabfällen nur vorläufig genehmigt worden, auf fünf Jahre befristet. Nach Ablauf dieser Frist, 1994, soll entschieden werden, ob Zementierung mit einem verbesserten Zement (v.a. mit besserer Cäsium-Rückhaltfähigkeit) endgültig als Verfahren ausgewählt wird, oder ob Alternativen (Einschmelzen bzw. Kompaktieren) zur Anwendung kommen sollen.

Jedenfalls bedeutet dies, daß die Behandlung der “Altlasten” frühestens 1995 beginnen kann. Grundvoraussetzung dafür ist, daß die Entscheidung über das Konditionierungsverfahren tatsächlich 1994 fällt - COGEMA weist selbst darauf hin, daß dieses Datum mit Unsicherheit behaftet ist: Zur Verfahrensentwicklung müssen noch Forschungsarbeiten durchgeführt werden, die unerwartete Erkenntnisse bringen könnten... Doch selbst wenn die Entscheidung tatsächlich 1994 fällt, sind noch längere Verzögerungen möglich:

Im Falle der Entscheidung für Zementierung ist noch offen, ob diese dann im Anlagenteil R1 erfolgen soll - wo auch die entsprechenden Neuabfälle von UP2-800 behandelt werden - oder in einer eigenen, neu zu errichtenden Anlage beim Gas-Graphit-Reaktor (GGR)-Lagerbecken S1. Frühester Betriebsbeginn im ersten Falle: 1995, im zweiten: 1998.

Für den Fall, daß gegen die Zementierung entschieden wird und neue Verfahren eingesetzt werden sollen, kann die Konditionierung frühestens im Jahr 2002 beginnen.

Die COGEMA hat mit der Deutschen Gesellschaft für Wiederaufarbeitung (DWK) Kontakt aufgenommen, um eventuell von dort know-how über die neuen Verfahren einzukaufen. Wieso die Erwartung besteht, ausgerechnet von der DWK kompetente Unterstützung zu bekommen, ist unklar.

2. Schlämme aus der Abwasserreinigung

Im Anlagenteil STE2 (Abwasserbehandlung) haben sich 1966 - 1989 9.200 Kubikmeter Schlämme mit zur Zeit rund 122.000 TBq Beta/Gamma-Aktivität, und 3.300 TBq Alpha-Aktivität, angesammelt. (Diese Schlämme stammen also sowohl aus der GGR-, als auch der LWR-Aufarbeitung. Die Abschätzung des deutschen Anteils ist

daher schwierig.) Aufgrund von Alterungsprozessen in den Abfällen, die während der Lagerzeit abgelaufen sind, ist die Behandlung dieser Schlämme überaus problematisch.

Die Schlämme sind nicht homogen; bei der Lagerung setzen sich Feststoffe ab, die durch Aufrühren erst wieder verteilt werden müssen. Weiterhin sind Dichte und Zähigkeit der Schlämme nicht einheitlich. Daher ist allein schon die Wiedergewinnung der Schlämme aus den Lagertanks ein äußerst kompliziertes Unterfangen. Es war ein langwieriges (1982-1989) Forschungsprogramm erforderlich, um zu demonstrieren, wie die Schlämme aus den Lagereinheiten zur Konditionierung transferiert werden können. Ein Becken mit einer Kapazität von 2.000 Kubikmetern wurde im Mai 1990 fertiggestellt, das als Pufferlager für die Schlämme vor der Behandlung vorgesehen ist und von Anfang an mit Rühr- und Abpumpvorrichtungen versehen war.

Für die Konditionierung ist Bitumen vorgesehen. Es muß jedoch erst eine neue Bitumenart entwickelt werden. Die Behandlung der Altlasten soll dann in STE3 erfolgen, wo auch die laufenden Abfälle aus den neuen Anlagen konditioniert werden sollen. Sie kann frühestens 1998 beginnen.

COGEMA weist ausdrücklich darauf hin, daß mit ähnlichen Abfällen in Marcoule bereits praktische Erfahrungen mit Förderung und Behandlung gemacht wurden. Diese Erfahrungen seien allerdings nicht auf La Hague übertragbar, da die Abfälle in Marcoule einen sehr viel geringeren Gehalt an Alpha-Strahlern aufwiesen.

3. Strukturabfälle von Gas-Graphit-Reaktoren

In den Silos Nr. 115 und 130 lagern rund 1.000 Tonnen Strukturabfälle aus GGR, die 1966 - 1987 angefallen sind. An dieser Abfallkategorie ist Deutschland nicht beteiligt. Diese Abfälle enthalten ca. 7,3 Kilogramm Plutonium, rund 1.000 TBq Cäsium-137, rund 600 TBq Strontium-90 sowie andere Radionuklide. Sie bestehen aus Magnesiumhüllen und -pfropfen, Graphitstücken und Urantabletten.

Das große Problem bei der Lagerung und Handhabung dieser Abfälle ist die Feuergefahr. Es sei daran erinnert, daß der bisher schwerste Unfall in La Hague, mit nennenswerter Freisetzung von Cäsium-134 und -137 ein Brand derartiger Abfälle im Silo 130 war (am 6. Januar 1981, siehe RESTRISIKO Nr. 6). Umfangreiche Studien mußten seit 1986 durchgeführt werden. Als Lösung wird jetzt eine Passivierung durch Beigabe von Schwefelhexafluorid in die Lageratmosphäre anvisiert. Laut COGEMA haben Versuche im Silo 115, die im Juni 1990 durchgeführt wurden, endlich gezeigt, daß das Problem damit in den Griff zu bekommen ist.

Die weitere Vorgehensweise bei diesen Abfällen ist sehr langsam und vorsichtig. Erst ab Ende 1992 kann damit

begonnen werden, Proben aus den Lagersilos zu entnehmen, um überhaupt Aufschlüsse über die langfristige Entwicklung des Abfall-Zustandes zu erhalten. Mit dem Beginn der Konditionierung ist frühestens im Jahre 2000 zu rechnen.

4. Harze aus der Beckenwasserreinigung

Im Bereich der Entladebecken NPH und des Lagerbeckens C werden 138 Kubikmeter Filterharze zwischengelagert. Solche Harze fallen bei der Beckenlagerung von LWR-Brennelementen an, bei der das Kühlwasser dauernd gereinigt werden muß. Sie enthalten rund 900 TBq Beta/Gamma-Strahler. Rund die Hälfte dieser Abfälle dürfte deutschem Brennstoff zuzuordnen sein. Im Bereich der ehemaligen GGR-Enthüllung lagern weiterhin 335 Kubikmeter Harze aus der GGR-Wiederaufarbeitung, mit rund 3.300 TBq Beta/Gamma-Strahlern und 0,3 TBq Alpha-Strahlern.

Auch hier sind noch Studien und Versuche im Gange, um die Behandlung dieser Abfälle (z. B. Zementierung) zu entwickeln. Mit dem Beginn der Konditionierung der LWR-Abfälle ist frühestens 1994 zu rechnen. Für die Konditionierung der GGR-Harze wird zur Zeit noch überhaupt kein Anfangszeitpunkt vorgegeben.

Zusammenfassend stellt COGEMA fest, daß die Perspektiven zwar "relativ klar" seien. Aber, so COGEMA wörtlich (übersetzt von der Gruppe Ökologie):

"Dennoch müssen für bestimmte Abfälle - Strukturteile, Kopräzipitations-Schlämme - die grundsätzlichen Entscheidungen erst gefällt werden, was sowohl auf die Wahl der Verfahren als auch auf den Zeitplan Auswirkungen hat."

Eine mögliche Interpretation dieser Zeilen ist, daß alle genannten Zeitvorgaben für die Inbetriebnahme von Konditionierungsverfahren nur optimistische Schätzungen sind und die Verzögerungen in Wahrheit auch noch sehr viel länger sein können.

Weiterhin stellt COGEMA fest, daß ein später Beginn der Abfallbehandlung auch einen Vorteil habe: Wenn die Behandlung so spät erfolge, daß bereits das erste französische Endlager betriebsbereit sei, könnten die Abfälle direkt dorthin verbracht werden, und eine Zwischenlagerung sei dann nicht mehr erforderlich. Man hätte ausreichend Zeit, fortgeschrittene Konditionierungsverfahren zu entwickeln.

Es ist fraglich, ob es sich die deutsche Seite leisten kann, dies ebenso entspannt zu sehen. Wer garantiert, daß nach jahre- (zum Teil jahrzehnte-)langen Entwicklungsarbeiten wirklich Abfälle mit solchen Spezifikationen vorliegen, die für Deutschland akzeptabel sind, das heißt in einem deutschen Endlager eingelagert werden können?

PRODUKTKONTROLLE BEI RADIOAKTIVEN ABFÄLLEN

In diesem Anhang sollen einige grundlegende Informationen zum besseren Verständnis des Themenkreises "Produktkontrolle" gegeben werden.

Die Frage, ob in Behältern mit radioaktiven Abfällen auch wirklich "das drin ist, was draufsteht", bzw. was in den Begleitpapieren vermerkt wurde, und wie sich das nachprüfen läßt, interessiert spätestens seit der Affäre mit den falsch deklarierten Mol-Fässern 1987/88 nicht nur die Öffentlichkeit, sondern auch die Behörden. Stichprobenuntersuchungen der KFA Jülich wiesen nach, daß von der Konditionierung in Mol Fässer zurückkamen, die statt der angelieferten Abfälle aus den Atomkraftwerken Stade und Unterweser nun plutoniumhaltige Abfälle aus dem belgischen Forschungsreaktor BR-3 enthielten. Außerdem zeigte sich ein erschreckend desolater Zustand des Dokumentations- und Kontrollwesens bei den "Abfallverursachern" selbst, also den Kernkraftwerks-Betreibern. Anlässlich eines Seminars der PTB in Braunschweig im Juli 1989 stellte dazu Herr Kopp vom Niedersächsischen Umweltministerium fest /34/:

"Wer mit radioaktiven Stoffen umgeht, muß über Art und Aktivität ... nach § 78 StrlSchV Buch führen. Die Durchführung der Untersuchungen der KFA Jülich wurden erheblich erschwert durch den Umstand, daß eben diese Buchführung durch die Kernkraftwerke nicht im mindesten den Anforderungen der Strahlenschutzverordnung genügte. Zum Teil waren Dokumentationen überhaupt nicht vorhanden und wurden erst nachträglich auf Anforderung erstellt. Basisbelege für Lieferungen von und nach Mol wurden teilweise erst im Januar d. J. übergeben. Die vorhandenen Dokumente selbst enthalten oft reine Rechenwerte. Eine Zuordnung von zurückgelieferten, konditionierten Abfällen zu den nach Mol gelieferten Rohabfällen war i.d.R. nicht möglich, da die Dokumentationsangaben völlig willkürlich gestaltet waren ...

Alleine dieses Ergebnis ... zeigt, daß bei sog. 'Altabfällen', d.h. Abfällen, die vor 1988 konditioniert wurden, die Dokumentationen der Kernkraftwerksbetreiber letztlich keine Basis darstellen, auf der ein Stichprobensystem aufbauen kann. Die Willkür bei den Deklarationen ging in einzelnen Fällen so weit, daß unkonditionierte Zwischenkühlerschlämme, die mit einem Betondeckel versehen waren, als radioaktive Mischabfälle zur Verbrennung nach Mol geschickt wurden, von dort mit dem Vermerk 'unbehandelt' zurückgeliefert und schließlich als 'zementierte Aschen' in das Zwischenlager Gorleben eingelagert wurden."

Aber in Zukunft soll natürlich alles besser werden. Ob das tatsächlich der Fall ist, wird im folgenden aus dem



Fässer mit radioaktivem Abfall im Salzbergwerk Asse. Hier wurde von 1967 bis 1978 schwach- und mittelaktiver Abfall eingelagert. In den Entsorgungsberichten der Bundesregierung von 1983 und 1988 wird eine mögliche Wiedereinbetriebnahme von Asse als Endlager schon mal angedeutet, falls es zu Verzögerungen beim Endlager Schacht Konrad kommen sollte.
Quelle: Argus/Raupach

Blickwinkel der Endlagerung betrachtet. Anders als bei der Zwischenlagerung ist es hier nicht mehr möglich, bereits eingelagerte Abfälle erneut zu untersuchen oder "nachzubessern". Im Vordergrund stehen die nicht-wärmeentwickelnden Abfälle, die nach derzeitiger Planung in Schacht Konrad endgelagert werden sollen. Sie machen mengenmäßig den weitaus überwiegenden Teil aller radioaktiven Abfälle aus, und der Problemdruck ist bei ihnen am größten.

Die für Planung und späteren Betrieb des Endlagers Konrad verantwortliche Behörde, seit November 1989 das Bundesamt für Strahlenschutz (vorher die PTB), hat im Lauf der Jahre Kriterien entwickelt, denen die einzulagernden Abfälle genügen müssen. Ob diese bislang noch vorläufigen "Endlagerungsbedingungen" eingehalten werden, soll durch die sogenannte **Produktkontrolle** geprüft und nachgewiesen werden. Es handelt sich hier um ein ganzes Bündel administrativer und organisatorischer Maßnahmen zur Qualitätskontrolle mit Überprüfung von Dokumentation, Konditionierungsverfahren und der Abfallgebinde selbst. Ob die Endlagerungsbedingungen eingehalten werden, kann entweder über die Stichprobenprüfung an Abfallgebinden oder über eine "Qualifikation" der Konditionierungsverfahren nachgewiesen werden - der Abfallverursacher oder Abfallkonditionierer darf hier entscheiden. Das Bundesamt für Strahlenschutz bevorzugt allerdings den zweiten Weg.

Verfahrensqualifikation

Das neue Zauberwort heißt Verfahrensqualifikation. Es bedeutet, daß bereits die Konditionierung der Abfälle unter genau definierten und geprüften Bedingungen geschieht. Wenn man die Einflußgrößen bei der Konditio-

nierung kennt und kontrollieren kann, weiß man, wie - innerhalb bestimmter Bandbreiten - der Prozeß läuft. Damit ist dann, so die Idee, der Schluß auf die erforderliche Qualität des Abfallproduktes möglich. In der sorgfältigen Auswahl, Festlegung und Überprüfung des Verfahrens soll die Garantie liegen, daß die produzierten Abfälle den Anforderungen entsprechen.

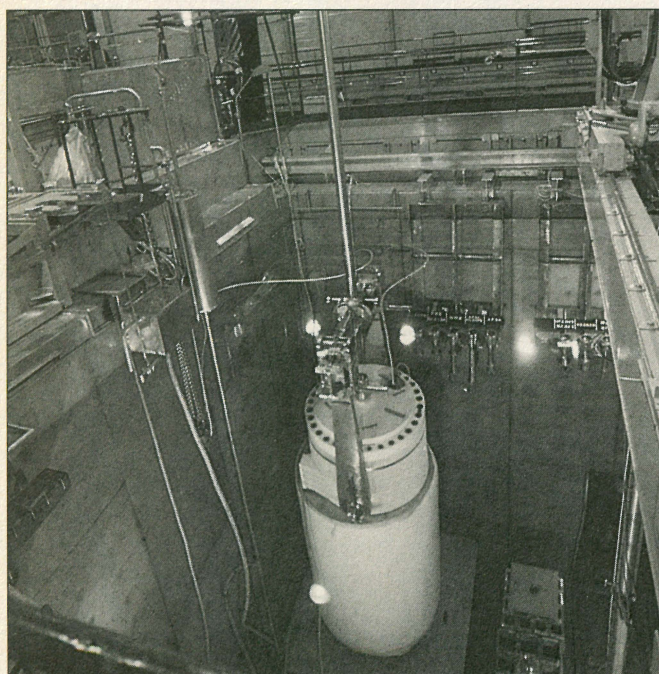
Dabei werden dem Bundesamt für Strahlenschutz weitgehende Kontrollrechte eingeräumt. Das Betriebshandbuch muß mit dem BfS abgestimmt werden, das die Verfahrensweise im Rahmen eines kontrollierten Testbetriebes überprüft. Auch nach der Freigabe als qualifiziertes (= genehmigtes) Verfahren erfolgen noch regelmäßige Inspektionen der Anlage. Dafür wird die behördliche Überprüfung einzelner Abfallgebinde dann als nicht mehr erforderlich angesehen.

Stichprobenüberprüfungen an Abfallgebinden

Für alle Abfälle, die nicht aus qualifizierten Verfahren stammen, ist eine stichprobenhafte Kontrolle der einzelnen Gebinde vorgesehen. Art und Umfang der Prüfung hängen vor allem ab von der vorhandenen Dokumentation, der Art der Abfälle und ihrer radiologischen Relevanz. Technisch möglich und erprobt sind folgende analytischen Maßnahmen:

Zerstörungsfreie Überprüfung wie beispielsweise Inaugenscheinnahme, Messung der Dosisleistung an der Behälteraußenseite, Wischtest, Neutronenmessung, Wägung, Gamma-Spektrometrie zur Bestimmung der Gesamtaktivität und der Aktivität von wichtigen Einzelnucliden, Gasprobennahme zur Messung von Druck und Bestimmung von gasförmigen Radionukliden und Verbindungen.

Zerstörende Überprüfungen bestehen in einer Probenahme aus der Abfallmatrix durch Bohrung mit anschlie-



Das Versenken eines Behälters mit abgebrannten Brennelementen in ein Lagerbecken in La Hague. Quelle: Pandis/Sygma

ßender Bestimmung der Aktivität von Alpha-, Beta- und Gamma Strahlern /35, 36/.

Mitte 1989 lagerten etwa 80.000 (!) Abfallgebinde (sogenannte Altabfälle) in der Bundesrepublik Deutschland /37/. Etwa drei Prozent von ihnen sollen in der KFA Jülich - der offiziellen Produktkontrollstelle - je nach Erfordernis mit den oben genannten Methoden überprüft werden. Mit einer Jahreskapazität von 500 Fässern /35/ ist sie damit für etwa fünf Jahre voll ausgelastet - nicht gerechnet alle danach und noch in Zukunft anfallenden Abfälle aus nicht-qualifizierten Verfahren, einschließlich der Abfälle aus der ehemaligen DDR und der Wiederaufarbeitung von Brennelementen im Ausland.

Stichprobenüberprüfungen sind mit großen Nachteilen verbunden:

- Sie erfolgen naturgemäß erst dann, wenn die Abfälle bereits produziert sind. Die Wahrscheinlichkeit, Fässer nicht zu entdecken, die nicht den Endlagerungsbedingungen entsprechen, kann zwar durch sorgfältig und begründete Stichprobenauswahl herabgesetzt werden. Aber sie wird niemals Null erreichen.
- Die Überprüfung bedeutet einen erneuten Umgang mit strahlendem Material, das Prüfpersonal wird also einer zusätzlichen, erhöhten Strahlenbelastung ausgesetzt.
- Der Prüfaufwand ist zum Teil erheblich und damit sehr kostenintensiv: Pro Faß schätzt man derzeit etwa 1.000 bis 10.000 DM /38/. Bezahlen müsse die Ablieferungspflichtigen.
- Durch die Kontrollmessung entsteht wiederum radioaktiver Abfall, der konditioniert und endgelagert werden muß.
- Bei der Produktkontrollstelle in Jülich können nur Fässer mit nicht-wärmeentwickelndem Abfall geprüft werden. Für die Kontrolle von Containern ist sie überhaupt nicht eingerichtet /39/.
- Darüberhinaus befürchten Behörden und Betreiber, daß "bei einer weiteren Verzögerung der Produktkontrolle im Falle einer Inbetriebnahme des Endlagers Konrad Mitte der neunziger Jahre der Fall eintreten könnte, daß die Einlagerungskapazität aufgrund einer zu geringen Anzahl geprüfter und damit abrufbarer Abfallgebinde nicht ausgeschöpft werden kann" /40/.

Aus diesen Gründen streben Behörden und Betreiber auch an, daß bei der Abfallbehandlung überwiegend qualifizierte Verfahren angewandt werden. Ob dieses Vorgehen die hochgesteckten Erwartungen erfüllt, kann heute noch nicht beurteilt werden. Bislang wurde lediglich ein Konditionierungsverfahren vom Bundesamt für Strahlenschutz qualifiziert und nachfolgend inspiziert /40/. Es liegen also noch kaum Erfahrungen vor; dadurch wird es noch schwieriger werden, die Produktkontrolle für die ausländischen Wiederaufarbeitungsabfälle in den Griff zu bekommen.

DIE PILOT-KONDITIONIERUNGSANLAGE

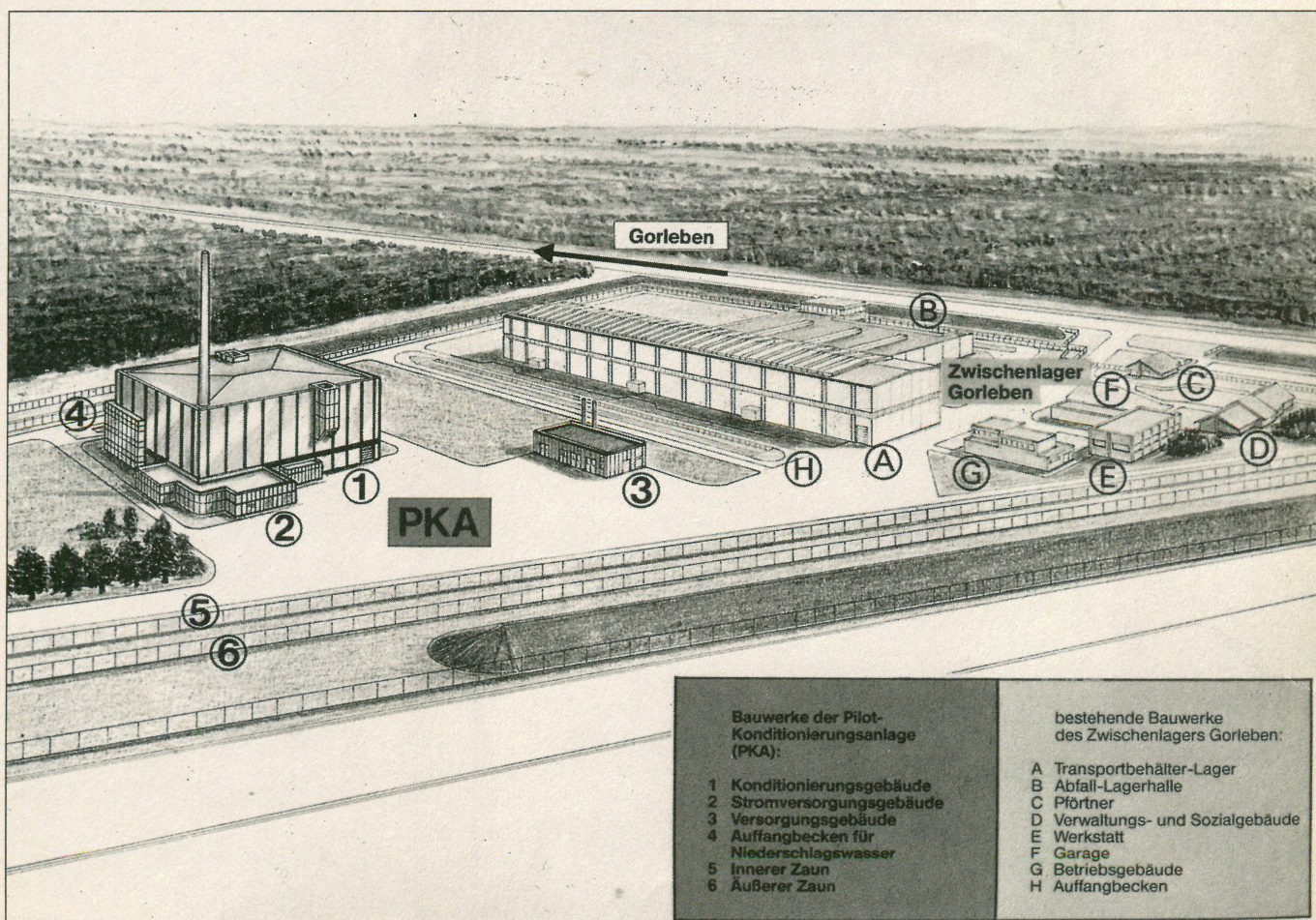
Die Pilot-Konditionierungsanlage (PKA) Gorleben ist ein wichtiger Teil des europaweiten Wiederaufarbeitungssystems; sie ist sozusagen eine Außenstelle von La Hague und Sellafield in Deutschland. Deshalb wird diese Anlage hier genauer beschrieben.

Am 30. Januar 1990 erteilte das Niedersächsische Umweltministerium (NMU) die "Erste atomrechtliche Teilgenehmigung zur Errichtung der Pilot-Konditionierungsanlage Gorleben". Sie umfaßt die Eignungsfeststellung für den Standort, den Bau der Verteidigungsanlagen (Erdwall und äußerer Zaun), den Rohbau aller Gebäude und den Einbau bestimmter Anlagenteile, wie zum Beispiel Zellenauskleidungen und Strahlenschutzfenster. Für die Erteilung dieser ersten Teilgenehmigung mußte die Behörde ein positives "Vorläufiges Gesamturteil" abgeben. Darin werden der Sinn der Anlage, die Zuverlässigkeit der Antragsteller und - unter Berücksichtigung des Strahlenschutzes - die Machbarkeit der Techniken festgestellt.

Aufgaben der Anlage

Über die Hauptaufgabe der PKA sind sich Betreiber (ehemals DWK, jetzt GNS, und damit die Elektrizitätsversorgungsunternehmen) und Behörden sowie Forscher (Kernforschungszentrum Karlsruhe) offenbar selbst nicht ganz im klaren. Zunächst sollte es sich um eine Forschungs- und Entwicklungsanlage handeln: Die Methoden zur Konditionierung von Brennelementen (BE), die nicht wiederaufgearbeitet werden können, sollten zur Einsatzreife gebracht werden. Das betrifft zum Beispiel Hochabbbrand-BE, HTR-BE oder BE aus bereits rezykliertem Brennstoff. Spätestens nachdem die Bundesregierung 1985 die Wiederaufarbeitung als Entsorgungsweg für "normale" BE zur Pflicht erklärte, war dies der Stand der Dinge.

Im Verlauf der 80er Jahre stellte sich jedoch heraus, daß nicht alle radioaktiven Abfälle, die nach der Wiederaufarbeitung von BE im Ausland wieder zurückgenommen



Ein Plan der Pilotkonditionierungsanlage (PKA) neben dem Zwischenlager Gorleben. Hinter dem eindrucksvollen Namen verbirgt sich eine Anlage in der u. a. Abfälle aus der Wiederaufarbeitung neu verpackt oder umgepackt werden sollen. Mit neuen oder zusätzlichen Stahlmänteln umgeben können die Abfälle zwar für ein paar Jahrzehnte sicher gelagert werden - aber eine jahrtausendlange sichere Lagerung, die keine Radioaktivität nach draußen gelangen läßt, ist unmöglich. Quelle: DWK

werden müssen, den Spezifikationen für die Lagerung in der BRD entsprechen werden - wie oben bereits beschrieben. Die PKA mußte hier quasi als Auffangbecken dienen und soll die "Nachkonditionierung" dieser Abfälle übernehmen. Übrigens war dies ein Hauptgrund, bei der Erteilung der 1. Teilerrichtungsgenehmigung durch die damalige Niedersächsische Landesregierung den Sofortvollzug einzusetzen /41/.

Als es darum ging, das sogenannte "Entsorgungskonzept" der Bundesregierung ihren eigenen Bedürfnissen anzupassen, zeigten sich die Kernkraftwerks-Betreiber Ende der 80er Jahre erneut flexibel. Nach Aufgabe der Wiederaufarbeitung im Inland fordern sie seit 1989, die PKA als Entsorgungsvorsorgenachweis für die Betriebsgenehmigungen der Kernkraftwerke anzuerkennen /42/. Dies wurde vom Niedersächsischen Umweltministerium bereits ein Stück weit nachvollzogen, indem die PKA in der 1. Teilerrichtungsgenehmigung nun wieder als Anlage für einen additiven Entsorgungsweg für Leichtwasserreaktor-(LWR-)BE bezeichnet wurde. Hinsichtlich der Aufgaben, die die PKA mit ihrer begrenzten Leistungskapazität nun erfüllen soll, wird die Sachlage damit vollends chaotisch. Die fünf wichtigsten Aufgaben hier noch einmal zusammengefaßt:

1. Forschungs- und Entwicklungsanlage für die Konditionierung spezieller Brennelemente zur direkten Endlagerung.
2. Kommerzielle Anlage zur Nachkonditionierung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung bundesdeutscher BE im Ausland.
3. Forschungs- und Entwicklungsanlage für den Entsorgungsweg "Direkte Endlagerung", also Konditionierung "normaler" LWR-BE.
4. Kommerzielle Anlage für die Konditionierung von LWR-BE und gleichzeitig Entsorgungsvorsorgenachweis.
5. Reparatur- und Servicebetrieb für die Behälter in den benachbarten Zwischenlagern.

Durch diese Anforderungen wird ein Sachzwang geschaffen, der den Charakter der PKA von einer "Erprobungs- und Demonstrationsanlage" /41/ zu einer Produktionsanlage verschiebt. Diese durch das haarsträubende "Entsorgungskonzept" selbst verursachte Tatsache führt dazu, daß eine weitere Konditionierungsanlage gebaut werden muß.

Kurze Anlagenbeschreibung

Die PKA wird in Gorleben direkt neben dem bereits in Betrieb befindlichen Zwischenlager gebaut. Das Hauptgebäude enthält sogenannte heiße Zellen, in denen die Konditionierungsvorgänge mit den mittel- und hochaktiven Gebinden durchgeführt werden. Diese heißen Zellen besitzen extra dicke Betonwände und sind innen mit Stahlblech ausgekleidet. Die dicken Wände verhindern jedoch nicht, daß die Beschäftigten einer zusätzlichen Strahlenbelastung ausgesetzt werden. Die Jahreskapazität der Anlage soll bei 35 Tonnen Schwermetall (Uran und Plutonium) liegen.

Die zu konditionierenden Materialien müssen per LKW angeliefert werden, da kein Gleisanschluß existiert. Erste Station in der PKA ist die Behälterhalle, in die die von den LKWs entladenen Behälter gehoben werden und in der ein Teil der nicht-wärmeentwickelnden Abfälle für die Lagerung nachkonditioniert wird. Alle übrigen Abfallgebinde, auch die Brennelemente, werden durch einen Transportkanal in die Entladezelle transportiert. Nach dem Entladen der Transportbehälter werden Brennelemente in einem Pufferlager bereitgestellt, von dort in die Zerlegezelle gebracht und nach der Konditionierung in einem zweiten Pufferlager gesammelt. Von dort gelangen sie in die Beladezelle, wo sie in Zwischen- bzw. Endlagerbehälter verpackt werden.

Die Abfälle durchlaufen die Zerlegezelle nicht, sondern werden entweder über das zweite Pufferlager oder direkt in die Beladezelle gebracht. Für die Konditionierung verschiedener Materialien sind jeweils Reinigungs- und Umbaumaßnahmen in den Zellen notwendig.

Über einen Transportkanal werden die beladenen Behälter wieder in die Behälterhalle transportiert und von dort auf LKWs verladen.

Zum besseren Verständnis ist beispielhaft in Abbildung 1 der Ablauf des Umladens von HAW-Kokillen (Kokillen mit hochradioaktiven Abfällen) dargestellt.

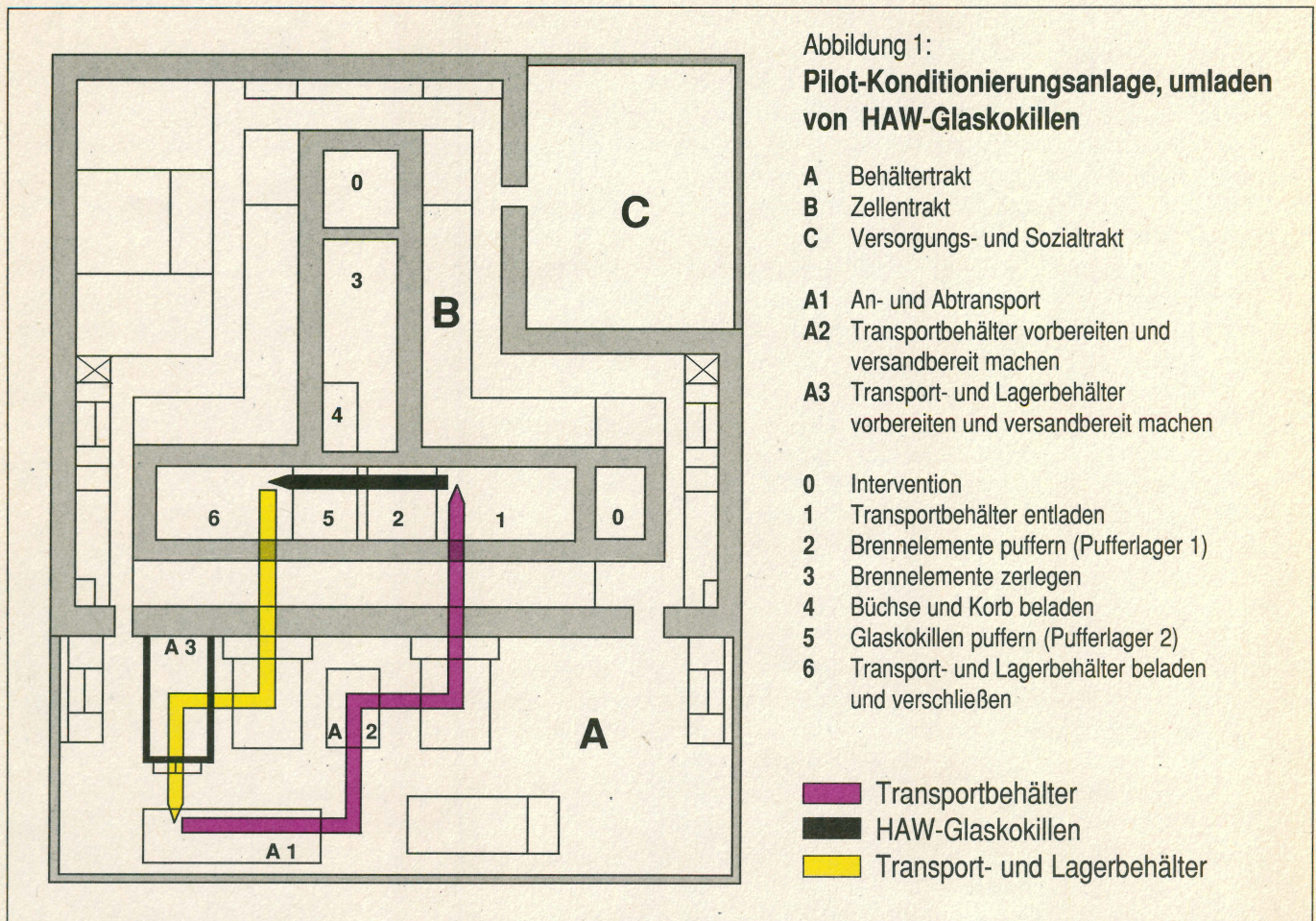
Bearbeitung der Wiederaufarbeitungs-Abfälle in der PKA

1. HAW-Kokillen

Je 20 HAW-Kokillen werden in Behältern angeliefert, die weder für eine Zwischen- noch für eine Endlagerung geeignet sind. Sie müssen also entladen werden. Bei Beschädigungen der Kokillen sollen diese beseitigt bzw. der Glaskörper in eine neue Stahlkokille verbracht werden. Die Kokillen können bei Bedarf "vorübergehend" im Pufferlager 2 (5 in Abb. 1) zwischengelagert werden. Im Anschluß werden maximal 28 Stück von ihnen in einen Transport- und Lagerbehälter (wahrscheinlich vom Typ Castor-21) geladen und nach gegenwärtigem Stand in das Zwischenlager Gorleben gebracht.

2. Wärmeentwickelnder zementierter Abfall

Es handelt sich je nach Herkunft um zwei unterschiedliche Gebindeformen. In La Hague werden die Brennelement-Hülsen- und Strukturteile in 1700 Liter-Edelstahlfässer zementiert, in Sellafield in 560 Liter-Fässer. Aus La Hague kommen jeweils neun Gebinde in einem Transportbehälter, über Sellafield liegen uns keine Angaben vor. Die Gebinde werden in der Entladezelle einzeln entladen. Bei Bedarf können sie in der Beladezelle (6 in Abb. 1) zwischengelagert werden. Da vorläufig kein Endlager zur Verfügung stehen wird, werden von den COGEMA-Gebinden jeweils drei in einen Transport- und Lagerbehälter vom Typ Castor CZ geladen und ebenfalls in ein Zwischenlager gebracht. Für BNFL-Gebinde liegt noch kein Konzept vor.



3. Bituminiertes Abfall

Bituminiertes Abfall wird aus der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague in Transportbehältern mit mehreren 200 Liter-Fässern angeliefert. Die Verpackung in diesen Fässern entspricht nicht den Endlagerbedingungen für Schacht Konrad. Die Fässer werden einzeln in Gußbehälter (Einzelfaßabschirmung) gestellt und diese verschlossen. Von diesen Gußbehältern werden wiederum je drei in einen Container gestellt. Dieser soll sowohl zur Zwischen- als auch zur Endlagerung geeignet sein.

4. Schwachaktiver, Alpha-haltiger zementierter Abfall

Abfälle dieser Art werden von der COGEMA in 1200 Liter-Asbestzementbehältern geliefert. Es handelt sich um sogenannten technologischen Abfall (Komponenten und Bauteile aus der Wiederaufarbeitung), der mit Zement vergossen ist. Zwei dieser Behälter werden in der Behälterhalle in sogenannte Konrad-III-Container geladen und mit Beton vergossen.

Interessantes Detail am Rande: Für die meisten der genannten Behälter gibt es bisher weder eine Transport- noch eine Lagergenehmigung.

Auswirkungen und Störfälle

Wie jede atomtechnische Anlage gibt auch die PKA, selbst im sogenannten Normalbetrieb, Radioaktivität ab, und zwar mit Abluft und Abwasser. Die Nachkonditionierung der Wiederaufarbeitungs-Abfälle trägt allerdings

nur in relativ geringem Umfang zur radioaktiven Belastung von Mensch und Umgebung bei. Im Gegensatz dazu wird die Strahlenbelastung der Beschäftigten (insbesondere beim Be- und Entladen der LKW und in der Behälterhalle) in erheblichem Maße durch diese Nachkonditionierung verursacht.

Auch in der technisch nicht so anspruchsvollen PKA ist die Palette möglicher Stör- und Unfälle groß. Es sollen hier nur einige Beispiele für die Behandlung der Wiederaufarbeitungsabfälle genannt werden, die zu Freisetzungen mit großen Auswirkungen führen können:

- Ein Brand von Bitumengebinden kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Brandlasten, die sich aus irgendwelchen Gründen entzünden können, sind vielerorts vorhanden (zum Beispiel LKW mit Kraftstoff und Ölen). Die Selbstentzündungstemperatur des Bitumens von 340 Grad Celsius ist schnell erreicht. Brennendes Bitumen ist nur sehr schwer zu löschen. Die im Bitumen eingebundenen radioaktiven Stoffe werden durch die hohen Temperaturen ausgetrieben und je nach Ort der Freisetzung auf verschiedenen Wegen in die Umgebung gelangen.

- In den Kokillen befinden sich in Glas eingeschmolzene, hochaktive Spaltproduktkonzentrate. Die Aktivität einer Kokille beträgt acht Jahre; nachdem das Brennelement aus dem Reaktorkern entladen wurde, immer noch $2,9 \times 10^{16}$ Becquerel. Durch den ständigen radioaktiven Zerfall einzelner Stoffe wird Nachwärme produziert. Das

heißt, die Kokillen weisen eine stark erhöhte Temperatur auf. Die Wärmeleistung nach sieben Jahren Abklingzeit beträgt immerhin noch circa 2000 Watt, soviel wie ein großer Heizlüfter an Wärme produziert. Die ständig neu erzeugte Wärme muß abgeführt werden, damit es nicht zu einer Überhitzung des Gebindes kommt. Dadurch kann das Glas schmelzen und können damit die radioaktiven Stoffe freigesetzt werden. Die Kühlung erfolgt in der PKA passiv (Pufferlager) oder aktiv (Zellen). Ein Ausfall oder die Schädigung der Kühlsysteme ist nicht grundsätzlich auszuschließen, so daß auch hier Freisetzungen in die Umgebung erfolgen können.

- Die PKA ist nur in den heißen Zellen und auch dort nicht genügend gegen Flugzeugabsturz ausgelegt. Infolge verschiedener Szenarien kann es nach einem Flugzeugabsturz zu sehr hohen Freisetzungsraten kommen.

Ein nicht gelöstes Problem für den Normalbetrieb der PKA stellt die Spaltstoff-Flußkontrolle dar. Dieses Problem betrifft allerdings die Konditionierung von abgebranntem Kernbrennstoff und nicht das Verpacken von Wiederaufarbeitungsabfällen, weshalb wir es hier nur kurz erwähnen. Jede Atomanlage muß überwacht werden, um ein unbemerktes Abzweigen von spaltbaren Stoffen zu verhindern (siehe RESTRISIKO Nr. 2). Die in einer Industriestudie für die PKA ermittelte Überwachungs(un)genauigkeit von 12 Prozent /43/ bedeutet, daß für eine Menge von 42 Kilogramm Plutonium pro Jahr kein Nachweis geführt werden kann. Rein rechnerisch entspricht eine solche Menge etwa fünf bis sechs Atomsprengekörpern (!).

Auslastung der PKA

Der für das Genehmigungsverfahren zum Bau der PKA angefertigte Sicherheitsbericht gibt für die Behandlung der WAA-Abfälle folgende Kapazitäten an, wenn die Anlage ausschließlich zur Konditionierung bzw. zum Umladen von Abfällen genutzt würde /32/ (in Stück pro Jahr):

● HAW-Glaskokillen	1000
● 1460 Liter-Fässer mit zementiertem Abfall	400
● 500 Liter-Fässer mit zementiertem Abfall	400
● 400 Liter-Fässer mit paketi-ertem/ zementiertem Abfall	200
● 220 Liter-Fässer mit bituminiertem Abfall	100
● 1180 Liter-Abfallbehälter mit technologischem Abfall	200

Die hier angegebenen Volumina der Gebinde stimmen mit Ausnahme der HAW-Kokillen nicht mehr mit denen, die im Moment Stand der Technik sind, überein /3/. Wir übernehmen die Kapazitätsangaben trotzdem für die Auslastungsberechnungen der PKA, bezogen auf die Wiederaufarbeitungsverträge (mangels anderer belastbarer Angaben):

Die Angaben über die zur Wiederaufarbeitung im Ausland vereinbarten Mengen in den Alt-Verträgen (COGE-

MA bis 1998, BNFL bis 2002) differieren je nach Quelle. Sie reichen von rund 4.500 Tonnen /44/ bis zu 5.717 Tonnen /42/. Entsprechend unterschiedlich wäre dadurch auch die Menge der zurückzunehmenden radioaktiven Abfälle. Wir orientieren uns hier an den Angaben, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind und dem neuesten Stand entsprechen. Zu der Menge radioaktiver Abfälle, die durch den Abschluß der neuen Verträge für die Zeit 1999 - 2005 anfallen, gibt es bisher keine offiziellen Veröffentlichungen. Diese Verträge sollen die Wiederaufarbeitung von insgesamt etwa 3.200 Tonnen Brennelementen umfassen /45/. Daraus können die Abfallmengen geschätzt werden unter der Annahme, daß die Abfallproduktion pro Tonne aufgearbeitetem Brennstoff etwa konstant bleibt.

Mit den in Tabelle 1 genannten Zahlen für die Alt-Verträge ist die PKA bei optimalem Betrieb nach den Kapazitätsangaben im Sicherheitsbericht für knapp fünf Jahre ausgelastet. Bei dieser Rechnung sind allerdings nur die hochaktiven und anderen wärmeentwickelnden Abfälle berücksichtigt. Für die anderen nicht-wärmeentwickelnden Abfälle kann die Menge der Abfälle, die nachkonditioniert werden muß, im Moment noch nicht genau festgelegt werden.

Die inzwischen abgeschlossenen Neuverträge führen zu einer Inanspruchnahme der Verarbeitungskapazität der PKA für ungefähr weitere drei Jahre.

Mit dem Abschluß der hier berücksichtigten Alt- und Neu-Verträge ist jedoch die sogenannte Entsorgung nicht für alle bis zum Jahre 2005 anfallenden bestrahlten Brennelemente abgedeckt. Die genannten Verträge umfassen insgesamt 8.699 Tonnen Brennelemente. Nach /42/ fallen bis zum Jahre 2005 aber 10.762 Tonnen an. Für die Restmenge von 2.063 Tonnen existieren in den Alt-Verträgen Optionen, zum Teil verbindlich, von denen die bundesdeutschen Energieversorgungsunternehmen Gebrauch machen könnten. Dies würde die gesamte Kapazität der PKA für weitere 1,5 Jahre beanspruchen.

Zusammenfassung

Sollte die PKA wie geplant 1994/95 in Betrieb gehen, nach einer Phase von ein bis zwei Jahren die volle Leistungsfähigkeit erreichen und dann ohne Pannen laufen, so wird sie bis zum Jahre 2005 allein mit der Nachkonditionierung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von bundesdeutschen Brennelementen im Ausland voll ausgelastet sein. Für die anderen Aufgaben, insbesondere die Erprobung von Konditionierungstechniken für Brennelemente, ist keine Kapazität mehr vorhanden. Die Situation würde sich bei einer Ausweitung der Wiederaufarbeitung, etwa durch Inanspruchnahme der vertraglichen Optionen mit COGEMA und BNFL, weiter verschärfen. Unser Ergebnis zeigt, daß die PKA bereits nach gegenwärtigem Stand der Wiederaufarbeitungsvertragsmengen ihre Aufgaben nicht erfüllen kann. Der Bau einer weiteren Konditionierungsanlage ist bei Beibehaltung des jetzigen "Entsorgungskonzeptes" unumgänglich.

QUELLENNACHWEIS:

- /1/ Bundestagsdrucksache 11/7537 (Wiederaufarbeitung deutscher atomarer Abfälle im Ausland) vom 04.07.1990.
- /2/ Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz; Die Entsorgung von radioaktiven Abprodukten aus der Anwendung der Atomenergie in der DDR, SAAS-381, Berlin 1990.
- /3/ Janberg, K. und R. Weh; Rücknahme und Verbleib radioaktiver Abfälle, atomwirtschaft XXXVI/1, Januar 1991, S. 40-43.
- /4/ Brennecke, P. und J. Schumacher; Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1989, Bundesamt für Strahlenschutz, ET 1/90, Salzgitter, April 1990.
- /5/ Downs, S. et al.; THORP, (engl. Ausgabe 1990 von CORE, Barrow-in-Furness), deutsche Übersetzung von Greenpeace, 1991.
- /6/ Berkhout, F. und W. Walker; THORP und die ökonomischen Aspekte der Wiederaufarbeitung, (engl. Ausgabe 1990 von SPRU, Brighton), deutsche Übersetzung von Greenpeace, 1991.
- /7/ Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden, RS II 3 - 511 832 - 2/17, Bonn, 16. Januar 1989.
- /8/ COGEMA; Contract for the Reprocessing of Irradiated Oxide Fuel, vorliegend in 2 Varianten: "Fixed Quantities" (09.01.1990), und "Requirement" (11.01.1990).
- /9/ Contract between COGEMA and SKBF (betr. Aufarbeitung von Brennstoff aus dem schwedischen Kernkraftwerk Ringhals 3, entladen 1979), 19.04.1977; sowie Service Agreement between COGEMA and SKBF (betr. Aufarbeitung von Brennstoff aus den schwedischen Kernkraftwerken Barsebäck, Ringhals und Forsmark, entladen 1981-1990), 10.03.1978. Beide Verträge enthalten eine Meistbegünstigungs-Klausel. Daher ist es unwahrscheinlich, daß anderen ausländischen Kunden von COGEMA günstigere Bedingungen eingeräumt wurden.
- /10/ BNFL; Service Agreement for the Reprocessing of Irradiated Fuel and Related Services, vorliegend in 2 Varianten: "Fixed Quantity Version" und "Requirements Version" (beide v. 18.01.1990).
- /11/ Matting, U.; Mündliche Mitteilung anlässlich der Sitzung der Arbeitsgemeinschaft für Umweltfragen e.V. in Bonn, 23.01.1991.
- /12/ Bechthold, W. et al.; Systemanalyse Mischkonzept - Hauptband, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Dezember 1989.
- /13/ Commissariat à l'Energie Atomique; Plan Quinquennal des Recherches et Développement "Effluents et Dechets" 1990 - 1994, Paris, März 1990.
- /14/ Premier Avis du Collège de la Prévention des Risques Technologiques sur le Stockage Souterrain des Dechets Nucléaires à Vie Longue, Paris, 06.04.1990.
- /15/ Drawing up of Management Routes for LWR Hulls, 3 Forschungsberichte in: Commission of the European Communities; The Community's research and development programme on radioactive waste management and storage, annual progress report 1989, Vol 1, Brüssel 1990, S. 23-32.
- /16/ Kernforschungszentrum Karlsruhe; Conditioning of Fuel Hulls and Structural Materials by High Pressure Compaction, Forschungsbericht wie /15/, S. 119-121.
- /17/ Kernforschungszentrum Karlsruhe; Ergebnisbericht über Forschung und Entwicklung 1987, Karlsruhe 1988.
- /18/ Kernforschungszentrum Karlsruhe; Ergebnisbericht über Forschung und Entwicklung 1988, Karlsruhe 1989.
- /19/ Bundesamt für Strahlenschutz; Plan Konrad, Salzgitter, Fassung vom April 1990.
- /20/ Bulletin sur la sûreté des installations nucléaires, No. 73, Avril 1990, S. 2.
- /21/ COGEMA; Specifications of Cemented Waste Products from Reprocessing at UP2 or UP3-A La Hague Plants, First Series, July 1984.
- /22/ Boudry, J.-C.; La gestion des dechets de La Hague, traitement, conditionnement, controles, Revue Générale Nucléaire, No. 4, 1988, S. 300-305.
- /23/ Ermittelt von den Autoren auf der Grundlage der neuesten Fassung des Planes Konrad /19/ sowie der Abfallspezifikationen /21/ Die Spezifikationen in der Fassung von 1990 liegen uns noch nicht vor. Wesentliche Änderungen der Garantiewerte gegenüber 1984 sind nicht zu erwarten.
- /24/ Allardice, R.H.; Nuclear Fuel Reprocessing in the United Kingdom, atomwirtschaft XXXV/8/9, Juli/August 1990, S. 436-439.
- /25/ atomwirtschaft XXXV/11, November 1990, S.498.
- /26/ Howarth, G.G.; Encapsulation of Intermediate Level Wastes by BNFL, ATOM 377, March 1988, S. 14.17.
- /27/ HM Nuclear Installations Inspectorate, Health and Safety Executive; Safety Audit of BNFL Sellafield 1986, Vol 1.
- /28/ COGEMA; Specifications of Bituminized Wastes Produced from Reprocessing at UP2 or UP3-A La Hague Plants, First Series, March 1984.
- /29/ COGEMA; Specifications of Vitrified Residues Produced from Reprocessing at UP2 or UP3-A La Hague Plants, Second Series, July 1986.
- /30/ Bundestagsdrucksache 11/7800 (Beschlussempfehlung und Bericht des 2. Untersuchungsausschusses nach Artikel 44 des Grundgesetzes) vom 15.10.1990.
- /31/ Warnecke, E. und B.-R. Martens; Anforderungen an die Produktkontrolle radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente im Ausland; in: Warnecke, E. und H. Giller (Hrsg.); Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, PTB-SE-25, Braunschweig, September 1989, S. 235-246..
- /32/ Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen; Pilot-Konditionierungsanlage Gorleben, Sicherheitsbericht, Hannover, Dezember 1986.
- /33/ Anlage 3 zum Ergebnisprotokoll der 252. RSK-Sitzung am 21.03.1990.
- /34/ Kopp, D.; Ergebnisse der Untersuchungen an radioaktiven Abfällen aus niedersächsischen Kernkraftwerken; in: Warnecke, E. und H. Giller (Hrsg.); Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, PTB-SE-25, Braunschweig, September 1989; S. 126-132..
- /35/ Odoj, R.; Prüf- und Meßeinrichtungen der Produktkontrollstelle; in: Warnecke, E. und H. Giller (Hrsg.); Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, PTB-SE-25, Braunschweig, September 1989, S. 93-109.
- /36/ Filß, P.; Durchführung von Stichprobenprüfungen; in: Warnecke, E. und H. Giller (Hrsg.); Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, PTB-SE-25, Braunschweig, September 1989, S. 110-125.
- /37/ Merkel, A.; Übersicht über das Stichprobensystem; in: Warnecke, E. und H. Giller (Hrsg.); Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, PTB-SE-25, Braunschweig, September 1989, S. 65-74.
- /38/ mündl. Mitteilung während eines Besuchs der Produktkontrollstelle in der KFA Jülich, 29./30.8.1989.
- /39/ Odoj, R., P. Filß und J. Wolf; Durchführung der Qualitätskontrolle bei radioaktiven Abfällen; Jahrestagung Kerntechnik '90, Nürnberg, 15.-17.5.1990.
- /40/ Brennecke, P., B.-R. Martens und E. Warnecke; Endlagerungsbedingungen und Produktkontrolle für radioaktive Abfälle; atomwirtschaft, XXXVI/1, Januar 1991, S. 37-40.
- /41/ Niedersächsisches Umweltministerium; Erste atomrechtliche Teilgenehmigung zur Errichtung der Pilot-Konditionierungsanlage Gorleben; Hannover, 30.01.1990.
- /42/ Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW); Strategieüberlegungen zur Brennelemententsorgung und Verwertung von Plutonium und wiederaufgearbeitetem Uran, September 1989.
- /43/ Randl, R.P. und D. Lummerzheim; Direkte Endlagerung und Spaltmaterialüberwachung, Statusbericht Direkte Endlagerung, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 16./17.01.1990.
- /44/ Bundestagsdrucksache 11/4849 vom 21.06.1989.
- /45/ atomwirtschaft XXXV/5, Mai 1990, S. 214.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:

AD2	Behandlungsanlage für technologische Abfälle in La Hague
BE	Brennelement
BFS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundesumweltministerium
BNFL	British Nuclear Fuels Limited, Betreiberin von Sellafield
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
COGEMA	Betreiberin von La Hague
DWK	Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung
EP2	Encapsulation Plant, Zementieranlage in Sellafield
HAO	Haute Activité Oxide, Eingangsstufe für LWR-Brennstoff in La Hague
HAW	Hochradioaktiver Abfall
HTR	Hochtemperaturreaktor
GNS	Gesellschaft für Nuklear-Service
GGR	Gas-Graphit-Reaktor
LRQA	Lloyd's Register of Quality Assurance
LWR	Leichtwasserreaktor
KFA	Kernforschungsanlage
NMU	Niedersächsisches Umweltministerium
PKA	Pilotkonditionierungsanlage
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
R7	Verglasungsanlage in La Hague
STE	Station de Traitement des Effluents, Abfallbehandlung für Wasser und Schlämme in La Hague (STE3: Bituminierungsanlage)
T1	Zementieranlage
THORP	Thermal Oxide Reprocessing Plant, Wiederaufarbeitungsanlage in England
UP	Usine de Plutonium (Plutoniumfabrik)
WVP	Windscale Vitrification Plant, Verglasungsanlage in Sellafield

KORREKTURHINWEISE FÜR RESTRISIKO NR. 5

Seite 6, Abbildung 2:

Im Kästchen rechts oben ersetze "GGR" durch "LWR".

Seite 8, links:

Letzte Zeile über dem Kasten: Ersetze "1970" durch "1980".

Seite 10, Abbildung 4:

Beim Kästchen "Lagerung von hochaktivem, flüssigem Abfall" fehlt die Kurzbezeichnung "HAPF". Zu diesem Kästchen müßten von R2 und T2 Pfeile führen.

Seite 13, Tabelle 1:

Bei der Erklärung der Schreibweise, "9,38 mal 10¹⁴", muß die "14" natürlich hochgestellt sein.

Seite 19, links:

Bei dem Ereignis vom 02.01.80 ersetze "10 Zentimeter Länge" durch "100 Zentimeter Länge".

Seite 19, rechts:

Das Datum "14.04.80" ist falsch, korrekt ist "15.04.80".

Seite 24, Abbildung 11:

Im Titel muß es statt "LWR-Verbrennstoff" heißen: "LWR-Brennstoff". Die Zeile ganz unten in Klammern muß lauten: "Die Flächen der Kästen sind der Maßzahl proportional".

Seite 40, links:

Bei Quellennachweis /4/: Statt "Tabelle 1" gehört "Abbildung 3".

Seite 41, links:

Bei Quellennachweis /11/, oben, gehört statt "03.13.84" richtig "03.12.84".

Seite 41, rechts:

In die Zeile über dem Kasten mit Korrekturhinweis gehört statt "3,7 x 10" natürlich "3,7 x 10¹⁶".

