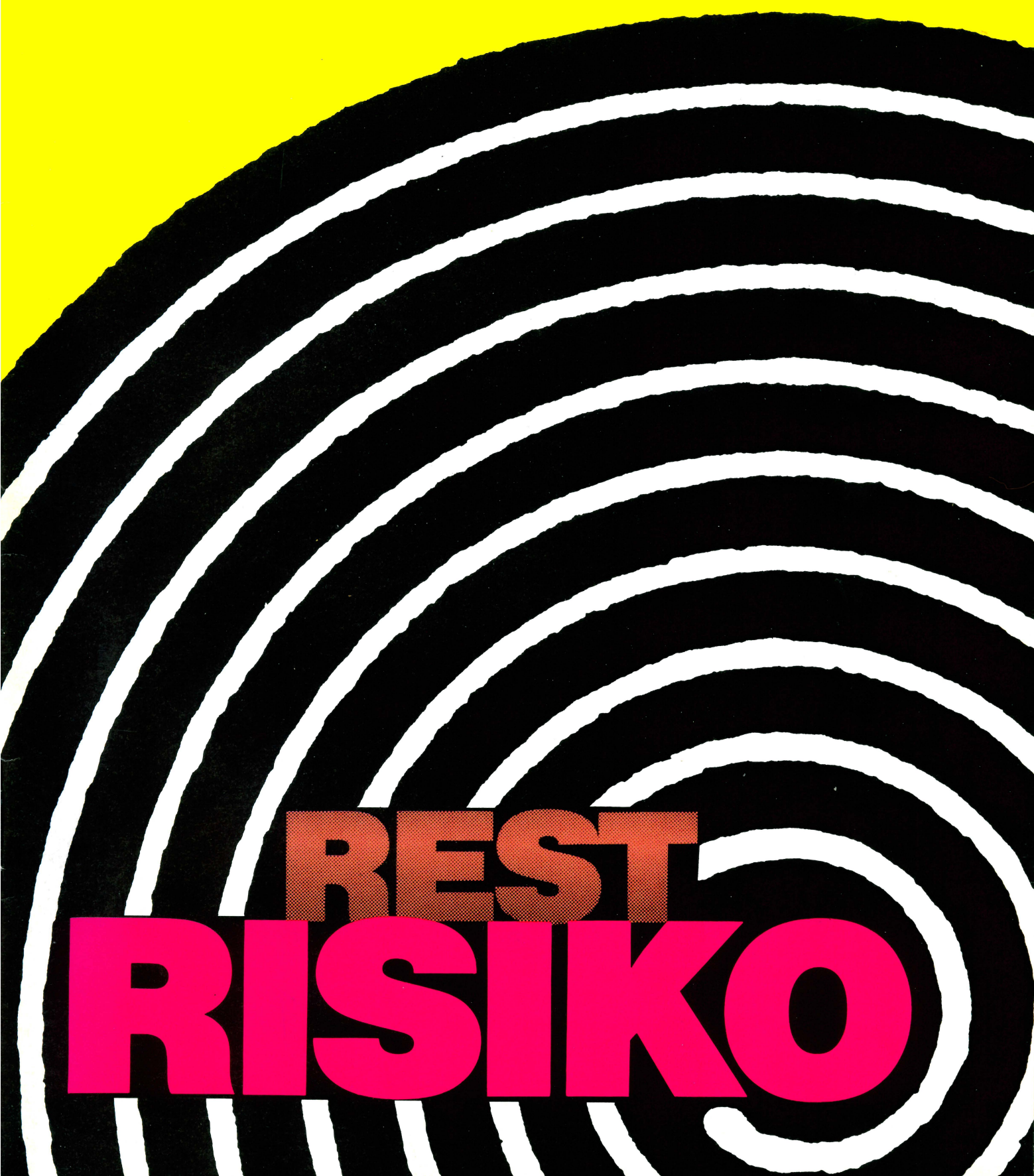


Wiederaufarbeitung in Europa

WACKERSDORF IST TOT – ES LEBE LA HAGUE?

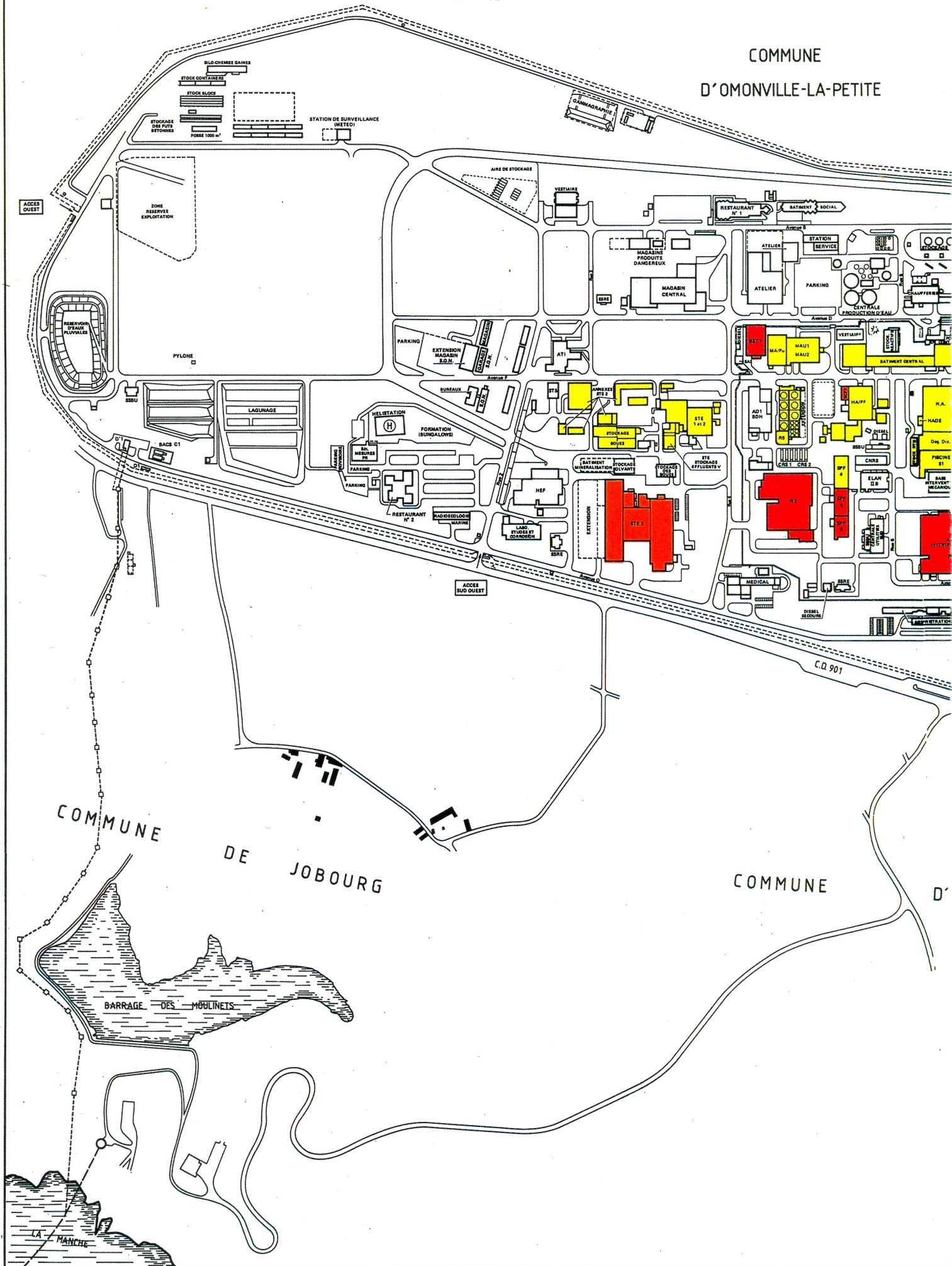


**REST
RISIKO**

DIE WIEDERAUFARBE

COMMUNE

D'OMONVILLE-LA-PETITE



**CENTRE DE STOCKAGE
DE LA MANCHE
(ANDRA)**



BEAUMONT - HAGUE

- UP2: GGR-Anlagenteile (teilw. stillgelegt)
- UP2: HAO (Kopfteil für LWR-Brennstoff)
- UP2: Neue Anlagenteile von UP2 – 800
- Abwasserbehandlungsanlage STE3, andere neue Nebenanlagen
- Brennelemente-Empfang und Lagerbecken
- UP3

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

Verantwortlich: Kerstin Eitner
Redaktionelle Überarbeitung: Ansbart Kneip, Ingrid Reinecke
Graphik + Gesamtgestaltung: Barbara Geibel
Satz: Appelt Grafik-Design & Fotosatz Hamburg
Druck: Bernd K. Meyer KG, Hamburg
Auflage: 7000
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.

Wichtige Informationen

Die Musterverträge zwischen den bundesdeutschen Energieversorgungsunternehmen und den Wiederaufarbeitern Cogema und BNFL liegen uns vollständig vor. Auf folgende Details möchten wir nach einer ersten, groben Analyse hinweisen:

1. Plutoniumverluste, die durch den Wiederaufarbeitungsprozeß entstehen, werden weder von der Cogema noch von BNFL zum Zeitpunkt der Unterzeichnung der Verträge angegeben. Nach fünfzehn Jahren Erfahrung mit der Wiederaufarbeitung von Leichtwasserreaktor-Brennelementen müßte die COGEMA hierzu eigentlich genaue Angaben machen können. Waren die Plutonium-Verluste in der Vergangenheit derartig hoch, daß darüber geschwiegen werden soll?
2. Die Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Plutoniumgehalts im abgebrannten Kernbrennstoff (Input-Mengen) und im zurückzuliefernden Plutonium-Dioxid (Output-Mengen) liegen bei plus/minus ein Prozent (Bilanzungenauigkeit). Dabei geht es um die Größenordnung von mehreren Kilogramm Plutonium pro Jahr. (Die Möglichkeiten aufgrund von Bilanzungenauigkeiten unbemerkt Plutonium abzuzweigen, untersucht das Restrisiko-Heft Nr. 2 vom Juni 1988 "Plutonium-Pfade und Bombenbau".)
3. "Swaps" von Plutonium sind in den COGEMA-Musterverträgen vorgesehen. Dort wird beschrieben, daß dem Kunden Plutonium zur Verfügung gestellt wird, unabhängig davon, ob der entsprechende Brennstoff bereits aufgearbeitet wurde oder nicht. Das kann sowohl mehr als auch weniger der zu erwartenden Menge sein, und es ist nur ein begrenzter Zeitraum für eventuelle Plutonium-Nachlieferungen vorgesehen - ansonsten ist ein finanzieller Ausgleich geplant. Auf diese Weise ist es möglich, daß z.B. ein Teil des "deutschen" Plutoniums in den Besitz der Cogema übergeht und von dieser nach Belieben verwendet werden kann.
4. In den Verträgen wird nicht garantiert, daß nach der Wiederaufarbeitung die Abfälle in endlagerfähigem Zustand zurückgeliefert werden. Das bedeutet, daß zurückgenommene Abfälle z.B. in der Pilotkonditionierungsanlage Gorleben neu "verpackt" und nachbehandelt werden müssen.
5. Die Cogema weist in ihrem Vertrag ausdrücklich darauf hin, daß in der UP3 - einer fast fertigen, völlig neuen Anlage - im Laufe der Zeit Umbauten erforderlich werden könnten. An den Kosten haben sich die Kunden zu beteiligen.

Der erste Vertrag ist bereits abgeschlossen : Für über 700 Millionen Mark sollen Brennelemente aus dem Atomkraftwerk Lingen/Emsland in Sellafield wiederaufgearbeitet werden. Weitere Vertragsabschlüsse zwischen BNFL und deutschen Atomkraftwerksbetreibern stehen in der nächsten Zeit bevor. Daß Plutonium aus abgebrannten Brennelementen bundesdeutscher Herkunft für den Bau britischer Atombomben benutzt wird, läßt sich auch hier nicht ausschließen.

REST RISIKO

Wiederaufarbeitung in Europa

WACKERSDORF IST TOT – ES LEBE LA HAGUE?

Autoren:

Dr. Helmut Hirsch (Einleitung, Kapitel I und III)
Gruppe Ökologie Hannover

Mycele Schneider (Kapitel II)
wise, Paris

unter Mitarbeit von:

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

Ulrike Fink von Rabenhorst
Gruppe Ökologie Hannover

„Angesichts ihrer sehr hohen Kosten wird die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente sehr wahrscheinlich ihre ursprüngliche militärische Bestimmung behalten, ohne Aussicht auf eine kommerzielle Nutzung.“

Jean-Louis Fensch, Ingenieur beim französischen Commissariat à l'Energie Atomique, Oktober 1982.

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	4
I. Wiederaufarbeitungsanlage La Hague	7
Wunsch und Wirklichkeit	7
Risiken für Menschen und Umwelt	12
Pannen und Unfälle	18
Radioaktive Abfälle	23
II. Die Plutoniumindustrie	27
Ökonomischer Unsinn	27
Blick in die Geschichte	27
Die Wiederverwendung von Plutonium – eine Sackgasse	30
Die Notlösung heißt MOX	31
Wohin mit dem Plutonium?	32
Siemens in Hanau stockt auf	35
III. Entwicklung in Sellafield	37
IV. Fazit	39
Quellennachweis	40
Verzeichnis der im Text vorkommenden Abkürzungen	41
Korrekturhinweis	41

EINLEITUNG

„Die Möglichkeit der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente im Ausland stellt keine Alternative zur Wiederaufarbeitung im Inland dar. Zwar leistet die Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente im Ausland derzeit einen wichtigen Beitrag zur Entsorgung, die langfristige Absicherung der Entsorgung erfordert jedoch, daß sich die Bundesrepublik Deutschland von der Auslandsentsorgung zum frühestmöglichen Zeitpunkt unabhängig macht.“

Bericht der Bundesregierung zur Entsorgung der Kernkraftwerke und anderer kerntechnischer Einrichtungen (Bundestags-Drucksache, 11/1632, 13.1.1988).

Fünfzehn Jahre lang war die Wiederaufarbeitung im Inland als die alleinseeligmachende Lösung des „Entsorgungsproblems“ angepriesen worden. Das begann im April 1974, nachdem die internationale (britisch-deutsch-französische) Kooperation zur Errichtung einer großen Wiederaufarbeitungsanlage nicht so recht vorangekommen war: Auf der Reaktortagung des Deutschen Atomforums präsentierte W.J. Schmidt-Küster vom Bundesministerium für Forschung und Technologie das „Integrierte Entsorgungskonzept“. Dieses sah vor, Wiederaufarbeitung, Spaltstoffrückführung, Abfallbehandlung und Abfallendlagerung in einem abgestimmten System im Inland zu verwirklichen – möglichst alles am selben Standort. Als Kapazität der Wiederaufarbeitungsanlage wurden 1.400 Jahrestonnen anvisiert; das Konzept sollte spätestens im Jahre 1985 funktionsfähig sein.

Zwar haben die Pläne in dieser Form das Ende der 70er Jahre schon nicht mehr erlebt: Nach den „Gorleben-Hearings“ der Niedersächsischen Landesregierung im Frühjahr 1979 wurde die Idee aufgegeben, alle Anlagen an einem Standort zu errichten, und die Kapazität der geplanten Anlage wurde kräftig zurückgeschraubt. Von Anfang an kam es zu Verzögerungen. Auch wurde 1979 erstmals offiziell zur Kenntnis genommen, daß Alternativen zur Wiederaufarbeitung möglich sind. Auf der Grundlage eines entsprechenden Beschlusses der Regierungschefs von Bund und Ländern ließ das Bundesministerium für Forschung und Technologie von 1980 bis 1984 im Kernforschungszentrum Karlsruhe die direkte Endlagerung von abgebrannten Kernbrennstoffen erforschen.

Aber die Grundlinie der „Entsorgungspolitik“ blieb 15 Jahre lang erhalten: Schwerpunkt auf Wiederaufarbeitung, und zwar auf längere Sicht ausschließlich im Inland. 1985 wurde diese Linie sogar noch verstärkt gegen Alternativen abgegrenzt: Anfang des Jahres erklärte die Bundesregierung (ohne Abstimmung mit den Regierungschefs der Länder), daß gemäß den Ergebnissen der Karlsruher Wissenschaftler die Direkte Endlagerung keine wesentlichen sicherheitsmäßigen Vorteile gegenüber der Wiederaufarbeitung biete. Sie sei daher nicht als Alternative zur Wiederaufarbeitung, sondern lediglich als deren Ergänzung (für spezielle Brennelemente, die nicht oder nur mit Schwierigkeiten aufgearbeitet werden könnten) weiter zu verfolgen.

Und nach einem Jahrzehnt erfolgloser Standortsuche in Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Hessen sah es ab Mitte der 80er Jahre dann so aus, als hätte sich die glücklose Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (DWK) auf den Standort Wackersdorf festgelegt und sei entschlossen, unter der Schirmherrschaft einer kernkraftbegeisterten Bayerischen Landesregierung dort um jeden Preis durchzuhalten.

Dann gab es eine Überraschung. Der deutschen Energiewirtschaft wurde die Wiederaufarbeitung im Inland zu teuer und zu unsicher. Am 3. April 1989 unterzeichneten der deutsche Energiekonzern VEBA und die französische COGEMA eine Absichtserklärung: Ab dem Jahr 1999 – in dem alle bisherigen bundesdeutschen Wiederaufarbeitungsverträge mit ausländischen Unternehmen auslaufen – sollen 15 Jahre lang jährlich 400 bis 600 Tonnen aus deutschen Kernkraftwerken in einer neuen Anlage in La Hague aufgearbeitet werden. Sogar eine deutsche Beteiligung an dieser Anlage wurde anvisiert. 600 Jahrestonnen entsprechen etwa dem in den nächsten Jahrzehnten zu erwartenden Gesamtausstoß aller deutschen Kernkraftwerke. Das Projekt Wackersdorf war gestorben, die bereits dafür aufgewandten Milliarden in den Sand gesetzt.

Seither haben sich die Ereignisse überstürzt. Die Wiederaufarbeitung im Inland ist zur Zeit kein Thema mehr; aber auch der Grundsatz des Festhaltens an der Wiederaufarbeitung überhaupt wackelt. Hier die wichtigsten Meilensteine der weiteren Entwicklung bis zum 1. 1. 1990:

20. April 1989

Deutsch-französisches Gipfeltreffen. Gemeinsame Erklärung zur Zusammenarbeit bei der Kernenergie; Einsetzen einer Arbeitsgruppe.

8. Mai 1989

Ministerpräsident Rau (Nordrhein-Westfalen) fordert in einem Schreiben an Bundeskanzler Kohl einen neuen Konsens bei der Entsorgung. Die Direkte Endlagerung soll das Konzept der Zukunft werden.

6. Juni 1989

Grundsatzentscheidung des Bundeskabinetts für eine europäische Strategie bei der Entsorgung. Die Wiederaufarbeitung in der EG wird als Teil des integrierten Entsorgungskonzeptes anerkannt. Die „Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge bei Kernkraftwerken“ (kurz „Entsorgungsgrundsätze“) sollen weiterentwickelt und der neuen Situation angepaßt werden.

17. Juli 1989

Energieminister Jansen (Schleswig-Holstein) fordert auf einer Pressekonferenz ein Umschwenken auf die Direkte Endlagerung. Gestützt auf ein Rechtsgutachten stellt er fest, daß die „Entsorgungsgrundsätze“ keine verbindliche Gültigkeit hätten.

25. Juli 1989

Treffen von Bundesumweltminister Töpfer mit dem britischen Energiestaatssekretär Spicer in Bonn. Eine gemeinsame Erklärung über die „verstärkte Kooperation bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie“ wird unterzeichnet. Ein wichtiger Teil dieser Erklärung betrifft die langfristige Zusammenarbeit bei der Wiederaufarbeitung deutscher Kernbrennstoffe.

17. August 1989

Der Fachausschuß „Kernbrennstoffkreislauf“ des Länderausschusses für Atomenergie tagt in Bonn. Die SPD-regierten Länder fordern, daß Wiederaufarbeitung nicht mehr als Entsorgungsnachweis anerkannt wird; die Regierungschefs von Bund und Ländern müßten neue Entscheidungen fällen. Es kommt zu keiner Einigung im Ausschuß.

6. Oktober 1989

Die Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) legt Umweltminister Töpfer ein Papier mit dem Titel „Strategieüberlegungen zur Brennelementversorgung und der Verwertung von Plutonium und wiederaufgearbeitetem Uran“ vor. Aus dem Papier geht klar hervor, daß die Begeisterung deutscher Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) für die Wiederaufarbeitung ziemlich abgeklungen ist. Langfristige Verträge sind nicht mehr gefragt, der Stellenwert der Direkten Endlagerung soll steigen (Näheres zu diesem wichtigen Dokument siehe Teil II).

26. Oktober 1989

Die Regierungschefs von Bund und Ländern setzen einen Ausschuß von Staatssekretären ein, der die „Entsorgungsgrundsätze“ überarbeiten soll.

3. – 5. November 1989

Auf der Herbstkonferenz der bundesdeutschen Anti-Atomkraft-Bewegung in Saarbrücken wird festgehalten, daß es den „energiepolitischen Konsens“ auf breiter gesellschaftlicher Basis nicht geben werde. Die Bürgerinitiativen sprechen sich grundsätzlich gegen die Wiederaufarbeitung aus (ob im In- oder Ausland) und ebenfalls gegen die Direkte Endlagerung als Konzept zur Sicherung des Betriebes von Atomkraftwerken.

20./21. November 1989

Ein Vertreter der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE) erklärt auf einer Tagung im Kernforschungszentrum Karlsruhe, er halte eine Änderung des Atomgesetzes mit ausdrücklicher Gleichstellung der Direkten Endlagerung als Entsorgungsnachweis mit der Wiederaufarbeitung für wünschenswert. Auf derselben Tagung äußert sich ein Vertreter der Preußenelektra (einer Tochter der VEBA) sehr positiv zur Wiederaufarbeitung in Frankreich und England und hebt vor allem die Kostenvorteile hervor. Er weist jedoch darauf hin, daß die Kernkraftwerksbetreiber mit einer Laufzeit von Verträgen bis 2015 große Schwierigkeiten hätten, da die zukünftige Entwicklung nicht genau vorhersehbar sei und man sich Optionen offenhalten möchte. Es seien zwei Vertragskonzepte in Verhandlung: erstens die Bestimmung von Festmengen für die Wiederaufarbeitung bis zum Jahr 2005, Optionen für die Zeit von 2005 bis 2015; und zweitens Bedarfsverträge, d.h. die Verpflichtung der Kunden, sämtliche im Kernkraftwerke anfallenden abgebrannten Brennelemente der Wiederaufarbeitung zuzuführen – solange dieser Entsorgungsweg zugelassen und die Verwertung der Wertstoffe möglich ist.

14. Dezember 1989

In Bonn wird bekannt, daß sich die Elektrizitätswirtschaft auch aus der Versuchs-Wiederaufarbeitungsanlage in Karlsruhe, die seit 1971 in Betrieb ist, zurückziehen will. Die Anlage ist im Eigentum des Bundes, wurde jedoch seit 1979 von der DWK betrieben. Sie ist der letzte Stützpunkt für die Erhaltung von Know-how auf dem Wiederaufarbeitungssektor in der Bundesrepublik. Ein Rückzug der Stromwirtschaft würde bedeuten, daß in Zukunft der Bund für die Anlage aufkommen muß – und damit auch für die Stilllegungskosten, die auf eine Milliarde Mark geschätzt werden.

22. Dezember 1989

Ein Sprecher des Bundesumweltministeriums erklärt in Bonn: Minister Töpfer wird den Ende November von den Stromkonzernen vorgelegten Entwürfen für die Wiederaufarbeitungsver-

träge mit den Betreibern von La Hague und Sellafield voraussichtlich ohne Änderungen zustimmen. Die Laufzeit dieser Verträge ist auf den Zeitraum 1999 bis 2005 begrenzt; sie umfassen „nur“ noch eine Menge von 3.000 Tonnen abgebrannter Kernbrennstoffe. Davon sollen etwa zwei Drittel in La Hague und ein Drittel in Sellafield aufgearbeitet werden. Die Vertragsentwürfe enthalten im übrigen günstige Rücktrittsklauseln. So können die deutschen EVUs ohne Konventionalstrafe aussteigen, wenn nach einem Regierungswechsel in Bonn Wiederaufarbeitung nicht mehr als Entsorgungsnachweis anerkannt wird. Angesichts dieser Regelungen ist es fraglich, ob der ins Ausland gelieferte Kernbrennstoff überhaupt noch aufgearbeitet wird. Die geplanten Abkommen können auch als „Lagerverträge“ mit der Option einer späteren Rücknahme interpretiert werden.

27. Dezember 1989

Das Wackersdorf-Projekt ist auch formal gestorben. Die DWK zieht ihren Antrag bei der Bayerischen Landesregierung zurück. Während des gesamten Jahres 1989 hatte die aufgegebene, nur noch formal im Bau befindliche Anlage noch als „Entsorgungsnachweis“ für acht bundesdeutsche Atomkraftwerke hergehalten ...

Das Jahr 1990 wird zeigen, wie es weitergeht. Es ist zu erwarten, daß der am 26. Oktober 1989 eingesetzte Staatssekretärausschuß bis Mitte dieses Jahres die neue Fassung der „Entsorgungsgrundsätze“ vorlegen wird. Ungeachtet aller offenen Fragen und neuen Überraschungen, die vielleicht noch auf uns warten, scheint es heute dringlich, sich genauer mit den Wiederaufarbeitungsanlagen in La Hague und Sellafield auseinanderzusetzen. Wir haben für diese Ausgabe von RESTRISIKO La Hague als Schwerpunkt gewählt. Diese Anlage hat schon in der Vergangenheit eine sehr wichtige Rolle bei der „Entsorgung“ deutscher Kernkraftwerke gespielt. Rund zwei Drittel der bis Anfang 1989 in der Bundesrepublik entladenen abgebrannten Kernbrennstoffe wurden bisher nach La Hague gebracht und zum Großteil bereits aufgearbeitet. Entsprechend große Mengen radioaktiver Abfälle werden in den 90er Jahren zurückzunehmen sein (nach Sellafield wurden bisher lediglich rund drei Prozent der in der Bundesrepublik angefallenen Menge geschafft, von denen noch nichts aufgearbeitet ist). Und die neue Anlage für ausländische Kernbrennstoffe in La Hague, die Usine de Plutonium (UP3), befindet sich zur Zeit in den letzten Tests vor der Inbetriebnahme.

Teil I dieser Ausgabe von RESTRISIKO gibt einen Überblick über die Anlage und ihre technischen Probleme, Pannen und Unfälle, radioaktive Ableitungen und die angehäuften Abfallmengen. In Teil II wird von Mycle Schneider (Paris) der industriepolitische Zusammenhang von Wiederaufarbeitung und Plutoniumnutzung in Frankreich und anderen Staaten Westeuropas untersucht. Teil III schließlich gibt einen kurzen Überblick über die Entwicklung in Sellafield.

Die radioaktive Belastung der Umwelt in der Umgebung von La Hague, die Probleme der Rücklieferung radioaktiver Abfälle in die Bundesrepublik und deren Bedeutung für bundesdeutsche Atomanlagen sowie ausführlichere Informationen und Analysen zu Sellafield werden Gegenstand einer der nächsten Ausgaben von RESTRISIKO sein – natürlich immer unter Berücksichtigung der aktuellen Entwicklungen in der „Entsorgungspolitik“.

Abbildung 1:

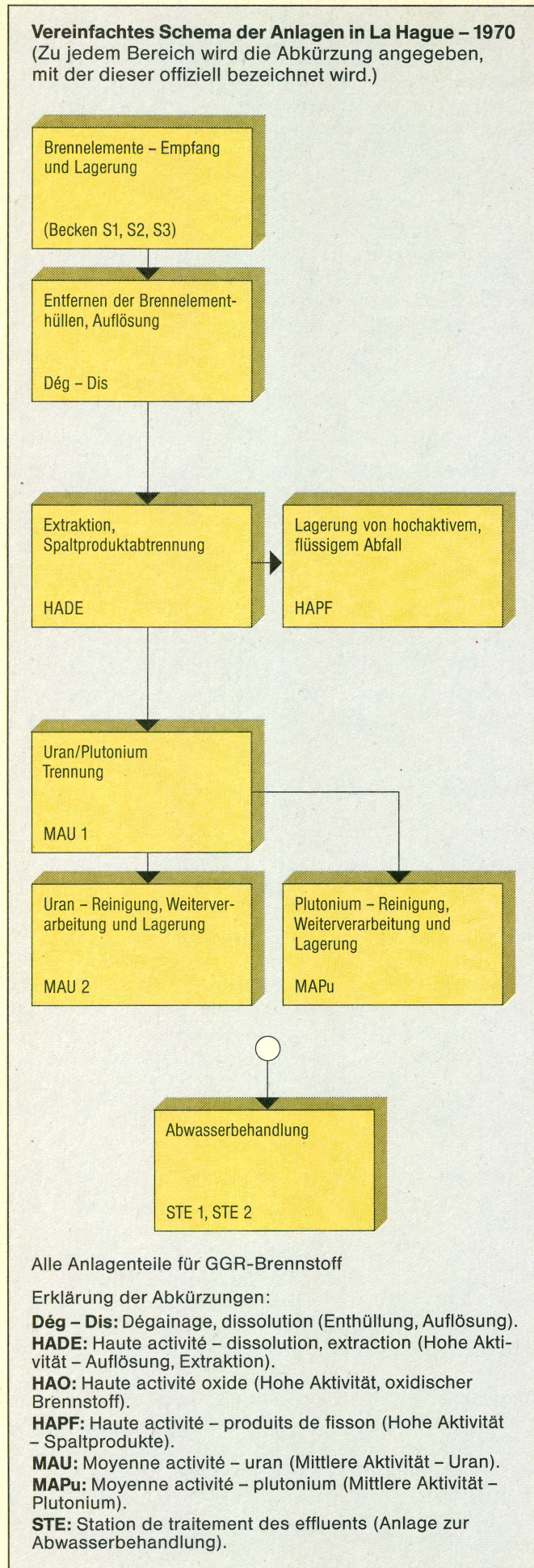
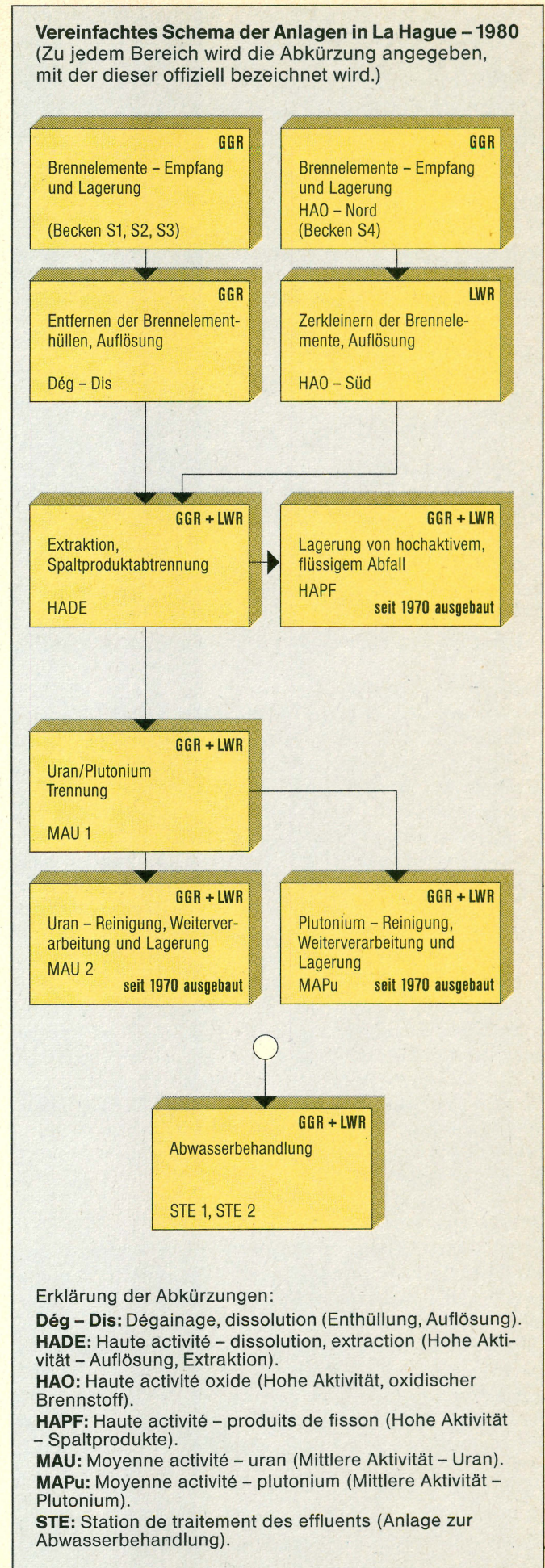


Abbildung 2:



WIEDERAUFARBEITUNGS-ANLAGE LA HAGUE

I.

Wunsch und Wirklichkeit

Wiederaufarbeitung wurde ursprünglich als militärische Technologie zur Gewinnung von Plutonium für Atomsprenkörper entwickelt. Das Ziel der zivilen Wiederaufarbeitung ist, aus abgebranntem, ausgedientem Kernbrennstoff Plutonium und Uran zum erneuten Einsatz als Brennstoff für Kernkraftwerke abzutrennen. Wir wollen eingangs kurz den Ablauf dieses Verfahrens darstellen. Genauere Beschreibungen finden sich in früheren RESTRISIKO-Ausgaben (Nr. 2 und Nr. 3/4). Diese beziehen sich auf das nunmehr aufgegebene Projekt Wackersdorf, treffen also nicht in allen Punkten auf La Hague zu. Das Grundmuster des Prozesses ist jedoch in beiden Fällen das gleiche, nämlich das sogenannte PUREX-Verfahren... (Plutonium-Uran-Rückgewinnung durch Extraktion).

Der abgebrannte Kernbrennstoff wird bei der Wiederaufarbeitungsanlage angeliefert und dort zunächst zwischengelagert. Diese Zwischenlagerung sollte in Wackersdorf in den Transportbehältern erfolgen, in La Hague dagegen wird der Brennstoff aus den Behältern entladen und in wassergefüllte Becken eingelagert.

Die Brennelemente bestehen aus einzelnen Brennstäben, die durch Halterungen verbunden sind. Sie werden im nächsten Schritt zerkleinert. Aus den etwa fünf Zentimeter langen Brennstababschnitten wird im Auflöser mit heißer Salpetersäure der Großteil des eigentlichen Brennstoffes herausgelöst. Diese Brennstofflösung kommt dann in die erste Extraktionsstufe. In einem mehrstufigen, chemischen Verfahren werden zunächst Uran und Plutonium von den restlichen Stoffen (hochaktive Abfälle) getrennt, dann wird auch das Plutonium aus dem Uranstrom abgeschieden. Diese Trennvorgänge funktionieren nicht mit hundertprozentiger Effektivität. Uran- und Plutoniumlösungen müssen daher noch weiteren Reinigungsschritten unterzogen werden. Plutonium- und Uranprodukt werden schließlich zwischengelagert, bevor sie zur weiteren Verwendung abtransportiert werden. Hierbei ist anzumerken, daß das Uran aus der Wiederaufarbeitung bisher nur in sehr geringen Mengen weiter verwendet wurde und der Großteil noch „auf Halde“ liegt.

Neben den im ersten Extraktionsschritt abgetrennten hochaktiven Abfällen entstehen später außerdem noch zahlreiche andere Abfallströme: die Hüllen und Strukturteile der Brennelemente, radioaktive Schlämme, radioaktiv kontaminierte Geräte usw.. Weiterhin gelangen radioaktive Stoffe durch den Kamin und das Abwasser in die Umwelt. Anlagen zur Weiterbehandlung der Abfälle gehören eigentlich untrennbar zur Wiederaufarbeitung. Wie wir noch darstellen werden, fehlen viele dieser Anlagen heute in La Hague oder gehen gerade erst in Betrieb.

Welche Anlagen stehen eigentlich in La Hague?

Das Wiederaufarbeitungszentrum in La Hague ist eine gut organisierte, moderne und zielbewußt weiterentwickelte Industrieanlage. Zur Zeit werden dort jährlich rund 400 Tonnen von abgebranntem Kernbrennstoff wiederaufgearbeitet. Die Anlage heißt UP2-400; UP steht für usine de plutonium, zu

deutsch Plutoniumfabrik, wie Wiederaufarbeitungsanlagen in Frankreich in bemerkenswerter Offenheit genannt werden. Diese Anlage wird durch Zubauten erweitert und soll etwa ab 1992 mit verdoppelter Leistung (800 Jahrestonnen) laufen. Gleichzeitig ist eine zweite, völlig neue Anlage nahezu fertiggestellt – die UP3, die ebenfalls 800 Jahrestonnen durchsetzen soll und zur Zeit die letzten Tests durchläuft. Sie soll in der zweiten Hälfte des Jahres 1990 in Betrieb gehen.

Dies ist das Bild, das die offiziellen französischen Veröffentlichungen (z.B. /1,2/) bieten. Wir wollen überprüfen, ob es zutreffend und vollständig ist.

Um die Situation in La Hague heute zu verstehen, muß man den komplizierten Werdegang dieser Anlage betrachten. Zu diesem Zweck zeigen wir drei „Momentaufnahmen“: die Jahre 1970, 1980 und 1990.

1970 – Der erste Umbau wird erforderlich

Anfang 1970 steht in La Hague die UP2 genannte Anlage. Sie ist für die Aufarbeitung von abgebranntem Kernbrennstoff aus Gas-Graphit-Reaktoren (GGR, siehe Kasten 1, S. 8) ausgelegt und hat seit ihrem Betriebsbeginn 1966 rund 500 Tonnen durchgesetzt. Sie ist noch in der Anlaufphase und weit entfernt von dem Planwert von 800 Tonnen jährlich.

Gleichzeitig entspricht die Anlage aber schon nicht mehr dem Bedarf in Frankreich: 1969 hat der staatliche Elektrizitätskonzern Electricité de France (EdF) beschlossen, keine neuen Gas-Graphit-Reaktoren mehr zu bauen und setzt stattdessen auf Druckwasserreaktoren. UP2 ist also für den falschen Brennstoff gebaut worden.

Daher fällt 1970 die Entscheidung, UP2 umzubauen bzw. zu erweitern, um auch Brennstoff aus Druck- und Siedewasserreaktoren aufarbeiten zu können. Siedewasserreaktoren werden in Frankreich selbst nicht betrieben, wohl aber in der benachbarten Bundesrepublik. Die Planungsarbeiten beginnen im selben Jahr.

Abbildung 1 zeigt einen schematischen Überblick über die Anlage, Stand 1970. Auffällig ist, daß wichtige Anlagenteile fehlen: Prozeß- und Strukturabfälle, darunter auch hochaktive Spaltproduktlösungen, können noch nicht behandelt werden. Sie werden unbehandelt zwischengelagert.

1980 – steigender Durchsatz, Probleme und Umbauten

Seit 1976 werden in UP2 auch abgebrannte Kernbrennstoffe aus Leichtwasserreaktoren (LWR) aufgearbeitet. In diesem Jahr ist die Eingangsstufe HAO (Haute Activité Oxyde) in Betrieb gegangen. Hier wird LWR-Brennstoff entladen, zwischengelagert, zerkleinert und aufgelöst. Diese Lösung wird dann in die Extraktionsstufe der alten Anlage eingespeist, wo die weitere Behandlung erfolgt. Allerdings wurde es notwendig, die alte Anlage teilweise auszubauen, um die sehr viel stärker radioaktiven Lösungen aus der Eingangsstufe HAO behandeln zu können: In der Extraktion und der Uran-Reinigung mußten zusätzliche Prozeßschritte eingebaut werden, außerdem wurde die Kapazität zur Plutonium-Produktion erweitert (Abb. 2).

Dieser erste Schub von Zu- und Umbauten wurde 1979 abgeschlossen. Bis Anfang 1980 wurden 150 Tonnen LWR-Brennstoff verarbeitet; dessen Anlieferung, auch aus dem Ausland, hatte bereits 1973 begonnen. Seit 1970 wurden weiterhin rund 3.100 Tonnen GGR-Brennstoffe aufgearbeitet. Nach wie vor können Prozeß- und Strukturabfälle nicht behandelt werden.

Die Eingangsstufe (HAO) hatten die Betreiber ursprünglich für 800 Jahrestonnen vorgesehen. Schon bei den ersten Tests vor der Inbetriebnahme zeigte sich aber, daß dieses Ziel nicht erreichbar war. Aufgrund von Problemen beim Betrieb des Auflösers werden nunmehr 400 Jahrestonnen als Maximaldurchsatz anvisiert /3/. Wie Abbildung 3/4/ zeigt, stieg der Jahresdurchsatz von LWR-Brennstoff zwar kontinuierlich an, doch war man 1980 auch von der niedrigeren Planzahl noch sehr weit entfernt.

Da die Betreiberfirma COGEMA mit einem großen Auftragsvolumen aus dem In- und Ausland rechnet, plant sie schon jetzt (1970) den nächsten Erweiterungsschritt: UP2 soll mit einer

Kasten 1:

Reaktoren und radioaktive Abfälle in Frankreich – einige Grundbegriffe

Reaktortypen:

Druckwasserreaktoren

(DWR): Dieser Reaktortyp, der auch in der Bundesrepublik gebaut und betrieben wird, ist der Hauptpfeiler des französischen Atomprogramms. Am 31. Juli 1989 waren 49 Blöcke mit insgesamt 51.454 Megawatt elektrischer Leistung (MWe) in Betrieb und 9 weitere (12.762 MWe) im Bau. Druckwasserreaktoren werden mit Siedewasserreaktoren (die in Frankreich nicht betrieben werden) zur Kategorie der Leichtwasserreaktoren zusammengefaßt. Ihr Brennstoff ist schwach angereichertes Uran, als Kühlmittel und Neutronenmoderator dient gewöhnliches Wasser.

Gas-Graphit-Reaktoren

(GGR): Für diese Reaktorlinie, die in Frankreich ausläuft, gibt es in der Bundesrepublik kein Gegenstück. Der GGR läuft mit Natururan als Brennstoff. Als Neutronenmoderator wird Graphit eingesetzt, als Kühlmittel Kohlendioxid-Gas. Zur Zeit (Stand vom 31.7.1989) sind noch 4 Blöcke mit insgesamt 1.800 MWe in Betrieb, die z.T. auch militärisch genutzt werden, sowie 3 rein militärische Produktionsreaktoren. 5 Blöcke mit 379 MWe wurden bereits stillgelegt.

Schnelle Brutreaktoren

(SBR): Dieser Reaktortyp – Plutoniumbrennstoff, ohne

Neutronenmoderator, Kühlung mit Flüssigmetall (Natrium) – entspricht dem bundesdeutschen SNR-300 in Kalkar. In Frankreich laufen zwei Anlagen mit 1.492 MWe.

Abbrand:

Eine wichtige Größe des Brennstoffes ist sein Abbrand. Dieser gibt an, wieviel Energie im Reaktor aus einer bestimmten Menge Kernbrennstoff herausgeholt wurde. Er wird üblicherweise in Megawatt-Tagen pro Tonne (MWd/t) angegeben (1 Megawatt=1.000 Kilowatt; somit ist 1 Megawatt-Tag=24.000 Kilowatt-Stunden).

Beim Brennstoff aus Leichtwasserreaktoren lag der Abbrand in den letzten Jahren um 30.000 MWd/t. Siedewasserreaktoren haben im allgemeinen einen etwas niedrigeren Abbrand als Druckwasserreaktoren. In Zukunft soll der Brennstoff im Reaktor besser ausgenutzt werden. Abbrände von 40.000 MWd/t werden anvisiert. Je höher der Abbrand, desto größer der Gehalt des Brennstoffes an radioaktiven Spaltprodukten sowie Plutonium und anderen Aktiniden; und desto schwieriger wird die Wiederaufarbeitung.

Sehr viel niedriger liegt der Abbrand beim GGR. In den 80er Jahren lag er typischerweise bei 3.000–4.000 MWd/t. Dementsprechend sind die verfahrenstechnischen Probleme bei der Aufarbeitung

neugebauten Eingangsstufe und anderen Erweiterungen doch noch auf 800 Jahrestonnen ausgebaut werden; und daneben soll eine zweite, völlig neue 800 Jahrestonnen-Anlage entstehen, die UP3. Jede Anlage soll auch eine Anlage zur Verglasung hochaktiver Abfälle erhalten. UP2-800 ist für französischen Brennstoff, UP3 für Anlieferungen aus dem Ausland vorgesehen. Ferner wird eine neue Anlage geplant – die STE3 (Station de Traitement des Effluents 3). Sie soll die Abwässer behandeln und den radioaktiven Schlamm, der dabei entsteht, in Bitumen einschließen. Diese Anlage soll sowohl UP2 als auch UP3 „bedienen“. Diese Ausbaupläne wurden am 12.5.1981 von der französischen Regierung genehmigt. UP2 soll die Kapazität von 800 Jahrestonnen bis 1986 erreichen, UP3 den Betrieb 1987/88 aufnehmen /5/.

Interessant ist dabei, daß nun UP2-800 auch in der Lage sein soll, abgebrannte MOX-Brennstoffe aufzuarbeiten, d.h. Brennstoffe, die mit Plutonium aus der Wiederaufarbeitung hergestellt wurden; der Name ist eine Abkürzung von Plutonium-Uran-Mischoxid.

dieses Brennstoffes erheblich geringer als beim Brennstoff aus Leichtwasserreaktoren.

Brüterbrennstoff erreicht die höchsten Abbrände (60.000 MWd/t und mehr). Er wurde bisher nur in geringen Mengen aufgearbeitet, meist „verdünnt“ mit Brennstoffen niedrigeren Abbrandes.

Der Gehalt an kurzlebigen radioaktiven Stoffen, mit dem die Anlage fertig werden muß, hängt auch von der Zeit ab, die der Brennstoff vor der Wiederaufarbeitung zwischengelagert wurde (die sogen. Kühl- oder Abklingzeit). Die Menge an kurzlebigen radioaktiven Stoffen ist umso geringer, je länger die Kühlzeit dauerte.

Radioaktive Abfälle:

Radioaktive Abfälle werden in Frankreich in folgende drei Kategorien eingeteilt:

Kategorie A: Schwach- und mittelaktive Abfälle ohne Wärmeentwicklung, die fast nur kurzlebige Radionuklide enthalten. Der Gehalt an (meist langlebigen) Alpha-Strahlern ist für einzelne Abfallgebinde auf $3,7 \times 10^9$ Becquerel pro Tonne beschränkt. Im Durchschnitt darf in einem Endlager der Gehalt an Alpha-Strahlern nicht über $3,7 \times 10^8$ Becquerel pro Tonne liegen.

Kategorie B: Schwach- und mittelaktive Abfälle, die auch wärmeproduzierend sein können, wenn der Gehalt an

Alpha-Strahlern über den für Kategorie A gültigen Grenzwert liegt.

Kategorie C: Wärmeproduzierende, hochradioaktive Abfälle mit hohem Gehalt aller Arten von radioaktiven Stoffen.

Die bei der Wiederaufarbeitung anfallenden Abfälle werden wie folgt klassifiziert (in Klammern die Abfallkategorie):

Prozeßabfälle: Dazu gehören die hochaktiven Spaltproduktlösungen, schwach- und mittelaktive Abwässer aus dem Wiederaufarbeitungsprozeß, Filterharze, Jodfilter und in geringen Mengen anfallende Spezialabfälle (Spaltproduktlösungen – Kategorie C, Rest B).

Strukturabfälle: Dabei handelt es sich um die bei der Auflösung des Brennstoffs zurückgebliebenen, hoch- bis mittelaktiven Hüllrohrstücke und Strukturteile der Brennelemente (Kategorie B).

Technologische Abfälle: Dazu gehören alle Abfälle, die bei Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten in der Anlage anfallen (z.B. ausgediente Geräte und Komponenten sowie Putzmaterial, Schutzhandschuhe usw.). Diese Abfälle sind überwiegend schwachaktiv. Sie enthalten nur einen kleinen Teil der insgesamt anfallenden radioaktiven Stoffe, haben aber das größte Volumen (zum Großteil Kategorie A, auch B).

MOX-Brennstoff ist schwieriger aufzuarbeiten als gewöhnlich abgebrannter Uranbrennstoff; an den Strahlenschutz werden besondere Anforderungen gestellt, denn die Neutronenstrahlung ist höher und die Risiken unkontrollierter Kettenreaktionen sind größer. Was aber mit ausländischem, abgebranntem MOX-Brennstoff geschehen soll, wenn UP2-800 ausschließlich für den französischen Bedarf gebaut wurde, ist bis heute offen.

1990 – Ausbau mit kleinen Verzögerungen

Anfang 1990 läuft UP2 – in der ersten Ausbaustufe – mehr oder weniger nach Plan. Die Vorgabe aus den späten 70er Jahren, 400 Jahrestonnen, wird seit 1985 nahezu und seit 1987 voll erreicht (Abb. 3 /4/). Die Neubauten dagegen schreiten im Schnecken-tempo voran: Die 800-Jahrestonnen-Eingangsstufe von UP2 ist nicht fertiggestellt und soll nach dem neuesten Stand der Planung erst 1992 ihren Betrieb aufnehmen. Eine Reihe von Ausbauten im UP2 waren seit 1980 offenbar erforderlich, nur um die Planzahl von 400 Tonnen zu erreichen: 1983 wurde eine neue Einheit zur Plutoniumreinigung und -verarbeitung in Betrieb genommen; das Plutoniumlager wurde erweitert. 1987 wurde ein Teil der alten Abwasserreinigungsanlage STE2 erneuert.

Bei UP3 laufen die letzten Vorbereitungen vor der Inbetriebnahme. Die Anlage wird mit einer Uran-Plutoniumlösung mit geringen Spaltproduktzugaben getestet. Weil die Auflöser in UP3 noch nicht zur Verfügung stehen, muß diese Lösung mit einer etwa 700 Meter langen Leitung aus UP2 herübergepumpt werden – eine nicht ungefährliche Improvisation. Der reguläre Aufarbeitungsbetrieb in UP3 soll in der zweiten Hälfte des Jahres 1990 beginnen. Wenn diese Zeitvorgabe eingehalten wird, entspricht das einer Verzögerung von etwa drei Jahren.

Eine wichtige Ursache für diese Verzögerungen waren Werkstoffprobleme. Die Auflöser und andere Komponenten der neuen Anlagen bzw. Anlagenteile wurden aus Zirkon gefertigt, das von ätzenden Lösungen nicht so schnell angegriffen wird wie der bisher verwendete Stahl. Zirkon ist allerdings schwierig zu verarbeiten. Bei der Überprüfung eines Auflöser, der bei der Anlieferung abstürzte, wurden 1986 in zahlreichen Apparaten Risse entdeckt. Oberflächliche Defekte wurden repariert; einige Apparate mußten ausgetauscht werden /6/.

Nach Angaben der COGEMA sind die Schwierigkeiten darauf zurückzuführen, daß man zu wenig über die Eigenschaften von Zirkon weiß, aber auch auf praktische Probleme bei der Fertigung der Geräte. Das Problem ist noch nicht im Griff; eine endgültige Klärung wird frühestens Mitte 1990 erwartet. Um die Inbetriebnahme von STE3 nicht allzu sehr zu verzögern, mußte dort wieder auf stählerne Tanks zurückgegriffen werden /6a/.

Die Abfallbituminierungsanlage in STE3 nahm am 29. März 1989 den Probetrieb auf. Die zu UP2-800 gehörige Verglasungsanlage ist seit 29. Mai 1989 in Betrieb und hat nach Angaben der COGEMA bis zum 6. Dezember 1989 117 mit Glas gefüllte Container produziert – das entspricht etwa 80 Kubikmeter flüssiger Abfalllösung /6a,6b/. Diese Anlagen werden zunächst – falls sie zufriedenstellend funktionieren – einige Jahre lang die bis heute angehäuften Abfälle aufzuarbeiten haben /2/.

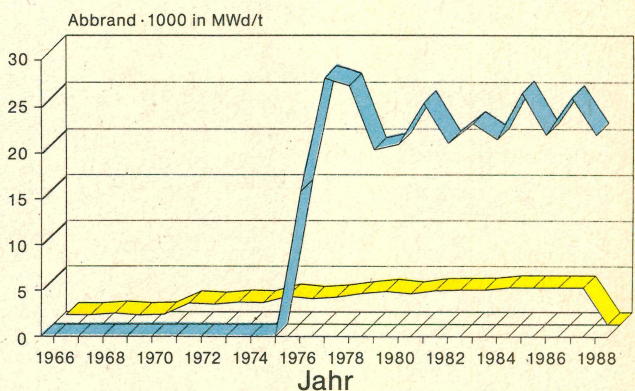
Aggressiv und erfolgreich ausgebaut wurden in den letzten zehn Jahren lediglich die Lagereinrichtungen: 1990 stehen in La Hague fünf Zwischenlagerbecken für über 10.000 Tonnen LWR-Brennstoff zur Verfügung. Dazu kommen noch kleinere Bereitstellungslager /7/. Auch die Lager für flüssigen, hoch-

aktiven Abfall mußten erweitert werden. Als Lagerbehälter dienen Stahl tanks mit einem Fassungsvermögen von 120 Kubikmeter. Je vier Tanks bilden einen Block, wobei drei für die Lagerung bestimmt sind und einer als Reserve leer bleibt /8/. Bis 1982 reichten noch drei solcher Blöcke aus /9/, dann mußten bis Ende 1998 drei weitere gebaut werden. Die Einheit zur Konzentration (und damit Volumenreduzierung) der hochaktiven Abfalllösungen, die ein Teil von UP2-800 ist, ging bereits 1985 in Betrieb.

Am 31. Januar 1987 wurden in der UP2 die letzten GGR-Brennstoffe aufgearbeitet. Seit diesem Tag werden nur noch LWR-Brennstoffe durchgesetzt. Insgesamt waren seit 1966 4.894 Tonnen GGR-Brennstoff wiederaufgearbeitet worden /10/. Die nicht mehr benötigten Lagerbecken für GGR-Brennstoff wurden seitdem umfunktioniert für die Lagerung unbehandelter radioaktiver Abfälle (Hüllen und Strukturteile von Brennelementen). Abbildung 4 zeigt den Zustand der Anlage 1990 im Überblick.

Nach den neuesten bei Redaktionsschluß dieser Ausgabe verfügbaren Zahlen /2/ wurden von 1976 bis 3.11.1989 insgesamt 2.871 Tonnen LWR-Brennstoff aufgearbeitet. Damit war auch das Jahresprogramm für 1989 abgeschlossen /10a/. Davon kamen rund 1.500 Tonnen aus der Bundesrepublik /11/.

Abbildung 3:
Wiederaufarbeitung in La Hague
Mittlere Abbrände für LWR und GGR



Bis 1983 liegen veröffentlichte Abbrandzahlen vor. Für die Jahre ab 1984 können die Abbrände aus anderen Angaben der COGEMA abgeschätzt werden (z.B. aus der jährlichen Kollektivdosis der in der Anlage Beschäftigten, kombiniert mit der Dosis pro Megawattjahr (elektrisch)). Für die Jahre 1986 – 1988 ergibt sich hier allerdings eine Diskrepanz zu Abschätzungen, die auf der Grundlage der jährlichen Emissionen von Krypton-85 erfolgen.

Wiederaufarbeitung in La Hague
Jährlicher Durchschnitt

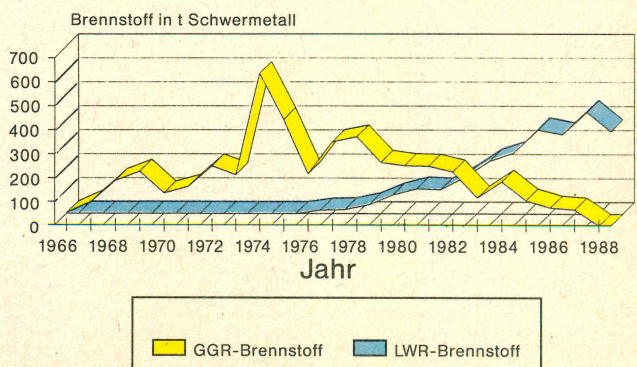
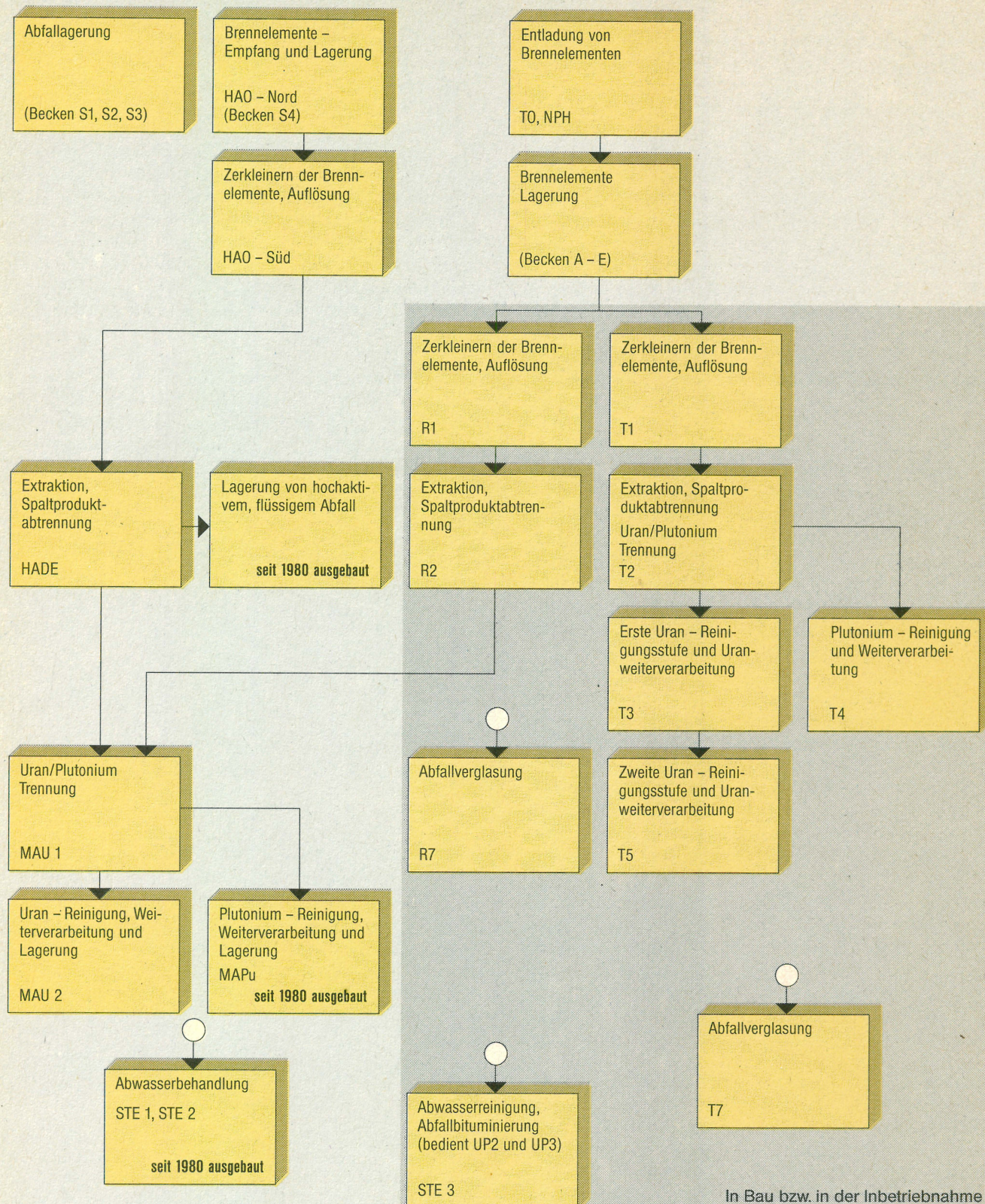


Abbildung 4:

Vereinfachtes Schema der Anlagen in La Hague – 1990

(Zu jedem Bereich wird die Abkürzung angegeben, mit der dieser offiziell bezeichnet wird.)



Alle Anlagenteile für LWR-Brennstoff/Erklärung der Abkürzungen:

Dég – Dis: Dégainage, dissolution (Enthüllung, Auflösung).

HADE: Haute activité- dissolution, extraction (Hohe Aktivität – Aflösung, Extraktion).

HAO: Haute activité oxide (Hohe Aktivität, oxidischer Brennstoff).

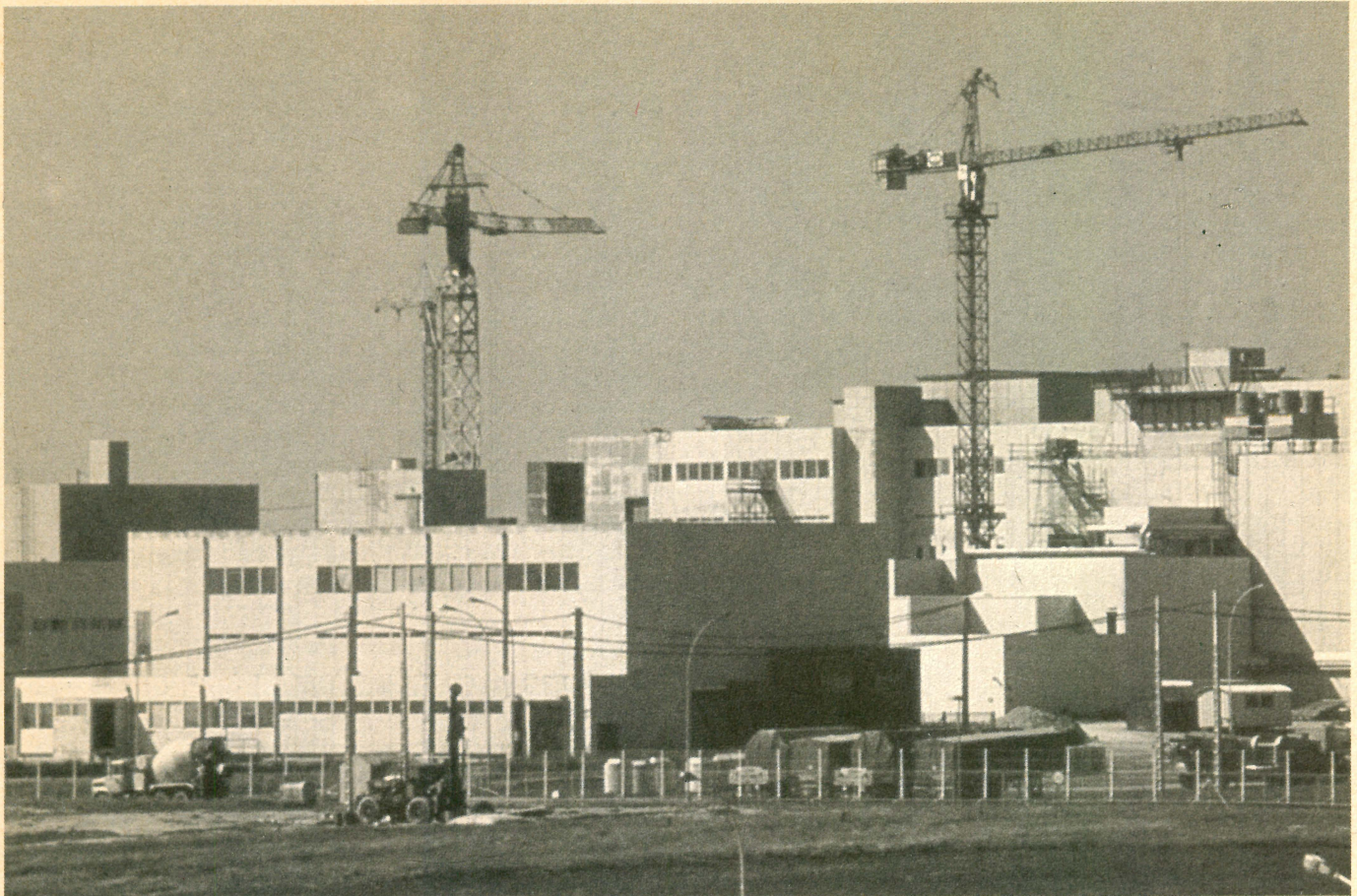
HAPF: Haute activité – produits de fission (Hohe Aktivität – Spaltprodukte).

MAU: Moyenne activité – uran (Mittlere Aktivität – Uran).

MAPu: Moyenne activité – plutonium (Mittlere Aktivität – Plutonium).

STE: Station de traitement des effluents (Anlage zur Abwasserbehandlung).

Anlagenteile von UP2-800 sind mit R1, R2, ..., solche von UP3 mit T0, T1, T2, ... bezeichnet.



Wiederaufarbeitungsanlage La Hague; die ewige Großbaustelle, auf der tonnenweise Plutonium produziert wird, das keine Verwendung findet.
Quelle: Greenpeace/Gleizes

783 Tonnen aus Frankreich /2,12/ und der Rest aus anderen Ländern. In den Lagerbecken befanden sich am 6. Dezember 1989 nach Angaben der COGEMA 6.000 bis 7.000 Tonnen abgebrannter Kernbrennstoff /6b/. Diese Menge wird in den nächsten Jahren voraussichtlich stark zunehmen und könnte im Jahr 2000 bei bis zu 10.000 Tonnen liegen (vgl. Teil II).

Die Suche nach der besten Technik

Die neue Anlage UP3 sowie die neuen Anlagenteile der UP2 sind in vielen wichtigen Punkten anders konstruiert als die alte UP2-400. Es fällt auf, wie oft hier nach neuen Lösungen gesucht und nicht etwa auf das in der bestehenden Anlage Erprobte zurückgegriffen wurde. Dies gilt umso mehr, da die UP2-400 (für LWR-Brennstoff) noch keine 15 Jahre in Betrieb ist und gerade nur etwa fünf Jahre lang ihr (herabgesetztes) Plansoll von 400 Jahrestonnen erreicht hat. **Die Tatsache, daß Techniken schon nach so kurzer Zeit verworfen werden, um neue einzuführen, deutet darauf hin, daß die Anlage nicht so reibungslos funktioniert, wie die stark gestiegenen Durchsatzleistungen suggerieren. Ohne triftigen Grund wird ein Anlagenbetreiber schließlich nicht auf neue Konzepte setzen, bei deren Inbetriebnahme mit neuen „Kinderkrankheiten“, Verzögerungen und u.U. beträchtlichen Durchsatzeinbußen zu rechnen ist.** In der Tat hat sich die Inbetriebnahme der UP3 bisher schon um drei Jahre verzögert, die der neuen Teile von UP2 noch länger.

Wichtige Neuerungen /13,14/:

- Die Anwendung neuer Werkstoffe wie Zirkon (um Korrosionsprobleme mit Salpetersäure zu vermeiden) und neuer Spezialstähle, die bereits vor der Inbetriebnahme zu Schwierigkeiten geführt haben. Wie oben ausgeführt, mußten z.T. Behälter,

die aus Zirkon nicht fehlerfrei gefertigt werden konnten, dann doch wieder aus Stahl bestellt werden. Eine Expertengruppe der COGEMA hat mittlerweile ein Dossier über das „Zirkonium-Problem“ erstellt, das zur Zeit von Fachleuten der Behörden überprüft wird und im zweiten Vierteljahr 1990 diskutiert werden soll /6a/.

- Ein völlig neues Konzept für einen der wichtigsten Anlagenteile, den Auflöser. Bisher wurde der Brennstoff mit einem Korb in einen Tank gesenkt und dann chargenweise aufgelöst. Der neue „kontinuierlich rotierende Auflöser“ (dissolveur continu rotatif) besteht aus einer drehbaren Struktur mit einzeln abgeteilten Kammern, einem Mühlrad nicht unähnlich. Im Betrieb werden die Kammern eine nach der anderen gefüllt und dann nach unten rotiert, wo sie durch die heiße Salpetersäure laufen und der Brennstoff herausgelöst wird. Nach vollzogener Rotation durch die Lösung werden die leeren Hüllen und andere feste Abfälle aus der Kammer entfernt. Es bleibt abzuwarten, wie dieser Apparat mit seinen komplizierten beweglichen Teilen funktionieren wird.

- Neuartige Extraktionsgeräte, z.B. Pulskolonnen mit ringförmigem Aufbau (zum Prinzip der Pulskolonne siehe RESTRI-SIKO Nr. 2, Abb. 2).

- Neue Einrichtungen zur Behandlung von verbrauchten Lösungsmitteln aus der Wiederaufarbeitung.

Zwei neue Konzepte werden in La Hague bereits in der Praxis angewandt:

- Ein System zur einfacheren Entladung des Brennstoffes aus dem Transportbehälter, ohne daß der Behälter in ein Wasser-

becken gestellt werden muß. Es ist seit 1986 in einem Anlagen-
teil in Betrieb, der eigentlich zu UP3 gehört. Vorher wurde aus-
schließlich unter Wasser entladen.

● Das EMEM-System für Instandhaltungsarbeiten. EMEM
steht für Enceinte Mobile de l'Entretien des Matériel (Mobiler
Behälter zur Instandhaltung von Ausrüstung). Ein EMEM wird
direkt mit einer Prozeßzelle verbunden und wird per Fernbedie-
nung mit der zu reparierenden bzw. zu verschrottenden Kom-
ponente beladen. Die einzelnen Komponenten sind modular
aufgebaut, um den Ausbau zu erleichtern. Dadurch lassen sich
Geräte besser austauschen. Dieses System wird seit 1985 in
Teilen von UP2 eingesetzt.

Die neuen Verglasungs- und Bituminierungseinrichtungen, die
bei UP3 und UP2-800 zum Einsatz kommen sollen, sind weit-
gehend unerprobt. Die Verglasung nach dem AVM-Verfahren
(Atelier de Vitrification Marcoule-) läuft zwar seit Jahren in Mar-
coule, jedoch handelt es sich dort um Abfälle aus der Aufarbei-
tung von GGR-Brennstoff, die erheblich weniger radioaktiv sind.

Kasten 2:

Eigenschaften einiger wichtiger Radionuklide, die von Wiederaufarbeitungsanlagen abgegeben werden:

Radionuklid	Zeichen	Halbwertszeit	Zerfall	Kritisches Organ	Abgesehen von Krypton-85, das zu 100% in die Abluft geht, sind alle angeführten Radio- nuklide sowohl in Abluft als auch in Abwasser enthalten. In der Abluft befinden sich J-129, Kr-85 und H-3 in gas- förmigem Zustand, der Rest als luftgetragene, kleine feste Teilchen (Aerosole).
Americium-241	Am-241	432,6 Jahre	α, γ	Knochenoberfläche	
Cäsium-134	Cs-134	2,1 Jahre	β, γ	Ganzkörper	
Cäsium-137	Cs-137	30,2 Jahre	β, γ	Ganzkörper	
Curium-244	Cm-244	18,1 Jahre	α, γ	Knochenoberfläche	
Jod-129	J-129	15,7 Mio Jahre	β	Schilddrüse	
Krypton-85	Kr-85	10,8 Jahre	β, γ	Haut	
Plutonium-238	Pu-238	87,7 Jahre	α, γ	Knochenoberfläche	
Plutonium-239	Pu-239	24110 Jahre	α, γ	Knochenoberfläche	
Plutonium-240	Pu-240	6550 Jahre	α, γ	Knochenoberfläche	
Plutonium-241	Pu-241	14,4 Jahre	β, γ	Knochenoberfläche	
Ruthenium-106	Ru-106	1 Jahr	β	Inhalation: Lunge Ingestion: Magen/Darmtrakt	
Strontium-90	Sr-90	28,5 Jahre	β	Knochen	
Tritium	H-3, T	12,3 Jahre	β	Ganzkörper	

Risiken für Menschen und Umwelt

Woher kommen die Emissionen?

Radioaktive Abwässer fallen bei der Wiederaufarbeitung bei
zahlreichen Spül- und Waschvorgängen sowie bei der Behand-
lung flüssiger radioaktiver Abfälle an. Wichtige Quellen für
radioaktive Abgase sind die Auflöser sowie die Schmelzöfen für
die Verglasung hochaktiver Abfälle (die in La Hague bisher auf
die lange Bank geschoben worden war). Weiterhin fällt radioak-
tive Abluft beim Entlüften von Behältern und Apparaten, aus
Förder- und Rührluft sowie bei der Entlüftung der Prozeßzellen
an. Kasten 2 gibt einen Überblick über die wichtigsten Radionu-
klide, die abgegeben werden.

Wie bei praktisch jeder kerntechnischen Anlage, werden auch
in La Hague Abluft und Abwasser gefiltert und gereinigt, um
einen Teil der darin enthaltenen radioaktiven Stoffe zurückzu-
halten. Das Ausmaß, in dem dies möglich ist, ist bei verschie-
denen Stoffen und Stoffgruppen z.T. sehr verschieden.

Krypton-85 (Kr-85), ein Edelgas, wird beim Zerschneiden und
Auflösen des Brennstoffes zu 100 Prozent frei und gelangt ins
Abgas.

**Insgesamt gilt also, daß jede neue Wiederaufarbeitungsanlage
letztlich eine Versuchsanlage ist und in vielen Punkten neue,
nicht oder kaum erprobte Technologien eingesetzt werden. In
dem Labyrinth von Pannen, technischen Problemen und offe-
nen Fragen ist offensichtlich der beste gangbare Weg noch nicht
gefunden worden.**

Dies bestätigt auch ein Blick auf die (nunmehr von den Umstän-
den überholte) Planung der Wiederaufarbeitungsanlage
Wackersdorf, die zum Teil radikal von La Hague abweicht. Dies
betrifft nicht nur die Zwischenlager (Trockenlagerung in Trans-
portbehältern statt Lagerbecken). So sollte z.B. die Wartung
und Instandhaltung in Wackersdorf nach einem Konzept
erfolgen, das mit EMEM nur das Prinzip der Fernbedienung
gemeinsam hat und einen völlig anderen Aufbau der „heißen
Zellen“ erfordert (vgl. RESTRISIKO Nr. 3/4). Das Verglasungs-
verfahren AVM wurde in Wackersdorf auch in die engere Wahl
gezogen, dann aber zugunsten des PAMELA-Verfahrens
verworfen. Auch Extraktionsapparate und viele andere
Komponenten sollten anders ausgelegt werden.

**In La Hague ist eine Anlage zur Krypton-Rückhaltung weder in
Betrieb noch für die Zukunft vorgesehen. Das gesamte Kr-85
aus dem abgebrannten Kernbrennstoff endet also in der Atmo-
sphäre, und das wird sich auch bei den neuen Anlagen nicht
ändern.**

Tritium ist zum Teil (rd. 50 Prozent, dieser Wert kann aber
starken Schwankungen unterliegen) fest an das Material der
Hüllrohre gebunden und bleibt bei diesem Abfallstrom. Der
Rest fällt im Auflöser in der chemischen Form von Wasser an.
Weniger als ein Prozent des als Wasser gebundenen Tritium
gelangt als Wasserdampf in die Abluft und in die Umgebung.
Gezielt etwas zurückzuhalten, ist hier nicht möglich. **Der größte
Teil gelangt in wässriger Form in die verschiedenen Prozeß-
ströme und endet im Abwasser geringer Aktivität. In La Hague
wird es ins Meer gepumpt.**

Jod-129 wird teilweise als Gas im Auflöser frei. Ein Teil davon
wird aus dem Auflöserabgas durch Wäsche wieder abgetrennt,
der Rest wird an die Atmosphäre abgegeben. Das in der Lösung
verbliebene Jod sowie die aus dem Abgas ausgewaschene
Menge gelangt schließlich mit dem Abwasser ins Meer. Soweit
ersichtlich, sind für die neuen Anlagen Jodfilter vorgesehen, die
einen Teil des Jods binden und dann als radioaktive Abfälle
behandelt und gelagert werden müssen.

Die nicht gasförmigen Stoffe werden als kleine Teilchen – mit Durchmessern in der Größenordnung von einigen Mikrometern (einige Tausendstel Millimeter) oder weniger – mit der Abluft mitgetragen. Diese sogenannten Aerosole entstehen z.B. beim Sieden im Auflöser, beim Rühren und Belüften von Lösungen in Tanks, und in geringen Mengen auch beim Verdunsten von Lösungen. Der Abluftstrom wird zwar durch hochwirksame Teilchenfilter geleitet, die von 1.000 Teilchen höchstens eines durchlassen. Trotzdem sind, wie die Praxis zeigt, die radioaktiven Abgaben über Aerosole im Abgas noch immer beträchtlich.

Im Abwasser befinden sich die anderen radioaktiven Stoffe in gelöster Form. Auch diese kann man beispielsweise durch Ionenaustauscher zurückhalten – zumindest zum Teil.

Die Emissionen der Anlage in La Hague

In den Abbildungen 5 und 6 sind die Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abwasser und Abluft in La Hague für den Zeitraum 1981–1988 zusammengefaßt. Dabei handelt es sich um Angaben der Betreiberfirma COGEMA /15/. Als Bezugsgrößen sind die seit 1981 geltenden zulässigen Höchstwerte angegeben. In den Jahren davor wurden die Genehmigungen jeweils im Nachhinein, nach monatlicher Kontrolle, durch den zuständigen Präfekten erlassen /16/. Einen Überblick über die langfristigen Trends der Abgaben mit dem Abwasser (seit 1966) gibt Tabelle 1/15,16/.

Die niedrigen Abgaben an Tritium und Krypton-85 – ausgedrückt als Prozentsatz der zulässigen Höchstwerte – sind nicht Resultat besonders effizienter Rückhaltung. Der zulässige Höchstwert ist hier einfach sehr großzügig festgelegt worden. Wie oben dargestellt, wird gar nicht erst versucht, diese Stoffe zurückzuhalten. Sie haben in den Abluft- bzw. Abwasserströmen sozusagen freie Fahrt (soweit das Tritium nicht in den Brennstoffhüllen verbleibt). Insgesamt wurde bereits an den Ausbau der Anlage gedacht, als die Höchstwerte festgelegt wurden. Auf einer öffentlichen Anhörung im Jahre 1984 wurde festgestellt, daß die Höchstwerte auch nach Inbetriebnahme von UP3 und UP2-800 nicht mehr erhöht werden sollten /16a/.

Bis in die frühen 80er Jahre hinein steigen die Abgaswerte; danach ist allgemein, mit Ausnahme von Tritium und Jod, ein gewisser Rückgang festzustellen. Dieser Trend dürfte zeigen, daß in den letzten Jahren eine Reihe von Anlaufschwierigkeiten in UP2-400 zumindest teilweise überwunden und/oder die Rückhaltetechnik verbessert wurde (eine andere denkbare Erklärung wird in Kasten 3 diskutiert).

Es ist sehr schwierig, die zukünftige Entwicklung der Emissionen vorherzusagen. Einerseits werden die neuen Anlagen z.T. mit verbesserter Rückhaltetechnik ausgestattet sein. Andererseits werden sich mit dem Ausbau auf insgesamt 1.600 Jahres-tonnen natürlich die Abluft- und Abwasserströme entsprechend vergrößern. Wichtig ist auch, daß die mittleren Abbrände des aufgearbeiteten Brennstoffes – und damit sein Gehalt an radioaktiven Stoffen – in naher Zukunft um etwa 30 Prozent ansteigen werden. Auch könnten neue Probleme während der Anlaufphase für einige Jahre erhöhte Abgaben bewirken. Außerdem: Verschiedene Anlagen zur Abfallbehandlung gehen neu in Betrieb; so stellt z.B. die Verglasung hochaktiver flüssiger Abfälle extrem hohe Ansprüche an die Abgasreinigung.

Es ist also durchaus fraglich, ob – wie geplant – die zulässigen Höchstwerte auf dem jetzigen Stand gehalten werden können.

Tabelle 1:

Langfristige Trends der Abgaben Radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1966–1988			
	Tritium	β -u. γ -Strahler ohne Tritium.	α -Strahler
1966	<4,00E13	2,00E13	<1,00E10
1967	<4,00E13	9,00E13	1,00E10
1968	<4,00E13	1,10E14	2,50E10
1969	<4,00E13	8,00E13	1,00E10
1970	4,00E13	3,20E14	2,00E10
1971	4,00E13	6,30E14	1,50E11
1972	8,00E13	4,10E14	1,10E11
1973	8,00E13	4,80E14	1,20E11
1974	2,50E14	9,20E14	9,90E11
1975	4,00E14	1,18E15	4,80E11
1976	2,71E14	7,14E14	3,66E11
1977	3,31E14	7,65E14	6,73E11
1978	7,28E14	1,09E15	5,14E11
1979	5,93E14	9,97E14	6,88E11
1980	5,39E14	9,38E14	5,11E11
1981	6,29E14	8,26E14	5,30E11
1982	8,51E14	1,26E15	6,39E11
1983	1,18E15	1,17E15	4,76E11
1984	1,48E15	1,15E15	7,02E11
1985	2,55E15	1,19E15	7,16E11
1986	2,37E15	9,20E14	4,40E11
1987	2,92E15	1,10E15	4,54E11
1988	2,55E15	5,87E14	3,72E11

(Zur Erinnerung: Die Schreibweise 9,38E14 bedeutet 9,38 mal 10¹⁴, oder ausgeschrieben 938.000.000.000.000.)

Fest steht nach den uns bisher vorliegenden Informationen jedenfalls, daß die Emissionen von Krypton-85 und Tritium stark zunehmen werden.

Die Kernfrage ist, wie diese Emissionen nun im Hinblick auf die Gefährdung von Mensch und Umwelt einzuschätzen sind. Der Vergleich mit Höchstwerten, die mehr oder weniger großzügig unter Berücksichtigung der Anforderungen eines wirtschaftlichen Anlagenbetriebs festgelegt werden, sagt hier natürlich wenig.

Um hier eine Einschätzung zu ermöglichen, haben wir in Abbildung 7 einen Vergleich angestellt: Die in La Hague zulässigen Abgabewerte sowie die tatsächlich im Jahre 1988 (also in einem Jahr mit eher niedrigen Abgaben) aufgetretenen Emissionen werden den seinerzeit für die Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf beantragten Höchstwerten /17/ gegenübergestellt. Wackersdorf sollte für einen Jahresdurchsatz von 350–500 Tonnen ausgelegt werden, entspricht in der Größe also etwa der UP2-400.

Abbildung 5:

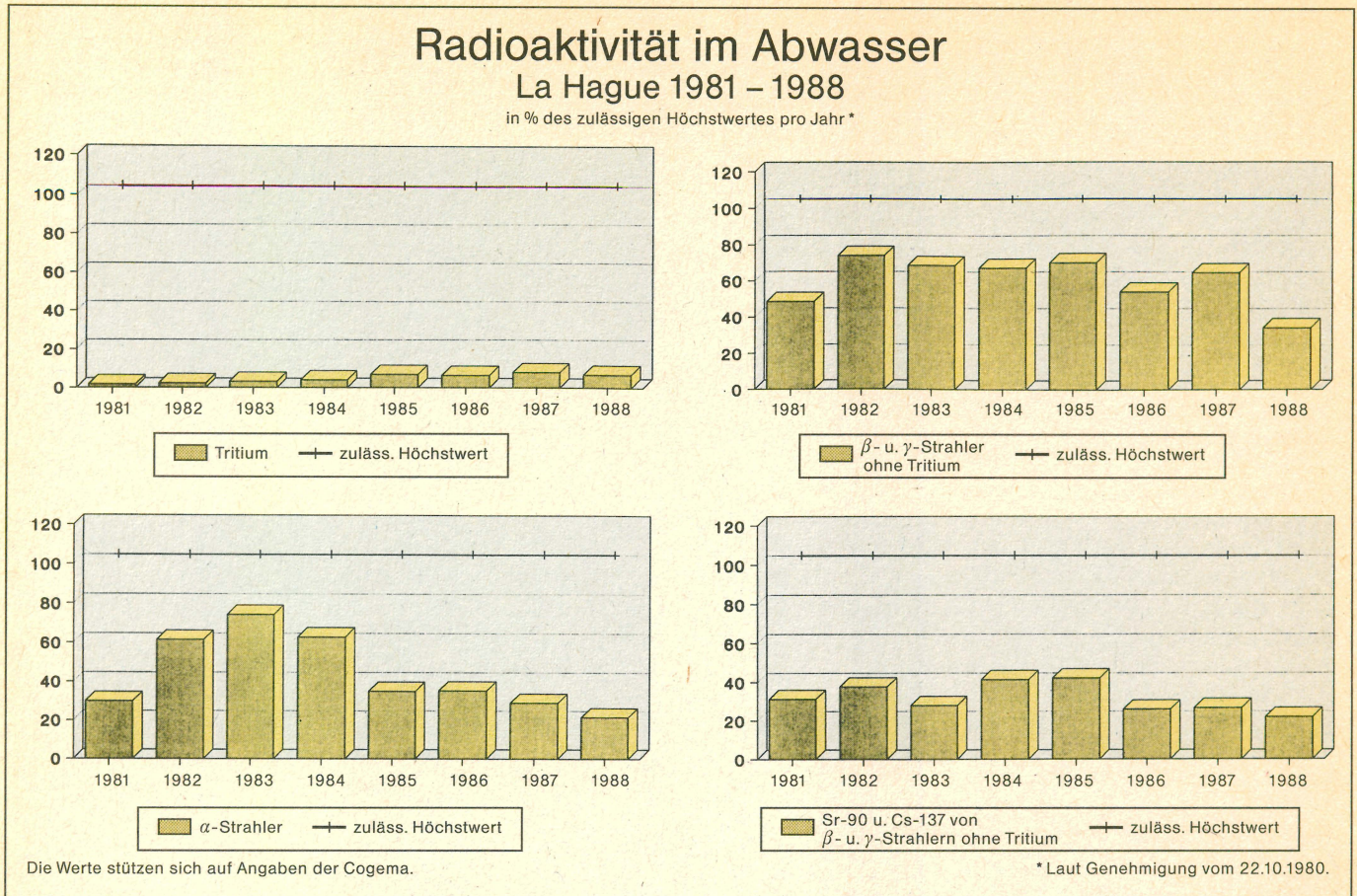


Abbildung 6:

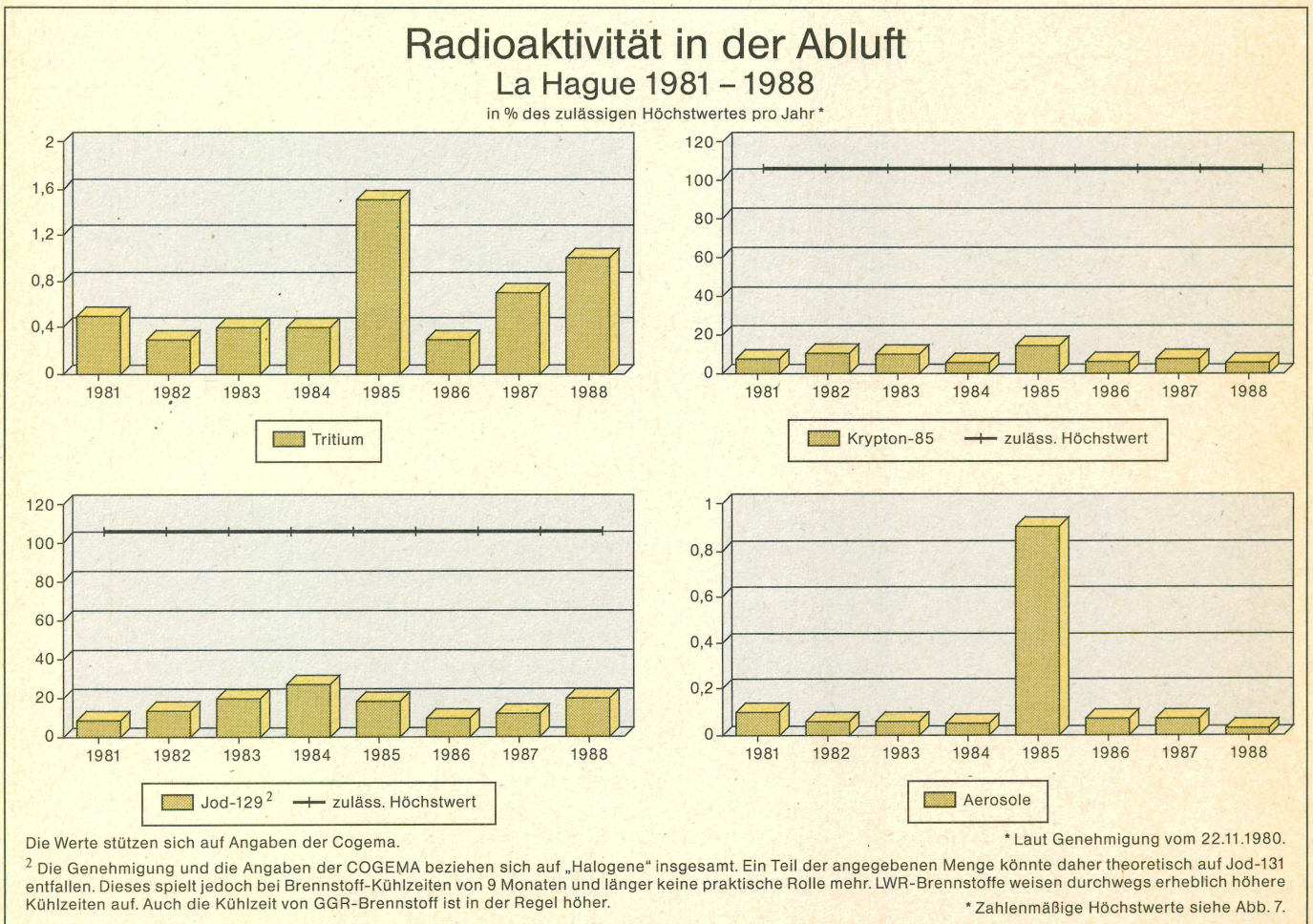
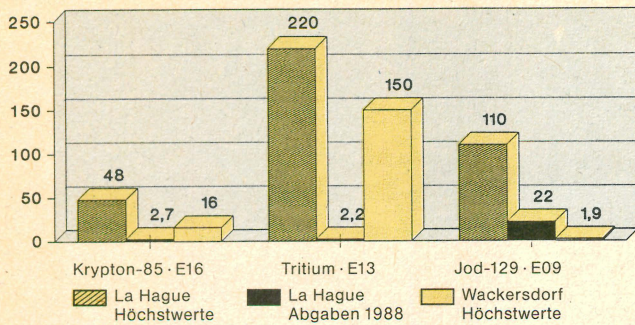


Abbildung 7:

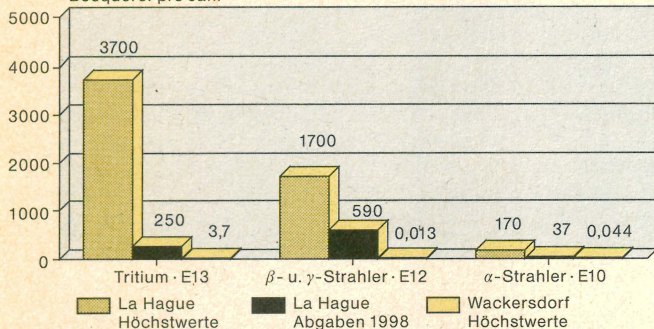
Abluftbelastung Vergleich La Hague/Wackersdorf

Becquerel pro Jahr



Abwasserbelastung Vergleich La Hague/Wackersdorf

Becquerel pro Jahr



Als Höchstwerte sind die für La Hague gültigen und die für Wackersdorf beantragten angegeben.

Natürlich soll damit nicht suggeriert werden, daß eine Wiederaufarbeitungsanlage, die die Antragswerte von Wackersdorf einhält, ungefährlich sei. In jahrelangen Auseinandersetzungen waren die Pläne und Vorgaben für Wackersdorf untersucht und massiv kritisiert worden. Es ist völlig klar, daß auch diese Anlage eine erhebliche radioaktive Umweltverschmutzung bewirkt hätte. Auch ist es immer problematisch, eine nur auf dem Papier existierende Anlage mit einer realen zu vergleichen. Es ist fraglich, ob die Betreibergesellschaft DWK in Wackersdorf alle Vorgaben hätte einhalten können. All dies ist aber heute bereits Geschichte; wir wollen darauf nicht mehr näher eingehen.

Die Antragswerte für Wackersdorf geben immerhin einen Anhaltspunkt dafür, was in der Bundesrepublik von Anlagenbetreibern und Behörden als „schadlose Verwertung“ von Kernbrennstoffen gemäß § 9a Atomgesetz angesehen wird. Insofern sind sie als Vergleichsbasis interessant.

Abbildung 7 zeigt für das Abwasser: Nicht nur die zulässigen Höchstwerte, auch die tatsächlichen Abgaben in La Hague entsprechen einem Vielfachen der Wackersdorfer Antragswerte. Auch bei der Abluft liegen die zulässigen Höchstwerte in jedem Falle über den für Wackersdorf beantragten. Die tatsächlichen Abgaben liegen bei allen Nukliden (außer Jod-129) tiefer.

Natürlich werden die radioaktiven Abwässer, die La Hague ins Meer abgibt, erheblich wirksamer verdünnt, als es in Wackersdorf mit Naab bzw. Donau der Fall gewesen wäre. Wer sich auf diese Verdünnung beruft, um hohe Abgaben zu rechtfertigen, betreibt letztlich eine Politik der „hohen Schornsteine“ bzw., in diesem Falle, der „langen Abwasserleitung“. Die Frage liegt

nahe, ob der Grundsatz der „schadlosen Verwertung“ nicht mehr gilt, wenn die „Entsorgungsprobleme“ des bundesdeutschen Atomprogramms exportiert werden.

Strahlenbelastung des Personals

In Abbildung 8 sind einige Daten zur Strahlenbelastung der Beschäftigten zusammengestellt /15,18/. Die Zahlen beziehen sich auf sämtliche Anlagen in La Hague, nicht nur den Wiederaufarbeitungsbetrieb im engeren Sinne. Daraus ist ersichtlich, daß die jährliche Kollektivdosis, d.h. die Summe der Strahlenbelastungen aller strahlenexponierten Personen, bis 1975 zugenommen hat und seither etwa gleichgeblieben ist (Mittelwert 1975 – 1988: 6,7 Personen-Sievert pro Jahr, mit Standardabweichung 0,7 Personen-Sievert). Bezogen auf die Elektrizitätsmenge, die der aufgearbeitete Brennstoff im Reaktor geliefert hat, hat die Strahlenbelastung nach erheblichen Schwankungen bis 1976 ab diesem Jahr bis 1983 stark abgenommen: von 8,9 Personen-Millisievert pro Megawattjahr Elektrizität auf 1,1 Personen-Millisievert pro Megawattjahr, und hat sich seither bei etwa 1 Personen-Millisievert pro Megawattjahr eingependelt /15/. Die vom Brennstoff gelieferte Elektrizitätsmenge ist dem Abbrand (siehe Kasten 1) direkt proportional und gibt ein ungefähres Maß dafür, wie hoch der Gehalt an radioaktiven Stoffen ist. Allerdings fällt dabei unter den Tisch, wie lange die Kühlzeit des Brennstoffes vor der Wiederaufarbeitung war, wie sehr die Radioaktivität also durch Zerfallsprozesse bereits abgeklungen ist. Wie alle Zahlen in diesem Abschnitt beziehen sich die angegebenen Werte auf Angaben der COGEMA. Die Überlegungen in Kasten 3 zeigen, daß diese Zahlen zumindest ab 1986 mit Vorsicht zu nehmen sind.

Die durchschnittliche Strahlenbelastung pro Person nahm, wie Abbildung 8 zeigt, von 1975 bis etwa 1982 deutlich ab und liegt seither bei 3 bis 3,5 Millisievert. Da in dem Zeitraum ab 1975 die Kollektivdosis etwa konstant geblieben ist, zeigt die Abnahme keine echte Verbesserung. Sie bedeutet lediglich, daß die Strahlenbelastung auf eine größere Personenzahl „verteilt“ wurde. Die Zahl der Personen, die mit 15 Millisievert Jahresdosis und mehr stark überdurchschnittlich belastet wurden, ist nach den vorliegenden Daten seit 1979 etwa konstant geblieben, mit besonders niedrigen Werten für 1982 und 1983.

Die Erfahrung zeigt, daß Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten den größten Beitrag zur Strahlenbelastung des Personals liefern. In der Zeit von 1973 – 1980 z.B. entfielen rund 80 Prozent der Kollektivdosis auf diesen Bereich. Auch neue Instandhaltungstechniken in Teilen der UP2 seit 1985 brachten keine deutlichen Verbesserungen. Die Kollektivdosis pro Megawattjahr (elektrisch) hat seit diesem Jahr nicht abgenommen.

Wie ist die Strahlenbelastung, die sich aus Abbildung 8 ergibt, zu werten? Die durchschnittliche Jahresdosis liegt zwischen sechs und fünfzehn Prozent des Grenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen (50 mSv/a). Zu den überdurchschnittlich belasteten Personen liegen uns keine vollständigen Informationen vor. Nach den Angaben der COGEMA liegen über 90 Prozent der mit mehr als 15 Millisievert pro Jahr belasteten Menschen noch unter 30 Millisievert pro Jahr.

Auf den ersten Blick erscheint die Situation also nicht allzu ungünstig. Tatsächlich ist aber der Vergleich mit dem zur Zeit gültigen Grenzwert irreführend: Dieser Wert liegt viel zu hoch.

Wir können hier nicht in die grundsätzliche Diskussion über Sinn und Unsinn von Grenzwerten und die beste Art des

Widersprüche in den von COGEMA veröffentlichten Zahlen:

Die meisten Zahlen – sei es zum Durchsatz der Wiederaufarbeitungsanlage, zu den radioaktiven Abgaben, zur Strahlenbelastung der Arbeiter usw. – stammen von der COGEMA. Eine direkte Überprüfung ist im allgemeinen nicht möglich.

Jedoch kann man die Stimmigkeit der Betreiberangaben indirekt überprüfen. Die verschiedenen Zahlen müssen zusammenpassen – wenn sich Widersprüche ergeben, ist klar, daß etwas nicht stimmt, und COGEMA falsche Zahlen veröffentlicht hat. Damit ist allerdings die Ursache des Widerspruchs noch nicht klar.

Dazu ein Beispiel, auf das wir bei unseren Untersuchungen gestoßen sind:

Die COGEMA veröffentlicht Angaben über die jährlich in La Hague durchgesetzten Brennstoffmengen. Weiterhin ist es möglich, aus Angaben der COGEMA den Abbrand und die Kühlzeit dieser Brennstoffe einigermaßen abzuschätzen. Aus der Kenntnis von Mengen, Abbränden und Kühlzeiten der aufgearbeiteten Brennstoffe kann deren Gehalt an einzelnen radioaktiven Stoffen zur Zeit der Wiederaufarbeitung ermittelt werden. Das heißt: Es ist dann bekannt, wieviele Becquerel Tritium, Krypton-85, Cäsium-137, Plutonium-239 usw. jährlich die Anlage durchlaufen.

Diese Stoffe können im allgemeinen auf ihrem Weg durch die Anlage nicht exakt verfolgt werden. Bestimmte Anteile enden in Abwasser und Abluft und gelangen in die Umwelt; sie sind Schwankungen unterworfen, weil die Filter nicht immer gleich gut funktionieren oder neue Apparate eingebaut werden usw. Große Teile gelangen in die verschiedenen Abfallströme. Auch sie schwanken und bleiben nicht Jahr für Jahr konstant. Abwässer werden eventuell vor dem Ableiten ins Meer eine gewisse Zeit zwischengelagert und dann z.B. erst im nächsten Kalenderjahr abgepumpt. Kurz gesagt: Im großen und ganzen werden zwar die

radioaktiven Abgaben an die Umgebung umso größer sein, je größer die Menge der in der Anlage verarbeiteten Radioaktivität ist – doch gibt es in fast allen Fällen keinen exakten Zusammenhang, der eine rechnerische Gegenüberstellung ermöglichen würde.

Dies alles gilt mit einer sehr wichtigen Ausnahme, der wir nachgegangen sind: Krypton-85. Dieses radioaktive Edelgas wird beim Zerkleinern und Auflösen des Brennstoffes zu 100 % frei, gelangt zu 100 % in die Abluft und damit auch zu 100 % in die Umwelt – und dies praktisch ohne zeitliche Verzögerung.

Wir können also die Menge an Krypton-85, die – ermittelt aus den Brennstoffdaten – in einem bestimmten Jahr im abgebrannten Kernbrennstoff in die Anlage gelangt ist, vergleichen mit der (von COGEMA gleichfalls veröffentlichten) Menge an Krypton-85, die im gleichen Jahr an die Atmosphäre abgegeben wurde. Die beiden Zahlen müssen übereinstimmen – wobei kleinere Abweichungen nichts besagen, da wir unsere Rechnung nicht völlig exakt durchführen können (dazu wären sehr detaillierte Grunddaten erforderlich, die COGEMA nicht veröffentlicht).

In der folgenden Tabelle sind die Angaben der COGEMA zu den Abgaben an Krypton-85 mit der Abluft (nach Bild 3) gegenübergestellt mit den aus durchgesetzter Tonnage und Abbrand (Bild 1) berechneten Werten. Dabei wurde für GGR-Brennstoff ein Inventar an Krypton-85 von 11 GBq/MWd (thermisch) angenommen, für LWR-Brennstoff ein solches von 7,5 GBq/MWd (thermisch). Das entspricht Kühlzeiten vor der Wiederaufarbeitung von 1 bzw. 5 Jahren (Variante 1). Da sich Abweichungen prinzipiell auch nur aus einer längeren Kühlzeit (in der das Kr-85 zum Teil zerfällt) ergeben könnten, wurde daneben noch Variante 2 berechnet, in der für LWR-Brennstoff eine lange Kühlzeit (8 Jahre) angenommen wurde – entsprechend 6,2 GBq/MWd (thermisch).

Angaben in Gigabecquerel, soweit es sich nicht um Quotienten handelt.

	COGEMA	Rechnung Variante 1	Quotient Variante 1 Cogema	Rechnung Variante 2	Quotient Variante 2 Cogema
1981	3,6E7	2,9E7	0,81	–	–
1982	5,0E7	3,4E7	0,68	–	–
1983	4,9E7	4,3E7	0,88	–	–
1984	2,7E7	4,9E7	1,81	–	–
1985	7,0E7	7,5E7	1,07	–	–
1986	2,9E7	5,8E7	2,00	4,9E7	1,69
1987	3,6E7	8,6E7	2,39	7,1E7	1,97
1988	2,7E7	5,7E7	2,11	4,7E7	1,74

Es ist klar ersichtlich, daß die Zahlen nicht in allen Fällen zusammenpassen. Die Abweichungen in den Jahren 1981 – 1983 und im Jahr 1985 könnten äußerstenfalls noch auf mangelnde Genauigkeit der Rechnung zurückgeführt werden. Jedoch zeigt sich für 1984 und für 1986 bis 1988 eindeutig, daß die Angaben der COGEMA zu den Krypton-85-Abgaben sehr viel niedriger liegen als das rechnerisch ermittelte Inventar im Brennstoff. Dies gilt auch dann noch, wenn für die letzten drei Jahre besonders lange Kühlzeiten in Rechnung gestellt werden. Auffällig ist auch, daß die Angaben der COGEMA im Schnitt besonders niedrig liegen, seit große Mengen an LWR-Brennstoff aufgearbeitet wurden.

Daß die Krypton-Bilanz in La Hague nicht widerspruchsfrei aufgestellt werden kann, ist übrigens nicht neu. In einem 1983 erschienenen Bericht der Kommission der Europäischen Gemeinschaften /38/ wird festgestellt, daß anscheinend für den Zeitraum bis 1980 LWR-Brennstoffe in La Hague zu wenig und GGR-Brennstoffe zu viel Krypton-85 enthalten. Die Diskrepanz war in diesen Jahren aber geringer als hier aufgezeigt: in dem Bericht wird dafür keine Erklärung gegeben.

Da das Krypton-85 nicht einfach verschwinden kann, muß hier noch ein unbekannter Faktor im Spiel sein. Zwei Erklärungen sind denkbar:

1) Die UP2 ist – zumindest seit 1986 – sehr viel weniger leistungsfähig als offiziell behauptet. Es wurde weniger Brennstoff durchgesetzt oder/und der Abbrand des

Brennstoffes war sehr niedrig (um 13.000 MWd/t, also weniger als ein Drittel der in Zukunft zu erwartenden Abbrände).

2) Die Überwachung der Aktivität von Krypton-85 in der Abluft ist meßtechnisch nicht im Griff. Insbesondere seit 1986 wird zu wenig gemessen, und die tatsächlichen Abgaben sind etwa doppelt so hoch wie die behaupteten, u.U. noch höher.

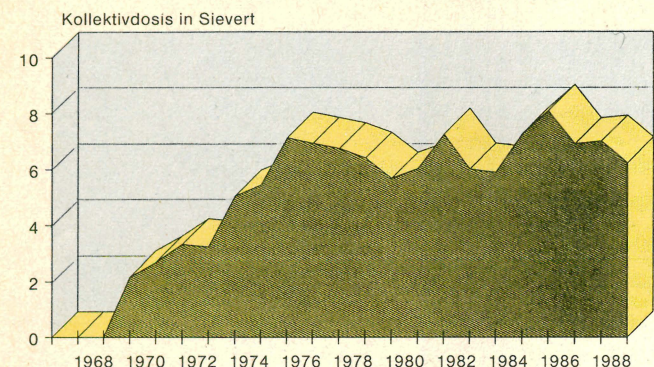
Die erste Erklärung erscheint weniger plausibel. Es wäre kompliziert, über Jahre hindurch Angaben über aufgearbeitete Brennstoffmengen zu fälschen. Und es ist fraglich, ob derartige Mengen an Brennstoffen, wie in den letzten Jahren aufgearbeitet, mit sehr niedrigen Abbränden überhaupt angefallen sind.

Für die zweite Erklärung spricht, daß die Messung der Krypton-85-Konzentration in der Abluft technisch schwierig ist. Sollte die Erklärung zutreffen, taucht sofort eine weitere Frage auf: Stimmen die Werte für andere radioaktive Stoffe in Abluft und Abwasser, die von COGEMA angegeben werden, und die nicht wie Krypton überprüft werden können? Insbesondere ist auch der Nachweis von Jod-129 meßtechnisch nicht einfach.

Wir erinnern daran, daß das bundesdeutsche Atomgesetz eine Genehmigung für eine Atomanlage nur dann zuläßt, wenn „keine Tatsachen vorliegen, aus denen sich Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Antragstellers ... ergeben ...“ (AtG §9(2)1). Was würde eine Prüfung der Zuverlässigkeit der COGEMA ergeben?

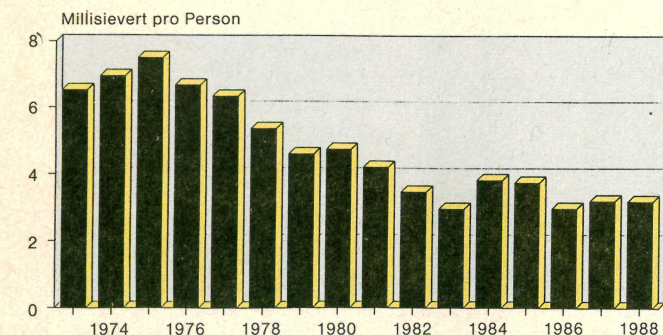
Abbildung 8:

Strahlenbelastung Kollektivdosis der Beschäftigten in La Hague 1969 – 1988



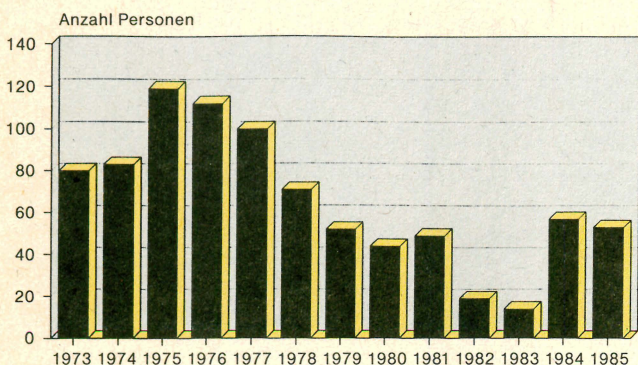
Eine Kollektivdosis von 1 Personen-Sievert bedeutet, daß die Summe der individuellen Strahlenbelastungen in einer Gruppe 1 Sv beträgt – z.B., wenn 10 Personen je eine Dosis von 0,1 Sv abbekommen haben.

Strahlenbelastung Durchschnittsdosis, La Hague



Bezogen auf die Gesamtzahl jener Personen, die tatsächlich einer Strahlenbelastung ausgesetzt waren.

Strahlenbelastung Zahl der Personen mit Dosis > 15 mSv La Hague



Kollektivdosis, durchschnittliche Dosis pro Mitarbeiter, sowie Zahl der Personen mit einer Strahlenbelastung über 15 mSv im Jahr, d.h. über 30% des Grenzwertes, der 50 mSv pro Jahr beträgt. Zahlen nach offiziellen Angaben der COGEMA.

Diese Angaben liegen uns leider nur bis zum Jahr 1985 vor. Für 1986 ist jedoch bekannt, daß zwei Personen den Grenzwert von 50 mSv überschritten.

Umganges mit Strahlenrisiken einsteigen. Schon eine rein „systemimmanente“ Betrachtung zeigt aber, daß der Grenzwert von 50 Millisievert pro Jahr nicht akzeptabel ist:

Dieser Grenzwert beruht nämlich auf einer Bewertung des Strahlenrisikos, die zu optimistisch ist und nicht dem neuesten Wissensstand entspricht. Die Krebsstatistiken aus Hiroshima und Nagasaki zeigen, daß das Krebsrisiko durch ionisierende Strahlung höher bewertet werden muß als das bislang von den internationalen Strahlenschutzgremien gemacht wurde /20,21/. Das Strahlenrisiko läßt sich nicht genau abschätzen. Doch kann heute festgestellt werden, daß die Risikofaktoren fünf- bis siebzehnmal höher sind als bisher angenommen /22/. Würde man aber die Grenzwerte um das 17fache auf drei Millisievert pro Jahr senken, läge schon der Durchschnittswert fast durchweg zu hoch, und jedes Jahr gäbe es zahlreiche Grenzwertüberschreitungen. Es ist mehr als fraglich, ob der Betrieb einer Wiederaufarbeitungsanlage mit Einhaltung reduzierter Grenzwerte überhaupt noch möglich wäre.

Zuletzt muß noch ein sehr wichtiger Punkt erwähnt werden, zu dem wir hier allerdings keine endgültige Aussage machen können. Es gibt Anzeichen dafür, daß die von COGEMA veröffentlichten Zahlen zur Strahlenbelastung der Beschäftigten nicht vollständig sind. Die Informationen sind hier allerdings widersprüchlich. Z.T. wird behauptet, auch Gelegenheitsarbeiter seien in den COGEMA-Statistiken berücksichtigt; andere Quellen sagen aus, daß solche Arbeiter, die regelmäßig für Reinigungs- und andere Hilfsarbeiten herangezogen werden, nicht enthalten seien /23/.



Personenmonitor im AKW Brunsbüttel;

Nach neuesten Berichten aus den USA ist das Risiko, durch radioaktive Strahlung an Krebs zu erkranken, bedeutend höher als bisher angenommen. Daraus werden Konsequenzen auch für die Arbeitnehmer in Atomanlagen zu ziehen sein.

Quelle: Diagonal/Andrews

Pannen und Unfälle

„Akzeptable“ und „nicht-akzeptable“ Störfälle

In allen Ländern wird das Eintreten von Störfällen und Unfällen in kerntechnischen Anlagen von Anfang an einkalkuliert und zugelassen. Die offizielle „Sicherheitsphilosophie“ legt also nicht fest, daß solche Ereignisse nicht eintreten dürfen. Sie regelt vielmehr, was als noch akzeptabler Störfall und was als unakzeptabler Unfall anzusehen ist.

Bei den neuen Anlagen in La Hague haben sich die französischen Betreiber und Behörden ein kompliziertes und mehrfach abgestuftes System einfallen lassen, das aber letztlich auf tönernen Füßen steht. Ein Ereignis, das zu einer gegenüber dem „Normalbetrieb“ erhöhten Strahlenbelastung der Umgebung führt, die aber niedriger als fünf Millisievert ist, darf höchstens eine Wahrscheinlichkeit von 10^{-3} (1:1000) pro Jahr haben, um noch als akzeptabler Störfall zu gelten. Liegt die Strahlenbelastung durch ein Ereignis bei mehr als fünf Millisievert, aber unter 150 Millisievert, muß die Wahrscheinlichkeit unter 10^{-5} pro Jahr liegen. Ereignisse mit noch höheren Strahlenbelastungen – wobei keine Obergrenze festgelegt ist – müssen eine Wahrscheinlichkeit unter 10^{-7} pro Jahr aufweisen. Dann werden sie als vernachlässigbar angesehen /24/ (siehe Abbildung 9). Zur Orientierung ist dabei auch der bundesdeutsche „Störfallgrenzwert“ von 50 Millisievert eingezeichnet, der für alle Ereignisse gilt, die nicht dem „Restrisiko“ zuzuordnen sind (die Grenze dafür wird in der Bundesrepublik bei etwa 10^{-7} bis 10^{-6} pro Jahr gezogen). Eine Unterscheidung nach Wahrscheinlichkeiten

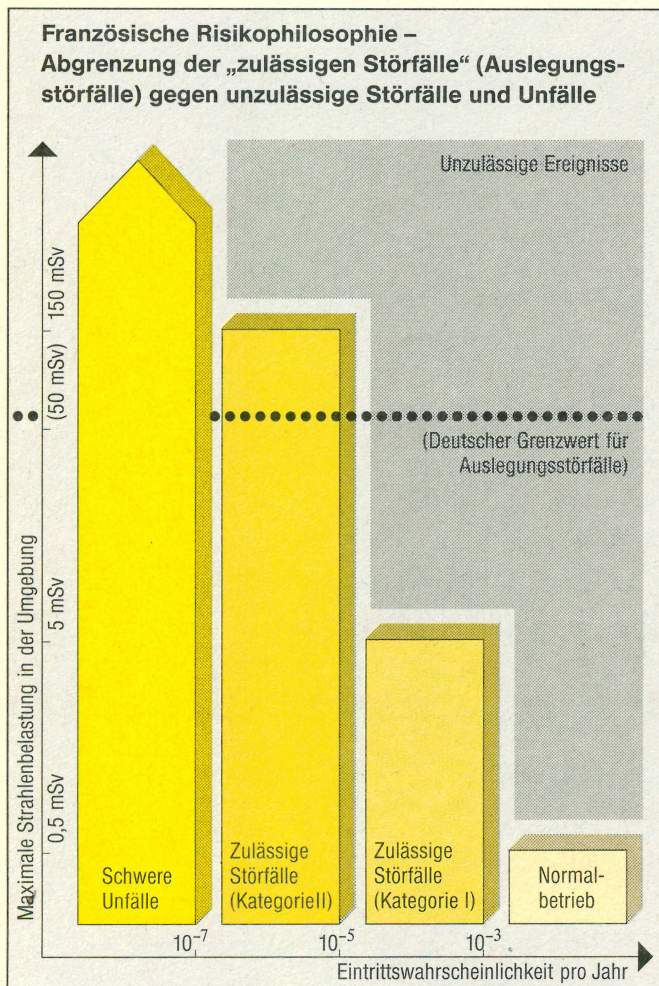
gibt es bei dem deutschen Störfallgrenzwert nicht. Der deutsche Grenzwert liegt zwischen den beiden französischen. Es ist schwer zu sagen, welches System zweckmäßiger ist. Das französische ist zweifellos verwirrender.

Es gibt natürlich viele Ereignisse, die zu Strahlenbelastungen in einer bestimmten Kategorie führen können und deren Wahrscheinlichkeiten sich aufsummieren. Insgesamt wird in Frankreich davon ausgegangen, daß die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller Kategorie I-Störfälle nicht größer als 10^{-2} (1:100) pro Jahr ist, die aller Kategorie II-Störfälle nicht größer als 10^{-4} pro Jahr und die der schweren Unfälle nicht größer als 10^{-6} pro Jahr (vgl. dazu z.B. /25/).

Der größte Haken an dieser Herangehensweise ist, daß Unfallwahrscheinlichkeiten nicht zuverlässig berechnet werden können. Gekoppelte technische Fehler in Anlagenteilen, menschliche Irrtümer, Sabotage und andere Faktoren können nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden (für eine Kritik der Methodik, Unfallwahrscheinlichkeiten bei Kernkraftwerken abzuschätzen, siehe /26/; bei anderen kerntechnischen Anlagen ist diese Methodik noch weitaus weniger entwickelt als für Kraftwerke).

Die Wahrscheinlichkeiten sagen auch nichts über den Zeitpunkt des Eintretens eines Ereignisses aus. Ein Unfall, der morgen in La Hague eintritt, kann rechnerisch die Wahrscheinlichkeit 10^{-7} , 10^{-5} oder 10^{-3} pro Jahr haben – sein Eintreten steht zu keiner dieser Zahlen in Widerspruch, sie werden dadurch weder bestätigt noch widerlegt. In all ihrer Komplexität sind die französischen Festlegungen und Unterscheidungen von Störfallkategorien also doch nur Augenwischerei.

Abbildung 9:



Übersicht über Pannen und Unfälle 1978 – 1989

Da uns eine Betrachtung der französischen Sicherheitsphilosophie mit ihren nebulösen Wahrscheinlichkeitswerten also nicht weiterhilft, wollen wir uns an der bisherigen Erfahrung orientieren. In der Folge werden die bekanntgewordenen Pannen und Unfälle in La Hague 1978 bis Mitte 1989 aufgelistet. Die Darstellung stützt sich dabei in erster Linie auf die Informationen aus dem vom französischen Industrieministerium herausgegebenen „Bulletin über die Sicherheit der Nuklearanlagen“ /27/. Soweit auch andere Quellen herangezogen wurden, ist dies angemerkt. Pannen in Anlagen bzw. Anlagenteilen, die noch nicht mit radioaktiven Stoffen betrieben wurden, sind hier nicht angeführt.

In manchen Fällen ist eine genaue Datumsangabe nicht verfügbar. Das Tagesdatum fehlt dann. In solchen Fällen trifft auch die Monatsangabe u.U. nicht exakt zu.

01.03.78 Sechs Arbeiter werden durch Plutoniumdioxid kontaminiert.

02.03.78 Die Luft eines Raumes, in dem sich 14 Arbeiter befinden, wird kontaminiert. Die Dosis soll „null oder unerheblich“ gewesen sein.

10.05.78 Leckage in der Kanalisation, die radioaktive Lösungen aus der Hüllen-Auflösung enthält. Flüssigkeit mit insgesamt rund 3,7E12 Becquerel radioaktiven Stoffen tritt aus.

06.06.78 Ein beschädigter Handschuh in einer Handschuhbox führt zur Kontamination von vier Arbeitern.

10.11.78 Bei Arbeiten an einem Handschuhkasten werden drei Arbeiter mit Plutonium kontaminiert.

14.11.78 Ein Abluftfilter wird in einen Ventilator gezogen und in Stücke gerissen, die über den Kamin ins Freie gelangen.

Angeblich kann weder die radioaktive Kontamination des Bodens noch der Luft gemessen werden.

25.01.79 Während eines Verpackungsvorgangs wird 1 Gramm Plutoniumdioxid-Pulver verschüttet.

.09.79 Eine 1,5 Tonnen schwere Stahlplatte fällt in das Brennelement-Becken und beschädigt es.

.11.79 Ein Leck in einer Kanalisation führt zu leichter Kontamination von Oberflächenwasser.

.11.79 Brennelement-Teile fallen in den Auflöser. Abschalten und Ausräumen wird erforderlich.

02.01.80 In 200 Metern Entfernung von der Küste wird ein Riß von 10 Zentimetern Länge und 5 Zentimetern Breite in der Abwasserleitung entdeckt, die radioaktive Abwässer 5,5 Kilometer ins Meer hinausleiten. Der Riß entstand zwischen 04.09.79 und 04.12.79. Repariert wurde er am 06.01.80 (auch /28/).

15.01.80 Erneut Riß in der Abwasserleitung im Meer entdeckt. Diesmal in nur einigen Dutzend Metern Entfernung vom Ufer, entstanden zwischen 06.01.80 und 15.01.80. Im Anschluß an diese Leckage werden Messungen durchgeführt, die erhöhte Radioaktivität in Algen, Fischen und anderen Meerestieren zeigen. Nach Angaben der Gewerkschaft CFDT bewirkt das eine Ganzkörper-Strahlenbelastung (hauptsächlich durch Strontium-90) von rund 2 Millisievert für Fischer bzw. 1,1 Millisievert für die Bewohner von Cherbourg pro Jahr (auch /28/).

14.04.80 Ein Kurzschluß in elektrischen Systemen führt zu einem Brand. Unter anderem wird der Kontrollraum der elektrischen Versorgung des gesamten Anlagenkomplexes zerstört. Eine der beiden Transformatoranlagen, die die elektrische Versorgung der Anlage vom Netz her sicherstellen, fällt sofort aus. Der Einsatz der anlageneigenen vier Notstromaggregate ist nicht möglich, da der Leitstand dieser Aggregate durch den Brand ebenfalls ausgefallen ist. Mobile Notstromaggregate müssen von außerhalb herangebracht werden. Die Situation ist äußerst gefährlich, da zeitweise die Kühlung der flüssigen hochaktiven Abfälle ausfällt. Bei längerem Kühlausfall würden diese Abfälle zum Sieden kommen, verbunden mit sehr hohen radioaktiven Freisetzungen (auch /29/).

21.05.80 Ein Behälter, in den gleichzeitig zwei Extraktionsbatterien entleert werden, läuft über. Etwa 200 Liter radioaktiver Lösung fließen aus; Arbeiter müssen evakuiert werden.

04.06.80 Aufgrund eines falsch eingestellten Thermostaten an einem Transformator fällt die normale Stromversorgung aus. Die Anlage muß zwei Stunden lang über Notstromaggregate versorgt werden.

29.10.80 Ein Brennelement stürzt in das Abklingbecken und wird dabei beschädigt.

04.12.80 Eine interne Druckwasser-Leckage in einem Verdampfer führt zu Druckanstieg und Öffnen eines Sicherheitsventils. Radioaktiver Dampf gelangt nach außen. Auf einer Fläche von 300 Quadratmetern wird die Erde abgetragen.



Wiederaufarbeitungsanlage La Hague. Hier wurde 1981 durch einen Schwelbrand in einem Teil der Wiederaufarbeitungsanlage Radioaktivität freigesetzt, die rund 100 Autos verseucht. Erst nach mehr als einem Jahr wird der wirkliche Umfang der Freisetzung zugegeben.

Quelle: TAZ/Rosenkranz

06.01.81 Gegen 13 Uhr entdecken Arbeiter in einem Lagersilo einen Schmelzbrand. Als Brandherd wird zunächst Magnesium, später aber Graphit identifiziert. Das Silo dient als Trockenlager für abgemantelte Brennelementehüllen von Gas-Graphit-Reaktoren. Hier herrscht ein Durcheinander von verschiedenen Abfallarten: Filterrückstände, Graphithüllen, Stahl- und Aluminiumteile, Magnesiumhüllen, Uranspäne und kontaminierte Putzwolle. Der Brand begann offenbar gegen 4 Uhr früh. Erst etwa 48 Stunden später kann er mit flüssigem Stickstoff endgültig gelöscht werden. Der verdunstende Stickstoff trägt zweifellos dazu bei, radioaktive Stoffe über Lüftungsklappen freizusetzen. Ein Arbeiter erhält eine Dosis von 57 Millisievert (höher als der Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen), vier weitere Arbeiter Dosen zwischen 2 und 4 Millisievert. Signifikante Mengen radioaktiver Stoffe werden freigesetzt (Cäsium-137, möglicherweise auch Strontium-90 und Plutonium). Der genaue Umfang der Freisetzungen war Gegenstand eines Verwirrspieles der Betreiber und Behörden und stand erst 16 Monate später offiziell fest: Am 13. Januar 1981 veröffentlichte die Gewerkschaft CFDT ihre Schätzung – 3,7E11 bis 3,7E12 Becquerel: β - γ -Strahler. Die Direktion der COGEMA dagegen behauptete am 15. Januar, es habe sich um weniger als 2,2E10 Becquerel gehandelt. Einen Tag später sprach das Gesundheitsministerium von 3,7E10 Becquerel. Am 6. Februar 1981 mußte die Direktion der COGEMA widerrufen und nannte eine neue Zahl: 3,7E11 Becquerel. Erst am 7. Mai 1982 schließlich veröffentlichte das Commissariat à l'Énergie Atomique die endgültige, offizielle Schätzung: 7,4E11 bis 1,9E12 Becquerel. Diese Werte liegen innerhalb jener Bandbreite, die die CFDT bereits eine Woche nach dem Unfall angegeben hatte! Rund 100 Autos – mit denen die Arbeiter zum Großteil am ersten Tag des Unfalls noch nach Hause gefahren waren – müssen am nächsten Tag dekontaminiert werden (auch /30,31/).

08.01.81 In der Kanalisation für den Transfer radioaktiver Säuren von der chemischen Auflösung der Brennelement-Hüllen (GGR) zur Behandlung radioaktiver Abwässer kommt es zu einem Leck.

11.01.81 Die Dichtung einer Pumpe zum Transfer von Auflöserlösung ist defekt. 10 – 15 Liter Uran- und Plutonium-haltiger Lösung fließen aus.

13.05.81 Absturz eines Brennelementes. Angeblich keine Schäden.

04.07.81 Leckage einer Übergabeleitung. Etwa 1 Kubikmeter schwachaktiver Flüssigkeit tritt aus.

17.11.81 Aufgrund eines Kurzschlusses in einem Kabelschrank, der zu Chemikalien-Pumpen gehört, müssen Uran- und Plutoniumreinigung für fünf Stunden abgeschaltet werden.

18.11.81 Bei einem Transport von La Hague nach Cadarache kommt es zu einer Leckage von leicht radioaktivem Öl.

14.12.81 Ein Defekt in einem Ableitungssystem für radioaktive Lösungen führt zur Freisetzung radioaktiver Stoffe. Neun Personen werden kontaminiert.

26.02.82 Durch ein Leck in einem Rohrsystem treten etwa 10 Liter oxalische Plutonium-Lösung aus.

12.03.82 Wegen Korrosion kommt es bei der Rezyklierung oxalischer Wässer zu einer Leckage (Austritt wahrscheinlich plutoniumhaltiger Lösung).

17.08.82 Ein Arbeiter verschüttet plutoniumhaltige Säure auf seinen Arbeitsanzug.

28.03.83 Feuer bei Schneidearbeiten. Filter werden mit Ruß verschmutzt, elektrische Kabel und Schaltkästen beschädigt.

25.05.83 Hochradioaktive Auflöserlösung gerät in eine Rezyklierungswanne.

16.03.84 Weil ein Verdampfer falsch bedient wurde, entwickeln sich Gas und Überdruck in drei Verdampfern. Hochradio-

aktive Spaltproduktlösung steigt in die Dampfföhre hoch. Das Personal wird evakuiert.

23.05.84 Bei Umbauarbeiten fällt ein Ventilationssystem aus. Ein Becken wird kontaminiert.

28.06.84 Die Überfüllung eines Tanks für radioaktive Schlämme führt zum Auftreten von „Ausschwitzungen“ durch die Tankwand.

12.09.84 Eine chemische Reaktion beim Öffnen eines Transportbehälters für GGR-Brennelemente führt zu einer heftigen Explosion. Der Raum wird kontaminiert.

06.12.84 Ein Montagefehler führt zum Umkehren der Ventilation. Mehrere Räume werden kontaminiert.

18.12.84 Ein Leck an einem Verdampfer führt zum Austritt radioaktiver Flüssigkeit. Die Prozeßzelle wird kontaminiert, die Anlage muß für einige Tage stillgelegt werden.

20.01.85 Absturz eines GGR-Brennelementes.

28.01.85 Beim Spülen eines Behälters für radioaktive Abfälle bricht ein Schlauch. Einige Dutzend Liter einer schwachaktiven Flüssigkeit laufen aus.

11.02.85 Brüche von Endstücken einiger Brennelemente treten auf. Der Grund: Schwierigkeiten bei Wartungsarbeiten.

08.10.85 Beim Entladen eines Transportbehälters mit abgebrannten Brennelementen (GGR) wird dieser unbeabsichtigt geöffnet. Regenwasser dringt ein, kommt in Kontakt mit heißem Brennstoff: Heftige Dampfexplosion, Kontamination der Entladezone.

15.05.86 Als ein Kabel reißt, wird ein Arbeiter verletzt. Die offene Wunde ist radioaktiv kontaminiert.

20.05.86 Hochradioaktive Flüssigkeit steigt in einer Prüflösung hoch. Die fünf mit Prüfarbeiten beschäftigten Arbeiter erhalten hohe Strahlendosen: Der am stärksten Bestrahlte 180 Millisievert (nach offiziellen Angaben; nach internen Informationen waren es 250 Millisievert), ein anderer Arbeiter eine Dosis von 110 Millisievert (beide über dem gesetzlichen Grenzwert).

08.86 Im Laufe von Instandsetzungsarbeiten wird erhöhte Luftradioaktivität im Gebäude festgestellt.

10.86 Uran- und plutoniumhaltige Lösung wird aufgrund eines Bedienungsfehlers in einen Lagertank gefüllt, bei dem die Gefahr der Kritikalität besteht.

11.86 Bei einer Routinekontrolle wird ein defekter Transportbehälter (Risse am Haltezapfen) gefunden.

14.01.87 Durch extreme Kälte versagt ein Vorwärmer für Ventilationsluft. Die Anlage muß für einige Stunden abgeschaltet werden.

02.03.87 Absturz eines Brennelementes.

14.06.87 Kontamination von sechs Räumen, weil ein Ventilator ausfällt.

23.09.87 Feuer zerstört einen elektrischen Schaltschrank, der die Wasserstandsmessungen in Lagertanks in den Kontrollraum übermittelt.

15.10.87 Elektrische Störungen durch Stürme. Die Anlage muß für einige Stunden außer Betrieb genommen werden.

04.11.87 Bei der Entladung eines Tankwagens mit schwachaktiver Flüssigkeit kommt es zu einer Leckage (5 Liter fließen aus).

08.03.88 Bei einem Behälter, in dem radioaktive Abwässer chemisch behandelt werden, kommt es zu einer Leckage. Ursache: Korrosion von außen. 1987 war Schwefelsäure aus einer Rohrleitung ausgetreten, die die Leckage am Behälter bewirkte.

05.88 Abgabe von Natronlauge in das Fließchen Saint-Helene. Die Ursache kann nicht ermittelt werden. Die Aale in diesem Fließchen kommen um.

23.06.88 Bei Abrißarbeiten an einer heißen Zelle sickert radioaktive Dekontaminationsflüssigkeit durch eine Wand. Die Auswertung des Dosimeters eines Arbeiters ergibt eine „ungewöhnlich hohe Strahlenexposition“.

14.03.89 Durch Wasser in einem Schaltschrank kommt es zu einem Stromausfall. Notstromdiesel springen an, können aber wegen Ausfall eines Regelkreises nicht angeschlossen werden. Innerhalb einer Stunde wird die Stromversorgung wieder hergestellt.

28.05.89 Aufgrund einer Leckage in einer Rohrleitung strömt Uranylнитrat- und Plutoniumlösung aus. Es kommt zu einer abnormalen Erhöhung des Uran- und Plutoniumgehaltes in einem Behälter für radioaktive Abfälle.

01.08.89 Beim Transport einer Pumpe aus dem Bereich der Plutoniumreinigung wird ihre Verpackung beschädigt. Radioaktive Flüssigkeit tritt aus. Ein Arbeiter wird kontaminiert, Tropfen der Flüssigkeit fallen auf 150 Metern Länge auf den Transportweg.

08.08.89 In der Lagereinheit für hochaktive Abfallösungen kommt es bei Wartungsarbeiten zu einem teilweisen Ausfall der Stromversorgung. Für eineinhalb Stunden fallen Kühlung, Belüftung und Rühren der Lösungen aus. Der Stromausfall führt auch zur Nichtverfügbarkeit der Meßgeräte für radioaktive Emissionen an einem Abgaskamin.

16.08.89 In einer Halle der Verglasungsanlage von UP2-800 wird Strahlenalarm ausgelöst: Durch Verrutschen eines Filters ist die Radioaktivität in der Hallenluft angestiegen. Das Personal wird evakuiert.

Für den Zeitraum September – Dezember 1989 liegen die offiziellen Störfall-Veröffentlichungen noch nicht vor. Informationen über zwei Störfälle im November konnten dennoch ausgewertet werden:

23.11.89 Bei den Tests vor der Inbetriebnahme, die mit einer schwach radioaktiven Lösung von Uran in Salpetersäure durchgeführt werden, kommt es zu einer Panne, weil ein Ventil nicht ordnungsgemäß schließt. Ätzende, nitrose Gase werden freigesetzt. In der Abgasstrecke ist ein Vorfilter ausgefallen; der hochwirksame Teilchenfilter dahinter wird zerstört. Es kommt zu einer etwa 10 Minuten dauernden Freisetzung einer rötlichen Wolke aus dem Abgaskamin /6b/.

29.11.89 In einem Behälter mit schwachaktiven Abfällen kommt es zu einem Brand. Er wird mit Handfeuerlöschern gelöscht. Nach offiziellen Angaben kommt es zu keinerlei Strahlenbelastung für Beschäftigte und Umgebung /31a/.

Die hier angeführten 61 Ereignisse verteilen sich auf folgende Kategorien:

Leckage von Flüssigkeiten in Gebäuden	15
Pannen bei der Brennelemente-Handhabung	8
Leckage von Flüssigkeiten außerhalb von Gebäuden	8
Feuer/Explosion	7
Störungen in Abluftsystemen u.ä.	8
Sonstige Pannen mit radioaktiven Flüssigkeiten	5
Sonstige Pannen mit radioaktiven Feststoffen	4
Ausfälle elektrischer Systeme (ohne Feuer)	4
Störungen durch Einwirkungen von Außen	2

Besonders schwerwiegende Ereignisse sind zweifellos die Risse in der Abwasserleitung im Januar 1980, der Brand im Abfallsilo im Januar 1981 und der Störfall bei der Überprüfung des Tanklagers für hochradioaktive Abfälle im Mai 1986, die mit hohen radioaktiven Abgaben an die Umgebung bzw. mit hoher Strahlenbelastung von Arbeitern verbunden waren.

Von großer Bedeutung ist aber auch das Feuer in der elektrischen Versorgungsstation am 15. April 1980. Ein kleiner Brand in einem Kabel hatte die Unterbrechung der Versorgung aus dem Netz und die Unterbrechung der Notstromversorgung nach sich gezogen. Die gesamte Anlage war bis zur Anlieferung der

mobilen Notstromaggregate für 50 Minuten völlig ohne Strom. Man war knapp an einer Katastrophe vorbeigeschrammt – ein längerer Stromausfall hätte zu einem sich aufschaukelnden Unfall mit hohen radioaktiven Freisetzungen geführt, weil Sicherheits- und Kühlsysteme ausgefallen waren.

Möglichkeit katastrophaler Großunfälle in La Hague

Die Aufstellung der Pannen und Unfälle in La Hague zeigt, daß diese Anlage nach wie vor von dauernden Sicherheitsproblemen geplagt wird. Sie zeigt auch, daß es – glücklicherweise – zu einer Katastrophe wie in Tschernobyl bisher noch nicht gekommen ist. Sie gibt weiterhin aber auch Hinweise darauf, daß solche Katastrophen möglich sind.

Die vielen Unfallmöglichkeiten in der bei Wackersdorf geplanten Anlage wurden bereits in RESTRISIKO Nr. 3/4 dargestellt. Die dort in Teil II diskutierten Risikofaktoren gelten grundsätzlich auch für La Hague. Das in Teil IV beschriebene spezielle Unfallszenario eines Brandes in einer FEMO-Großzelle ist allerdings genau in dieser Form nicht auf La Hague übertragbar, weil dort – nach den uns vorliegenden Informationen – die einzelnen Tanks und Geräte im Herzstück der Wiederaufarbeitungsanlage nicht in einer riesigen Halle, sondern in mehreren kleineren Zellen aufgestellt sind.

Wir wollen hier kurz ein anderes Beispiel näher betrachten. Das Risiko eines Ausfalles der Kühlung bei der Lagerung radioaktiver Stoffe hat in La Hague besondere Bedeutung. 10.000 Tonnen abgebrannter Brennelemente können in den riesigen Lagerbecken untergebracht werden. Von diesen Becken muß über ein kompliziertes System von Kühlkreisläufen und Wärmetauschern andauernd die Wärme abgeführt werden, die durch den Zerfall radioaktiver Stoffe im Brennstoff entsteht. Fällt diese Kühlung für einen längeren Zeitraum aus – etwa durch eine Unterbrechung der gesamten Stromversorgung –, dann verkocht im Laufe von wenigen Tagen das Beckenwasser. Der Brennstoff wird freigelegt; seine Temperatur nimmt zu. Sobald die Brennstabhüllen etwa 1000° Celsius erreicht haben, beginnt eine heftige chemische Reaktion der Legierung Zirkaloy mit dem Wasserdampf. Die Hüllen heizen sich immer schneller auf, Wasserstoff bildet sich. Eine Wasserstoffexplosion, die das Gebäude schwer beschädigt, ist zu befürchten. Durch die hohen Temperaturen kommt es dann zu katastrophalen Freisetzungen vor allem von Cäsium-Isotopen sowie von Ruthenium-106 in die Atmosphäre.

Ähnlich sind die Probleme bei der Lagerung von flüssigem hochaktivem Abfall, für die zur Zeit in La Hague Tanks mit insgesamt rund 3.000 Kubikmeter Fassungsvermögen stehen. Große Freisetzungen aus diesen Tanks können sogar schon nach kürzeren Zeiträumen auftreten – etwa drei bis zwölf Stunden nachdem die Kühlung ausfällt (bei Abfällen mit einer Gesamtkühlzeit von maximal etwa drei Jahren). Die freigesetzten Mengen sind in diesem Falle geringer als bei einem Unfall im Brennelement-Lager.

Grundsätzlich steht bei einem Kühlausfall mehr Zeit zur Verfügung, um Gegenmaßnahmen einzuleiten. Dennoch können Situationen eintreten, bei denen über Stunden und Tage kein Eingreifen möglich ist. Der Zutritt zu den kritischen Anlageteilen kann wegen kleineren, internen radioaktiven Freisetzungen unmöglich oder sehr schwierig werden. Unruhen, Krisensituationen, Naturkatastrophen oder ähnliches können dazu führen, daß Elektrizität oder Brennstoffe für die Notstromgeneratoren über längere Zeit nicht zur Verfügung stehen

oder daß das Anlagenpersonal die Anlage verläßt und nicht mehr überwacht. Alle diese Probleme wurden 1979 im Bericht einer internationalen Expertenkommission („Gorleben International Review“) im Auftrag der Niedersächsischen Landesregierung für das damals geplante „Entsorgungszentrum Gorleben“ ausführlich diskutiert und als schwerwiegend erachtet /32/.

Der gleiche Bericht beschreibt auch die Folgen eines solchen Unfalles für das Brennelemente-Eingangslager der Wiederaufarbeitungsanlage Gorleben. Dieses Lager sollte – wie in La Hague – aus wassergefüllten Becken bestehen, bei denen andauernde Kühlung erforderlich ist. Das Fassungsvermögen im Gorleben-Konzept lag bei 3.000 Tonnen Brennstoff, also noch erheblich unter der Kapazität von La Hague.

Wir geben in Abbildung 10 eine der Graphiken aus dem Bericht der Gorleben International Review in veränderter Form wieder. Sie zeigte ursprünglich den Bereich, der nach einem Unfall in den Lagerbecken von Gorleben so schwer durch den Niederschlag von Cäsium-137 verseucht wird, daß die dort lebenden Menschen durch Strahlung vom Boden in 30 Jahren eine Dosis von 100 Millisievert und mehr abbekommen, also mehr als das Dreifache der natürlichen Strahlenbelastung. Wir haben diesen

Abbildung 10:

Folgen eines Unfalls im Brennelementlagerbecken

Übernommen aus dem Bericht der „Gorleben International Review“, auf den Standort La Hague übertragen



Ein Beispiel für den Bodenkontaminationsumriß (100 Millisievert Dosis in 30 Jahren), $1,1 \times 10^{19}$ Becquerel Cäsium-137 werden in die Atmosphäre freigesetzt (der schlimmste Fall von Freisetzungen für Lagerbecken).

Typische meteorologische Bedingungen: 5 m/sec Windgeschwindigkeit, Stabilitätsklasse D, 0,01 m/sec Ablagerungsgeschwindigkeit, Dicke der Mischschicht = 1000 m, anfängliche Steighöhe der Wolke = 300 m.

Bereich auf den Standort La Hague als Ursprung übertragen und die vorherrschende Windrichtung in Nordost berücksichtigt. Das stark kontaminierte Gebiet reicht etwa bis zur sowjetischen Grenze. Die Benelux-Länder, beide deutsche Staaten, Dänemark und Schweden sind in diesem Beispiel schwer betroffen.

Es steht außer Zweifel, daß derartige Unfälle nicht mit letzter Sicherheit auszuschließen sind. Freilich läßt sich lange über ihre Wahrscheinlichkeit streiten. Befürworter der Atomtechnologie argumentieren, daß diese Wahrscheinlichkeit zwar rein theoretisch größer als Null ist. Sie sei aber derart gering, daß sie praktisch vernachlässigt werden könnte. Kritiker halten dem entgegen, daß eine belastbare Wahrscheinlichkeitsabschätzung allein schon wegen des unkalkulierbaren Einflusses gesellschaftlicher Verhältnisse auf die Anlage nicht möglich ist. Wir können diese Kontroverse hier nicht mit mathematischer Sicherheit klären.

Allen, die sich mit dieser Frage beschäftigen, sollte es aber zu denken geben, was ein prominenter Befürworter der Atomenergie, der niedersächsische Ministerpräsident Albrecht, unter dem Eindruck der Diskussion des Berichtes der Gorleben International Review auf den Gorleben-Hearings in Hannover am 16. Mai 1979 in seiner Regierungserklärung feststellte:

„Ein besonderes Gefahrenpotential sieht die Landesregierung in den Lagern, in denen über 95 % des radioaktiven Inventars der Anlage gespeichert sind. Dieses radioaktive Potential ist so gewaltig, daß es durch keinen Störfall freisetzbar sein darf.

Die Landesregierung ist nicht bereit, das Konzept der DWK (für das Entsorgungszentrum Gorleben) in seiner jetzigen Fassung zu genehmigen. Sie besteht darauf, daß

- das Eingangslager für abgebrannte Brennelemente inhärent sicher gemacht wird, so daß die Kühlung nicht vom Funktionieren technischer Apparaturen oder menschlicher Zuverlässigkeit abhängt;
- hochradioaktive Abfälle in flüssiger Form im Normalbetrieb nicht gelagert werden und eventuelle Puffertanks inhärent sicher gemacht werden.“

Dies ist ein sehr eindeutiger Beleg dafür, daß Ministerpräsident Albrecht, der ja im übrigen die Wiederaufarbeitungstechnologie für beherrschbar ansah, Unfallszenarien wie das hier beschriebene sehr ernst nahm und nicht bereit war, sie mit Hinweis auf eine (behauptete) geringe Wahrscheinlichkeit vom Tisch zu wischen. Dies führte letztlich auch dazu, daß in der Bundesrepublik andere Lagerkonzepte verfolgt wurden.

Jetzt scheinen die Risiken, die vor gar nicht langer Zeit noch so ernst genommen wurden, auf einmal uninteressant zu sein, nachdem das Problem über die Grenzen verschoben werden soll. Für die „Entsorgungsnachweise“ der bundesdeutschen Atomkraftwerke spielt es offenbar keine Rolle, was in La Hague alles schon geschehen ist und was dort noch geschehen kann.

Radioaktive Abfälle

Mengen und Misere

Wiederaufarbeitung vervielfacht die Abfallmenge. Dies trifft natürlich auch auf La Hague zu. In Abbildung 11 ist zusammengestellt, welche Haupt-Abfallströme bei der Wiederaufarbeitung entstehen, wie sie behandelt werden bzw. behandelt werden sollen und wie groß die Mengen sind, die aus einer Tonne Kernbrennstoff hervorgehen /33/. Es ist auch klar ersichtlich, daß die Verfahren zur Abfallbehandlung gerade bei den wichtigsten Abfallströmen in La Hague noch nicht bzw. erst in geringem Umfang praktiziert werden. Bis 6. Dezember 1989 wurden gerade etwa 60 Kubikmeter flüssige hochaktive Abfalllösung verglast. Die unbehandelten hochaktiven Spaltproduktlösungen, die ebenfalls wärmeentwickelnde Hüllen und Strukturmaterialien, die Schlämme aus der Abwasserbehandlung und andere Prozeßabfälle enthalten rund 99,9 Prozent der gesamten Radioaktivität, die in den Abfallströmen landen. Der Rest entfällt auf die technologischen Abfälle, die als einzige in La Hague bisher bereits in großen Mengen konditioniert wurden.

Es kann nicht überraschen, daß die Abfallager in La Hague ziemlich voll sind. Abbildung 12 gibt einen Überblick über die in La Hague bisher angefallenen Mengen an unbehandelten radioaktiven Abfällen. Dabei handelt es sich um eigene

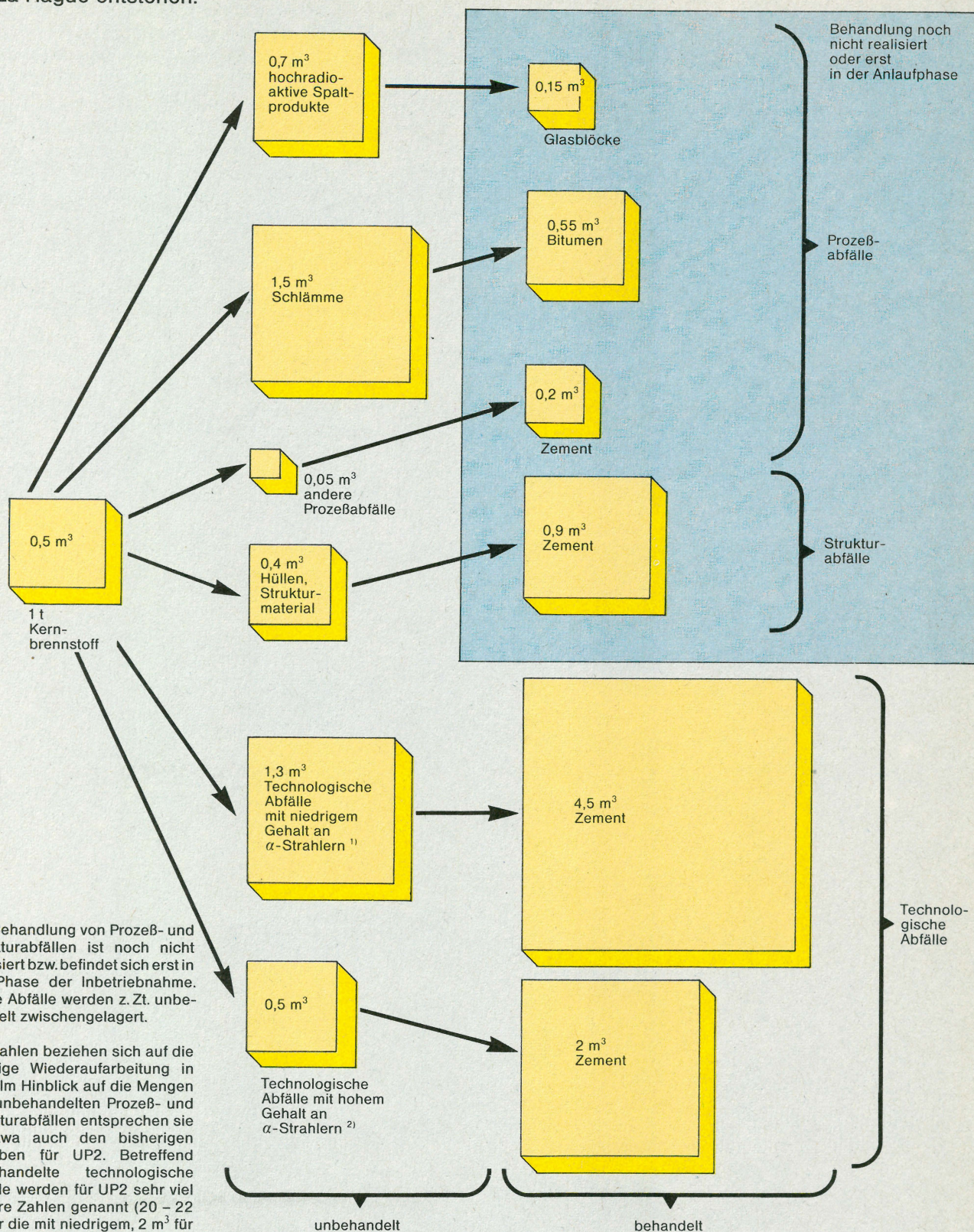
Abschätzungen, basierend auf /33/. Für die hochaktiven, flüssigen Abfälle wurde von COGEMA im Dezember 1989 lediglich die Menge von 1.200 Kubikmeter angegeben /6b/. Dies steht im Widerspruch zu den offiziellen Mengenangaben, die pro Tonne bei der Wiederaufarbeitung entstehen. Dieser Widerspruch konnte bisher nicht geklärt werden. Die Summe – mehr als 16.000 Kubikmeter – ist größer als die Menge an unbehandelten radioaktiven Abfällen, die Ende 1988 in sämtlichen kern-technischen Anlagen der Bundesrepublik zusammenge- nommen lagerte (11.700 m³). Hier darf man aber nicht den Schluß ziehen, daß in der Bundesrepublik gewissenhafter vorgegangen würde und die Abfallbehandlung besser im Griff sei. Zu der Gesamtmenge von über 16.000 Kubikmeter in La Hague hat nämlich die Bundesrepublik in der Vergangenheit schon kräftig beigetragen – rund ein Viertel stammt aus der Aufarbeitung von deutschem Brennstoff, und bei der „heißesten“ und gefährlichsten Abfallform, den flüssigen hochaktiven Abfällen, liegt der bundesdeutsche Anteil sogar bei rund 37,5 Prozent.

Als Beispiel für die Zusammensetzung der Abfälle, wie sie – falls die Behandlung planmäßig funktioniert – auch in die Bundesrepublik Deutschland zurückgeliefert werden sollen, ist in Tabelle 2 das radioaktive Inventar eines Containers mit hochaktivem Abfall nach der Verglasung angegeben /34/. Dabei fällt auf, daß – auch nach den offiziellen Angaben der COGEMA, auf denen diese Darstellung beruht – beträchtliche Plutonium-



Abbildung 11:

Mengen radioaktiver Abfälle, die bei der Aufarbeitung von 1 Tonne abgebranntem LWR-Verbrennstoff in La Hague entstehen.



Mengen im Abfall enden. Ein Zwischenlager mit mehreren Tausend solcher Glascontainer würde Plutonium in der Größenordnung von einigen 100 Kilogramm enthalten. Hochgerechnet auf sämtliche Abfallströme – wobei wir annehmen, daß sich das Plutonium auf diese ähnlich verteilt, wie für Wackersdorf angegeben /17/ – folgt aus diesen Angaben, daß rund 2,5 Prozent des in der Anlage durchgesetzten Plutoniums in den Abfall gelangen und damit letztlich endgelagert werden. Es gibt Hinweise dafür, daß die realen Plutoniumverluste noch erheblich höher liegen. Für den Zeitraum bis 1976 gibt die Gewerkschaft CFDT Werte von über 3,4 Prozent an /35/. Meldungen über noch höhere Zahlen erscheinen uns plausibel, konnten bei unseren Recherchen bisher aber nicht endgültig bestätigt werden.

Kernkraftwerksbetreiber weisen gerne darauf hin, daß bei einem Verzicht auf die Wiederaufarbeitung und die direkte Endlagerung des abgebrannten Kernbrennstoffes ja schließlich noch sehr viel größere Plutoniummengen endgelagert werden müßten. Die Diskussion über Plutoniumverluste bei der Wiederaufarbeitung sei deshalb „konstruiert“ /36/. Dieser Hinweis ist nicht plausibel: Eines der Hauptargumente, mit denen die Wiederaufarbeitung von Anfang an der Öffentlichkeit „verkauft“ werden sollte, war und ist, daß durch sie vermieden werde, Plutonium in größeren Mengen ins Endlager zu bringen. Daher ist es notwendig, diesem Argument auf den Zahn zu fühlen und zu zeigen, daß es nur sehr eingeschränkte Gültigkeit besitzt.

Man darf auch nicht vergessen, daß Plutonium nicht beliebig oft wiederaufgearbeitet und neu genützt werden kann. Nach neuesten französischen Angaben ist dies nur ein- bis dreimal möglich /2/. Dann muß in jedem Falle Plutonium ins Endlager. Das ist, wenn es vorher schon durch die Wiederaufarbeitung gelaufen ist, verunreinigt und besonders hochgiftig.

Für die Gefährlichkeit der radioaktiven Abfälle über sehr lange Zeiträume ist im übrigen nicht Plutonium, sondern vor allem Neptunium-237 (Halbwertszeit: 2,1 Millionen Jahre) ausschlaggebend. 1982 hatte eine von der französischen Regierung eingesetzte Wissenschaftlerkommission unter dem Vorsitz von Professor Raymond Castaing empfohlen, Verfahren zu entwickeln, mit denen das Neptunium-237 sowie auch Americium-241 (das mit einer Halbwertszeit von 432,6 Jahren in Np-237 zerfällt) aus

den Abfallströmen abgetrennt werden könnten. Diese Stoffe sollten dann beispielsweise durch Bestrahlung mit Neutronen in andere, weniger schädliche umgewandelt werden /37/. Wie allein die großen Americium- und Neptuniummengen zeigen, die der hochaktive Abfall gemäß Tabelle 2 enthält, hat diese Empfehlung noch keine praktischen Konsequenzen gehabt.

Tabelle 2:

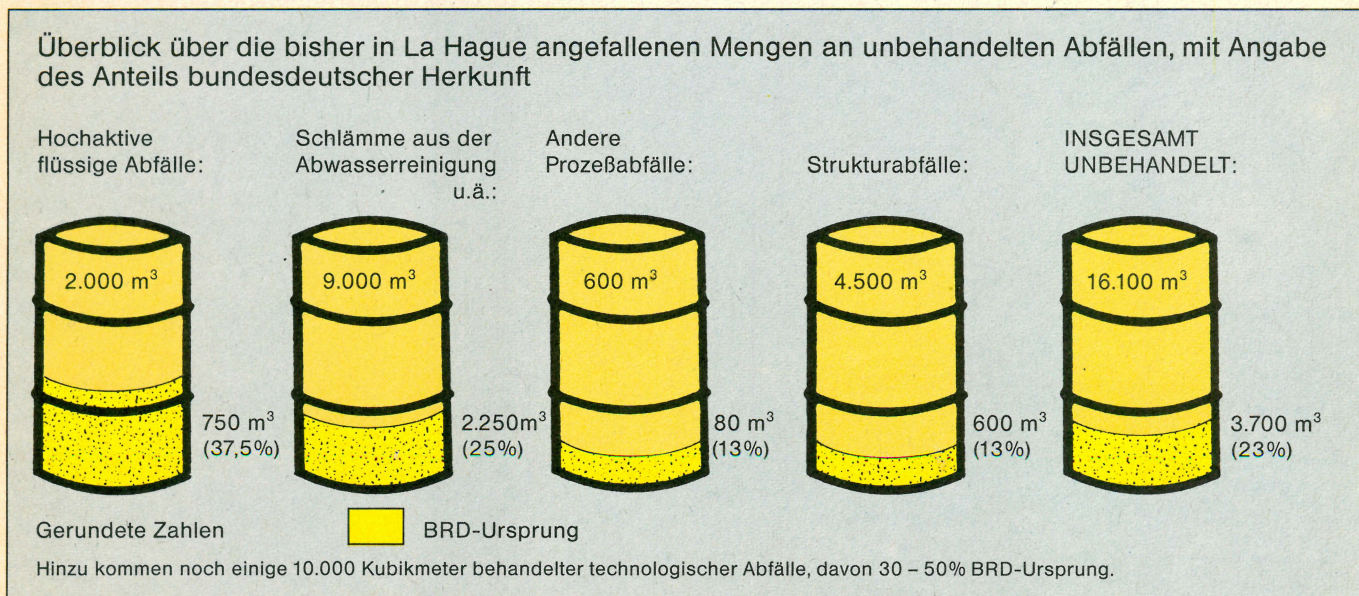
Radioaktives Inventar der verglasten hochaktiven Abfälle		
	Bq/Container	Gramm/Container
<u>Spaltprodukte:</u>		
Ruthenium und Rhodium	3,2E15	3.600
Cäsium und Barium	1,1E16	7.070
Strontium und Yttrium	6,7E15	1.760
Andere	6,9E15	27.100
<u>Aktiniden:</u>		
Americium	4,0E13	443
Curium	1,0E14	34
Neptunium	1,6E10	590
Plutonium	1,2E12	80

Ein Container (Stahlzylinder) enthält etwa 150 Liter Glas. Das entspricht dem hochaktiven Abfall aus der Wiederaufarbeitung von etwa 1,4 Tonnen Brennstoff.

Abfallagerung im „Centre de la Manche“

Unmittelbar neben dem Gelände der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague befindet sich eines der größten Abfallager Europas. Dieses Lager, das Centre de la Manche, betreibt die französische Endlagerbehörde ANDRA (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs). Es nimmt Abfälle der Kategorie A (siehe Kasten 1) zur Endlagerung auf. Auch ein

Abbildung 12:



großer Teil der in Zement eingegossenen technischen Abfälle aus La Hague werden dort sozusagen gleich vor der Haustür gelagert. Das Lager ist beinahe voll – die Gesamtkapazität von rund 400.000 Kubikmeter wird in zwei Jahren erschöpft sein. 1991 soll ein neues Lager für Abfälle der Kategorie A im Département l'Aube, etwa 100 Kilometer südwestlich von Nancy, in Betrieb gehen.

Das Centre de la Manche ist kein Bergwerk, sondern die Endlagerung erfolgt dort mit der Technik des „oberflächennahen Vergrabens“: Dabei werden die Abfälle in Stahlbeton-Caissons im Boden gestapelt. Ist ein Caisson voll, wird er mit Beton vergossen. Obenauf werden dann weitere Abfälle gestapelt, die schließlich mit einer Ton- und Humusschicht bedeckt und begrünt werden /38/.



Mit der „Sirius“ blockierte Greenpeace 1983 die Anlieferung von abgebrannten Brennelementen aus Japan im französischen Hafen Cherbourg. Ein Techniker der Küstenwacht durchtrennt mit einem Schweißbrenner die Ankerkette der „Sirius“, die anschließend abgeschleppt wird.
Quelle: Greenpeace/Gleizes

Ökonomischer Unsinn

„Angesichts ihrer sehr hohen Kosten wird die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente sehr wahrscheinlich ihre ursprüngliche militärische Bestimmung behalten, ohne Aussicht auf eine kommerzielle Nutzung.“

Jean-Louis Fensch, Ingenieur beim französischen Commissariat à l'Energie Atomique, im Oktober 1982

Heute sieht es so aus, als sollte er auf lange Sicht recht behalten. Jean-Louis Fensch ist seit seinem ungeheuerlichen 300-Seiten-Verriß der Wiederaufarbeitung und der Brutreaktoren im Jahre 1982 auf Eis gelegt, „mis au placard“, in den Schrank gestellt, wie die Franzosen sagen. Nach wie vor ist er Ingenieur beim Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), nur darf er zum Thema nichts mehr sagen, geschweige denn arbeiten. Sein Bericht enthält die wohl beißendste bekanntgewordene französische Kritik der Plutoniumwirtschaft. Er wurde damals geordnet von der einzigen jemals in Frankreich existierenden Arbeitsgruppe zum Thema nukleare Entsorgung, an der auch Gewerkschafter und (vorsichtige) Kritiker teilhaben durften, der Castaing Kommission (benannt nach ihrem Vorsitzenden Raimond Castaing). Fensch ist weit davon entfernt, ein Atomenergiegegner zu sein. Doch vielleicht gerade deshalb ist sein Werk nicht einmal in den Anhang des Kommissionsberichts gelangt. Sein Fazit: Die langfristige Zwischenlagerung mit anschließender direkter Endlagerung ist „unendlich viel billiger“ als die Option Wiederaufarbeitung. Die Plutoniumrückführung in LWR oder Brüter wird zu „ökonomischem Unsinn“ deklassiert. Fensch weiß auch Rat: „Obwohl das eine fundamentale Reform der heutigen offiziellen Thesen erfordern würde (...), könnte Frankreich Dienstleistungen im Bereich Zwischen- und Endlagerung abgebrannter Brennelemente anbieten, ein Sektor der Zukunft mit beträchtlichem Markt“. Anders ausgedrückt, „die Wiederaufarbeitungsverträge in Lagerverträge umwandeln“.

„Wenn sich die Wiederaufarbeitung wirklich als zu teuer erweisen sollte, dann wird es keine Brutreaktoren geben“ /1/. Remy Carle, Schlüsselfigur der französischen Atomindustrie, hat ebenfalls 1980 schon klar ausgedrückt, worum es geht: Ohne Wiederaufarbeitung unter wirtschaftlich vertretbaren Kosten gibt es keine Schnellen Brüter. Wir wissen heute, daß der Brüter industriepolitisch bereits tot ist. Daran ändern auch die laufenden Demonstrationsreaktoren in Frankreich, Phénix und Superphénix, und in England, Dounreay, nichts. Doch in dem Satz des heutigen stellvertretenden EdF-Generaldirektors steckt mehr. Sollte die Wiederaufarbeitung „zu teuer“ werden, dann wird auch sie selbst verschwinden. Die Strombarone der bundesdeutschen EVUs und der französischen EdF sind auf dem besten Weg, der Wiederaufarbeitung den Garaus zu machen. Freilich hinken sie Jean-Louis Fensch und vor allem den Atomkritikern einmal mehr hinterher. Remy Carle heute /2/: „In Frankreich setzt sich die Idee langsam durch, man könnte nicht wiederaufarbeiten, außer wenn die Kosten viel niedriger sind. Die COGEMA behauptet, daß die Preise gesenkt werden können, und daß man deshalb keine anderen Lösungen zu studieren braucht. Man müßte sich Zeit lassen, einige Dutzend Jahre, bevor man wiederaufarbeitet, und vielleicht die Brennelemente ‚vergraben‘ und wieder rausholen, wenn man Schnelle Brüter hat. Man bräuchte eine Zwischenlagerung. Die Entscheidung wird 1992 fallen müssen.“ Remy Carle und Jean-Louis Fensch sind heute einander näher denn je.

Blick in die Geschichte

Die Wiederaufarbeitung hat in Frankreich, wie in allen Atomwaffenstaaten, ihre Wurzeln in der militärischen Atomforschung. Bertrand Goldschmidt, als am Manhattan Project beteiligter Chemiker und Experte der Plutoniumabtrennung, nutzte im November 1949 seine Erfahrungen aus der Bombenforschung, um die ersten Milligramm französischen Plutoniums zu gewinnen. Frankreich entschied sich von Beginn an, den Weg zur Bombe über Natururanreaktoren und Wiederaufarbeitung zu gehen und die Urananreicherung zunächst zu vernachlässigen. Bertrand Goldschmidt später /3/: „Weder (die notwendige Menge) Uran noch die notwendigen Kenntnisse noch vor allem die finanziellen und industriellen Mittel waren vorhanden, um beide Wege zur Herstellung konzentrierter Spaltstoffe gleichzeitig zu gehen.“ Am 24. Juli 1952 wurde schließlich der erste atomare Fünfjahresplan offiziell vom französischen Parlament verabschiedet. Ein Änderungsantrag der kommunistischen Fraktion wurde mit großer Mehrheit abgelehnt: er forderte eine Regierungsgarantie, daß das produzierte Plutonium nie zum Bombenbau benutzt werden würde. Der Plan sah den Bau von drei Gas-Graphit-Reaktoren (G1, G2 und G3) und einer entsprechenden Wiederaufarbeitungsanlage in Marcoule vor. Am 7. Januar 1956 ging G1 bereits in Betrieb, G2 und G3 folgten 1959 und 1960. Die erste französische Wiederaufarbeitungsanlage oder „Plutoniumfabrik“ UP1 produzierte ab 1958. Mit Erfolg: am 13. Februar 1960 explodierte die erste französische Atombombe in Reggane, mitten in der algerischen Sahara.

Die UP1 in Marcoule

Die UP1-Anlage in Marcoule war zunächst nur für die militärische Wiederaufarbeitung der Produktionsreaktoren in Marcoule vorgesehen. Außer den drei G-Reaktoren wurde dort später auch der Brennstoff anderer Gas-Graphit-Reaktoren wiederaufgearbeitet. Seit Anfang 1987, zwei Jahre später als vorgesehen, findet die Wiederaufarbeitung des gesamten Brennstoffs der Gas-Graphit-Reaktoren in Marcoule statt. Besondere Schwierigkeiten bereiten die speziellen (ringförmigen) Brennelemente aus Bugey-1. Für deren Demontage im Eingangslager der UP1 mußten spezielle Vorkehrungen getroffen werden.

Die Kapazität der Anlage wird mit 800 bis 1.000 Tonnen pro Jahr angegeben. Ende 1987 ging ein neuer Eingangsbereich in der 30 Jahre alten Anlage in Betrieb. Bis zum 1. Juni 1987 wurden in Marcoule 3.153 Tonnen Brennstoff aus den EdF-Gas-Graphit-Reaktoren und Vandellós aufgearbeitet. Darüberhinaus wird dort der Brutmantel des Superphénix-Vorläufers Phénix sowie zumindest ein Teil des Brennstoffs der militärischen Tritiumproduktionsreaktoren Céléstin-1 und -2 aufgearbeitet. Der Brutmantel des Phénix wird ab Frühjahr 1990 der einzige Lieferant für militärisches Plutonium in Frankreich sein, wenn man von den zwei Céléstin-Reaktoren einmal absieht, die im wesentlichen zur Tritiumherstellung dienen. Dann wird nämlich nach G1, G2, G3 und Chinon-A1 auch der letzte, speziell ausgerüstete Gas-Graphit-Reaktor, Chinon-A3, definitiv außer Betrieb gehen. Es gibt einen anderen Ausweg für die französischen Militärs: man entscheidet sich für die vielseitig befürchtete Militarisierung des unter bundesdeutscher Beteiligung gebauten und betriebenen Brüters Superphénix in Malville. Der Brutmantel enthält, wie jener des Präzedenzfalls Phénix, erstklassiges militärisches Plutonium (97 % Pu-239), das ebenfalls in

Marcoule abgetrennt werden könnte. Marcoulé ist das wichtigste historische Zentrum der französischen Atombombenambitionen.

Die bisher in Marcoule wiederaufgearbeiteten Brennstoffmengen sind in Tabelle 3 zusammengestellt /4,7/.

Die UP2 in La Hague

Die UP2-Anlage in La Hague ging 1966 in Betrieb. Finanziert zu jeweils 50 Prozent aus dem zivilen und dem militärischen Budget des CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), sollte sie zur Wiederaufarbeitung der Brennstoffe der GGR französischer Konzeption dienen. Ende der 60er Jahre wurde diese Linie aber zu Gunsten der LWR aufgegeben. Von da ab, bis 1984, wurden in Frankreich Druckwasserreaktoren unter Westinghouse-Lizenz gebaut. Die UP2 in La Hague arbeitete also zwischen 1966 und 1976 nur Brennstoff aus den französischen GGR und dem spanischen Vandellos auf. Die Nominalkapazität der Anlage wurde ursprünglich mit 800 Jahrestonnen angegeben. 1976 ging das LWR-Head-End HAO (Haute Activité Oxides) in Betrieb. Parallel wurde die COGEMA als 100prozentige CEA-Tochter gegründet. Sie bekam die UP2, quasi als Geburtstagsgeschenk, gratis überschrieben. Die ersten Jahre der Umstellung von GGR-Brennstoff mit sehr niedrigem Abbrand auf LWR-Brennstoff mit fünffachem Abbrand brachten katastrophale Ergebnisse. Auch die Arbeitsbedingungen verschlechterten sich drastisch. Die Privatisierung der Anlage brachte mit sich, daß ein Teil der aktivsten Gewerkschafter der sozialistischen CFDT La Hague verließ. Sie fürchteten um ihren Arbeitsplatz und sahen sich besser geschätzt, wenn sie im Rahmen des CEA an anderer Stelle arbeiteten. Es hatte 1976 bis 1977 Streiks gegeben, die die Direktion zwingen sollten, einen Großteil der Leiharbeiter von Fremdfirmen, die besonders hohen Strahlendosen ausgesetzt waren, in die COGEMA zu übernehmen. Die CFDT, keine Kernkraftgegnerin, ließ keinen Zweifel an ihrer Kritik der Brüter- und Wiederaufarbeitungsprogramme. Die konkurrierende Gewerkschaft FO (Force Ouvrière, eine Abspaltung der kommunistischen CGT) schlug erfolgreich Kapital aus der CFDT-Position, indem sie die CFDT als Arbeitsplatzvernichterin

Tabelle 3:

Wiederaufarbeitung in Marcoule 1960–1988 (in Tonnen Schwermetall)		
	Exklusiv militärisch G2 und G3	EDF-Reaktoren und Vandellos
1960	130	
1961	320	
1962	620	
1963	640	
1964	760	
1965	850	40
1966	820	49
1967	960	
1968	730	
1969	890	
1970	530	
1971	570	1
1972	460	2
1973	480	3
1974	240	111 (+2 versch.)
1975	280	(+8 versch.)
1976	260	21 (+4 versch.)
1977	170	120
1978	?	245
1979	?	280
1980	?	263 (+4,7 Brüter)
1981	?	208,6
1982		300
1983		ca. 125
1984		ca. 315
1985		436
1986		ca. 387
1987		?
1988		327



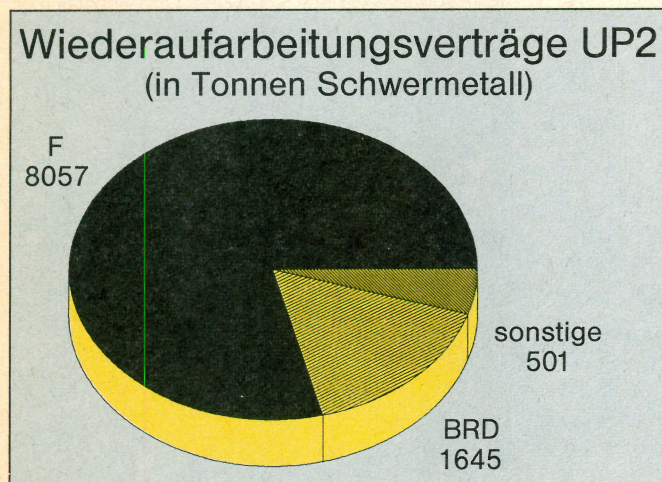
Die Wiederaufarbeitung geht uns alle an. Für die Oberpfälzer Bürgerinitiativen geht auch nach Wackersdorf der Kampf weiter: „Internationaler Widerstand gegen die Nuklearisten“ ist angesagt.
Quelle: TAZ/Rosenkranz

hinstellte. Die CFDT verlor schlagartig ihre Mehrheit in La Hague, die Arbeitskämpfe versandeten. 1981 wurde die CFDT, diesmal auf nationaler Ebene, ein zweites Mal „enthauptet“. Die durch die neue sozialistische Regierung gegründete staatliche Behörde für rationelle Energienutzung und erneuerbare Energiequellen (AFME) entzog der CFDT ihre besten Köpfe im Energiebereich. Fest davon überzeugt, auf anderem Gebiet einen großen Schritt in Richtung neuer Energiepolitik zu marschieren, ließ die AFME-Direktion, fast ausschließlich ehemalige CFDT-Funktionäre, von der Atomkritik ab. Auch die gesamte Bewegung gegen Atomenergie war damit einer hilfreichen, unersetzbaren nationalen Struktur beraubt, die in den Folgejahren nie ersetzt werden konnte.

Die ersten aufgearbeiteten LWR-Brennelemente stammten bereits aus dem Ausland (Schweiz, BRD). Die ersten Verträge waren schon 1971 ausgehandelt worden, fünf Jahre bevor die Anlage für LWR-Brennstoff umgebaut war. Erst 1980 konnten mehr als 100 Tonnen LWR-Brennstoff aufgearbeitet werden. Die „Nominalkapazität“ wurde von 800 auf 400 Jahrestonnen LWR-Brennstoff zurückgesetzt. 1978 wurde außerdem zum ersten Mal Brüterbrennstoff (2,2 t aus den Versuchsreaktoren Rapsodie und Phénix) in Verdünnung mit GGR-Brennstoff aufgearbeitet (diese Verdünnung ist erforderlich, weil Brüterbrennstoff sehr hohe Abbrände aufweist). Die Wiederaufarbeitung von GGR-Brennstoff in La Hague endete im Januar 1987. In den 21 Jahren hat die UP2 4.894 Tonnen dieses Brennstofftyps durchgesetzt. Seitdem werden alle GGR-Brennelemente in der UP1 in Marcoule aufgearbeitet.

Eine Übersicht über die in UP2 bisher wiederaufgearbeiteten Brennstoffmengen aus GGR und LWR ist in Abbildung 3, Seite 9, zusammengestellt. Abbildung 13 gibt einen Überblick über die Wiederaufarbeitungsverträge für die UP2.

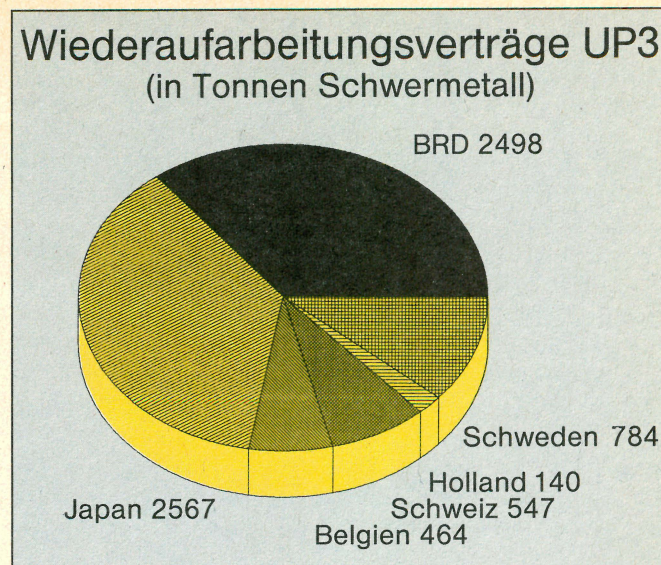
Abbildung 13:



Die UP2-800 und die UP3 in La Hague

Es war der erste Knüller des frischgewählten François Mitterrand: am 12. Mai 1981, zwei Tage nach seiner Wahl, erhielt die COGEMA die Genehmigung zum Bau von zwei Wiederaufarbeitungsanlagen in La Hague, der Erweiterung der UP2 von 400 auf 800 Jahrestonnen und der UP3, ebenfalls mit einer Nominalkapazität von 800 Jahrestonnen. Dies, obwohl Mitterrand eine öffentliche Auseinandersetzung um die zukünftige Energiepolitik des Landes angekündigt hatte. Die Anti-AKW-Bewegung, die zumindest zu einem großen Teil die Wahl Mitterrands im zweiten Wahlgang mitgetragen hatte, empfand diese Genehmigung als einen Schlag ins Gesicht.

Abbildung 14:



Das Finanzierungsmodell der UP3 ist ein genialer Schachzug der COGEMA-Strategen gewesen. Auf der Basis von „cost plus fee“, also Kosten plus Dienstleistungsentlohnung, hat sich ein Konglomerat ausländischer EVUs verpflichtet, nicht nur Bau und Betrieb der Anlage zu 100 Prozent zu finanzieren, sondern darüberhinaus einen vereinbarten Preis pro aufgearbeiteter Tonne zu zahlen. COGEMA's Risiko schien praktisch gleich Null. Heute sind die Baukosten derartig explodiert, daß „die Kunden nicht mehr alle Mehrkosten zahlen wollen“ und „deshalb COGEMA einen Großteil der Mehrkosten zahlen muß“, wie aus einem internen Industriepapier hervorgeht /5/. Die offiziell zugegebene Verzögerung beim Bau der UP3 liegt bei neun Monaten, hat aber in der Realität schon drei Jahre erreicht. Ende 1989 sind die aktiven Tests angelaufen. Allerdings werden sie nicht mit den UP3-Auflösern, die wegen Materialfehlern neu gebaut werden müssen, durchgeführt, sondern mit dem Konzentrat aus dem Auflöser der UP2-Anlage. Eine etwa 700 Meter lange Leitung leitet die hochaktive Flüssigkeit von einer Anlage zur anderen. Sicherheitstechnisch ein sehr fragwürdiges Unterfangen.

Mitte 1990 soll die Anlage schließlich ihren Betrieb aufnehmen. Bis Ende des Jahrhunderts ist die UP3 für die Aufarbeitung des ausländischen Brennstoffs ausgebucht. Was darüberhinaus geschieht, ist nach wie vor ungewiß. Zur Zeit (Ende November 1989) scheint die von dem verstorbenen VEBA-Chef Benningsen-Foerder geplante bundesdeutsche Beteiligung in einer Höhe von 49 Prozent an einem mit COGEMA zu gründenden Unternehmen kompromittiert. Die bundesdeutschen EVUs bekommen die geplanten 400 bis 600 Jahrestonnen nicht mehr zusammen. „Jetzt wollen die deutschen EVUs weniger pro Jahr wiederaufarbeiten, für weniger Jahre und den Zeitraum verlängern, in dem sie die Verträge ohne ‚Strafe‘ kündigen können“, erklärte ein anonymes bundesdeutsches „Wiederaufarbeitungsamt“ Mitte Oktober 1989 /6/.

Die Zukunft der UP3, über das Jahr 2000 hinaus, steht in den Sternen, denn EdF alleine könnte die Anlage nicht auslasten. Die für UP3 abgeschlossenen Wiederaufarbeitungsverträge sind in Abbildung 14 zusammengestellt.

Die UP2-800 ist die Erweiterung bzw. der Umbau der 400 Tonnen Altanlage. Der Bau wird im Prinzip über einen Wiederauf-

arbeitsvertrag der EdF finanziert. EdF zahlt bei Anlieferung der abgebrannten Brennelemente einen Teil des geschätzten Wiederaufarbeitungspreises, mindestens 25 Prozent. Doch die Basis ist ebenfalls „cost plus fee“, d.h. angesichts der enorm gestiegenen Baukosten ist die Wiederaufarbeitung auch für EdF ein teures Unternehmen. Nach dem aktuellen Vertrag soll EdF zwischen 7.000 und 8.000 Francs pro Kilo zahlen /7/. Doch EdF hat gegenüber den ausländischen Kunden einen gewaltigen Vorteil: EdF kann jedes Jahr die jeweils aufzuarbeitende Menge bestimmen. Mit dem Ergebnis, daß EdF bis 3. November 1989 lediglich mit rund 27 Prozent in der Aufarbeitungsbilanz steht.

Kostendeckend baut COGEMA auch an der UP2-800 nicht mehr. In dem bereits oben erwähnten Industriepapier heißt es in eingerahmten Großbuchstaben: „Das Ausufern der Kosten der UP2-800 in wenigen Monaten ist für COGEMA dramatisch und unerträglich.“ Man müsse Einsparquellen finden, auch durch eine „abgemagerte technische Version“, diktiert die neue Projektleitung. Das läßt Böses ahnen, was die zukünftigen Sicherheitsvorkehrungen in der Anlage betrifft. Vorerst wurde der Bau erst einmal „gebremst“ /8/. Offiziell soll die Anlage immer noch 1991 in Betrieb gehen. Dies ist heute unwahrscheinlicher denn je. Gerade auch deshalb, weil EdF für die Wiederaufarbeitung alle Begeisterung verloren hat.

Die Wiederverwendung von Plutonium – eine Sackgasse

Brüterwiederaufarbeitung in Frankreich

Neben der Wiederaufarbeitung von Phénix- und Rapsodie-Brennstoff mit GGR-Brennstoff in der UP2-Anlage ist auch in einem AT1 (Atelier de Traitement) genannten Labor in La Hague, in einem Labor (Cyrano) in Fontenay-aux-Roses und in Marcoule in einer speziellen Versuchsanlage Brüterkernbrennstoff aufgearbeitet worden. Doch die aufgearbeiteten Mengen sind gering: rund 100 Kilogramm in Cyrano, 1 Tonne in AT1 und etwa 6,7 Tonnen Plutoniumbrennstoff in Marcoule. Dies entspricht in etwa der Produktion des Superphénix in drei Monaten ... In letztgenannter Anlage wurden 1974 bis 1978 auch Uranbrennelemente aus dem Karlsruher Versuchsbrüter, dem Schwerwasserreaktor Brennilis sowie Phénix und Rapsodie durchgesetzt.

Zur Zeit laufen aktive Tests in der mit neuem Head-End versehenen Anlage, jetzt TOR (Traitement Oxides Rapides) genannt. Die Kapazität wird auf 5 Jahrestonnen veranschlagt. Phénix produziert alleine schon rund 2,5 Jahrestonnen.

Die industrielle Wiederaufarbeitung von Brüterkernbrennstoff liegt in weiter Ferne bzw. wird wohl nie in die Realität umgesetzt werden. Zwar ist die geplante europäische Anlage EDRP (European Demonstration Reprocessing Plant) in Dounreay am 23. Oktober 1989 von der britischen Regierung genehmigt worden, doch handelt es sich hier um einen symbolischen Akt. Auch das französische Konkurrenzprojekt MAR-600, für Marcoule geplant, ist inzwischen begraben. Wozu also eine derartige Anlage bauen, wenn es weltweit nur einen industriellen Reaktorprototyp, Superphénix, gibt, der noch dazu äußerst schlecht funktioniert und weniger abgebrannten Brennstoff produziert als geplant? So hat denn auch die COGEMA auf der internationalen Konferenz RECOD-87 in Paris angekündigt, den Superphénix-Brennstoff in La Hague in Verdünnung mit LWR-Brennstoff wiederaufarbeiten zu

wollen /9/. Ob das funktioniert, ist eine zweite Frage, die mangels Erfahrung heute nicht zu beantworten ist. Die Verdünnung mit LWR-Brennstoff ist mit der GGR-Erfahrung nicht zu vergleichen, da LWR-Brennelemente einen erheblich höheren Abbrand aufweisen und damit eine erheblich stärkere Verdünnung erforderlich ist. Ein Teil des abgebrannten Superphénix-Brennstoffes wird deshalb wohl direkt endgelagert werden müssen, was spezielle zusätzliche Gefahren mit sich bringt.

Plutonium-Brennstoffherstellung in Frankreich, Belgien, Bundesrepublik Deutschland und Großbritannien

Die heutigen Kapazitäten für die Herstellung von plutoniumhaltigen Brennstoffen sind sehr begrenzt.

In Frankreich gibt es in Cadarache das Atelier de Technologie de Plutonium (ATPu), wo das CEA die Brennelemente für Superphénix hergestellt und u.a. Aufträge für den britischen PFR (Prototype Fast Reactor) durchführt. Das Atelier soll ab 1990 über eine spezielle Produktionslinie jährlich auch 15 Tonnen LWR-Mischoxidbrennelemente (MOX) herstellen; das entspricht zwei Nachladungen für einen durchschnittlichen 900 MW Reaktor. Eine Anlage für 100 Jahrestonnen (MELOX) soll etwa 1993-1994 in Marcoule in Betrieb gehen. Ende 1989 existiert die Anlage allerdings erst auf dem Papier. Die Finanzierung und die geplante Beteiligung ausländischer Unternehmen sind nach wie vor ungeklärt.

In Belgien betreibt Belgonucléaire in Dessel die Demox-Anlage zur Herstellung von MOX. Belgonucléaire hat hier auch rund 40 Prozent des Erstkerns für den bundesdeutschen Nichtbrüter in Kalkar hergestellt. Die Nominalkapazität von 35 Jahrestonnen MOX wurde 1988 erstmals erreicht. 1990 sollen fünf LWR-Nachladungen hergestellt werden. Die Kommerzialisierung des MOX haben Franzosen und Belgier der gemeinsamen Firma COMMOX (60 % COGEMA, 40 % Belgonucléaire) übertragen.

In der BRD betreibt die Siemens-ALKEM eine Anlage in Hanau, deren Nominalkapazität bei 50 Jahrestonnen MOX liegt. Der tatsächliche Durchsatz liegt bei 30 Jahrestonnen /10/. ALKEM hat rund 60 Prozent des Kalkar-Brennstoffes hergestellt, der jetzt im berühmten Bundes-Plutoniumbunker in Hanau liegt – und wohl auch dort noch lange ruhen wird.

Eine neue Anlage mit einem Durchsatz von rund 100 Jahrestonnen MOX ist im Genehmigungsverfahren bisher hängen geblieben. Anfang November 1989 hat der Verwaltungsgerichtshof in Kassel vom hessischen Umweltminister Weimar bereits erteilte Teilerrichtungsgenehmigungen für „offensichtlich rechtswidrig“ erklärt.

In Großbritannien hat die BNF (British Nuclear Fuels) bisher lediglich durchblicken lassen, daß der Bau einer MOX-Fabrik unter Umständen in Betracht gezogen wird, wenn die existierenden und geplanten Kapazitäten in den anderen Ländern nicht ausreichen. Die britische Erfahrung in der Herstellung von Plutoniumbrennstoff beschränkt sich auf „kleine Mengen“ Brüterbrennstoff und MOX in einer Anlage in Sellafield.

Plutoniumnutzung in Brutreaktoren

Heute existieren in Europa wenige Schnelle Brüter, und die sind ausschließlich Demonstrationsobjekte. Der Plutoniumbedarf der Brutreaktoren wird deshalb in den nächsten 20 Jahren kaum eine Rolle spielen. In der BRD wird der Schnelle Brüter

in Kalkar sicher nicht mehr ans Netz gehen. In Frankreich laufen der Phénix (250 MW) in Marcoule und der Superphénix (1.200 MW) in Malville. Der Plutoniumbedarf dieser Reaktoren ist im Falle des Superphénix bereits für zwei Nachladungen gedeckt. Beide werden in Zukunft nur wenig Bedarf zeigen: für Superphénix im Höchstfall (bei dem sehr unwahrscheinlichem Betrieb mit Nominalleistung) 1,2 Jahrestonnen und für Phénix rund 500 Kilogramm pro Jahr Plutonium /11/. Bis Ende des Jahrhunderts wird der Bedarf des Phénix und der dem französischen Anteil (51 %) entsprechende Bedarf des Superphénix durch die Wiederaufarbeitung von GGR-Brennstoff und die Rezyklierung von Phénix-Brennstoff ohne Probleme sichergestellt. Die anderen in Malville beteiligten Länder (Italien 33 %, Holland, Belgien, Großbritannien, BRD zusammen 16 %) werden kein Problem haben, das nötige Plutonium aus den bereits existierenden Wiederaufarbeitungsverträgen in La Hague und Sellafield zur Verfügung zu stellen. Es dürfte lediglich einige Verschiebungen geben. So hatte Italien bereits nicht genügend Plutonium für seinen Anteil am Erstkern zur Verfügung und mußte deshalb aus der Schweiz Plutonium dazukaufen. Dies wird grundsätzlich wenig an der Plutoniumnutzungsrechnung in Europa ändern. Die kleineren Länder werden gern einen Teil ihres Plutoniums für den geringen Bedarf (im Verhältnis zur Produktion) des Superphénix zur Verfügung stellen. Besonders diese Länder werden mehr Plutonium zu verwalten haben, als sie nutzen können. Auch für die BRD stellte die VDEW unter der Überschrift „Künftige Verwertung des Plutoniums“ fest: „Beiträge zu Schnellbrüterprogrammen werden aus heutiger Sicht keinen entscheidenden Beitrag bei der Plutonium-Verwertung leisten und sind deshalb hier nicht berücksichtigt“ /12/.

Plutoniumnutzung in Leichtwasserreaktoren

Das Rezyklieren von Plutonium in LWR ist eine Notlösung. Die Wiederaufarbeitung war ursprünglich mit der unmittelbar bestehenden Einführung der Schnellen Brüter in großem Maßstab gerechtfertigt worden. **Die Herstellung von MOX für den Einsatz in LWR dient im wesentlichen vier Zwecken:**

- 1) der Rechtfertigung der Wiederaufarbeitung seitens ihrer Verfechter, da die Brutreaktoren vor dem Ende stehen;
- 2) der Plutoniumverwertung seitens der EVUS, die sich mit einem Berg von Plutonium aus existierenden Wiederaufarbeitungsverträgen konfrontiert sehen, den es auch aufgrund der Gefahren der Weiterverbreitung von Atomwaffen abzubauen gilt;
- 3) dem Aufschieben des drängenden Müllproblems, denn es fehlt ein schlüssiges Konzept für die direkte Endlagerung von abgebrannten Brennelementen wie auch für die Endlagerung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung mit dem Unterschied, daß letzteres Problem eine Brennstoffgeneration später eintritt;
- 4) der Plutoniumlagerung. Dies ist ein Punkt, der bisher wenig Beachtung gefunden hat, aber innerhalb der Industrie als wichtiges Argument pro MOX benutzt wird. Die Lagerung von abgetrenntem Plutonium ist kostspielig, vor allem aber problematisch wegen der Bildung des intensiv strahlenden Americium-241 (Zerfallsprodukt von Pu-241). Eine Abtrennung des Americiums ist zwar möglich, macht die langfristige Lagerung aber umso kostspieliger. Laut Angaben der Belgonucléaire kann Plutonium in Oxydform höchstens zwei Jahre gelagert werden. In Form von frischen Brennstäben wird die Lagerungs-

fähigkeit auf 10 bis 13 Jahre und für neue Brennelemente auf 13 bis 20 Jahre geschätzt. Die Lagerung des Plutoniums in abgebrannten MOX-Brennelementen ist laut Belgonucléaire unbegrenzt möglich. Das läßt alle Optionen offen /13/.

Die Notlösung heißt MOX

Die Nutzung von MOX ist unwirtschaftlich. EdF zahlt nach eigenen Angaben für MOX den fünffachen Preis des Uran-Brennstoffs. Auch bei stark vergrößerten Stückzahlen erwartet EdF noch einen 3,5fachen Preis /7/. Für die BRD dürften die Zahlen ähnlich liegen. Die Herstellung ist extrem teuer, weil sie, im Verhältnis zur Uranbrennstoffherstellung, größere Schutzmaßnahmen erfordert. Die EVUs setzen trotzdem auf MOX, da sie sonst nicht wissen, was sie mit dem Plutonium anfangen sollen.

Die MOX-Nutzung in Frankreich steckt in den Kinderschuhen. Abgesehen von in den 70er Jahren im belgisch-französischen Reaktor Chooz-A durchgeführten Tests hat es bis vor kurzem keinen MOX-Einsatz gegeben. 1987 wurde im 900 MW Reaktor Saint-Laurent-des-Eaux-B1 die erste Charge, ein Drittel der Nachladung (ca. 8 t), eingesetzt. 1988 wurde dort eine zweite Ladung durchgeführt, und der Nachbarreaktor B2 erhielt ebenfalls eine Drittelnachladung. 1989 wurden neben den beiden Saint-Laurent-Reaktoren auch die Blöcke des Gravelines-3 und -4 mit MOX beladen /14/. Das aktuelle MOX-Programm der EdF sieht vor, bis 1993 drei bis vier Nachladungen pro Jahr mit MOX durchzuführen. Wenn die geplante Melox-Anlage in Marcoule 1993-1994 wirklich in Betrieb gehen sollte, plant EdF eine Ausweitung der MOX-Nutzung auf 10 bis 12 Nachladungen pro Jahr, d.h. 80 bis 90 Jahrestonnen. 16 Reaktoren der 900 MW Klasse sind auf MOX ausgelegt und haben eine entsprechende Betriebsgenehmigung. Doch eine entsprechende MOX-Einsatzstrategie liegt nicht vor. Man läßt sich Zeit.

Die ersten MOX-Erfahrungen von EdF sind negativ. „Wir sehen, daß wir umso mehr Probleme haben, je höher der Abbrand und je höher der Anteil an Plutonium-Brennstoff ist“, sagte unlängst ein hoher EdF-Vertreter /15/. In der Tat bestehen kaum Aussichten, den MOX-Anteil über ein Drittel des Kerns zu steigern. Die Qualitätsminderung des spaltbaren Plutoniums während der Abschaltphasen ist so erheblich, daß die EdF-Techniker davon ausgehen, daß ein 100prozentiger MOX-Kern nicht über genügend Reaktivität verfügen würde, um nach einer längeren Abschaltung wieder angeworfen werden zu können. Entsprechende Schwierigkeiten ergaben sich auch nach der Abschaltung des havarierten Superphénix.

Der MOX-Einsatz widerspricht mit seinen mit dem Abbrand steigenden Problemen einer anderen EdF-Strategie: Die Erhöhung des Abbrands der Uranbrennelemente gehört zu den wichtigsten kostensenkenden Maßnahmen der Zukunft. Die aus dieser Strategie erwarteten Kosteneinsparungen wird sich EdF nicht nehmen lassen.

Ein anderes Problem ergibt sich für EdF aus der Tatsache, daß mit MOX betriebene Reaktoren keine Genehmigung zur Lastfolge (Leistungsänderungen entsprechend den kurzfristigen Bedarfsänderungen) haben. Das raubt EdF die entsprechende Flexibilität. Ein weiteres Minus für MOX.

Die Frage ist sicher berechtigt, warum EdF überhaupt in das Abenteuer MOX eingestiegen ist. Die Antwort muß auch der besonderen Situation in Frankreich gerecht werden. EdF und CEA sind Staatskonzerne. Das CEA hat in die „zivile“

Plutoniumwirtschaft, direkt oder über seine Tochter COGEMA, bereits die Unsumme von (geschätzten) rund 150 Milliarden Francs (45 Mrd. DM) investiert. Der unwirtschaftliche Pleitereaktor Superphénix wurde nicht von EdF, sondern weitgehend vom CEA finanziert. Das Überleben des CEA und der COGEMA hängt nicht unwesentlich von der Plutoniumwirtschaft ab. Dementsprechend dürfte auch die 1985 gefallene Entscheidung für MOX von EdF nicht ganz „freiwillig“ gefallen worden sein. Außerdem untersteht EdF ebenfalls dem Zwang der Plutoniumnutzung aus dem bestehenden Wiederaufbereitungsvertrag mit COGEMA.

Die MOX-Nutzung in der BRD ist keineswegs eine neue Praxis. Seit der Gründung der ALKEM 1963 beschäftigen sich die bundesdeutschen Atomfirmen mit MOX. Die ersten Versuchsbrennelemente wurden 1967 in den Versuchsreaktor Karlstein geladen. Seit 1973 werden größere Mengen in LWR rezykliert. Ende 1988 waren 31 Tonnen MOX bereits entladen und 43 Tonnen noch im Einsatz /16/. Zehn der 21 in Betrieb befindlichen AKWs in der BRD haben eine Genehmigung zur MOX-Nutzung, bei acht weiteren läuft das Genehmigungsverfahren und bei den restlichen drei (Stade, Würgassen, Philippsburg-1) ist der MOX-Einsatz nicht vorgesehen /17/.

Belgien ist weltweit das erste Land, das MOX in einen LWR-(Versuchs-)Reaktor geladen hat. Doch in seine kommerziellen Reaktoren ist bisher kein MOX eingeführt worden. In Holland ist nur im kleinen Dodewaard-Reaktor (54 MW) zwischen 1971 und 1981 mit MOX experimentiert worden. An kommerziellen MOX-Einsatz wird in Holland nicht gedacht. Die Schweiz hat dagegen bereits MOX ins AKW Beznau geladen und gedenkt, weiterhin ihr Plutonium aus La Hague auf diese Weise zu rezyklieren.

Wiederaufarbeitung von MOX

Die Erfahrung im Bereich Wiederaufarbeitung von LWR-MOX ist heute sehr beschränkt. 23,6 Tonnen Brennstoff der ersten Generation erwiesen sich als zu schlecht löslich und sollen in Schweden endgelagert werden. In der BRD wurde vom 12.10. bis 2.11.87 zum ersten Mal ein MOX-Brennelement aus Obrigheim (in Verdünnung mit Uranbrennstoff) in der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe aufgearbeitet. Weitere 0,3 Tonnen (ein Brennelement) aus Obrigheim sollen im Frühjahr 1990 und 2,7 Tonnen aus Neckarwestheim im Herbst 1990 in Karlsruhe aufgearbeitet werden /18/. Bis Ende 1990 sollen weiterhin in der UP2 sechs Tonnen MOX-Brennstoff aus Obrigheim und Neckarwestheim probeweise aufgearbeitet werden /19/.

Wohin mit dem Plutonium?

Die Situation wird sich in den nächsten Jahren erheblich zuspitzen. Wenn wirklich, wie vorgesehen, in La Hague in großem Stil aufgearbeitet werden sollte, wird dort jedes Jahr die doppelte bis vierfache Plutoniummenge produziert wie heute. Wohin mit dem Plutonium?

Man hat einen relativ guten Überblick über die einzelnen Komponenten der Plutoniumwirtschaft, mit der wir es heute bereits zu tun haben (s.o.). Wo Veröffentlichungen der Industrie zu Strategiefragen schweigen, helfen interne Papiere weiter, die auf irgendwelchen Wegen verfügbar wurden. Es ist selbstverständlich unmöglich, auf das Gramm auszurechnen (auch wenn dies eigentlich so sein sollte!), welche Plutoniummengen welche Verwendung finden könnten. Man erhält aber Annäherungswerte, die einige eklatante Widersprüche zu Tage fördern,

die sich in dem breiten Raum zwischen Industrie- und Politikerangaben und Realität versteckt halten.

Die Rückführung von Plutonium in Schnelle Brüter werden wir hier nicht berücksichtigen. Deren Bedarf wird in Zukunft praktisch keine Rolle spielen (s.o.).

Im Falle der MOX-Strategie kann allgemein folgende Faustregel gelten:

Aus 100 t abgebranntem Uranbrennstoff entsteht bei der Wiederaufarbeitung 1 t Plutonium (insgesamt); davon entfallen 0,7 t auf spaltbares Plutonium (Isotope Pu-239 und Pu-241). Dar- aus können 18 t frischer MOX-Brennstoff hergestellt werden.

Diese Werte ändern sich mit dem Anreicherungsgrad des Urans, dem Abbrand und dem Plutoniumanteil im MOX. Doch sind sie als Durchschnittswerte durchaus präzise genug (sie werden u.a. auch vom CEA für entsprechende Berechnungen verwendet).

Der Fall Frankreich

Offizielle (Verbal-)Politik in Frankreich ist die Wiederaufarbeitung des gesamten anfallenden Brennstoffs und die Rückführung des Plutoniums in Brüter und LWR. Offiziell hat EdF einen Vertrag mit COGEMA über die Wiederaufarbeitung von 8.057 Tonnen Brennstoff. Am 3.11.1989 waren erst 783 Tonnen (nur 27 % des gesamten Durchsatzes von UP2!) aufgearbeitet. Ende März (neuere Zahlen liegen in diesem Punkt nicht vor) waren 2.844 Tonnen bereits angeliefert und warteten auf Bearbeitung. Bis Ende 1994 wird EdF nach eigenen Angaben zusätzliche 4.860 Tonnen nach La Hague liefern. Danach soll sich die jährliche Entlademenge auf 1.200 Jahrestonnen einpendeln. Zwischen 1989 und 2000 wird EdF also eine Gesamtmenge von rund 13.700 Tonnen Brennelemente zu „entsorgen“ haben.

Welches Bild würde nun eine Entwicklung ergeben mit dem Ziel, der offiziellen Doktrin des „Alles-Wiederaufarbeiten“ Folge zu leisten? Die UP2-Anlage läuft zur Zeit offensichtlich gut (was die Durchsätze betrifft). Im Januar 1989 wurde mit 70 Tonnen Durchsatz ein neuer Monats-Rekord aufgestellt. Etwa 430 Tonnen wurden in den ersten zehn Monaten 1989 aufgearbeitet. Die Anlage bringt also heute Jahresdurchsätze bis an die 500 Tonnen. Nehmen wir an, die Gesamtkapazität der Anlage würde in Zukunft, auch nach der Umwandlung/Erweiterung zur UP2-800, für die einheimische Wiederaufarbeitung genutzt, die neue Anlage ginge zum geplanten Zeitpunkt in Betrieb und würde die geplante Leistung bringen. (Hier ist dieselbe Anlaufleistung der UP2-800 vorausgesetzt, die von COGEMA für UP3 geplant ist. Die Umwandlung könnte im ersten Jahr auch zu einem Totalausfall der Anlage führen.)

Dann kann man folgende optimistische Rechnung aufmachen:

1989	500 t	
1990	500 t	
1991	500 t	
1992	150 t	(Anschlußarbeiten für UP2-800)
1993	350 t	
1994	550 t	
1995	750 t	
1996	800 t	
1997	850 t	
1998	850 t	
1999	850 t	
	6.650 t	

Vergleicht man diese Zahl mit den 13.700 Tonnen abgebranntem Brennstoff, die bis Ende des Jahrhunderts anfallen, dann bleiben unweigerlich rund 7.000 Tonnen liegen. Dies ist wohlge- merkt eine Abschätzung unter den günstigsten Bedingungen: Perfekter Übergang zur neuen Anlage, keine Betriebsstörun- gen, volle Kapazität. Die gesamte Lagerkapazität in La Hague beträgt etwa 10.000 Tonnen. Da bliebe für die ausländischen Kunden eine knappe Pufferkapazität übrig. Denn Ende März 1989 warteten bereits 2.819 Tonnen abgebrannter ausländischer Brennelemente auf die Wiederaufarbeitung.

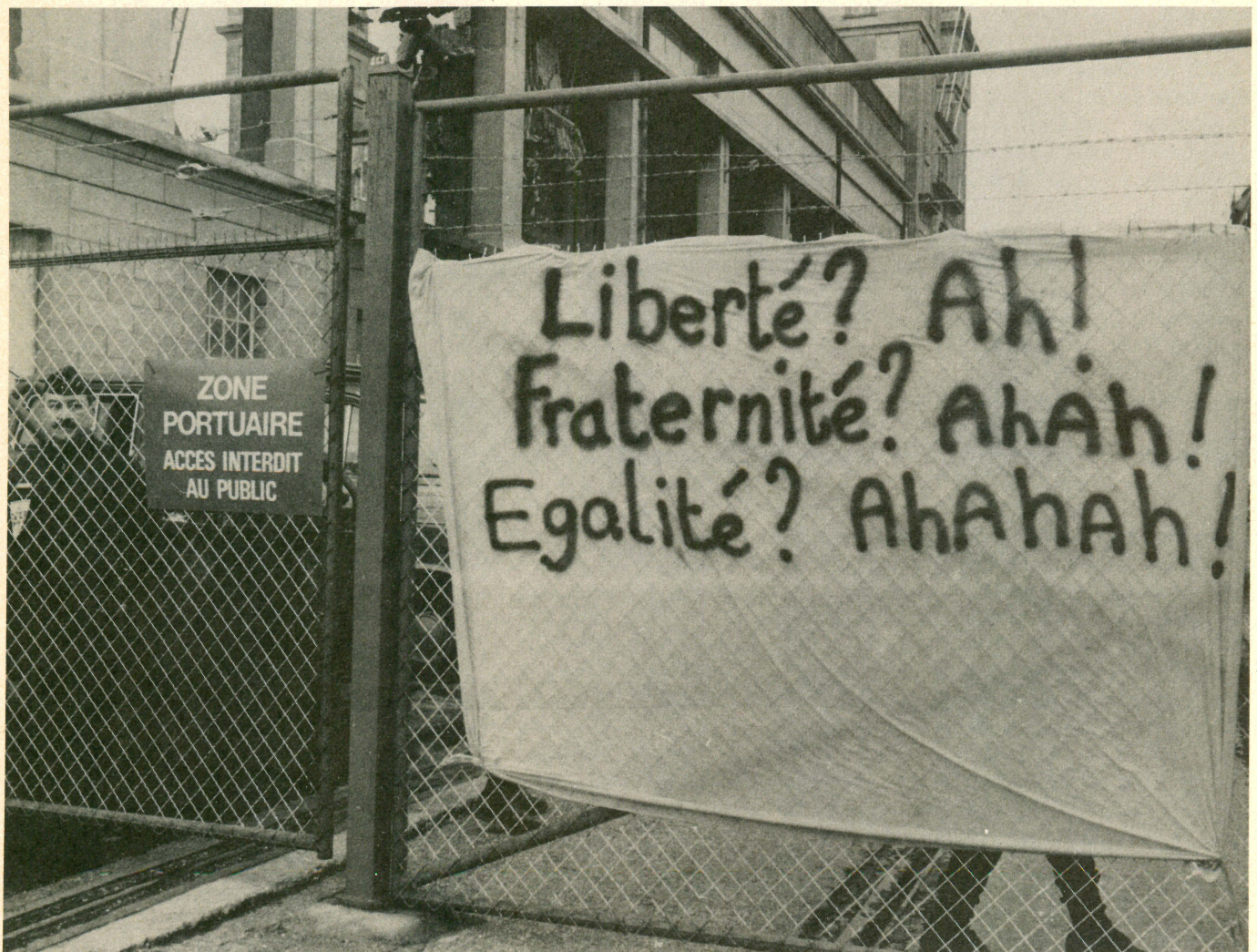
Das VEBA/COGEMA-Memorandum vom April 1989 sieht ab 2000 die Wiederaufarbeitung von 400 bis 600 Tonnen deut- schen Brennstoffs vor. Für Frankreich bliebe in diesem Fall unter günstigsten Umständen eine Kapazität von 1.100 bis 1.300 Tonnen (UP2 und UP3 je 850 Jahrestonnen). Dies würde knapp ausreichen, die jährlich erwartete Entlademenge von 1.200 Ton- nen zu bearbeiten, doch die 7.000 Tonnen auf Halde könnten unter keinen Umständen abgebaut werden. Das Memorandum ist heute natürlich überholt und die deutschen EVUs werden, wenn überhaupt, erheblich geringere Mengen unter Vertrag nehmen, so daß sich für EdF kaum ein Kapazitätsengpaß erge- ben würde.

Der Haken liegt auf der Ebene der Plutoniumverarbeitung. 1989 liegt die Kapazität der beiden COMMOX-Anlagen (Des- sel und Cadarache) bei 45 Jahrestonnen. 1990 sollen 50 Jahres-

tonnen, 1994 150 Jahrestonnen erreicht werden. Zwischen Brennelementanlieferung in La Hague und der Fabrikation von MOX vergeht selbstverständlich Zeit. Die wiederaufgear- beitete Menge Brennstoff determiniert die zu verarbeitende Menge Plutonium. Man kann also eine Bedarfsrechnung an Brennelementfertigungskapazität pro Jahr aufstellen, auch wenn sich die Herstellung selbst zeitlich verschieben würde.

Nach der oben genannten Faustregel ergibt sich für Frankreich folgendes Bild:

UP2		MOX	MOX
Jahresdurchsatz		Bedarf	Kapazität
		Frankreich	Frankreich und Belgien
1989	500 t	→ 90 t MOX	45 t
1990	500 t	90 t	50 t
1991	500 t	90 t	50 t
1992	150 t	27 t	50 t
1993	350 t	63 t	50 t
1994	550 t	99 t	80 t
1995	750 t	135 t	110 t
1996	800 t	144 t	150 t
1997	850 t	153 t	150 t
1998	850 t	153 t	150 t
1999	850 t	153 t	150 t
	6.650 t	1.197 t	1.035 t



Übersetzt: „Freiheit – Brüderlichkeit – Gleichheit“ – aufgenommen während einer Demonstration gegen die Anlieferung von Atommüll aus Japan nach La Hague. Quelle: Greenpeace/Guégan

Die zur Verfügung stehende Kapazität reicht nicht einmal aus, den theoretischen französischen Bedarf zu decken, geschweige denn den Bedarf aller potentiellen Kunden (außer BRD und Japan), die in den kommenden Jahren aus La Hague erhebliche Mengen Plutonium zurückerhalten. Nehmen wir an, es befände sich heute kein Plutonium in den Lagern von La Hague (in der Realität sind es sicher einige Tonnen), die UP3 produziert wie vorgesehen, dann sind bis Ende des Jahrhunderts (außer BRD und Japan) rund 2.000 Tonnen aus europäischen Reaktoren (Holland, Belgien, Schweiz, Schweden) aufgearbeitet. Das entspricht einem zusätzlichen Bedarf an MOX-Herstellungskapazität von rund 360 Tonnen. Die steht bisher nicht einmal irgendwo auf dem Papier. Hinzu kommt die Tatsache, daß die japanische Atomindustrie Interesse bezeugt hat, ihr Plutonium aus La Hague nicht in abgetrennter Form, sondern in Form von Brennelementen, sprich MOX, nach Japan zurückgeliefert zu bekommen.

Die Einführung der langfristigen Zwischenlagerung

Die zweite französische Variante ist wahrscheinlicher. EdF wird das bisher verabschiedete Programm (s.o.) mit einem maximalen Einsatz von 10 bis 12 Nachladungen ab der Betriebsaufnahme von Melox (1993-1994), also etwa 90 Tonnen MOX pro Jahr, durchführen und sich darauf beschränken. Dies würde die Wiederaufarbeitung von maximal 500 Jahrestonnen bedeuten. Zwischen 1989 und 1999 würde sich der Gesamtbedarf an MOX-Kapazität auf rund 680 Tonnen senken. Der Bedarf der anderen europäischen Länder ließe sich mit der geplanten Ausweitung der Kapazität decken. Der Berg aus abgebrannten Brennelementen würde sich natürlich erheblich vergrößern. Bis Ende des Jahrhunderts würden entsprechend dem MOX-Bedarf nur knapp 3.800 Tonnen wiederaufgearbeitet. Statt der rund 7.000 Tonnen in der ersten Variante lägen 9.900 Tonnen abgebrannter Brennelemente auf Halde, das entspricht praktisch der aktuellen Lagerkapazität in La Hague. Denkbar ist ebenfalls, daß EdF das MOX-Programm weiter reduziert oder gar ganz aussteigt. Frankreich bewegt sich in jedem Fall unweigerlich auf die Notwendigkeit einer langfristigen Zwischenlagerung (bzw. der direkten Endlagerung) zu. Das Konzept liegt intern vor, aber die Öffentlichkeit hatte bisher kein Recht auf Einsicht.

Der Fall Bundesrepublik Deutschland

Mit Begleitbrief vom 6. Oktober 1989 hat der Vorsitzende der VDEW Minister Klaus Töpfer ein Papier mit dem Titel „Strategieüberlegungen zur Brennelementversorgung und der Verwertung von Plutonium und wiederaufgearbeitetem Uran – Gegenwärtige Situation und langfristige Perspektive“ vorgelegt /10/. Dieses Papier zeigt eine ganze Reihe von eklatanten Unzulänglichkeiten der existierenden Konzeptionen.

Die zwei analysierten Szenarien betrachten einen Zeitraum von 35 Jahren (1989-2024), also den angestrebten Zeitraum der gerade in Betrieb genommenen Reaktoren.

Szenario 1 unterstellt eine konstante AKW-Kapazität von ca. 24 Gigawatt. Mitte der 90er Jahre müßte das erste Ersatzkraftwerk für stillgelegte Anlagen bestellt werden.

Szenario 2 geht davon aus, daß die ab 2002 außer Betrieb gehenden Reaktoren nicht ersetzt werden, ein EVU-Ausstiegsszenario. In Szenario 2 werden verschiedene Varianten untersucht: Die erste unterstellt die Wiederaufarbeitung nur in dem Umfang, „wie eine Rezyklierung des bei der Wiederauf-

arbeitung dieser Brennelemente anfallenden Plutoniums in der jeweiligen Anlage bzw. einer Anlage des jeweiligen EVU während der 35jährigen Betriebszeit möglich ist“. Die zweite unterstellt die Wiederaufarbeitung aller entladenen Brennelemente, außer jenen, die für die Pilotkonditionierungsanlage (PKA) in Gorleben zur Verfügung gestellt werden sollen (35 t/a ab 1991). Das nicht mehr in MOX rezyklierbare Plutonium sollte in sogenannte „Plutonium-Brenner-Elemente“ eingebracht werden, in denen das Plutonium so weit wie möglich „verbrennt“. Solche Brennelemente gibt es allerdings noch nicht. Die VDEW notiert, daß „diese Variante neben technischen Fragen auch gesellschaftliche und genehmigungsrechtliche Fragen aufwirft“. Das nicht mehr rezyklierbare Plutonium müsse „in einem nationalen oder europäischen Plutonium-Pool untergebracht werden“, heißt es. Unter welcher Kontrolle, für welchen Zeitraum, mit welchem Endverbleib? Diese Fragen bleiben offen, und die VDEW scheint diese „Lösung“ selbst nicht als seriös zu betrachten (im folgenden Text betrachten wir nur die erste Variante von Szenario 2).

Szenario 1 geht von der Entladung von rund 20.000 Tonnen, Szenario 2 von 16.000 Tonnen abgebrannter Brennelemente bis zum Jahr 2024 aus. Nur ein kleiner Teil ist bisher über Wiederaufarbeitungsverträge „entsorgt“. Im ersten Fall bleiben mindestens ca. 14.000 Tonnen, im zweiten Fall 10.000 Tonnen übrig, für die „zusätzliche Entsorgungswege gefunden werden“ müssen. Die VDEW rechnet damit, daß in den nächsten 20 Jahren diese Mengen „überwiegend“ aufgearbeitet werden. Die Verwirklichung der Option der direkten Endlagerung „hängt im wesentlichen davon ab, wie schnell dieser Weg technisch, rechtlich und politisch abgesichert werden kann“.

Es ist inzwischen klar geworden, daß die Euphorie auch der bundesdeutschen EVUs für Wiederaufarbeitung und Plutoniumrezyklierung etwas abgeklungen ist. Heute heißt das Stichwort „Optionen offenhalten“. Langfristige Verträge über Wiederaufarbeitung und MOX-Nutzung sind etwas aus der Mode geraten. Es ist allerdings durchaus möglich, die Kohärenz der o.g. Szenarien zu überprüfen.

Die unterzeichneten Wiederaufarbeitungsverträge der bundesdeutschen EVUs haben eine beschränkte Laufzeit und eine limitierte Tonnage. Die COGEMA-Verträge laufen (normalerweise) bis Ende 1998, die BNF-Verträge bis Ende 2002. Die VDEW unterstellt in ihren Rechnungen bereits zwei Verträge, die noch nicht unterzeichnet sind: Die Übernahme von 576 Tonnen, die die schwedische SKB bei COGEMA für die UP3 unter Vertrag hat, und das Eingehen auf ein BNF-Angebot, zusätzliche 126 Tonnen in der ersten 10-Jahresperiode unter Vertrag zu nehmen. Allein bis zum Jahr 2000 werden sich nach VDEW-Berechnungen für Szenario-1 2.646 Tonnen und Szenario-2 2.415 Tonnen abgebranntem Brennstoff aufstapeln, für die es keine Verträge gibt. Wohlgemerkt, die aktuellen Verhandlungen zwischen VEBA und COGEMA laufen erst ab diesem Zeitpunkt, sind also nicht geeignet, diese Mengen zu verringern. Wenig „Entlastung“ könnte die Pilotkonditionierungsanlage Gorleben bis zum Jahr 2000 bringen, rund 350 Tonnen maximal (laut VDEW). Nach 2000 wird die Halde der abgebrannten Brennelemente weiter wachsen. Im ersten Szenario liegen sie im Jahre 2024 bei 13.750 Tonnen. Bei Ausschöpfung aller mehr oder weniger vagen Folgeoptionen in La Hague und Sellafield unter den jetzigen Verträgen sind es immer noch 10.561 Tonnen. Im zweiten Szenario sind es 4.247 Tonnen, für die Wiederaufarbeitungsverträge gefunden werden müßten, plus 5.286 Tonnen in Zwischen- bzw. Endlagern. Die Ausschöpfung bestehender Optionen würde die „Rest-

menge“ auf 1.058 Tonnen drücken. Das Fazit ist eindeutig: „Für einige EVU ist schon heute absehbar, daß der Entsorgungsweg ‚Direkte Endlagerung‘ unabdingbar ist (...)“.

Den Politikern bleibt keine Wahl

„Der Entsorgungsvorsorgenachweis ist deshalb auf die Direkte Endlagerung auszuweiten.“ Eiskalte Feststellung eines fait accompli: der Stoff ist da, schafft die Voraussetzungen, sprich Genehmigungen, daß wir ihn endlagern können.

Doch die Situation ist nicht nur im Bereich der Direkten Endlagerung so, daß die Genehmigungsbehörden unter Druck stehen. Dasselbe Problem ergibt sich im Bereich der Plutoniumrückführung. Zur Zeit reicht weder die Kapazität der Siemens-Alkem-Anlage, noch sind die Genehmigungen für MOX-Ladungen für eine ausreichende Anzahl Reaktoren vorhanden. „Auf hier bestehende Risiken wird ausdrücklich hingewiesen“, unterstreicht die VDEW. In der Zusammenfassung heißt das dann knapp, in neuer deutscher Sprachfassung, „Genehmigungsrisiken“.

Von technischen Risiken ist hier nicht einmal die Rede. Die Mathematiker der VDEW gehen schlicht von der Voraussetzung aus, daß die Neuanlage in Hanau durchgängig mit Nominalleistung arbeitet. Zur Zeit setzt die ALKEM rund eine Jahrestonne spaltbares Plutonium durch, die Neuanlage soll 3,5 bis 4 Jahrestonnen verarbeiten können. Dies könne „gerade noch“ ausreichen, die aus der Wiederaufarbeitung anfallende Menge in Szenario 1 zu verarbeiten. Allerdings wird hier mit einer zukünftigen Leistung von 120 Jahrestonnen MOX gerechnet, während an anderer Stelle von 100 Jahrestonnen ausgegangen wird /20/.

Siemens in Hanau stockt auf

Ende 1988 hatte die ALKEM nach Angaben der RWE bereits rund 3,5 Tonnen spaltbares Plutonium auf Halde (in Hanau und La Hague) (10/, Anhang, Abb. 6). In welcher Form, ist nicht im Detail bekannt. Aus den bestehenden Verträgen mit COGEMA und BNF (5.603 Tonnen) bekommen die EVUs bis zum Jahre 2002 etwa 40 Tonnen spaltbares Plutonium zurück. Von den 21 Reaktoren haben bisher nur 10 die Genehmigung, MOX zu laden. Bisher genehmigt ist demnach der kumulierte Einsatz von 17,4 Tonnen Plutonium, ein Drittel des Inventars. ALKEM müßte jährlich im Schnitt 1.240 Tonnen Plutonium verarbeiten.

Sollte die neue ALKEM-Anlage nicht nur die Genehmigungen erhalten, sondern auch produzieren wie geplant und sollten alle 18 eingeplanten Reaktoren mit MOX gefahren werden, dann lassen sich laut VDEW etwa 35,7 Tonnen Plutonium bis zum Jahr 2002 rückführen. ALKEM müßte im Schnitt pro Jahr 80 Tonnen MOX produzieren und mehr als 2,5 Tonnen Plutonium blieben trotzdem immer noch auf Lager. Die Absorptionskapazität wäre also in der Tat selbst im günstigsten Fall eindeutig nicht ausreichend.

Selbst unter den besten Voraussetzungen gibt es zwei weitere Probleme: die Wiederaufarbeitung des MOX und die Verarbeitung des daraus abgetrennten Plutoniums. Abgesehen von den grundsätzlichen Schwierigkeiten der MOX-Wiederaufarbeitung (s.o.) ist bisher nur die UP2 überhaupt darauf ausgelegt. Dies ist ein wichtiges Element, das in der Diskussion um die VEBA-COGEMA-Verhandlungen völlig untergegangen ist. In dem gemeinsamen Memorandum heißt es, daß es sich

bei 25 bis 30 % der zu liefernden Brennelemente um MOX handeln könne. Die Verhandlungen drehten sich aber um eine mögliche Beteiligung der VEBA an der UP3, die auf MOX gar nicht ausgelegt ist. Die UP2 dagegen ist in diesem Zusammenhang nicht erwähnt worden. Der Widerspruch ist bisher nicht aufgeklärt, läßt aber darauf schließen, daß COGEMA einen gemischten Betrieb, EdF- und ausländischer Brennstoff, der beiden Anlagen vorsieht. Inoffiziell haben COGEMA-Vertreter dies bestätigt.

Die Verarbeitung von Plutonium aus der Wiederaufarbeitung von MOX ist besonders wegen der hohen Anteile an Plutonium-238 problematisch. So ist die Genehmigung der ALKEM-Neuanlage auf einen Plutonium-238 Anteil von 1,5 Prozent im Durchschnitt und von 2,1 Prozent im Ausnahmefall begrenzt. Diese Grenzwerte entsprechen dem Abbrand von Uranbrennelementen von 35 bzw. 42 Gigawatt pro Tonne. Doch dieselben Werte können im Fall von MOX-Plutonium bereits bei niedrigeren Abbränden erreicht werden. Damit läuft die MOX-Strategie einmal mehr dem Bestreben der EVUs nach höheren Abbränden entgegen. Dies macht vor allem die Wiederaufarbeitung von MOX noch unattraktiver.

Bis zum Jahre 2000 sieht die VDEW die Entladung von rund 420 Tonnen MOX vor, das sind rund 5 Prozent der Gesamtentlademenge. Für 2024 soll die kumulierte Menge bei 2.600 Tonnen im ersten Szenario und bei 2.080 Tonnen im zweiten liegen, d.h. ca. 13 Prozent der jeweiligen Gesamtmenge. Die Kosten eines MOX-Brennelements liegen laut VDEW bereits heute um 1.000 DM über denen eines Uranbrennelements, ohne die Wiederaufarbeitungskosten mit einzurechnen. Der Anreiz zur wiederholten Wiederaufarbeitung ist Null. Über den breiten MOX-Einsatz schaffen die EVUs ein weiteres fait accompli: Große Mengen abgebrannter MOX werden der direkten Endlagerung zugeführt werden müssen, was die ohnehin ungelöste Problematik sicherer Verwahrung erheblich vergrößert.

Ähnlich liegen die Dinge bei dem Resturan aus der Wiederaufarbeitung. Genehmigungen für die Verarbeitung bei ALKEM und den Einsatz in AKWs stehen aus. Doch der entscheidende Faktor ist die Unwirtschaftlichkeit der Uranrezyklierung. Eine wirtschaftliche Rückführung „ist auch langfristig nicht absehbar“, schätzt die VDEW. Ende der 90er Jahre soll die wirtschaftliche Situation (Anreicherungstechniken, Uranpreise, Verarbeitungskosten) erneut überprüft werden. Fällt das Urteil negativ aus, „muß die gesamte Uranmenge nach einer entsprechenden Konditionierung eingelagert werden“.

Das Fazit dieser Betrachtung: Die bundesdeutsche Stromwirtschaft hat eine Analyse vorgelegt, die sich weitgehend auf Voraussetzungen stützt, die erst einmal geschaffen werden müssen. Vor allem genehmigungstechnisch bleibt praktisch alles zu tun. Von Kohärenz der Rückführungsstrategien kann hier deshalb kaum die Rede sein. Politisch äußerst fragwürdig ist die Vorgehensweise insofern, als die Genehmigungsbehörden praktisch vor vollendete Tatsachen gestellt werden. Das Uran aus der Wiederaufarbeitung und die abgebrannten MOX-Brennelemente existieren bereits und ihre Mengen werden sich nach den Plänen der Strommanager erheblich vergrößern.

Europa insgesamt und Japan

Der Fall Bundesrepublik ist insofern ein Sonderfall, als hier praktisch von einer eigenständigen Rückführungsstrategie ausgegangen wird. Der abgebrannte Brennstoff wird zwar im

Ausland aufgearbeitet, doch MOX-Herstellung und -Einsatz sollen im Inland stattfinden. Nach Angaben der COMMOX liegt der potentielle Markt für MOX in Europa (BRD, Belgien, Frankreich, Schweiz, Großbritannien) 1992 bei 210 Jahrestonnen und soll bis 2000 auf 360 Jahrestonnen steigen /20/. Sehr seriös scheint diese Betrachtung nicht zu sein, denn schon das Einbeziehen der Engländer ist mehr als vage. Die Rückführung von Plutonium in die englischen AGRs ist nie getestet worden, und die Engländer haben bisher an dieser Option nur theoretisches Interesse bekundet. Im Juni 1989 wurden Gespräche zwischen aktuellen und potentiellen Herstellern in der BRD, England, Belgien und Frankreich bekannt, die sondieren sollten, ob eine globale europäische Vereinbarung auf diesem Sektor möglich ist. Die britische BNF hat angekündigt, den Bau einer eigenen Anlage Ende der 90er Jahre in Betracht zu ziehen, unter der Voraussetzung, daß der Markt über die existierenden und geplanten Anlagen nicht gesättigt werden könne. Ein Argument der Engländer ist die Überlegung japanischer EVUs, ihr Plutonium in Form von MOX nach Hause zu fliegen. Angeblich haben die japanischen Strommanager bereits Interesse an einer Beteiligung an dem französischen Projekt MELOX bekundet /21/. In der Tat würde eine derartige Entscheidung die Kapazitäten in Europa sprengen. Allein in Frankreich haben die Japaner bis 2000 rund 2.500 Tonnen zur Wiederaufarbeitung unter Vertrag. Das entspricht 450 Tonnen MOX insgesamt und rund 45 Jahrestonnen, etwa die Hälfte der zukünftigen MELOX-Anlage. Ein solcher Bedarf ist bis zur Jahrhundertwende nicht zu decken. Umso mehr Druck aber wird entstehen, die geplanten Anlageerweiterungen so schnell wie möglich durchzudrücken, denn die Wiederaufarbeitungsverträge sind vorhanden, das Plutonium rollt an.

Es ist klar geworden, daß die Schlüsselentscheidung jene für oder gegen Wiederaufarbeitung ist. Die Plutoniumrückführung in LWR ist ein Schritt, der fast zwangsweise vollzogen

wird, wenn das Plutonium erst einmal existiert. Die eigenen Analysen der EVUs zeigen, daß unter keinen Umständen der gesamte Brennstoff wiederaufgearbeitet werden kann. Es müssen also in jedem Fall andere Lösungen gefunden werden. Die angebotenen Rückführungsstrategien für Plutonium sind mit erheblichen Unsicherheiten, vor allem der „Genehmigungsrisiken“, behaftet. Es gibt keine Grund, diese Situation durch die Produktion von immer mehr Plutonium weiter zu verschärfen. Paradoxiertweise scheint das EVU (EdF) des einzigen kommerziellen Wiederaufarbeiters (Frankreich) der Wiederaufarbeitung eher den Rücken zu kehren als andere. Die Kündigung der Verträge zwischen bundesdeutschen EVUs und der COGEMA würde bedeuten, daß die bezahlten Milliardenbeträge in den Wind geschrieben werden müßten. Eine wirtschaftliche Berechnung steht aus, die auf der anderen Seite die Einsparungen berücksichtigt. Angesichts der Unsummen, die in die MOX-Herstellung, die Plutoniumumlagerung usw. gesteckt werden müßten, ist der Ausgang keineswegs eindeutig.

Der geschlossene Brennstoffkreislauf – ein Flop

Es bedarf sicher keines Unwirtschaftlichkeitsbeweises, um die Aufgabe der Wiederaufarbeitungsverträge zu fordern. Die europäischen Plutoniumrückführungsstrategien entbehren jeder Kohärenz.

Sie bauen auf theoretischen Zukunftsvisionen auf, die politische Entscheidungen vorwegnehmen. Die Öffentlichkeit sieht sich unentwegt vor vollendete Tatsachen gestellt. Wenn die heute anstehenden Entscheidungen auf die Verdreifachung der Herstellungskapazitäten und den großflächigen Einsatz von MOX hinauslaufen, wird sich die Bevölkerung mit einem erheblich verschärften Abfallproblem konfrontiert sehen. Wiederaufarbeitung bedeutet letzten Endes auch die Direkte Endlagerung von MOX. Es ist an der Zeit, die entsprechenden Konsequenzen zu ziehen.



Hauswand in Hamburg.
Quelle: Diagonal/Sagorski

Die Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield (früher Windscale) in Großbritannien ist weltberühmt. Sie hat in ihrer langen Geschichte derart große Mengen an Schadstoffen an die Umwelt abgegeben, daß die Irische See heute das am stärksten radioaktiv verseuchte Meer der Welt ist.

Entsorgung nur auf dem Papier

Der Stellenwert dieser Anlage für die Entsorgung bundesdeutscher Atomkraftwerke war, jedenfalls bis Anfang 1989, eher gering. Bis 31. Dezember 1988 wurden insgesamt 117 Tonnen abgebrannter Kernbrennstoffe aus drei bundesdeutschen Anlagen nach Sellafield gebracht (La Hague: 2.214 Tonnen aus 16 Kraftwerken /1/). Noch kein Gramm dieses Brennstoffes wurde bisher in Sellafield wiederaufgearbeitet: Die Fabrik, die Brennstoffe aus Leichtwasserreaktoren aufarbeiten soll, ist noch im Bau (die „Thermal Oxide Reprocessing Plant“ – THORP). Zur Zeit ist nicht abzusehen, welche Rolle Sellafield in Zukunft für die Bundesrepublik spielen wird.

Genau genommen handelt es sich bei Sellafield nicht um eine einzige Anlage, sondern um einen riesigen Komplex, der Reaktoren, Abfallager und Wiederaufarbeitungseinrichtungen mit ihren Nebenanlagen umfaßt.

Schon im Jahre 1952 ging eine erste Wiederaufarbeitungsanlage in Betrieb. Sie diente ausschließlich militärischen Zwecken. 1964 folgte die Anlage B205 für den Brennstoff aus Graphit-Gas-Reaktoren (die englische Bezeichnung für diesen Reaktortyp lautet „Magnox“). B205 ist noch heute in Betrieb und ist eine zivil-militärische Zweizweckanlage.

1964 war auch der Baubeginn für die Anlage B204. Während der GGR-Brennstoff aus Uranmetall besteht, sollte B204 die Möglichkeit schaffen, auch oxidische Brennstoffe (aus Urandioxid) aufzuarbeiten. In diese Kategorie fällt der Brennstoff aus LWR ebenso wie jener der speziell britischen Reaktorlinien AGR (Advanced Gas-cooled Reactor = Fortgeschrittener gasgekühlter Reaktor, eine Weiterentwicklung des GGR-Typs) und SGHWR (Steam Generating Heavy Water Reactor = Dampferzeugender Schwerwasserreaktor, eine Nebenlinie, von der nur ein einziger Reaktor errichtet wurde). B204 war dazu bestimmt, oxidische Brennstoffe aufzuschließen und aufzulösen. Die Lösung sollte dann in die Extraktionsstufe von B205 eingespeist und in B205 weiter behandelt werden. Die Konstruktion ist also analog jener in La Hague, wo die ursprüngliche GGR-Wiederaufarbeitungsanlage UP2 durch den Anbau von HAO zur Wiederaufarbeitung von Leichtwasserreaktor-Brennstoff erweitert wurde.

B204, für einen Jahresdurchsatz von 350 Tonnen ausgelegt, wurde 1969 in Betrieb genommen und schaffte aber bis September 1973 die Aufarbeitung von nur etwa 100 Tonnen Brennstoff aus AGR und SGHWR. In diesem Monat kam es zu einer Explosion im Auflöser. 35 Arbeiter wurden mit Ruthenium-106 verseucht und bekamen z.T. sehr hohe Strahlenbelastungen ab. Die Lungendosis lag in einem Fall bei 10,23 Sievert, in zehn Fällen zwischen 0,36 und 1,55 Sievert, und in zwanzig Fällen bei 0,15 bis 0,30 Sievert (der für die Lunge gültige Grenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen liegt bei 0,15 Sievert pro Jahr). Nach diesem schweren Unfall wurde die Anlage stillge-

legt /2/. Die Wiederaufarbeitung von GGR-Brennstoff in B205 wurde fortgesetzt, bis heute wurden etwa 30.000 Tonnen durchgesetzt.

1977 wurden bei der „Windscale-Inquiry“ die Pläne für die Errichtung einer neuen kompletten Anlage für die Aufarbeitung von oxidischem Brennstoff monatelang in öffentlicher Anhörung diskutiert. Die ausführlichen Darstellungen der Wiederaufarbeitungskritiker wurden anschließend vom Tisch gewischt: Im Mai 1978 beschloß das britische Parlament mit 224 gegen 80 Stimmen den Bau der Anlage THORP. Diese sollte in der ersten Ausbaustufe 1.000 Tonnen pro Jahr durchsetzen und 1987 in Betrieb gehen /3/. Offenbar mangelte es aber von Anfang an der rechten Motivation für dieses Projekt: Der Baubeginn für die ersten Anlagenteile (Brennelementeempfang und -lagerung) erfolgte erst 1983 und 1985 begann der Bau der eigentlichen Wiederaufarbeitungsanlage.

Im gleichen Jahr wurden endlich längst überfällige Maßnahmen wirksam, um die immensen radioaktiven Ableitungen an die Umwelt zu senken.

Vor allem die Abgaben an Cäsium- und Plutonium-Isotopen hatten in den 70er Jahren gewaltige Höhen erreicht. Im „Rekordjahr“ 1975 wurden z.B. 5,24 Milliarden Becquerel Cs-137 ins Meer abgegeben, 1982 waren es immer noch 2 Milliarden Becquerel. 1985 sank dieser Wert auf 385 Billionen Becquerel Cs-137, 1986 auf 17,9 Billionen Becquerel /5/. 1987 war noch eine weitere leichte Abnahme zu verzeichnen; seither blieb das Niveau der Abgaben etwa konstant und soll erst in einigen Jahren weiter sinken, wenn neue Reinigungsanlagen in Betrieb gehen /6/. (Allerdings wird die Inbetriebnahme von THORP andererseits zu einer Erhöhung der Emissionen führen.) Eine deutliche Verbesserung von 1975 bis 1986/87 hat hier also zweifellos stattgefunden. Die jetzt erreichten „niedrigen“ Abgabewerte erscheinen aber sehr viel weniger eindrucksvoll, wenn wir uns z.B. vor Augen halten, daß die Abgaben von Cs-137 im Jahre 1986 in Sellafield immer noch knapp beim Doppelten jener von La Hague lagen, und La Hague ist keineswegs als umweltfreundliche Anlage einzustufen.

Der Betriebsbeginn von THORP hat sich mittlerweile bereits um 6 Jahre verzögert. 1987 wurde für die Inbetriebnahme das Jahr 1992 angegeben /7/; Mitte 1989 war die Rede von 1993 /8/.

Lediglich der Anlagenteil für Brennelementeempfang und -lagerung ging im August 1988 in Betrieb. Mit seiner Inbetriebnahme stehen in Sellafield insgesamt Lagerkapazitäten für 7.500 Tonnen oxidischen Brennstoff zur Verfügung, davon 4.700 Tonnen für LWR-Brennstoff /9,10/.

Als weitere Parallele zu La Hague fällt auf, daß in Sellafield radioaktive Abfälle in großen Mengen unbehandelt gelagert werden. Vor allem die Lagerung flüssiger hochaktiver Abfälle in Stahltanks hat dabei immer wieder zu Problemen geführt. So wurde z.B. 1979 ein Leck bekannt, aus dem im Verlauf von einigen Jahren über vier Milliarden Becquerel radioaktiver Stoffe ins Erdreich sickerten /11/. Die Verglasung dieser Abfälle – nach dem französischen AVM-Verfahren – soll 1990 beginnen. Die Zementierung von mittelaktiven Abfällen aus der GGR-Wiederaufarbeitung soll ebenfalls 1990 beginnen, während weitere

Anlagen zur Behandlung der Alt-Abfälle erst mit der Wieder-
aufarbeitung in THORP in Betrieb gehen sollen /4/. Insgesamt
lagern über 90 Prozent aller Abfälle, die in den rund dreißig Jah-
ren des zivilen britischen Atomprogramms angefallen sind, auf
dem Gelände von Sellafield – ein großer Teil davon in flüssiger
Form /12/.

Als maximaler Jahresdurchsatz von THORP werden zur Zeit
1.200 Jahrestonnen anvisiert. In den ersten zehn Jahren wird
mit einem Durchsatz von 6.000 – 7.000 Tonnen gerechnet /7,9/.
Die Inbetriebnahme der Anlage wird dazu führen, daß die
radioaktiven Abgaben in Umkehrung der bisherigen Trends
wieder zunehmen. An manchen Radionukliden wird THORP
sogar mehr abgeben als die heute betriebenen Anlagen. Bei
Cäsium-137 z.B. liegt der erwartete Abgabewert (bei 1.200 Jah-
restonnen Durchsatz) bei $6,7 \times 10^{13}$ Becquerel pro Jahr, das ent-
spricht fast dem Vierfachen der Abgaben von 1986. Ein Ver-
gleich mit den seinerzeit für Wackersdorf beantragten Werten
zeigt, daß die für THORP erwarteten Abgaben mit dem Abwas-
ser, je nach Nuklid schwankend, typischerweise beim 1.000 –
10.000fachen liegen. Bei den Abgaben mit der Abluft liegt
THORP bei Tritium und Kohlenstoff-14 niedriger, bei Ruthe-
nium-106 und Jod-129 deutlich höher als Wackersdorf; bei den
anderen Nukliden bestehen relativ geringe Unterschiede /13/.
Wir erinnern daran, daß Wackersdorf keine umweltfreundliche
Anlage geworden wäre.

Kasten 4:

Leukämie- und Krebsfälle in der Umgebung britischer Atomanlagen:

In den letzten Jahren wurde
eine Reihe von Untersuchun-
gen veröffentlicht, die überein
erhöhtes Vorkommen von
Krebs und Leukämie – beson-
ders bei Kindern – in der
Umgebung britischer Atom-
anlagen berichten. Die fol-
gende (unvollständige) Liste
führt einige der Ergebnisse
an.

1979: Geary und Mitarbeiter
beobachten in Lancashire
eine Verdopplung, in man-
chen Distrikten sogar eine
Verdreifachung von akuter
und chronischer myelo-
ischer Leukämie. Sie schlie-
ßen einen Zusammenhang
mit Sellafield nicht aus /15/.

1983: Das Yorkshire TV zeigt
den Film „Windscale – die
nukleare Wäscherei“ von
James Cutler, in dem über ein
ungewöhnlich hohes Auftre-
ten von Leukämie bei Kindern
aus Seascale, einem Orte
nahe Sellafield, berichtet
wird. Ein Zusammenhang mit
dem radioaktiven Abgaben
aus der Atomanlage wird ver-
mutet. Daraufhin beauftragt
der britische Gesundheits-
minister eine unabhängige
Expertenkommission unter

der Leitung von Sir Douglas
Black mit einer genaueren
Untersuchung.

1984: Der Black-Report liegt
vor und bestätigt die Darstel-
lung des Films: In Seascale
und Umgebung starben
10mal mehr Kinder an Krebs
und Leukämie als im nationa-
len Durchschnitt. Weitere
Untersuchungen werden
empfohlen /16/.

1987: Die Epidemiologin
Roman und ihre Mitarbeiter
werten alle 1972 bis 1985 regi-
strierten Leukämiefälle bei
Kindern bis zu 14 Jahren aus
dem 10 km-Umkreis des
Atomwaffenforschungszen-
trums Aldermaston und der
Waffenfabrik in Burghfield
aus. Verglichen mit der Zahl
von Krankheiten, die auf-
grund des nationalen Durch-
schnitts hätten auftreten dür-
fen, zeigt sich ein signifikanter
Anstieg, und zwar nahezu voll-
ständig verursacht durch
zusätzliche Erkrankungen bei
Kindern von 0 bis 4 Jahren:
Erwartet wurden 14,4 Fälle
von Leukämie in diesen 14
Jahren, registriert wurde die
doppelte Anzahl, nämlich 29
/17/.

1988: Das „Komitee für medizi-
nische Aspekte von Strahlung
in der Umwelt“ (COMARE) –

Der Störfall ist Normalfall

In der Vergangenheit hat es in Sellafield bereits mehrere
schwere Störfälle gegeben. Zwei Fälle wurden in den 80er
Jahren besonders bekannt:

Am 11. November 1983 wurden bis zu $1,7 \times 10^{14}$ Becquerel radio-
aktiver Stoffe – vor allem Ruthenium-106 – in die Irische See
gepumpt, was dazu führte, daß 40 Kilometer Strände für die
Öffentlichkeit gesperrt werden mußten. Der zweite Fall betraf
die Kontamination von elf Arbeitern am 5. Februar 1986 ver-
bunden mit der Freisetzung von 1,9 Millionen Becquerel Pluto-
nium in die Atmosphäre.

Es gibt keine Anzeichen dafür, daß die Kette von Pannen und
Unfällen abreißt. So wurde z.B. am 5. September 1989 eine
unbekannte Menge radioaktiver Stoffe irrtümlich in die Irische
See abgepumpt, nachdem der Tankinhalt aufgerührt worden
war, so daß abgesetzte Sedimente im Tank sich wieder in der
Flüssigkeit verteilten.

Nach einer Zusammenstellung der Umweltschutzorganisation
CORE (Cumbrians Opposed to a Radioactive Environment),
gestützt auf Veröffentlichungen der Betreibergesellschaft BNF,
haben sich seit dem 1. Januar 1978 mindestens 111 Pannen und
Unfälle in Sellafield ereignet. Dabei ist zu beachten, daß
Anfang 1982 die Meldekriterien geändert wurden: Seither muß
die BNF „kleinere“ Pannen nicht mehr bekanntgeben /14/.

eine Gruppe von Wissen-
schaftlern und Ärzten – sich-
tet und bewertet die vorlie-
genden Studien zum Leukä-
mierisiko in der Umgebung
der Atomanlage Dounreay
(Schottland). Berücksichtigt
werden alle gemeldeten Fälle
von Leukämie aus den Jahren
1968 bis 1984 bei Kindern
und jungen Erwachsenen
(0-24 Jahre). Im 25
km-Radius um die Anlage fin-
den sich 6 Fälle statt der
erwarteten 3, aber aufgrund
der geringen Anzahl besteht
die Möglichkeit, daß dieses
Ergebnis – statistisch gese-
hen – zufällig ist. Im engeren
Umkreis von 12,5 km jedoch
zeigt sich über alle Jahre ein
mehr als 3facher Anstieg, der
nicht mehr als zufällig zu wer-
ten ist /18/.

Die Befunde liegen also klar
auf der Hand: In der Nähe von
britischen Atomanlagen
erkranken vor allem Kinder
häufiger an Leukämie und
Krebs. Ob dies aber eine
Folge der Strahlung ist,
mögen die Wissenschaftler
nicht bestätigen. Eigentlich
könne es nicht sein, sagen sie
– denn die radioaktiven Abga-
ben aus den jeweiligen Anla-
gen und damit auch die Strah-
lenbelastung seien so nied-
rig, daß dadurch nach heuti-
gem Wissen über Strahlenwir-

kung kein erhöhtes Auftreten
von Krebs verursacht werden
dürfte. Eine Reihe von mög-
lichen Erklärungen wird disku-
tiert, beispielsweise der
Zufall, eine Belastung der
Eltern, Chemikalien, Viren
oder demographische Fakto-
ren.

Aber die britischen Wissen-
schaftler sind vorsichtig –
darin unterscheiden sie sich
von vielen ihrer deutschen
Kollegen – und gestehen ein,
daß wir über viele Sachver-
halte noch längst nicht genü-
gend wissen: Wie hoch war
die wirkliche Strahlenbelas-
tung? Wie groß ist tatsäch-
lich die Strahlengefährdung
für das werdende Leben und
für kleine Kinder bei chroni-
scher Belastung? Welche
grundlegenden biologischen
Vorgänge laufen bei der Ent-
stehung von Leukämie ab?
Wie verhalten sich Radionu-
klide im Körper von Kindern?

Diese Fragen sind heute weit-
gehend offen. Endgültige
Beweise stehen aus. Nach
den bisher vorliegenden
Informationen erscheint aber
die Strahlenwirkung – unter
allen möglichen Ursachen –
als eine der Hauptverdächti-
gen für das gehäufte Auftre-
ten von Krebs und Leukämie
um Atomanlagen.

Die hier zusammengestellten Daten und Analysen zeigen, daß die Wiederaufarbeitung in La Hague und Sellafield eine gefährliche und schlecht funktionierende Technologie ist.

- In beiden Anlagen ist der Störfall praktisch der Normalfall. Jedes Jahr treten zahlreiche Pannen und Unfälle auf, die auch schon zu beträchtlichen radioaktiven Abgaben an die Umwelt und zu hoher Strahlenbelastung des Personals der Anlagen geführt haben. Die Anlagen haben darüber hinaus das Potential für katastrophale Großunfälle, die weite Teile Europas radioaktiv verseuchen können.

- Die „genehmigten“ Abgaben radioaktiver Stoffe im planmäßigen Betrieb liegen bei beiden Anlagen sehr hoch. Bei den flüssigen Emissionen wird eine „Politik der langen Abwasserleitung“ betrieben - sie liegen um mehrere Größenordnungen höher als die in Wackersdorf seinerzeit beantragten Werte (wobei auch Wackersdorf eine stark umweltbelastende Anlage geworden wäre - aber das ist bereits Geschichte).

- In Sellafield wie auch in La Hague wurde bisher nur der Torso einer Wiederaufarbeitungsanlage betrieben. Die Behandlung der wichtigsten, am stärksten aktiven Abfälle fehlt in Sellafield bis heute, und ist in La Hague erst ab Mitte 1989 angelaufen. An

beiden Standorten werden große Mengen unbehandelter radioaktiver Abfälle - zum Teil in Form von Lösungen und Schlämmen - zwischengelagert.

- In La Hague wirft die Krypton-Bilanz der Anlage die ernste Frage auf, ob von der Betreiberfirma COGEMA - bewußt oder aufgrund von Meßfehlern - falsche Daten über den Umfang von radioaktiven Abgaben mit der Abluft veröffentlicht wurden.

- Die Untersuchung der industriepolitischen Aspekte zeigt, daß in dem System von Plutonium-Produktion und Weiterverarbeitungskapazität jegliche Kohärenz fehlt. Die Kapazitäten zur Plutonium-Produktion werden ausgebaut - was mit den gewaltigen zu erwartenden Mengen dann aber geschehen soll, ist weitgehend unklar. Die Atomindustrie Westeuropas ist hier in eine Situation geschlittert, die sie nicht im Griff hat.

In der westeuropäischen Atomindustrie stehen wichtige Entscheidungen, die die Zukunft für lange Zeit programmieren werden, jetzt an. Es gilt, den Dingen nicht einfach ihren Lauf zu lassen; eine offene und öffentliche Diskussion auf breiter Basis ist erforderlich - angesichts der vielfältigen internationalen Verknüpfungen nicht nur in der Bundesrepublik Deutschland.



Fußnote zu Kasten 4 / Sellafield:

Nach Redaktionsschluß dieser Ausgabe von RESTRIKO (01.01.1990) wurden Ergebnisse einer Studie bekannt, die von einem Wissenschaftlerteam des Environmental Epidemiology Unit der Universität von Southampton unter Leitung von Prof. Martin Gardner im Auftrag der britischen Regierung erstellt wurde. Nach dieser Studie erhöht sich das Risiko, daß Kinder an Leukämie erkranken, drastisch, wenn der Vater in der Zeit vor der Empfängnis einer erhöhten Strahlenbelastung ausgesetzt war.

Bei Beschäftigten in Sellafield, die in den letzten 6 Monaten vor der Empfängnis einer Dosis von 10 Millisievert oder mehr ausgesetzt waren, resultierte z.B. eine Erhöhung des Leukämierisikos für die Kinder auf das Achtfache (die zulässige Jahresdosis für beruflich strahlenexponierte Personen beträgt 50 Millisievert).

Damit ist - soweit zur Zeit absehbar - der Nachweis erbracht worden, daß das erhöhte

Auftreten von Leukämie in der Umgebung von Sellafield auf Strahlenbelastung zurückzuführen ist. Zu bezweifeln ist, ob dieser Effekt der einzige ist, der zu einem erkennbaren Anstieg der Leukämiehäufigkeit führt; es bleibt zu klären, inwieweit auch die Strahlenbelastung in der Umgebung der Anlage hier einen Beitrag leistet.

Genauer können wir an dieser Stelle noch nicht mitteilen, da die Autoren noch nicht die Gelegenheit hatten, vor Drucklegung dieser Ausgabe von RESTRIKO die Gardner-Studie näher auszuwerten.

Jedenfalls zeichnet sich ab, daß die Ergebnisse dieser Studie eine deutliche Senkung der Dosis-Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen erforderlich machen. Dies wird voraussichtlich zu sehr großen Schwierigkeiten beim Weiterbetrieb der Anlage in Sellafield, aber auch in La Hague (und an anderen Standorten) führen.

QUELLENNACHWEIS:

TEIL I

/1/ atomwirtschaft, 5/1988.

/2/ Aycoberry, C.; La situation du retraitement des combustibles irradiés en France, Vortrag (ergänzt durch Beiträge zur Diskussion) auf der Tagung „Entwicklungen im nuklearen Brennstoffkreislauf in Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland“ im Kernforschungszentrum Karlsruhe, 20./21. 11. 1989.

/3/ Delange, M.; Reprocessing of LWR Spent Fuel at La Hague 1976 – 1982, Nuclear Europe, 1/1983.

/4/ Tabelle 1 wurde gemäß Recherchen von wise-Paris und der Gruppe Ökologie Hannover aus Angaben in Reprocessing News, atomwirtschaft und anderen Zeitschriften, Aussagen in /2/ sowie unveröffentlichtem Material zusammengestellt.

/5/ atomwirtschaft, 7/1981.

/6/ Bulletin sur la sûreté des installations nucléaires (Herausgegeben vom Ministère de l'industrie et de l'aménagement du territoire, Paris), August 1988.

/6a/ Dossier des Conseil supérieur de sûreté et d'information nucléaire, 03.10.1989

/6b/ Von COGEMA mündlich und schriftlich erhaltene Informationen anlässlich einer Besichtigung von Anlagenteilen in La Hague durch Th. Einfalt und H. Hirsch, Gruppe Ökologie Hannover, am 06.12.1989.

/7/ Bulletin sur la sûreté des installations nucléaires (s./6/), Jahrgänge 1981 bis 1988.

/8/ Quinquis, S.; Le retraitement des combustibles, Departement des programmes, Secteur économie du nucléaires, GIDE, Juli 1985.

/9/ Sauer, G.; Internationale Erfahrungen mit der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen, in: Naturwissenschaftlergruppe NG-350 Marburg, Gruppe Ökologie Hannover; Bericht Wiederaufarbeitung 1, Marburg 1982.

/10/ Bulletin sur la sûreté des installations nucléaires (s./6/), Januar/Februar 1987.

/10a/ atomwirtschaft, 12/1989.

/11/ Bundestagsdrucksache 11/4849 (Entsorgungssituation der bundesdeutschen Atomanlagen) vom 21.06.1989.

/12/ Auskunft der COGEMA zu Durchsatzzahlen und Lagermengen in La Hague an M. Schneider, wise-Paris, vom 09.05.1989.

/13/ Chenevier, F. et al.; Design and Construction of the New Reprocessing Plants at La Hague, RECOD '87, S.97-102.

/14/ Lorrain, B., et al.; Dissolveur continue rotatif pour combustibles eau légère – essais du prototype, RECOD '87, S. 1471-1481.

/15/ COGEMA/Etablissement de La Hague; Bilan des rejets, 1989.

/16/ Angaben der COGEMA in der Commission spéciale et permanente d'information près de l'établissement de la Hague, 1988, zitiert nach Gazette Nucléaire 90/91, November 1988.

/16a/ Persönliche Mitteilung von Monique Sené, Mitglied der Commission spéciale et permanente d'information près l'établissement de La Hague, 08.12.1989.

/17/ Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen GmbH, Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf – Sicherheitsbericht, Hannover, Januar 1988.

/18/ COGEMA/Etablissement de La Hague; Bilan d'hygiène, de la sécurité et des conditions de travail, 1986; mit zusätzlichen Angaben für die Jahre 1986-1988, übermittelt von wise-Paris, 1989.

/19/ Conseil supérieur de la sûreté nucléaire, Ministère de la recherche et de l'industrie; Rapport du groupe de travail sur la gestion des combustibles irradiés, Paris, November 1982.

/20/ Preston, D.L. u. D.A. Pierce; The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors, Radiation Effects Research Foundation, RERF TR 9-87, 1987.

/21/ Shimizu, Y et al.; Life Span Study Report 11, Part 2, Cancer Mortality in the Years 1950-85 Based on the Recently Revised Doses (DS86), Radiation Effects Research Foundation, RERF TR 5-88, 1988.

/22/ Schmidt, M.; Die neuen Ergebnisse aus Hiroshima und Nagasaki über das strahleninduzierte Krebsrisiko, ifeu-Bericht Nr. 52, 1989.

/23/ Gespräche von Th. Einfalt und H. Hirsch, Gruppe Ökologie Hannover, mit verschiedenen Quellen in Paris, 07./08.12.1989.

/24/ Devillers, C. et al.; Safety of the New Reprocessing Plants at La Hague, RECOD '87, S. 1311-1319.

/25/ Quéniart, D., et al.; Utilisation des methodes probabilistes pour l'évaluation de la sûreté des réacteurs à eau pressurisée construits en France, Colloque international sur l'application des guides de sûreté compte tenu des problèmes de sûreté actuels, Wien, 29.10.-02.11.1984.

/26/ Hirsch, H. et al.; IAEA Safety Targets and Probabilistic Risk Assessment – State of the Art, Merits and Shortcomings of Probabilistic Risk Assessment, Bericht erstellt für GREENPEACE International, Gruppe Ökologie Hannover, August 1989.

/27/ Bulletin sur la sûreté des installations nucléaires (s./6/), Jahrgänge 1978-1989. Bei der Auflistung der Pannen und Unfälle konnte in vielen Fällen auf eine von wise-Paris anhand dieses Bulletins erstellte Liste zurückgegriffen werden.

/28/ Syndicat nationale du personnel de l'énergie atomique – CFDT; Conséquences des ruptures de la canalisation de rejet en mer des effluents de l'usine de La Hague – analyse de la CFDT, Januar 1981.

/29/ Heider, D.; Zusammenstellung der aufgetretenen Störfälle beim Wiederaufarbeitungsbetrieb in Cap de la Hague, Kerntechnische Gesellschaft, Hannover 1981.

/30/ Verschiedene Dossiers des Syndicat nationale du personnel de l'énergie atomique – CFDT zu dem Brand in La Hague am 06.01.1981, 1981.

/31/ Naturwissenschaftlergruppe NG-350 Marburg, Gruppe Ökologie Hannover; Bericht Wiederaufarbeitung 1, Marburg 1982.

/31a/ Verlautbarung des Ministère de l'industrie et de l'aménagement du territoire, Paris, über MAGNUC, 06.12.1989.

/32/ Thompson, G. et al.; Bericht der Gorleben International Review – Potentielle Unfälle und ihre Auswirkungen, in: Niedersächsische Landesregierung; Rede-Gegenrede, Band 3, Hannover 1979.

/33/ Conseil supérieur de la sûreté nucléaire, Ministère du redéploiement industriel et du commerce extérieur; Rapport du groupe de travail sur les recherches et développements en matière de gestion des déchets radioactifs, Paris, Oktober 1984.

/34/ COGEMA/Branche retraitement; Specifications of Vitrified Residues produced from reprocessing at UP2 or UP3-A La Hague Plants, Juli 1986.

/35/ Syndicat national du personnel de l'énergie atomique – CFDT; Stockage et retraitement des combustibles irradiés issus des réacteurs à eau ordinaire, 1981.

/36/ Informationsblatt der Preußenelektra, 27.10.1989.

/37/ Siehe /19/.

/38/ Kühn, K.; Wo liegen die Unterschiede zwischen Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle? Vortrag auf der Tagung „Entwicklungen im nuklearen Brennstoffkreislauf in Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland“ im Kernforschungszentrum Karlsruhe, 20./21.11.1989.

/39/ Luykx, F. u. G. Fraser; Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing plants in the European Community, Commission of the European Communities, März 1983.

Teil II

/1/ Le Nouvel Economist, 02.04.1980.

/2/ Express, 12.05.1989.

/3/ Goldschmidt, B.; Le complexe atomique, Fayard, 1980, S. 140-141.

/4/ Tabelle 1 wurde von wise-Paris aus verschiedenen Quellen zusammengestellt (Jahresberichte des CEA; Dossiers der COGEMA; Guide international de l'énergie nucléaire 1988; Zeitschrift Nuclear Fuel).

/5/ SGN; Réunion d'information du 17 Novembre 1988, Dossier, S. 8.

/6/ Nucleonics Week, 19.10.1989.

/7/ Interview des Autors mit Jean Beaufrère, stellvertretender Generaldirektor der Brennstoffabteilung der EdF, 11.05.1989.

/8/ Siehe /5/, S. 9.

/9/ Aycoberry, C.; Reprocessing in France: Situation and Prospects, RECOD '87.

/10/ VDEW; Strategieüberlegungen zur Brennelementversorgung und der Verwertung von Plutonium und wiederaufgearbeitetem Uran, Bericht an Umweltminister Töpfer, 06.10.1989.

/11/ Nuclear Fuel, 03.13.1984.

/12/ Siehe /10/, S. 16.

/13/ Nuclear Engineering International, 1/1984.

/14/ Francillon, G. u. M. Morel; Expérience acquise par FRAGEMA en matière d'utilisation des produits de retraitement pour les réacteurs à eau sous pression, Vortrag auf der Tagung „Entwicklungen im nuklearen Brennstoffkreislauf in Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland“ im Kernforschungszentrum Karlsruhe, 20./21.11.1989.

/15/ Nuclear Fuel, 21.08.1989.

/16/ Bundestagsdrucksache 11/4849 (Entsorgungssituation der bundes-deutschen Atomanlagen) vom 21.06.1989.

/17/ Siehe /10/, S. 14.

/18/ Nuclear Fuel, 01.05.1989.

/19/ Aycoberry, C.; La situation du retraitement des combustibles irradiés en France, Vortrag auf der Tagung „Entwicklungen im nuklearen Brennstoffkreislauf in Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland“ im Kernforschungszentrum Karlsruhe, 20./21.11.1989.

/20/ Nuclear Fuel, 01.05.1989.

/21/ Nuclear Fuel, 26.06.1989.

Teil III

/1/ Bundestagsdrucksache 11/4849 (Entsorgungssituation der bundes-deutschen Atomanlagen) vom 21.06.1989.

/2/ Sauer, G.; Internationale Erfahrungen mit der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen, in: Naturwissenschaftlergruppe NG-350 Marburg, Gruppe Ökologie Hannover; Bericht Wiederaufarbeitung 1, Marburg 1982.

/3/ Jahrbuch der Atomwirtschaft, 1979.

/4/ atom (Zeitschrift der United Kingdom Atomic Energy Authority), 373, November 1987.

/5/ British Nuclear Fuels plc, Health and Safety Directorate; Annual Report on Radioactive Discharges and Monitoring of the Environment 1986, 1987.

/6/ atom (s. /4/), 387, Januar 1989.

/7/ Nuclear Engineering International, 1/1989.

/8/ atom (s. /4/), 393, Juli 1989.

/9/ Nuclear Fuel, 22.08.1988.

/10/ Reprocessing News, Oktober 1988.

/11/ HM Nuclear Installations Inspectorate, Health and Safety Executive; The Leakage of Radioactive Liquor into the Ground, BNFL, Windscale, 15 March 1979, 1980.

/12/ HM Nuclear Installations Inspectorate, Health and Safety Executive; Safety Audit of BNFL Sellafield 1986, Vol. 1.

/13/ Schreiben von British Nuclear Fuels plc and CORE (Cumbrians Opposed to a Radioactive Environment), EE/87/330, vom 21.09.1987.

/14/ Auflistung von Pannen und Unfällen in Windscale/Sellafield, zur Verfügung gestellt von CORE (Cumbrians Opposed to a Radioactive Environment) 1989.

/15/ Geary, C.G. et al.; Incidence of Myeloid Leukaemia in Lancashire, The Lancet, 15.09.1979.

/16/ Independent Advisory Group; Investigations of the Possible Increased Incidence of Cancer in West Combria, HMSO, London, 1984.

/17/ Roman, E. et al.; Childhood Leukaemia in the West Berkshire and Basingstoke and North Hampshire District Health Authorities in Relation to Nuclear Establishments in the Vicinity, Brit. Med. Journ. 294, 07.03.1987.

/18/ Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE); Investigation of the Possible Increased Incidence of Leukaemia in Young People near the Dounreay Nuclear Establishment, Caithness, Scotland, HMSO, London, 1988.

VERZEICHNIS DER IM TEXT VORKOMMENDEN ABKÜRZUNGEN

AVR	Advanced Gas-cooled Reactor britischer Reaktortyp
AVM	Atelier de Vitrification Marcoule Verglasungsverfahren für radioaktive Abfälle in Marcoule
Bq	Becquerel Einheit für Aktivität: 1 Bq entspricht 1 Zerfall in der Sekunde
BNF	British Nuclear Fuels Betreiberin von Sellafield
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique Französische Atomenergiebehörde
CFDT	Confédération Française Démocratique du Travail
DWK	Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen
EdF	Electricité de France Staatlicher Elektrizitätskonzern in Frankreich
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GGR	Gas-Graphit-Reaktoren (s. Seite 8)
HAO	Haute Activité Oxide Eingangsstufe für LWR-Brennstoff
LWR	Leichtwasserreaktor
MOX	Mischoxid-Brennelemente aus Uran und Plutonium
MWe	Megawatt elektrisch (elektrische Leistung)
MWt	Megawatt thermisch (Wärmeleistung)
MWd/t	Megawatt-Tage pro Tonne Brennstoff Maßstab für die Energiemenge, die aus einer Tonne Brennstoff herausgeholt wurde
RWE	Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke
STE	Station de Traitment des Effluents Abfallbehandlung für Abwässer und Schlämme
THORP	Thermal Oxide Reprocessing Plant im Bau befindliche Wiederaufarbeitungsanlage in England
UP	Usine de Plutonium (Plutoniumfabrik)
VDEW	Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke

zur Schreibweise:

z.B. 3,7E16 bedeutet 3,7 x 10 bzw. 37.000.000.000.000.000

KORREKTURHINWEIS FÜR RESTRISIKO NR. 5

Vordere Umschlaginnenseite:

bei Abbildung 1 müssen die Halbwertszeiten folgender Nuklide korrigiert werden:

ersetze bei Am	241	432,7 d	durch	432,7 a
ersetze bei U	235	70,37 Mill. a	durch	703,7 Mill. a
ersetze bei U	238	4,468 Mill. a	durch	4,468 Mrd. a

Mill. steht für Million, Mrd. für Milliarde

Seite 9, Kasten 4:

in der Gleichung (2) muß das μ durch ein γ (sprich: Gamma) ersetzt werden.

Seite 11, Zeile 22:

${}^9\text{Be} + {}^4\text{a} \text{ also } \rightarrow {}^{12}\text{C} + {}^1\text{n}^{12}\text{C} + {}^1\text{n}$
ersetzen durch: ${}^9\text{Be} + {}^4\text{a} \rightarrow {}^{12}\text{C} + {}^1\text{n}$

Seite 22, Abbildung 4:

das Zeichen a muß jeweils durch d (Zeitangabe in Tagen) ersetzt werden.

