

# **Plutonium - powered by HEW**

**Möglichkeit der HEW zum  
Ausstieg aus der Wiede-  
raufarbeitung**

Dirk Seifert

**Herausgeber:  
Bündnis 90 / Die Grünen  
GAL-Bürgerschaftsfraktion**

September 1998

## Inhaltsverzeichnis

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | Einleitung  | S. |
| 2.     | Die Plutoniumwirtschaft   | S. |
| 2.1.   | Politische Motive der Wiederaufarbeitung  | S. |
| 2.2.   | Der Entsorgungsnachweis zum Betrieb für Atomkraftwerke                              | S. |
| 2.3.   | Ökologische und ökonomische Argumente gegen die Plutoniumwirtschaft                 | S. |
| 3.     | Die Entsorgung der HEW - Verträge und Zahlen  | S. |
| 3.1.   | Plutonium: Entstehung, Mengen und Risiken der WAA                                   | S. |
| 3.2.   | Anfall an radioaktiven Abfällen aus der WAA für HEW                                 | S. |
| 3.3.   | Genehmigungsanträge zum MOX Einsatz in Brunsbüttel und Krümmel                      | S. |
| 3.4.   | Risiken beim MOX-Einsatz in Atomkraftwerken   | S. |
| 4.     | Alternativen zum Einsatz von MOX-Brennelementen                                     | S. |
| 4.1.   | Gemeinsame Verglasung von Plutonium und hochradioaktiven flüssigen Abfällen         | S. |
| 4.1.1. | Verglasungsanlage in La Hague   | S. |
| 4.1.2. | Verglasungsanlage VEK Karlsruhe   | S. |
| 4.2.   | Endlagerung des Plutoniums ins abgebrannten Uran-Brennelementen (Brennstablagerung) | S. |
| 5.     | Kosten des MOX-Einsatzes  | S. |
| 5.1.   | Die Kostenfaktoren  | S. |
| 5.2.   | Ermittlung der Kostenunterschiede bei sofortiger Beendigung der WAA durch HEW       | S. |
| 5.3.   | MOX-Fertigung oder alternative Verfahren zur Plutoniumbeseitigung                   | S. |
| 6.     | Ergebnisse und Zusammenfassung  | S. |

**Impressum:**

Plutonium - powered by HEW, Möglichkeit der HEW zum Ausstieg aus der Wiederaufarbeitung **Herausgegeben** von der GAL-Bürgerschaftsfraktion

**Autor:** Dirk Seifert

**Bestellungen:** GAL-Fraktion, Rathausmarkt, 20095 Hamburg, Tel: 040-3681-1397/8

September 1998

## 1. Einleitung

Seit Mitte der 80er Jahre rollen Jahr für Jahr hochradioaktive Brennelemente aus den Atomkraftwerken der HEW zu den Wiederaufarbeitungsanlagen (WAA) im französischen La Hague und ins britische Sellafield. Doch was so harmlos nach Recycling klingt, stellt tatsächlich eine der größten atomaren Bedrohungen in Europa dar. Denn die verbrauchten Brennelementen werden quer durch Europa gekarrt, um am Zielort das neu in den Brennstäben entstandene Plutonium herauszutrennen. Plutoniumfabriken wäre daher der bessere Name für die Wiederaufarbeitungsanlagen.

Plutonium gehört zu den gefährlichsten Stoffen, die heute industriell in großen Maßstab hergestellt. Zunächst für die militärische Verwendung in Atombomben, seit den 70er Jahren zunehmend für die vorgeblich friedliche Nutzung der Atomenergie.

Auch die HEW mit ihren vier Atomkraftwerken Stade, Brunsbüttel, Krümmel und Brokdorf haben in den vergangenen Jahren einen Berg von Plutonium angehäuft, für den es im Grunde keine sinnvolle Verwendung gibt. Sollte einstmals das in den WAA abgetrennte Plutonium für die Schnellen Brüter (Kalkar) bereitgestellt werden, bleibt nach dem Ende dieser Technologie in Europa nur noch ein Weg übrig, den die Atomkraftwerke betreibenden Unternehmen anvisieren: die Herstellung und den Einsatz von sogenannten Plutonium-Mischoxid-Brennelementen, kurz MOX genannt.

Ende der 80er Jahre haben die HEW entsprechende Genehmigungsanträge für den Einsatz von MOX in den AKW Brunsbüttel und Krümmel (<sup>1</sup>) gestellt. Bis heute sind die Genehmigungsverfahren jedoch nicht abgeschlossen.

---

<sup>1</sup> Die AKW Brunsbüttel, Krümmel, Brokdorf und Stade werden jeweils von PreussenElektra und HEW gemeinsam in unterschiedlichen Besitzverhältnissen betrieben. HEW hat dabei die sogenannte Betriebsführerschaft für die beiden Siedewasserreaktoren Brunsbüttel und Krümmel. Sie sind damit für den Betrieb dieser Anlagen ver-

Die rot-grüne Koalition in Hamburg hat vereinbart, daß sie Alternativen zum Einsatz von MOX-Brennelementen in den HEW-Reaktoren prüfen will und sofern sich Wege zeigen, diese zu nutzen. Gelingt dies, würden zwar die Atommeiler ungehindert weiter laufen, allerdings könnten die zusätzlichen Risiken, die durch den MOX-Einsatz im Reaktorbetrieb verursacht werden, vermieden werden.

Aus diesem Grund soll im folgenden dargelegt werden, wie sich der Stand der Dinge in Sachen Plutonium der HEW heute darstellt und welche Entwicklung zu befürchten ist. Aufgezeigt werden soll dabei auch, aus welchen Gründen die HEW und andere AKW-Betreiber bis heute den Weg über die Wiederaufarbeitung gehen, obwohl die gültige Gesetzeslage (Atomgesetz) auch den Weg über die sog. "direkte Endlagerung" zuläßt, bei dem abgetrenntes Plutonium gar nicht erst anfallen würde.

Im zweiten Schritt sollen dann die möglichen Alternativen zur MOX-Herstellung und zum Einsatz in den AKW dargestellt werden.

Um eines festzuhalten: Der Verzicht auf den Einsatz von MOX in Atomkraftwerken löst nicht die unverantwortlichen Risiken der Atomenergie. Die ungelöste Entsorgung aufgrund fehlender Endlagermöglichkeiten kann dadurch ebenso wenig beseitigt werden, wie das permanente Risiko des Super-GAU. Aber mit dem Verzicht auf die weitere Plutoniumabtrennung in den WAA und dem Verzicht auf den MOX-Einsatz würden zumindest einige der größten und unsinnigsten Gefahren der Atomenergienutzung reduziert. Nicht das AKW irgendwie sinnig sind. Aber für den Betrieb dieser AKW ist es auch aus Sicht der AKW-Betreiber weder erforderlich, noch ökonomisch sinnvoll, WAA und MOX-Einsatz weiter zu betreiben. Geschieht dies dennoch, dann hat dies allein po-

---

antwortlich. PreussenElektra hingegen ist für die Druckwasserreaktoren Stade und Brokdorf zuständig. Brokdorf verfügt seit seiner Inbetriebnahme Ende 1996 über die Genehmigung zum MOX-Einsatz.

litische Gründe, auf die in dieser Studie eingegangen werden soll.

## **2. Die Plutoniumwirtschaft**

### **2.1. Politische Motive der Wiederaufarbeitung**

Die Plutoniumwirtschaft ist ein Produkt militärischer Interessen. Die USA, die damalige Sowjetunion, England und auch Frankreich benötigten für ihre Atombombenpläne Plutonium und entwickelten diesen Interessen folgend die entsprechenden Technologien zur Plutoniumerzeugung, Abtrennung und zur Herstellung von immer effektiveren Atomwaffen. Mit der Entwicklung von Technologien einer kontrollierten Kernspaltung zur Stromerzeugung entstanden in den 60er Jahren energiepolitische Szenarien, in denen das bislang ausschließlich für militärische Interessen relevante Plutonium als die Lösung aller energie-wirtschaftlichen Probleme schlechthin gesehen wurde. In den sogenannten Schnellen Brütern sollte das Plutonium als Brennstoff eingesetzt werden. Bei der in solchen Reaktoren ablaufenden Kettenreaktion würde dann in den Brennelementen neues Plutonium erzeugt, daß später - nach der Abtrennung in einer WAA - erneut als Brennstoff eingesetzt werden sollte. Doch dazu sollte es nicht kommen. Die enormen Probleme der Brüter-Technologie sorgten dafür, daß nahezu weltweit die Entwicklung schließlich aufgegeben wurde. Nach jahrelangen Auseinandersetzungen wurde Anfang der 90er Jahre das deutsche Projekt für einen Schnellen Brüter in Kalkar endgültig aufgegeben. Auch in Frankreich, oftmals als das atomare Wunderland kritisiert oder gelobt, ist der Schnelle Brüter (Super-Phenix) in Malville am Ende. Die französische Regierung hat 1997 nach einer endlosen Kette von Störfällen die Stilllegung angekündigt.

Als einzige Perspektive der Plutonium-Träume ist der Atomwirtschaft der Einsatz von MOX-Brennelementen geblieben. Obwohl weltweit die natürlichen Uranreserven ausreichend vorhanden

und für die Betreiber extrem kostengünstig sind, setzte man die Abtrennung des Plutoniums in den WAA in Frankreich und England fort. Häufigstes Argument dafür war die Schonung der Uranvorkommen. Mit dem Einsatz von Plutonium als Brennstoff für die bestehenden Atomreaktoren sollte der Verbrauch von Natururan reduziert werden.<sup>(2)</sup>

Doch ist dies ein eher vorgeschobenes Argument. Denn tatsächlich verfügen heute - nach teilweise über 20 Jahren Reaktorbetrieb - in der Bundesrepublik lediglich 12 der 19 Atomkraftwerke über eine Genehmigung zum Einsatz von MOX. Faktisch hatte der Weg in die Plutonium-Abtrennung vor allem politische Motive. Neben den außenpolitischen und militärischen Motiven der damaligen Bundesregierung hatten die schweren innenpolitischen Auseinandersetzungen um den Bau von Atomkraftwerken (Wyl, Brokdorf, Grohnde) die vollkommenen ungelöste Entsorgung des anfallenden Atommülls deutlich zu Tage gebracht. Angesichts (bis heute) fehlender Endlagermöglichkeiten forderten Gerichte, daß für den Betrieb der Atommeiler ein Nachweis über die Entsorgung des Atommülls geführt werden müsse.

Die damalige Bundesregierung (SDP/FDP) und die Ministerpräsidenten der Bundesländer einigten sich daraufhin auf einen sogenannten Entsorgungskonsens(1979/80). Seitdem ist für den Betrieb von AKWs vorgeschrieben, daß der jeweilige Betreiber nachzuweisen hat, wo der anfallende Atommüll jeweils für die nächsten sechs (!) Jahre verbleibt.

---

<sup>2</sup> „Auch der Verweis auf die Ressourcenschonung von Natururan durch die Wiederaufarbeitung ist nicht stichhaltig. Abgesehen von der fehlenden ökonomischen Begründung, Ressourcenschonung um ihrer selbst willen zu praktizieren, kann die Ersparnis von Natururan wesentlich kostengünstiger, z.B. durch Einsatz von mehr Trennarbeit bei der Anreicherung erzielt werden. Entgegen den Prognosen aus den 70er Jahren ist der Preis für Natururan seit zehn Jahren drastisch gefallen und es deutet sich auch keine Erholung an. Das Angebot aus dem ehemaligen Ostblock, den abgerüsteten Waffenarsenalen sowie Vorräten aus den 70er / 80er Jahren ist überreichlich., Dr. Ingo Hensing, in Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 4 /1995, S. 219)

## 2.2. Der Entsorgungsnachweis zum Betrieb für Atomkraftwerke

Neben den begrenzten Kapazitäten in den kraftwerkseigenen Zwischenlagern war die einzige Möglichkeit, diesen Nachweis zu erbringen, die Wiederaufarbeitung in Frankreich am Cap de la Hague. Diese Möglichkeit hatte für die AKW-Betreiber außerdem den entscheidenden Vorteil, daß sie für die aus der WAA stammenden „Wirtschaftsgüter“, Plutonium und Uran ebenso wenig einen Entsorgungsnachweis erbringen mußten, wie für die in großen Mengen anfallenden radioaktiven Abfälle. Auf diese Weise konnte die faktisch völlig ungeklärte Entsorgung einigermaßen verschleiert werden.

Ziel der Bundesregierung war es außerdem, in der Bundesrepublik einen "geschlossenen Brennstoffkreislauf" zu installieren, in dem neben der Uranbrennelementefertigung auch die Wiederaufarbeitung, MOX-Herstellung, der Einsatz Schneller Brüter und auch die sog. Zwischenlagerung des Atommülls vorgesehen war. Davon ist heute nicht mehr viel übrig: Nachdem das Entsorgungszentrum in Gorleben (WAA, Zwischenlagerung, Endlagerung) aufgrund des Widerstandes von Niedersachsens Ministerpräsident Albrecht (CDU) gestoppt worden ist, stiegen die Energieversorger 1989 aus der bereits im Bau befindlichen WAA Wackersdorf aus und orientierten sich auf die kostengünstigere Wiederaufarbeitung im Ausland. Auch die Plutoniumfabrik im hessischen Hanau hatte keine Zukunft. Aufgrund zahlreicher Störfälle legte die hessische Landesregierung die Anlagen still. Die MOX-Fertigung findet heute im Ausland statt.

Während von dem "integrierten Entsorgungskonzept" der damaligen Bundesregierung heute nichts mehr übrig geblieben ist, ist der Entsorgungsnachweis über die Wiederaufarbeitung immer noch von zentraler Bedeutung für die AKW-Betreiber. Nicht etwa, weil die HEW, PreussenElektra, RWE oder die Bayernwerke unbedingt das Plutonium aus der WAA benötigen. Im Gegenteil: Aus Kostengründen würden die Betreiber vermutlich von heute auf

morgen die WAA beenden. Das sie dennoch die WAA nicht aufgeben liegt vor allem an den innenpolitischen Auseinandersetzungen, die mit einer nationalen Entsorgung verbunden sind. Der seit Jahrzehnten anhaltende Widerstand in Gorleben und die Aktionen Anfang 1998 in Ahaus, wo die beiden einzigen Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente stehen, hat dies deutlich gemacht. Denn während seit über 10 Jahren die Atomtransporte zu den Wiederaufarbeitungsanlagen in La Hague und Sellafield weitgehend ungestört stattfinden, hat es bei den Transporten in die bundesdeutschen Zwischenlager die heftigsten Demonstrationen mit den jeweils größten Polizeiaufgeboten in der Geschichte der Bundesrepublik gegeben. Und diese Auseinandersetzungen haben den endgültigen Ausstieg aus der Atomenergie immer wieder auf die politische Tagesordnung gestellt.

Kein Wunder also, wenn die AKW-Betreiber trotz erheblich höherer Kosten bei der Wiederaufarbeitung, der Plutoniumlagerung, der MOX-Fertigung und schließlich dem MOX-Einsatz im AKW ihren Atommüll lieber still und leise ins Ausland statt in die atomaren Zwischenlager verschieben.

Auch die Anti-AKW-Bewegung hat inzwischen erkannt, daß die Atomtransporte in die WAA größere Aufmerksamkeit verdienen. Nachdem jahrelang nur einzelne Initiativen oder auch Greenpeace sich um die WAA-Transporte gekümmert hatten, haben in den vergangenen Jahren erstmals auch größere Aktionen zu diesen Transporten stattgefunden. Gleich an mehreren AKW-Standorten (Krümmel, Grafenrheinfeld, Lingen u.a.) kam es seit 1997 zu Aktionen, die bundesweite Beachtung fanden. Aktionen, die sich durch den Skandal um die vertuschten Grenzwertüberschreitungen bei Atomtransporten in die Wiederaufarbeitungsanlagen sicherlich in den nächsten Monaten noch verstärken werden.

Die Zeiten, in denen der Atommüll nahezu ungestört quer durch Europa gekarrt werden konnte, nähert sich dem Ende.

### 2.3. Ökologische und ökonomische Argumente gegen die Plutoniumwirtschaft

Die Gründe, warum die Wiederaufarbeitung als zentraler Mittelpunkt der Plutoniumwirtschaft sofort beendet werden muß, sind vielfältig.

Die Herstellung von Plutonium in den Wiederaufarbeitungsanlagen stellt nicht nur einen ökologischen Wahnsinn da, sondern ist gleichzeitig auch noch ökonomisch unsinnig. Seit der Entscheidung (1989) der Atom-Unternehmen, die in Wackersdorf geplante deutsche WAA nicht fertigzustellen, sind zahlreiche Studien und Ausarbeitungen von Landesregierungen, unabhängigen Gutachtereinrichtungen und Umweltschutzorganisationen vorgelegt worden, die sich mit den ökologischen Risiken und der ökonomischen Unsinnigkeit der Wiederaufarbeitung befassen. <sup>(3)</sup>

Die zentralen ökologischen Argumente lauten:

- Plutonium ist einer der giftigsten und radiologisch gefährlichsten Stoffe, den die Menschheit heute industriell in Großmaßstab erzeugt. Gelangt Plutonium über die Nahrung oder die Luft in den Körper, können schon kleinste Mengen Krebs erzeugen. Plutonium ist ein alpha-Strahler und seine biolo-

---

<sup>3</sup> Otto-Hug-Strahleninstitut, Strahlenexposition und -risiko sowie Sicherheit bei der sogenannten "schadlosen Verwertung" von bestrahlten Brennelementen im Ausland, Im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, 1991; Küppers, Nockenberger, Sailer: Vergleich und Bewertung der Sicherheitsanforderungen bei der Wiederaufarbeitung bundesdeutscher Brennelemente in der Bundesrepublik, Frankreich und Großbritannien, im Auftrag des Ministeriums für Soziales, Gesundheit und Energie (MSGE), Schleswig-Holstein, 1990; Gundling, Roßnagel, Rechtsprobleme einer atomaren Wiederaufarbeitung im Ausland, im Auftrag des MSGE Schleswig-Holstein, 1991; Küppers, Sailer: MOX-Wirtschaft oder die zivile Plutoniumnutzung, Risiken und gesundheitliche Auswirkungen der Produktion und Anwendung von MOX, Herausgegeben von IPPNW, 2. Aufl. 1996; Bündnis 90 - Die Grünen im Landtag Niedersachsen, Entsorgt, Ausgesorgt? Reader, 1997; Ingo Hensing u.a.: Vergleichende Studie über die Wirtschaftlichkeit des Wiederaufarbeitungspfades und der Direkten Endlagerung abgebrannter Brennelemente. Energiewirtschaftliches Institut der Uni Köln, 1994; G. Sauer: Wiederaufarbeiten, Zwischenlagern oder direkt Endlagern? In Frankfurter Rundschau, 18.2.93;

gische Wirksamkeit, d.h. seine Zerstörungskraft im Körper, ist um mindestens das 20fache größer als bei Gammastrahlern.  
(<sup>4</sup>)

- Die in Frankreich und England zugelassenen Emissionen der WAA wären nach den Vorschriften der Strahlenschutzverordnung in der Bundesrepublik z. T. nicht genehmigungsfähig (Referenz: Genehmigungswerte der geplanten WAA Wackersdorf).
- Rund 90 Prozent der künstlichen radioaktiven Belastung in Europa wird durch die WA-Anlagen verursacht. Die radioaktiven Ableitungen der WAA an die Luft und ins Wasser entsprechen teilweise etwa dem 100.000 fachen der Emissionen aller deutscher Atomkraftwerke.
- in den vergangenen Jahren häufen sich die Meldungen über erhöhte Leukämieerkrankungen in der Umgebung der Wiederaufarbeitungsanlagen.
- Bei der WAA entsteht neben Plutonium und großen Mengen Uran erheblich zusätzlicher Atommüll, der ebenfalls endgelagert werden muß. D.h. die absoluten Atommüllmengen steigen durch die WAA um das bis zu 20 Fache an.
- Ohne daß die WAA eine tatsächliche Entsorgung darstellt, werden jährlich etwa 100 Atomtransporte mit ihrer hochgefährlichen Fracht quer durch Europa gefahren. Nach dem WAA-Prozeß müssen die gesamten Mengen plus der neu entstandene Atommüll wieder in die Bundesrepublik zurück geholt werden.
- In abgetrennter Form ist das in der WAA anfallende Plutonium ohne weiteres zur Herstellung von atomaren Sprengköpfen geeignet. Damit wird es für militärische Zwecke interessant.
- bei der Plutoniumgewinnung bestehen erhebliche Probleme der Bilanzierung. Aus technischen Gründen ist es nicht möglich, sämtliche Plutoniummengen zu erfassen. Etwa 1 Prozent des Plutoniums kann dabei „verloren,“ gehen. Für die Kontrollen der Internationalen Atomenergie Organisation IAEO bzw. der europäischen Kontrollbehörde Euratom gilt erst eine Pluto-

---

<sup>4</sup> Zu den medizinischen Risiken von Plutonium: Plutonium - Reichtum und Tod, Das lebensbedrohliche Vermächtnis der Wiederaufarbeitung, Restrisiko Nr.5, Herausgeber: Greenpeace, 1989

niummenge von 8 Kilogramm als „signifikant.“<sup>(5)</sup> Diese Menge würde zum Bau von ein bis zwei Atombomben ausreichen. So werden beispielsweise in La Hague rund 800 t abgebrannter Brennelemente jährlich aufgearbeitet. Dabei entstehen also rund 8 t Plutonium. Ein Prozent davon entspricht einer Menge von 80 Kilogramm atomwaffenfähigem Plutonium, deren Verbleib nicht sicher nachgewiesen werden kann.

Die zentralen ökonomischen Argumente lauten:

- die Wiederaufarbeitung ist teurer als der nach dem Atomgesetz gleichgestellte Weg der sog. "direkten Endlagerung". Im Rahmen der "direkten Endlagerung" sollen die bestrahlten Brennelemente in Castor-Lager-Behälter verpackt, für 30 - 40 Jahre zwischengelagert (derzeit Gorleben und Ahaus) werden, bevor sie dann in ein zu errichtendes Endlager gestellt werden. Pro Tonne bestrahlter Atommüll ist die WAA um ca. 1 Mio. DM teurer als die "direkte Endlagerung".
- MOX-Brennelemente sind aufgrund der erheblich höheren Sicherheitsanforderungen bei der Herstellung deutlich teurer als herkömmlich Uranbrennelemente.

Gründe genug also, um die WAA schnellstens zu beenden. Doch ungeachtet der Frage, ob sich die AKW-Betreiber endlich aus der WAA zurückziehen: Schon heute sind enorme Mengen an abgetrennten Plutonium angefallen. So oder so, diese Mengen müssen einer Verwendung zugeführt werden, die sie in eine ökologisch möglichst unschädliche Form bringen und sie gleichzeitig dem Zugriff militärischer Interessen weitgehend entziehen. Ziel muß es also sein, Verfahren zu finden und anzuwenden, mit deren Hilfe das separierte Plutonium in eine Form gebracht wird, die es einer späteren erneuten Abtrennung weitgehend entzieht. Die Einbindung des Plutoniums in eine hochradioaktive Umgebung

---

<sup>5</sup> vgl. G. Sauer in Hessischer Landtag, 1996, S. 186 f, Zum Problem der Plutoniumherzeugung und der Überwachung der vorhandenen Mengen siehe ausführlich: Dr. Helmut Hirsch, Plutonium-Pfade und Bombenbau, in

würde dies ermöglichen. Außerdem würde eine solche Plutonium-Bindung den Vorteil haben, daß damit langfristig lagerbare Endprodukte erzeugt werden und damit die Endlagerung des so verpackten Plutoniums möglich wäre. Durch eine entsprechend hohe Radioaktivität, in der das Plutonium eingebunden wird, könnte dieses nur in einer Wiederaufarbeitungsanlage wieder abgetrennt werden. Der technische Aufwand, dies zu tun, ist erheblich. Erstmal in ein Endlager eingebracht, würde das spätere Wiederaufschließen dieses Lagers, um das Plutonium für militärische Interesse erneut nutzbar zu machen, kaum unentdeckt bleiben können. Zahlreiche Staaten sind aufgrund vorhandener Satellitentechnik und ihrer Geheimdienste ohne weiteres in der Lage, ein solches Endlager zu überwachen. Eine solche Politik würde also von der Weltöffentlichkeit schnell erkannt werden.

Außerdem würde das jetzt in Pulver vorliegende Plutonium in eine zählbare Menge (von Glasbehältern oder MOX-Stäben) gebracht. Durch die Einbindung in eine hochradioaktive Matrix und die Einbringung in ein (bis heute nicht absehbares) Endlager könnte die Menge also auch leichter überwacht werden.

### **3. Die Entsorgung der HEW - Verträge und Zahlen**

Die HEW haben für ihre AKW Krümmel und Brunsbüttel Verträge zur Wiederaufarbeitung mit den WAA in La Hague und Sellafield vereinbart. Hinzu kommt, daß das AKW Krümmel heute seine Entsorgung auch über die Zwischenlagerung in Gorleben und Ahaus nachweist. Für insgesamt 832 abgebrannte Brennelemente wird der Entsorgungsnachweis über die Zwischenlagerung geführt. Betrachtet man die gesamte Menge der zu entsorgenden abgebrannten Brennelemente aus dem AKW Krümmel, so ist festzustellen, daß die Wiederaufarbeitung nur noch einen Anteil von rund einem Drittel am Entsorgungsnachweis hat. Zweidrittel sind schon

heute auf die sog. „Direkte Endlagerung„ umgestellt.<sup>(6)</sup> Zusammen mit dem alten WAA-Vertrag (Sellafield) kann das AKW Krümmel derzeit die Entsorgung bis zum Jahr 2009 nachweisen.

Bei den Verträgen zur Wiederaufarbeitung müssen die sogenannten Alt- und die Neu-Verträge unterschieden werden. Bereits bis zur Entscheidung, die WAA in Wackersdorf nicht zu bauen (1989), hatten die bundesdeutschen AKW-Betreiber Verträge mit den WAA in Sellafield und La Hague abgeschlossen. Dies sind die sogenannten Alt-Verträge. Nach der Aufgabe von Wackersdorf mußten die Betreiber neue Verträge abschließen. Wichtigste Unterschiede dieser Verträge sind, a.) daß die Neuverträge preislich günstiger sind, als die Alt-Verträge und b.) daß es bei den alten Verträgen keine Kündigungsklauseln gibt. Die einzige Möglichkeit, diese Verträge zu stornieren besteht darin, den vollen Preis für die vereinbarten Mengen zu zahlen, auch wenn nichts mehr nach La Hague oder Sellafield geliefert wird. Bei den Neu-Verträgen sind mehrstufige Kündigungsklauseln vereinbart. Bis Anfang 1995 konnten diese Verträge bei einer Vertragsstrafe von 15 Prozent der vereinbarten Mengen gekündigt werden. Ab diesem Zeitpunkt erhöht sich die Vertragsstrafe jährlich um einen bestimmten Prozentanteil.

HEW verfügen heute lediglich für das AKW Brunsbüttel über einen sogenannten WAA-Neuvertrag. Dieser beläuft sich auf eine Menge von 56 t abgebrannter Brennelemente und ist mit der WAA La Hague geschlossen. Der Rest sind Alt-Verträge.

Folgende Mengen bestrahlter Brennelementen sollen von den HEW insgesamt zu den Wiederaufarbeitungsanlagen transportiert werden<sup>(7)</sup>.

|     |        |      |
|-----|--------|------|
| AKW | Cogema | BNFL |
|-----|--------|------|

<sup>6</sup> Die HEW haben in Absprache mit PreussenElektra den sog. WAA-Neuvertrag für Krümmel mit der WAA Sellafield Ende 1994 gekündigt und – in Absprache mit der in Schleswig-Holstein zuständigen Atomaufsicht – die Entsorgung auf die „direkte Endlagerung„ umgestellt.

<sup>7</sup> vgl. Schriftliche Kleine Anfrage in der Hamburger Bürgerschaft, Drucksache 16/168, 19.12.1997

|             |  |          |
|-------------|--|----------|
| Brunsbüttel | 309 t SM (davon 56 t SM im Rahmen eines Neuvertrages mit Cogema) | 0        |
| Krümmel     | 246 t SM   | 111 t SM |

Von dieser Gesamtmenge, die die HEW mit den Betreiber der WAA insgesamt vereinbart haben, sind bis Ende 1997 folgende Mengen bereits dorthin transportiert worden:

| AKW         | Cogema   | BNFL    |
|-------------|----------|---------|
| Brunsbüttel | 251 t SM | 0       |
| Krümmel     | 246 t SM | 30 t SM |

Somit werden in den kommenden Jahren noch folgende Mengen zu den Anlagen in La Hague und Sellafield transportiert werden:

| AKW         | Cogema  | BNFL    |
|-------------|---------|---------|
| Brunsbüttel | 58 t SM | 0       |
| Krümmel     | 0 t SM  | 81 t SM |

Insgesamt haben die HEW für die AKW Brunsbüttel und Krümmel also 666 t bestrahlter Brennelemente für die Wiederaufarbeitung vorgesehen. Davon sind bereits insgesamt 527 t Brennelemente dorthin geliefert worden. Weitere 139 t Brennelemente, also rund ein Viertel der vorgesehenen Gesamtmenge, werden noch ihre Reise quer durch Europa antreten (wenn nichts dazwischen kommt).

Das AKW Krümmel kann damit (zuzüglich der direkten Endlagerung) einen Entsorgungsnachweis bis zum Jahr 2009 führen. Ebenfalls bis zum Jahr 2009 kann das AKW Brunsbüttel den Nachweis zur Entsorgung führen.

### 3.1. Plutonium: Entstehung, Mengen und Risiken der WAA

Während des Einsatzes von Uran-Brennelementen in Atomreaktoren findet ein Umwandlungsprozeß statt, durch den Plutonium erzeugt wird. Jährlich werden in den Atomkraftwerken rund 30 Tonnen verbrauchter Brennelementen erzeugt. Diese Brennelemente werden zunächst für etwa drei Jahre in den internen Lagerbecken der Atommeiler geparkt. Während dieser Zeit wird ein Teil der enormen Radioaktivität abgebaut. Erst dann können die Brennelemente in die sog. Castorbehälter<sup>(8)</sup> verpackt und zu den Wiederaufarbeitungsfabriken geschickt werden. Dort angekommen, werden die Brennelementen aus den Behältern geladen und lagern meist für noch mehrere Jahre in den Becken der WAA. Während der dann folgenden eigentlichen Wiederaufarbeitung wird das Plutonium, das nach dem Reaktoreinsatz etwa ein Prozent des Brennelement beträgt<sup>(9)</sup>, chemisch herausgetrennt und in Spezialbehältern verpackt gelagert.

Bei der weiteren Betrachtung der anfallenden Plutoniummengen ist zu berücksichtigen, daß nicht jedes Plutoniumisotop spaltbar ist. Die AKW-Betreiber haben sich daher angewöhnt, ihre Mengenangaben lediglich auf den spaltbaren Anteil zu beziehen. Während in einem abgebrannten Brennelement also rund 1 Prozent Plutonium enthalten sind, beträgt der tatsächlich spaltbare Anteil nur ca. 0,6 Prozent Plutonium. Mit der Bezeichnung „fiss“ wird angegeben, daß es sich um spaltbares Plutonium handelt. Hinzuweisen ist aber darauf, daß die toxischen Auswirkungen des Plutoniums sich nicht um diese Unterscheidung kümmern. Auch das nicht spaltbare Plutonium ist hochgradig gefährlich für den Menschen. Und für die Frage, wie die vorhandenen Plutoniummengen am zweckmäßigsten „beseitigt“ werden

---

<sup>8</sup> Tatsächlich sind die meisten Behälter gar keine Castoren. Die AKW Brunsbüttel und Krümmel benutzen meist englische und französische Behältertypen, nämlich entweder sogenannte TN (Trans Nuclear) oder auch NTL (Nuclear Transport Limited) – Behälter. Diese sind überwiegend für Transporte ausgelegt. Castorbehälter sind in Deutschland entwickelte Behälter, die vor allem zu den Zwischenlagern Ahaus und Gorleben eingesetzt werden und für die langfristige Lagerung konzipiert worden.

<sup>9</sup> Ein Brennelement der AKW Brunsbüttel und Krümmel wiegt etwa 180 Kilogramm. Ein Prozent davon sind also 1,8 Kilogramm Plutonium. Zur Herstellung eines MOX-Brennelements für diese AKW werden bei einer Anreicherung von rund 5 Prozent also rund 9 Kilogramm Plutonium benötigt. Brennelemente für Druckwasserreaktoren (Brokdorf, Stade) sind schwerer als Siedewasserbrennelemente und enthalten daher mehr Plutonium.

können, ist daher die absolute Menge des Plutoniums zu berücksichtigen.

Im folgenden werden jedoch zunächst (wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt) ausschließlich die spaltbaren Plutoniummengen (Pu fiss) angegeben, da nur hierfür eindeutige Zahlen vorliegen.

Aus den zur WAA gelieferten Mengen bestrahlter Brennelemente ergeben sich also die Plutoniummengen:

Plutonium aus den WAA-Verträgen der AKW Brunsbüttel und Krümmel insgesamt:

| AKW         | Cogema             | BNFL               |
|-------------|--------------------|--------------------|
| Brunsbüttel | 1,6 t SM Plutonium | 0                  |
| Krümmel     | 1,2 t SM Plutonium | 0,7 t SM Plutonium |

Ende 1997 waren für die HEW folgende Mengen abgetrennten Plutoniums abgefallen:

| AKW         | Cogema             | BNFL |
|-------------|--------------------|------|
| Brunsbüttel | 0,8 t SM Plutonium | 0    |
| Krümmel     | 0,7 t SM Plutonium | 0    |

Zukünftiger Anfall von abgetrennten Plutonium der HEW:

| AKW                         | Cogema             | BNFL |
|-----------------------------|--------------------|------|
| Brunsbüttel <sup>(10)</sup> | 0,8 t SM Plutonium | 0    |

<sup>10</sup> Anzunehmen ist, daß aus dem WAA-Neuvertrag für das AKW Brunsbüttel kein Plutonium mehr abgetrennt werden soll und dieser Vertrag nur zur (ausländischen) Zwischenlagerung dient. Dafür sprechen die Aussagen des damaligen Hamburger Umweltsenators Vahrenholt, der während einer Umweltausschußsitzung erklärt hat, daß es im Rahmen der Neuverträge zur WAA keine weitere Plutoniumseparation geben soll. Zwar haben weder Vahrenholt noch die HEW jemals öffentlich dazu Stellung genommen, ob dies zutrifft. Aber das wäre angesichts der französischen Rechtslage, nach der die Lagerung von ausländischem Atommüll nur zum Zwecke der Wiederaufarbeitung zulässig ist, nur zu verständlich. Jedenfalls haben auch andere AKW-Betreiber damals entsprechende Verhandlungen mit der Cogema geführt. Die Stadt München, Mitbetreiber des AKW Isar II, nutzt Cogema schon seit Anfang der 90er Jahre praktisch nur noch als Zwischenlager. vgl. Drucksache 15/2832 vgl. außerdem: Dr. Hans-Ulrich Fabian, Vorstandsmitglied von PreussenElektra und Mitbetreiber der AKW Brokdorf, Stade, Brunsbüttel und Krümmel, in einem Vortrag auf der Jahrestagung Kerntechnik 1995 in Nürnberg: "Die Neuverträge müssen nur dann bedient werden, wenn der zugehörige Brennstoff die Vertragsdefinition "Fuel due for reprocessing" erfüllt, d.h., wenn das daraus resultierende Pu wiederverwertet werden kann." (Handschriftlich durchgestrichen im Manuskript, offenbar vom Autor.) Außerdem kündigte er an, daß bei den

|        |                    |                    |
|--------|--------------------|--------------------|
| Krümme | 0,5 t SM Plutonium | 0,7 t SM Plutonium |
|--------|--------------------|--------------------|

Insgesamt werden die HEW am Ende der Wiederaufarbeitung also über 3,5 t Plutonium (fiss) verfügen. Davon sind bis heute 1,5 t Plutonium angefallen, 2 Tonnen werden erst noch anfallen. Während also von den HEW-AKW schon fast 80 Prozent der vereinbarten Vertragsmenge nach La Hague und Sellafield geliefert worden sind, wurden bis heute noch nicht einmal 50 Prozent (ca. 262 t SM) der Brennelemente tatsächlich aufgearbeitet. Dies macht deutlich, daß die Wiederaufarbeitungsanlagen auch eine wichtige Funktion zur Zwischenlagerung haben. Würden also von heute auf morgen die Verträge zur Wiederaufarbeitung beendet (und sämtliche Brennelemente zurückgeholt werden), so könnte der Anfall von immerhin 2 t Plutonium verhindert werden!

Berücksichtigt man, daß die genannten Zahlen „nur“ den spaltbaren Anteil des Plutoniums darstellen, so läßt sich folgendes feststellen:

Bezogen auf eine Menge von 666 t SM sollen 3.5 t spaltbares Plutonium anfallen. Dies würde einem spaltbaren Anteil von 0,525 Prozent entsprechen. Geht man jedoch davon aus, daß aus dem WAA-Neuvertrag (56 t SM bei Cogema) des AKW Brunsbüttel gar kein Plutonium mehr anfallen wird, so reduziert sich die zu betrachtende Menge an abgebrannten Brennelementen auf 610 t SM. In diesem Fall betrüge der Fiss-Anteil insgesamt 0,573 Prozent der Gesamtmenge. Unterstellt man nun, daß der gesamte Plutoniumanteil ein Prozent der Gesamtmenge ausmacht, dann sind folgende Plutoniummengen insgesamt zu erwarten:

---

laufenden Verhandlungen mit der Cogema eine stärkere Flexibilisierung der Neuverträge erreicht werden solle, um insbesondere die Verträge hinsichtlich der Pu-Recyclierung anzupassen. Außerdem soll erreicht werden, " die WA-Verträge zur langfristigen Zwischenlagerung zu nutzen. Anstelle der WA könnte dann auch eine endlageregerechte Konditionierung beim Wiederaufarbeiter treten., Dr. H.-U. Fabian, Die Entsorgung deutscher Kernkraftwerke, JTK 1995, Manuskript S. 12

Plutoniummengen der HEW bezogen auf 610 t SM, bei einem Prozent Anteil Plutonium insgesamt (Spaltbar plus nicht spaltbar)<sup>(11)</sup>:

|                            | Pu fiss (0,573%) | Insgesamt |
|----------------------------|------------------|-----------|
| Gesamt:                    | 3,5 t SM         | 6,1 t Pu  |
| <b>bereits abgetrennt:</b> |                  |           |
| Brunsbüttel                | 0,8 t SM         | 1,40 t Pu |
| Krümmel                    | 0,7 t SM         | 1,22 t Pu |
| <b>noch abzutrennen:</b>   |                  |           |
| Brunsbüttel                | 0,8 t SM         | 1,40 t Pu |
| Krümmel                    | 1,2 t SM         | 2,09 t Pu |

Geht man von einem Gesamt-Plutoniumgehalt der abgebrannten Brennelemente von rund einem Prozent aus, dann ergibt das eine Menge von insgesamt 6 t Plutonium (6.000 Kilogramm!), die insgesamt aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente auf das Konto der HEW gehen werden. Angesichts der enormen Risiken eine schier atemberaubende Menge.

### 3.2. Anfall an radioaktiven Abfällen aus der WAA für HEW

Allerdings wird aus der Wiederaufarbeitung nicht nur das Plutonium von den AKW-Betreibern zurückzunehmen sein. Während des WAA-Prozesses fallen auch verschiedene Arten von radioaktiven Abfällen in großen Mengen an. Auch für diese Abfälle besteht die Verpflichtung zur Rücknahme. Nach Angaben des Hamburger Senats werden für die HEW folgende Abfallmengen insgesamt anfallen.

Abfälle aus der WAA abgebrannter Brennelemente aus den AKW  
Krümmel und Brunsbüttel:<sup>(12)</sup>

<sup>11</sup> Tatsächlich dürfte die gesamte Plutoniummenge etwas kleiner sein, da Siedewasser-Brennelemente durchschnittlich eine geringeren Abbrand erreichen und daher weniger Plutonium enthalten ist. Angaben der HEW liegen zum Gesamt-Plutonium jedoch nicht vor.

<sup>12</sup> vgl. Schriftliche Kleine Anfrage in der Hamburger Bürgerschaft, Drucksache 15/2655, 27.1.1995

| Anlage         | Kokillen (HAW) | sonst. wärmeerzeugende Abfälle (MAW) | nicht wärmeerzeugende Abfälle (LAW) |
|----------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| KKB Cogema     | 39 m3          | 270 m3                               | 1380 m3                             |
| KKK Cogema     | 26 m3          | 180 m3                               | 920 m3                              |
| KKK BNFL       | 16 m3          | 150 m3                               | 850 ,3                              |
| <b>GESAMT:</b> | <b>81 m3</b>   | <b>600 m3</b>                        | <b>3150 m3</b>                      |

HAW: High Active Waste, MAW: Middle Active Waste, LAW: Low Active Waste

Laut Betreiberangaben (<sup>13</sup>) wiegt eine Kokille der hochradioaktiven Abfälle (HAW) ca. 490 Kg und enthält ca. 150 Liter Glas. Demnach müssten die HEW bei vollständiger Abarbeitung der WAA-Verträge insgesamt allein 540 Kokillen hochradioaktiver Abfälle zurücknehmen. Davon sind durch die Aufarbeitung von 262 t SM bereits 232 Kokillen angefallen. Würde die Menge von 348 t SM ebenfalls noch aufgearbeitet würden also noch 308 Kokillen zusätzlich anfallen. Für die Lagerung dieser Abfälle in der Bundesrepublik fallen zusätzliche Kosten an.

### **3.3. Genehmigungsanträge zum MOX Einsatz in Brunsbüttel und Krümmel**

Betrachten wir nun zunächst den von den HEW trotz der o.g. erheblichen Preisunterschiede zu Lasten der MOX-Strategie verfolgten Pläne.

Schon seit Ende der 80er Jahre haben die HEW bei der zuständigen Genehmigungsbehörde in Schleswig-Holstein, dem Ministerium für Finanzen und Energie (MFE) entsprechende Anträge zum MOX-Einsatz gestellt. Das Atomgesetz betrachtet den MOX-Einsatz als „wesentliche Änderung„ einer Atomanlage und ist daher genehmigungspflichtig.

<sup>13</sup> H. Krinninger, W. Kunz u.a., Rückführung verglaster Hochaktiv-Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich, in: Jahrestagung Kerntechnik 1996m Tagungsbericht, S. 320ff

Das Genehmigungsverfahren für das AKW Brunsbüttel war bereits 1991 so fortgeschritten, daß ein Erörterungstermin schon angesetzt war. Während der vorhergehenden öffentlichen Auslegung der Antragsunterlagen hatten über 20.000 Menschen gegen den MOX-Einsatz in Brunsbüttel Widerspruch erhoben. Doch zu dem Erörterungstermin kam es nicht. Wenige Tage zuvor hatte das Kieler Ministerium ein Störfallszenario ermittelt, daß die HEW bei dem für die Auslegung der Antragsunterlagen erforderlichen Sicherheitsbericht nicht berücksichtigt hatten und das bei einem Störfall erhebliche Auswirkungen auf die Umgebung der Anlage hätte haben können. Das MFE sagte daraufhin den Erörterungstermin ab. Seitdem ruht das Genehmigungsverfahren und bis heute ist nicht absehbar, daß das Verfahren wieder aufgerollt wird.

Auch für das AKW Krümmel liegt seit Ende der 80er Jahre ein entsprechender Antrag der HEW auf dem Tisch des MFE. Nach dem gescheiterten Erörterungstermin in Brunsbüttel ruhte auch das Krümmelverfahren für einige Jahre. Erst im Spätsommer letzten Jahres (1997) zeichnete sich ab, daß die HEW auf die Fortsetzung des Genehmigungsverfahrens drängten.

Einer der Gründe, der die HEW zur Wiederaufnahme des Krümmel-Verfahrens getrieben haben mag, dürfte gewesen sein, daß mit der MOX-Fabrik im französischen Cadarache „endlich“ eine Anlage vorhanden war, die zur Herstellung von MOX-Brennelementen überhaupt in der Lage war. Denn die einzige deutsche MOX-Fabrik im hessischen Hanau war 1992 von der rot-grünen Landesregierung nach zahlreichen Störfällen stillgelegt worden. Auch die fast fertige neue MOX-Anlage in Hanau war davon betroffen. Aufgrund der entschlossenen Haltung der hessischen Landesregierung, die hochgefährliche Plutoniumverarbeitung zu verhindern, mußte der Betreiber der MOX-Fabrik, die Siemens AG, 1995 einsehen, daß es für diese Technik keine Zukunft geben würde. Siemens zog die Konsequenzen und gab das Projekt MOX in Hanau endgültig auf.

Der Ausfall der MOX-Fertigung in Hanau seit 1992 sorgte natürlich auch dafür, daß die entsprechenden Anträge der HEW nicht konsequent weiterverfolgt wurden, da unklar war, wie und ob es überhaupt Alternativen zur MOX-Herstellung gab. Es gab zwar in Frankreich und Belgien entsprechende Fabriken<sup>(14)</sup>, die jedoch insgesamt viel zu geringe Produktionskapazitäten hatten. Diese Situation änderte sich erst, als im französischen Marcoule eine weitere MOX-Fabrik in Betrieb genommen wurde. Die Anlage im französischen Cadarache, in der heute der damalige Chef der Hanauer Plutoniumfabriken als Leiter fungiert, ist seitdem ausschließlich für die Herstellung von MOX-Brennelementen für deutsche Kunden vorgesehen. Die Kapazität dieser Anlage beträgt derzeit 35 t MOX-Brennstoff pro Jahr.

Wie schon bei der Wiederaufarbeitung haben die deutschen AKW-Betreiber also das atomare Risiko ins Ausland verlagert.

Möglicherweise aufgrund dieser Vorgänge bemühen sich die HEW also wieder verstärkt um die Genehmigung zum MOX-Einsatz im AKW Krümmel. Dabei entsteht der Eindruck, daß die HEW einen MOX-Einsatz in Brunsbüttel aufgegeben haben.

Allerdings bleibt das agieren der HEW in Sachen MOX-Einsatz in Krümmel bis heute widersprüchlich. War lange Zeit vorgesehen, einen Anteil von maximal 52 Prozent MOX-Brennelemente in den Reaktorkern zu stellen, so haben die HEW diesen Anteil auf inzwischen 25 Prozent reduziert. Manche vermuten, daß diese Reduzierung mit der Hoffnung verbunden war, dadurch um ein öffentliches Genehmigungsverfahren in Krümmel herumzukommen. Denn die Reaktorsicherheitskommission, das Beratergremium der Bundesumweltministerin in nahezu allen technischen Fragen hatte bei einer Überschreitung von 30 Prozent MOX im Reaktorkern

---

<sup>14</sup> Die MOX-Brennelemente, die im AKW Brokdorf eingesetzt werden, stammen beispielsweise aus der belgischen Fabrik in Dessel.

ein öffentliches Genehmigungsverfahren für erforderlich erklärt. Diesen Wert haben die HEW jetzt unterschritten.

Allerdings hatte die rot-grüne Landesregierung in Kiel schon zuvor erklärt, daß sie in jedem Fall auf ein Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung bestehen werden.

Der MOX-Einsatz stellt die HEW jedoch vor ganz andere Probleme: Derzeit sind alle Betreiber von Atomkraftwerken intensiv bemüht, die Abbrandzeiten der Uran-Brennelemente deutlich zu erhöhen. Das heißt, sie wollen mehr Energie aus den Brennelementen gewinnen.

Ein verstärkter Einsatz von MOX erschwert jedoch die Bemühungen um eine höhere Ausnutzung der Uranbrennelemente <sup>(15)</sup>. Je mehr MOX im Reaktor ist, desto weniger Hochabbrand-Brennelemente können in den Reaktor. Damit durchkreuzt MOX zusätzlich die Wirtschaftlichkeit der AKWs, wie sie von den Betreibern angestrebt wird.<sup>(16)</sup> Die Reduzierung des MOX-Anteils im Reaktor auf 25 Prozent liegt daher im eigenen Interesse der HEW, da sie so die wirtschaftlichen Probleme einigermaßen begrenzt.<sup>(17)</sup>

Vor diesem Hintergrund dürften die HEW also nur ein gemäßigtes Interesse am MOX-Einsatz haben. Allerdings bleibt die Frage, was statt dessen mit dem vorhandenen Plutonium geschehen soll, wenn es nicht durch den erneuten Reaktoreinsatz in einen Zu-

---

<sup>15</sup> Zu den grundsätzlichen technischen und sicherheitstechnischen Problemen beim gleichzeitigen Einsatz von MOX und Uran im Reaktor vgl. Gruppe Ökologie Hannover, U. Fink, H. Hirsch, Einsatz von plutoniumhaltigen Mischoxid-Brennelementen in Leichtwasserreaktoren, im Auftrag von Greenpeace International, 1991.; vgl. Öko-Institut Darmstadt 1992, S. III-17 f

<sup>16</sup> Hintergrund für die Bemühungen um höhere Abbrände bei den Uranelementen ist neuerdings auch der zunehmende Wettbewerb auf den internationalen Strommärkten. Der Konkurrenzdruck wird sich in den nächsten Jahren weiter verstärken. Schon heute sind die AKW-Unternehmen mit einer Vielzahl von Maßnahmen bemüht, die vergleichsweise hohen Betriebskosten für AKWs weiter zu senken. Dazu zählen neben der Abbranderhöhung auch die Verkürzung der Revisionszeiten, die Vermeidung wiederkehrender Prüfungen etc.

<sup>17</sup> Auch in Frankreich bestehen diese Probleme. Greenpeace zitiert einen Vertreter des staatlichen Strommonopolisten EDF mit den Worten: „Wir sehen, daß wir umso mehr Probleme haben, je höher der Abbrand und je höher der Anteil an Plutonium-Brennstoff ist.“, Zitiert nach: Wackersdorf ist tot - es lebe La Hague, Restrisiko Nr. 6, S. 31, HG Greenpeace, 1990

stand gebracht wird, in dem es nur mit sehr aufwendiger Technik für militärische Interessen verfügbar gemacht werden kann.

#### **3.4. Risiken beim MOX-Einsatz in Atomkraftwerken**

Zusätzlich zu den unverantwortlichen Risiken bei der Atomenergienutzung werden diese durch MOX-Einsatz abermals erhöht. Für den Betrieb eines AKW ist die Steuerung und Moderation des Neutronenflusses von entscheidender Bedeutung, um sowohl eine unkontrollierte Kettenreaktion oder auch eine unbeabsichtigte Unterbindung der Kettenreaktion zu verhindern. MOX-Brennelemente erschweren aber aufgrund ihrer neutronenabsorbierenden Eigenschaften die Steuerung und reduzieren die Wirksamkeit der Neutronenabsorber gegenüber Uran. Da die Wirkung der Neutronenabsorberstäbe, die den Neutronenfluß im Reaktor regeln, nachläßt, wird beispielsweise in Frankreich die Anzahl dieser Stäbe erhöht. Außerdem wird der Einsatz von Borsäure erhöht, mit dessen Hilfe ebenfalls der Neutronenfluß reguliert wird.

Hinzu kommt, daß MOX-Brennelemente eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit haben als Uranelemente. Dadurch werden Maßnahmen erforderlich, um zu große lokale Temperaturerhöhungen im Reaktorkern zu vermeiden. Weitere Folgen des MOX-Einsatzes ließen sich anführen (vgl. Fußnote 15).

Wichtig ist jedoch außerdem, daß eine Strategie des MOX-Einsatzes mit der Absicht, daß abgetrennte Plutonium in eine Form zu bringen, die es vor militärischen Interessen abschirmt, den Weiterbetrieb der Atomanlagen erfordert. Abgesehen davon, daß die AKW-Betreiber durch die Wiederaufarbeitung ihrer abgebrannten Brennelemente erst dafür sorgen, das für militärische Interessen begehrten Plutonium zu erzeugen, bedeutet der MOX-Einsatz eine Verlängerung der atomaren Risiken durch den AKW-Betrieb.

Zu berücksichtigen ist dabei, daß bis heute der MOX-Einsatz in den bundesdeutschen AKWs von den Betreiber nur zögerlich angegangen wird (<sup>18</sup>). Von den derzeit 19 in Betrieb befindlichen AKW verfügen heute lediglich 12 über eine entsprechende Genehmigung für den MOX-Einsatz. Drei Anlagen, darunter das AKW Stade, sollen erst gar nicht auf den MOX-Einsatz vorbereitet werden. Von den 12 Anlagen, die MOX einsetzen dürften, haben erst neun Anlagen (<sup>19</sup>) von der Genehmigung Gebrauch gemacht. Hinzu kommt, daß fast keine Anlage, die überhaupt MOX eingesetzt hat, bislang die genehmigte Grenze ausgeschöpft hat. Zwar muß eingeräumt werden, daß bis 1996 nur ungenügende Fertigungskapazitäten vorhanden waren. Aber auch die enormen Kosten der MOX-Fertigung tragen einen erheblichen Anteil daran, daß die AKW-Betreiber nur zögerlich und vorsichtig MOX einsetzen. Daß es überhaupt dazu kommt liegt wohl im wesentlichen daran, daß die Betreiber zumindest ansatzweise zeigen wollen, daß die vielbeschworene Verwertung des Plutoniums aus der WAA machbar ist.

#### **4. Alternativen zum Einsatz von MOX-Brennelementen**

Für eine Menge von 3,5 Tonnen bei vollständiger Wiederaufarbeitung der von den HEW mit den Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield und La Hague derzeit vereinbarten Mengen abgebrannter Brennelemente muß eine alternative Form der Behandlung gefunden werden. Unternehmen die HEW sofort Schritte, gegen die weitere Abtrennung des Plutoniums, so müßte eine solche Lösung nur für eine Menge von 1,5 t spaltbares Plutonium (bzw. maximal 2,62 t Plutonium insgesamt) gefunden werden. Dies ist die Menge, die bereits heute in abgetrennter Form in der WAA in La Hague auf Kosten der HEW gelagert werden. Würden die HEW also heute aktiv, so könnten noch mehr als 50 Prozent des aufgrund

---

<sup>18</sup> Die Atomgemeinde beurteilt dies natürlich anders. Trotz des argen Mißverhältnisses von bereits separierten und künftig anfallenden Plutoniums gegenüber der heute bereits zu MOX verarbeiteten Menge vergleichen sich die Betreiber gern im internationalen Rahmen. Dort sieht die Rückführungsbilanz in der Tat noch schlechter aus.

<sup>19</sup> Stand Dezember 1997, vgl. Entsorgung abgebrannter Brennelemente aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland, erstellt von der Gesellschaft für Reaktorsicherheit GRS, Ergebnisse der Länderumfrage

der WAA-Verträge insgesamt anfallenden Plutoniums vermieden werden.

Im folgenden sollen zwei Varianten vorgestellt werden. Für die Auswahl dieser Varianten ist deren technische Möglichkeit und vor allem ihre Funktion zur sicheren Einbindung des Plutoniums in einer Matrix, die den militärischen Mißbrauch deutlich erschwert, entscheidend.

Diese Varianten sind <sup>(20)</sup>:

- a. die Verglasung des separierten Plutonium zusammen mit hochradioaktiven Flüssigabfällen (La Hague, VEK Karlsruhe),
- b. die Herstellung von „schlechten“ MOX-Brennstäben, die anschließend in bestrahlte Brennelemente eingebaut werden (Brennstablagerung, Mies-Mox) und

#### **4.1. Gemeinsame Verglasung von Plutonium und hochradioaktiven flüssigen Abfällen**

Bei der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente fallen neben einer Vielzahl leicht- und mittelradioaktiver Stoffe auch hochradioaktive Abfälle in flüssiger Form an. Diese resultieren aus dem chemischen Verfahren, mit dessen Hilfe die Brennstabtablettchen aufgelöst werden, um dann die gewünschte Trennung von Uran, Plutonium und anderen Spaltprodukten zu erreichen.

##### **4.1.1. Verglasungsanlage in La Hague**

Diese flüssigen Abfälle werden zunächst in den Wiederaufarbeitungsanlagen in großen Tanks gesammelt und ständig gekühlt. Da

---

zum 21.12.1997

<sup>20</sup> vgl. ausführlich: Öko-Institut Darmstadt: Untersuchungen zu Alternativen im Umgang mit dem vorhandenen aus deutschen Kernkraftwerken stammenden Plutonium, im Auftrag der Umweltbehörde der Freien und Hanse-

auch diese Flüssigkeiten endgelagert werden müssen, müssen sie nach der Lagerung entsprechend konditioniert, d.h. verpackt werden. Zu diesem Zweck haben die Wiederaufarbeitungsanlagen in Sellafield und La Hague Verglasungsanlagen errichtet.

In diesen Verglasungsanlagen wird der flüssige Atommüll zusammen mit Glas (Borosilikat) in Blöcke von etwa 490 Kilogramm bei einer Temperatur von etwa 1200 Grad Celsius geschmolzen. Die Bundesrepublik hat sich in den Verträgen zur Wiederaufarbeitung dazu verpflichtet, sämtlichen bei der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente anfallenden Atommüll zurückzunehmen. So werden diese Glasblöcke, auch Kokillen genannt, in Castorbehälter verpackt in die Bundesrepublik zurücktransportiert. Einziges derzeit für diese Form von Atommüll genehmigtes Lager ist das Zwischenlager in Gorleben.

In La Hague existieren zwei Verglasungseinrichtungen mit der Bezeichnung R7 und T7 (Öko-Institut 1992), die aus mehreren Verarbeitungsstraßen bestehen. Grundsätzlich sind diese nach einer überschaubaren Umrüstung auch für die Verglasung von Plutonium zusammen mit den flüssigen Abfällen geeignet.

Vorteil einer Verglasung des abgetrennten Plutoniums in der Wiederaufarbeitungsanlage ist, daß dabei der Transport von abgetrennten Plutonium unterbleiben könnte und damit die entsprechenden Risiken gar nicht erst entstehen. Ein Feuer in Folge eines Unfalls beim Transport von reinem Plutonium hätte verheerende Folgen, da die Plutoniummengen durch das Feuer und die Aufwinde großräumig verteilt und somit eine enorme Vergiftung großer Gebiete erzeugen würden.

Hinzu kommt, daß die Plutoniumverglasung in La Hague innerhalb kürzester Zeit technisch machbar wäre und auch große Mengen abgetrennten Plutoniums schnell verarbeitet werden könnten. Nach Berechnungen des Öko-Instituts (1992) würde die Verarbei-

tung des gesamten Plutoniums aus der Wiederaufarbeitung aller mit der Cogema abgeschlossenen Alt-Verträge (39,6 t) in einem Zeitraum von nur 2 Jahren möglich sein, wenn alle vorhandenen Verglasungsstraßen genutzt würden. Würde nur eine der vorhandenen Straßen entsprechend umgerüstet, so würde die Verarbeitungszeit 10,5 Jahre in Anspruch nehmen. Dabei gehen die Gutachter davon aus, daß lediglich acht Kilogramm Plutonium je Kokille eingeschmolzen wird. Die Menge von acht Kilogramm Plutonium folgt den IAEA-Richtlinien, die dies als eine "signifikante Menge" für Plutonium definieren. Allerdings weist das Öko-Institut darauf hin, daß aus technischer Sicht auch höhere Plutoniumanteile verglast werden könnten. "Prinzipiell wären auch andere Verhältnisse zwischen Plutonium und Spaltprodukten bis zu einem 60%igen Plutoniumanteil möglich, weil auch in diesem Fall ausreichend viel intensive längerlebige Gammastrahler ins Glas eingeschmolzen werden." (1992, III-33) Die Gammastrahler sind erforderlich, um auch auf lange Sicht die mit Plutonium gefüllten Kokillen vor direkten Zugriffen zu "schützen". Die hohe Gammastrahlung dient als Schutz gegen Mißbrauch des Plutoniums, da ein erheblicher technischer Aufwand erforderlich wäre, um das Material handhaben zu können.

Die Zumischung von Plutonium und die um die gleiche Menge reduzierte Abfallmenge erhöht die insgesamt zu produzierende Menge an Kokillen. Bei einer Zumischung von acht Kilogramm je Kokille müßten rund 20 Prozent mehr Glasbehälter hergestellt werden.

Die Kosten für die Verglasung von Plutonium in La Hague beziffert das Öko-Institut auf einige 100 DM je Kilogramm abgetrenntes Plutonium. (1992, III-43) Damit wäre diese Form der Plutonium-Verarbeitung um ein vielfaches billiger als der Einsatz von MOX-Brennelementen.

Obwohl technisch ohne größeren Mehraufwand machbar, dürfte dieser Pfad jedoch nur schwer in die Realität umzusetzen sein.

Zwar würde die Cogema als Betreiberin der WAA auch an dieser Zusatzleistung verdienen. Aber selbstverständlich würde die praktische Umsetzung dieser Mitverglasung die Unsinnigkeit der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente in ein und derselben Anlage auf den Punkt bringen. Erst erfolgt die Abtrennung von Plutonium um den Entsorgungsnachweis zu erhalten, ist dies geschehen, wird es am Ende wieder mit dem während der Abtrennung erzeugten Atommüll verpackt, - daß dürfte von den Managern der Cogema vermutlich schon aus psychologischen Gründen nicht verkraftet werden. Das dieser Pfad dann auch noch um etliches billiger wäre, als das Plutonium zu MOX-Brennelementen zu verarbeiten, gäbe ihnen sicher den Rest.

Doch so absurd es klingen mag: diese Lösung des Plutoniumproblems wäre auch unter Berücksichtigung sämtlicher Sicherheits- und Gefahrenaspekte die sinnvollste Methode, das Plutonium zu behandeln. Jeder andere Weg birgt mehr Risiken und deutlich höhere Kosten als dieser!

#### **4.1.2. Verglasungsanlage VEK Karlsruhe**

Zur Zeit läuft in Baden-Württemberg das Genehmigungsverfahren für den Bau einer Verglasungsanlage auf dem Gelände des Forschungszentrum Karlsruhe (früher Kernforschungszentrum Karlsruhe). Grund für diesen Neubau sind die ebenfalls auf dem Gelände lagernden hochradioaktiven flüssigen Abfälle aus dem (Forschungs-)Betrieb der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe. 208 t Brennelemente sind dort in der Zeit von 1971 bis 1990 wiederaufgearbeitet worden. Die daraus resultierenden hochaktiven flüssigen Abfälle belaufen sich auf eine Menge von 80 Kubikmetern, in der etwa 8 Tonnen Feststoffe, darunter auch 504 kg Uran und immerhin 16,5 Kg Plutonium enthalten sind. Gelagert wird diese Menge in zwei Edelstahlbehältern, die von einer fast 2 Meter dicken Stahlbetonabschirmung umgeben sind. Mehrfach ausgelegte Kühlsysteme sorgen dafür, daß sich die Lö-

sung mit einer Wärmeleistung von noch immer 100 kW nicht zu stark erhitzen kann.

Ziel der Verglasung ist es, die flüssigen Abfälle in eine Form zu bringen, die eine dauerhafte und sichere Lagerung ermöglicht. Die Entscheidung für den Bau einer solchen Anlage am Standort Karlsruhe fiel nach langen Auseinandersetzungen zwischen Bürgerinitiativen, den Grünen und den Betreibern. Ehemals bestand der Plan, diese flüssigen Abfälle ins belgische Mol zu transportieren, um sie dort zu verglasen. Aufgrund der enormen Sicherheitsrisiken, die beim Transport von diesen hochradioaktiven flüssigen Abfällen bestehen, mußten jedoch auch die Betreiber dieses Vorhabens einsehen, daß eine Verglasung vor Ort erheblich günstiger zu bewerten war. Im Juli 1996 entschied sich auch das Bundesforschungsministerium für den Bau einer Verglasungseinrichtung in Karlsruhe.

Inzwischen sind die öffentliche Auslegung der Antragsunterlagen sowie der Erörterungstermin (Frühjahr 1998) abgeschlossen.

Das VEK-Konzept sieht vor, daß direkt neben den jetzigen Tanklagern ein Glasschmelzofen errichtet werden soll, der in einem flugzeugabsturz- und erdbebensicheren Gebäude untergebracht sein wird. Bei einer Temperatur von ca. 1150 Grad Celsius soll der flüssige Abfall in den Ofen eingebracht werden. Dabei verdampfen die flüssigen Anteile, die Feststoffe werden in die Glasschmelze eingebunden, in Edelstahlbehälter verpackt und anschließend kontrolliert abgekühlt. Die Stahlkokillen sind etwa 1,3 Meter hoch und haben ein Volumen von 150 Litern. Nach der Abkühlung werden die Kokillen gasdicht verschweißt und in Castorbehältern zwischengelagert.

Während der Verglasung wird durch die Verdampfung der flüssigen Anteile eine Reduzierung des Volumens von derzeit 80 m<sup>3</sup> auf etwa 20 m<sup>3</sup> erreicht. Am Ende sollen nach Betreiberangaben insgesamt 130 solcher Einzelkokillen entstanden sein, die ein

Gewicht von ca. 400 Kg haben sollen. Insgesamt werden also 52.000 Kg bzw. 52 t hochradioaktiver Abfälle in Glaskokillen anfallen.

Die KFK geht davon aus, daß mit dem Bau der Anlage spätestens im Jahr 2000 begonnen werden kann. Die Errichtungsphase soll etwa drei Jahre betragen, die eigentliche Verglasung etwa ein-  
neinhalb Jahre. Nach diesen Planungen soll dann etwa im Jahre 2005 die Verglasung der flüssigen Abfälle in Karlsruhe abgeschlossen sein. Die Kosten für Planung, Genehmigung, Errichtung und Betrieb der Anlage werden von der KFK mit insgesamt 400 Mio. DM angegeben.

Geplant ist bisher lediglich die in Karlsruhe lagernden flüssigen Abfälle zu verarbeiten. Eine Verglasung von abgetrennten Plutonium aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente ist nicht beantragt worden.

Allerdings gibt es inzwischen immer stärkere Überlegungen, die VEK für eine Mitverglasung des bereits angefallenen Plutoniums zu verwenden. Schon 1992 hat das Öko-Institut in dem für die Hamburger Umweltbehörde erstellten Gutachten über Alternativen zum MOX-Einsatz vorgeschlagen, diese Möglichkeit weiter zu untersuchen.

Mit diesen Überlegungen steht das Öko-Institut inzwischen nicht mehr allein. Paul Leventhal, Präsident des Nuclear Control Institute in Washington D.C. in den USA, einer unabhängigen Einrichtung, führte im Juni 1996 während einer Anhörung des Umweltausschusses des hessischen Landtages aus: "In unserem Institut haben wir ein Modell von Kanistereinsatz überlegt. Das sind bestimmte Behälter sowohl für die nuklearen Sprengkörper wie auch die Anwendung im zivilen Bereich, wo das (Plutonium, Anmerk. d. Verfassers) aus Leistungsreaktoren zurückkommt. Man nimmt einen Plutoniumblock und setzt diesen in einen größeren Plutoniumblock. Dort wird eine bestimmte Ver-

flüssigung mit radioaktivem Material vorgenommen. Das wird mit radioaktivem Müll in einem größeren Kanister zusammengebracht. Man könnte dadurch das Plutonium immobilisieren. Das könnte man auch mit diesen überflüssigen MOX-Elementen machen. In Deutschland könnte man das z.B. so durchführen, indem man diesen Abfall, der aus Karlsruhe kommt, in Glaskokillen entsprechend umwandelt." <sup>(21)</sup>

Die sehr schlechte Übersetzung aus dem Englischen ist etwas verwirrend. Leventhal schlägt vor, das Plutonium in einen Behälter zu verpacken. Dieser Behälter wird dann in eine Form gegeben, die anschließend mit flüssigem radioaktiven Atommüll aufgefüllt wird. Dieses Verfahren ist technisch einfacher, als die gemeinsame Verglasung von Plutonium und Atommüll, hat aber den Nachteil, daß man das im Innenbehälter verpackte reine Plutonium schon nach dem entfernen des umgebenden Atommülls wieder zur Verfügung hätte.

Aber im Prinzip spricht auch Leventhal sich für eine Mitverglasung des Plutoniums in Karlsruhe aus.

Erst vor wenigen Wochen hat auch Greenpeace im Zusammenhang mit den permanenten Grenzwertüberschreitungen bei Castortransporten von und zur Wiederaufarbeitung von der Bundesumweltministerin Angela Merkel gefordert, die WAA zu beenden und für das bis heute angefallene abgetrennte Plutonium Lösungen jenseits eines MOX-Einsatzes untersuchen zu lassen. Ausdrücklich schlägt Greenpeace vor, zu prüfen, ob das bereits abgetrennte Plutonium nicht in der im Genehmigungsverfahren befindlichen Verglasungsanlage VEK in Karlsruhe zusammen mit den dortigen flüssigen radioaktiven Abfällen konditioniert werden könne.

---

<sup>21</sup> Entsorgung von hochradioaktiven Brennelementen aus Kernkraftwerken nach dem Atomgesetz, Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, Dokumentation der Anhörung im Umweltausschuß des hessischen Landtags am 20. Juni 1996, hier: S. 196f

Würde bei der Verglasung der flüssigen Abfälle in der VEK Plutonium aus der WAA eingebunden, so ließen sich folgende Plutoniummengen dem Wirtschaftskreislauf entziehen:

**Plutoniummenge\* aus WAA zur Mitverglasung in VEK:**

| Gesamte Menge Abfälle | Zu verglasender Pu- Anteil | Verglaste PU Menge |
|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| 52.000 kg             | 5 % PU-Anteil              | 2.600 kg           |
| 52.000 kg             | 10 % PU-Anteil             | 5.200 kg           |
| 52.000 kg             | 15 % PU-Anteil             | 7.800 kg           |

\*Die Mengenangaben umfassen den spaltbaren und den nicht-spaltbaren Anteil Plutonium

Sollte das Bundesumweltministerium der Aufforderung von Greenpeace nachkommen und eine Mitverglasung von WAA-Plutonium in Karlsruhe ernsthaft prüfen, so wären einige Veränderungen an dem bisherigen Anlagenkonzept erforderlich. So müßten Veränderungen an der inneren Beschaffenheit des Verglasungsofens vorgenommen werden und die Anlage müßte stärker als bisher abgeschirmt werden. Grundsätzliche Hindernisse für einen solchen Zweck sind jedoch nicht zu erwarten. Allerdings ist die Menge des möglicherweise zu verarbeitenden Plutoniums durch die Menge an hochradioaktiven flüssigen Abfällen begrenzt. Der Transport von derartigen Abfällen zur VEK, um so die Verarbeitungsmöglichkeiten zu erhöhen, wäre unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten nicht zu verantworten. Eben solche Überlegungen führten letztlich dazu, diese Abfälle nicht nach Mol zu schicken, sondern sie am Entstehungsort zu verglasen.

Daher könnte die VEK lediglich einen kleinen Teil des Plutoniumberges reduzieren, eine umfassende Lösung stünde damit auch in Zukunft aus. Allerdings wäre eine solche Verglasung in der VEK ein wichtiger Schritt, um endlich den Ausstieg der Plutoniumverarbeitung einzuleiten.

Betrachtet man die mögliche Plutoniumverglasungsmenge von 2.6 t PU bei einer Anreicherung von 5 Prozent je Kokille bzw. Ge-

samtmenge Abfall, dann würde diese Menge knapp ausreichen, um die vorhandenen Plutoniummengen der HEW aus der WAA vollständig aufzubrauchen (vorausgesetzt, eine weitere PU-Abtrennung findet nicht mehr statt). Der jetzt vorhandene Anteil von 1.5 t Pu fiss entspricht etwa einer Gesamtmenge von maximal 2.62 t Plutonium, über die die HEW derzeit verfügen.

Dabei ist selbstverständlich zu berücksichtigen, daß es praktisch kaum möglich sein wird, ausschließlich das HEW-Plutonium in die VEK zu bringen, sofern es überhaupt eine Bereitschaft gibt, die Anlage entsprechend umzuplanen. Allerdings wäre es für das weitere Umgehen mit den Plutoniumbeständen von entscheidender Bedeutung, daß sich ein AKW-Betreibendes Unternehmen auf diesen Weg begibt, um so auch die anderen Unternehmen vom Pfad des MOX-Einsatzes abzubringen.

Die Kosten dieses Pfads würden sich auf die erforderlichen Mehrkosten für die Umrüstung der VEK auf den Plutonium Einsatz belaufen. Ein Betrag dafür ist derzeit nicht anzugeben. Allerdings dürften diese Kosten aufgrund der geringeren Kapazität der VEK im Vergleich zu den entsprechenden Anlagen in La Hague etwas höher liegen.

#### **4.2. Endlagerung des Plutoniums ins abgebrannten Uran-Brennelementen (Brennstablagerung)**

Als weiteres Verfahren für die Plutoniumbehandlung jenseits eines MOX-Einsatzes ist die sogenannte Brennstablagerung anzusehen. Diese Verfahren sieht folgendermaßen aus: Das in der WAA abgetrennte Plutonium wird zu einer Brennelementefabrik transportiert. Dort wird es mit Uran gemischt und zu Brennstofftabletten (Pellets) verarbeitet. Anders jedoch als bei der Herstellung von MOX-Brennstoff für den Reaktoreinsatz können hier alle Qualitätsanforderungen an die Pellets entfallen. Zusätzlich wird der MOX-Brennstoff mit Neutronengiften und

weiteren chemischen Zusätzen versehen, um so eine eventuelle spätere erneute Plutoniumabtrennung zu erschweren.

Der so entstandene MOX-Brennstoff ist dann für den Reaktoreinsatz nicht mehr geeignet. Der MOX-Brennstoff kann nun in Hüllrohre eingefügt und zu MOX-Brennstäben verarbeitet werden.

Der Plutoniumanteil dieser MOX-Stäbe kann zwischen 6 und 25 Prozent betragen. Je höher der Plutoniumanteil in den Lagerstäben ist, desto weniger dieser Stäbe müssen hergestellt werden, um das Plutonium zu verarbeiten. Der Anteil von 25 Prozent entspricht der Menge, die für die Herstellung von Brennelementen für den Schnellen Brüter vorgesehen war. Zu prüfen wäre, ob die Anlagen in Frankreich und Belgien mit dieser Anreicherung umgehen können.

Anschließend werden diese MOX-Brennstäbe in bereits bestrahlte Uranbrennelemente eingebaut. Dies geschieht, indem aus einem bestrahlten Uranbrennelement einzelne Stäbe herausgezogen und gegen MOX-Stäbe ausgetauscht werden. Auf diese Weise würde das Plutonium von der hohen Gammastrahlung der Uranbrennelemente vor einem Zugriff abgeschirmt. Nur mit erheblichem technischen Aufwand könnte später das außerdem durch Neutronengifte verschlechterte Plutonium wieder abgetrennt werden. Auf diese Weise ist das Plutonium weitestgehend vor militärischem Mißbrauch geschützt. Die gezogenen Uran-Brennstäbe werden gebündelt und in Rahmengestelle eingesetzt, also zu neuen Brennelementen zusammengefaßt.

Die Montage der MOX-Stäbe in abgebrannte Uran-Brennelemente könnte in den jeweiligen AKW erfolgen. Schon heute werden in den Abklingbecken der Atommeiler derartige Arbeiten vorgenommen, beispielsweise wenn defekte Brennstäbe aus dem Brennelement herausgezogen werden müssen.

**Diese Arbeiten können auch dann erfolgen, wenn das jeweilige AKW bereits endgültig stillgelegt ist.**

Nach der Montage der MOX-Stäbe können die abgebrannten Brennelemente für die "direkte Endlagerung" bereitgestellt werden.

Geht man davon aus, daß eine Menge von 3,6 t Plutonium (<sup>22</sup>) verarbeitet werden muß, so lassen sich bei einer Anreicherung von 6 Prozent insgesamt 25974 MOX-Stäbe für Siedewasserreaktoren herstellen. Um diese Anzahl in Uranbrennelemente für Siedewasserreaktoren, wie sie von den HEW betrieben werden, einzubauen, werden insgesamt rund 2328 solcher Brennelemente benötigt (zu den Rahmenbedingungen, die zu diesen Zahlen führen, vgl. Öko-Institut 1992). Ein MOX-Lagerstab für SWR-Brennelemente enthält etwa 140 g Plutonium.

Geht man bei der gleichen Pu-Menge von einer Anreicherung mit 25 Prozent aus, müssen zwar erheblich weniger MOX-Stäbe (6234 Stäbe bezogen auf SWR-Brennelemente) hergestellt werden. Die Menge der benötigten abgebrannten Brennelemente bleibt allerdings konstant, da darauf geachtet werden muß, daß eine selbsterzeugte Kettenreaktion nicht eintreten darf. Ein solcher MOX-Lagerstab für SWR-Brennelemente enthält etwa 580 g Plutonium.

Die Anzahl von abgebrannten Brennelementen aus Druckwasserreaktoren liegt erheblich niedriger. Hier würden je nach Brennelementtyp lediglich zwischen 821 und 823 Brennelemente benötigt. Die Zahl der erforderlichen MOX-Stäbe schwankt zwischen maximal 34884 und 6486 minimal.

Bei einer Anreicherung von 25 Prozent Plutonium würde für die MOX-Stabfertigung bei einer Menge von 3,6 t Plutonium ein

---

<sup>22</sup> eigene Berechnungen für die Plutoniummenge der HEW liegen nicht vor. Daher werden hier die Berechnungen des Öko-Instituts (1992, S.III-48 ff) angegeben, um eine Vorstellung der Dimensionen zu bekommen.

Zeitraum von etwa einem halben Jahr benötigt<sup>(23)</sup>. Bei sechs Prozent Anreicherung würde diese Menge in zwei Jahren verarbeitet sein. Bei der Menge von fast 40 t Plutonium, die aus dem Betrieb der deutschen AKWs im Rahmen der Alt-Verträge anfallen sollen, würde bei 25%iger Anreicherung ein Zeitraum von rund 5 Jahren benötigt. Wird mit nur sechs Prozent angereichert, so beträgt der erforderliche Herstellungszeitraum fast 22 Jahre.

Einschränkend muß angemerkt werden, daß das Verfahren der Stablagerung nicht den Schutzfaktor erreicht, der bei der Verglasung gegeben ist. Durch die direkte Verschmelzung von Glas und Plutonium in einer strahlenden Matrix wird im Vergleich zur Stablagerung eine spätere Abtrennung um ein Vielfaches erschwert, zumal auch hier zusätzlich Neutronengifte in das Glas-Plutonium-Gebinde gemischt werden können. Beide Verfahren sind also nicht von gleicher Qualität. Allerdings bietet die Stablagerung ausreichend Vorteile gegenüber dem MOX-Einsatz.

So muß das Plutonium von der WAA zu den MOX-Fabriken, beispielsweise im französischen Cadarache oder ins belgische Dessel transportiert werden und nach der Fertigung weiter zu den AKWs. Allerdings entsteht auf diese Weise erheblich weniger Atommüll, als beim Einsatz von MOX-Brennelementen im Reaktor. Außerdem ist der weitere Einsatz von AKWs nicht erforderlich.

Auch unter dem Gesichtspunkt der Kosten dürfte dieses Verfahren gegenüber dem Reaktoreinsatz von MOX Vorteile bieten. Aufgrund der nicht erforderlichen Qualitätssicherung während der MOX-Fertigung fallen die Kosten geringer aus. Bis zu 20 Prozent - so das Öko-Institut (1992) - würden eingespart werden können. Dabei ergeben sich größere Kosteneinsparungen, wenn die Anreicherung der MOX-Stäbe möglichst hoch gewählt wird. So betrügen die Kosten für die Brennstablagerung bei einer Anrei-

---

<sup>23</sup> Bei diesen Daten wird eine jährliche Verarbeitungskapazität von 30 t angenommen. Eine Jahreskapazität, über die beispielsweise die Anlage in Cadarache (35 t/a) verfügt.

cherung mit 25 Prozent Plutonium gegenüber dem MOX-Einsatz im Reaktor nur etwa ein Viertel. Dabei sind die beim Verzicht auf den MOX-Einsatz im Reaktor erforderlichen zusätzlichen Uranbrennelemente bereits berücksichtigt. (vgl. Öko-Institut 1992, S. IV-28f)

Eine solche Stabfertigung wird derzeit für die stillgelegte MOX-Fabrik in Hanau anvisiert. Für den weiteren Stilllegungsbetrieb muß das immer noch in Hanau lagernde Plutonium in eine Form gebracht werden, die es transportfähig macht. Außerdem soll erreicht werden, daß das Plutonium in einer Form verarbeitet wird, die eine langfristige Lagerung erlaubt. Die so gefertigten MOX-Stäbe könnten anschließend entweder an eine Wiederaufarbeitungsanlage abgegeben werden, oder aber - wie oben beschrieben - in abgebrannte Brennelemente eingebaut und zur Endlagerung bereit gestellt werden.<sup>(24)</sup>

## **5. Kosten des MOX-Einsatzes**

Der MOX-Einsatz, also die Herstellung von MOX-Brennelementen und der anschließende Einsatz dieser Brennelemente in den AKW ist auch unter Kostenpunkten Unsinn ist, und zwar in doppelter Hinsicht.

Zum einen ist die „direkte Endlagerung„ gegenüber der Wiederaufarbeitung schon ohne den anschließenden MOX-Einsatz billiger. Auch die HEW haben bestätigt, daß der Weg der direkten Endlagerung um etwa 1 Million DM je Tonne Brennstoff billiger ist, als der Weg über die Wiederaufarbeitung (vgl. Drucksache 15/2832). Berücksichtigt man zusätzlich den MOX-Einsatz, so macht der Preisunterschied zur sogenannten „Direkten Endlagerung„ das vier- bis sechsfache aus!

---

<sup>24</sup> Einzelheiten über die Stilllegung der MOX-Fabriken in Hanau und die geplanten Maßnahmen sind über das Hessische Umweltministerium erhältlich.

Betrachten wir nun die Möglichkeiten für die HEW, die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente sofort zu beenden, so muß davon ausgegangen werden, daß mit Ausnahme des WAA-Neuvertrages für das AKW Brunsbüttel, ein Ausstieg nur bei voller Bezahlung der WAA-Altverträge und der entsprechenden Mengen möglich ist. Bis heute sind von den 610 t SM, die die HEW im Rahmen der Altverträge zur WAA vorgesehen haben, lediglich 262 t SM tatsächlich wiederaufgearbeitet. Für 348 t SM kann die Plutoniumabtrennung also noch vermieden werden. Zwei Möglichkeiten kommen daher in Frage:

- diese Menge bleibt im Rahmen der Verträge vorerst in Frankreich und England, wird aber nicht wiederaufgearbeitet oder
- diese Menge wird zur inländischen Lagerung zurückgeholt. Daher müssen die Kosten für die Lagerung dieser Menge Brennelemente berücksichtigt werden.

Methodisch heißt das,

a.) das die HEW die WAA-Verträge vollständig bezahlen, ab sofort aber kein Plutonium mehr abtrennen lassen. Dadurch fallen zusätzlich Kosten für die Zwischenlagerung einer Menge von 348 t SM an (sofern diese in die Bundesrepublik zurückgeholt werden). Außerdem müßten die MOX-Brennelemente durch eine entsprechende Anzahl von herkömmlichen Uranbrennelementen ersetzt werden. Dies Kosten fallen also zusätzlich an. Den Mehrkosten dieser Maßnahme stehen die Kosteneinsparungen des nicht mehr erforderlichen MOX-Einsatzes für eine Menge von 2 t spaltbaren Plutoniums gegenüber. Kosten für die Verglasung des Plutoniums oder für die sog. Brennstofflagerung fallen nicht an.

b.) Bei dem bereits abgetrennten Plutonium sieht dies etwa anders aus. Während die WAA-Kosten nicht mehr zu berücksichtigen sind, muß der MOX-Einsatz gegen den erforderlichen Uran-Brennelemente-Einsatz sowie die Kosten einer alternativen Beseitigung des Plutoniums gerechnet werden.

Obwohl es auf den ersten Blick ökonomisch absurd erscheinen mag, derart zu verfahren, soll im folgenden aufgezeigt werden, daß diese Wege durchaus ökonomische Vorteile bietet.

Dazu sollen nun die wichtigsten Kostenfaktoren dargestellt und auf die zu betrachtenden Menge an abgebrannten Brennelementen bzw. Plutonium der HEW bezogen werden.

### **5.1. Die Kostenfaktoren**

Über die Preise der einzelnen Dienstleistungen hüllen sich die AKW-Betreiber weitgehend in Schweigen. Daher können die Kosten nur anhand veröffentlichter Studien einigermaßen abgeschätzt werden.

#### **Die Kosten der WAA-Altverträge**

Das Darmstädter Öko-Institut gibt in der Studie aus 1992 als Preis je Kilogramm für die Wiederaufarbeitung einen Betrag von 2.700 DM je Kilogramm an. Dieser Betrag ist identisch mit den von Dippert (in Atomwirtschaft, 2/91) angeführten Kosten in Höhe von 2.740 je Kilogramm. Das Energiewirtschaftliche Institut der Universität Köln führte in seiner 1995 veröffentlichten Studie demgegenüber einen Betrag von 2.400 DM je Kilogramm an. Zieht man außerdem den Fall der Kündigung einen WAA-Neuvertrages zwischen dem AKW Krümmel und der britischen WAA Sellafield hinzu, dann ergeben sich sogar höhere Kosten. Für die Kündigung einer Menge von 207 t SM haben die HEW Ende 1994 eine Vertragsstrafe in Höhe von insgesamt 89 Mio. DM an die BNFL gezahlt. Dieser Betrag dürfte 15 Prozent der gesamten Vertragssumme ausmachen. Der WAA-Neuvertrag hatte dann ein Volumen von insgesamt fast 600 Mio. DM. Umgerechnet auf den Preis je Kilogramm Schwermetall ergeben sich damit Kosten von 2.866 DM / Kg. Dieser Betrag ist um so erstaunlicher, da die

WAA-Neuverträge grundsätzlich billiger sein sollen, als die Alt-Verträge.

Vor diesem Hintergrund werden in der Folge die Kosten für die Wiederaufarbeitung mit 2.400 - 2.700 DM je Kilogramm angenommen.

#### **Kosten für MOX-Brennelemente**

Das Öko-Institut unterstellt in seiner 1992 veröffentlichten Studie einen Betrag von 7000 DM / Kg für MOX-Brennstoff, während das Energiewirtschaftliche Institut 1995 <sup>(25)</sup> Kosten in Höhe von 4000 DM je Kilogramm nennt. G. Sauer nennt in seiner in der FR veröffentlichten Untersuchung einen Betrag von 5.000 DM / Kg. Im folgenden sollen daher Kostenspannen von 4.000 - 7.000 DM / kg MOX betrachtet werden.

#### **Kosten für Uran-Brennelemente**

Das Öko-Institut geht inklusive der Uranbeschaffung, der Konversion und Anreicherung von insgesamt 1.500 DM / Kg für die Brennelementeherstellung aus. Die Uni Köln nennt einen Betrag von 800 DM / Kg, zu dem jedoch die Kosten für Uranbeschaffung, Anreicherung etc. noch addiert werden müssen. Insgesamt ist feststellbar, daß die Kosten für die Uran-Element-Herstellung in den letzten Jahren gesunken sind, da die Kapazität und die „Konkurrenz“, unter den Anbietern zugenommen hat. Außerdem stehen die Uranpreise seit Jahren auf niedrigem Niveau und auch die Anreicherungs- und Konversionskapazitäten haben in den letzten Jahren zugenommen. Daher wird im folgenden von Preisen zwischen 1.000 und 1.500 DM je Kilogramm Uranbrennstoff ausgegangen.

---

<sup>25</sup> Ingo Hensing, Walter Schulz, Simulation der Entsorgungskosten aus deutscher Sicht, ATW, Heft 2, 1995, S.97ff, Ingo Hensing, Entsorgungspfade abgebrannter Brennelemente, Wiederaufarbeitung oder Direkte Endlagerung, in Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 4, 1995, S.218ff

### **Kosten für Zwischen- und Endlagerung**

Die Kosten in diesem Bereich sind schwer zu prognostizieren, da ein Endlager bis heute nicht zur Verfügung steht und damit die Kosten endgültig noch nicht bekannt sind. Die Kosten für den einzulagernden Atommüll werden vor allem durch die Fixkosten für die Erkundung den Bau eines solchen Lagers bestimmt. Je mehr das Lager aufnehmen kann, desto niedriger werden die Preise für den Atommüll je Kilogramm sein. Preisschätzungen sind daher mit Vorsicht zu betrachten. Dennoch wird auch in der Atomwirtschaft heute nicht bestritten, daß die sogenannte „Direkte Endlagerung„ deutlich billiger sein dürfte, als der Weg über die Wiederaufarbeitung. H.-J. Dippert geht von Preisen um die 1.200 DM je Kilogramm für die Zwischen- und Endlagerung von Uran-Brennelementen aus. (atw 2/91) Eine Studie der VDEW <sup>(26)</sup> aus 1993 unterstellt Kosten in Höhe von 1000 DM je Kilogramm für Endlagerung von bestrahlten Brennelementen bzw. Kokillen sowie 1.000 DM für die Zwischenlagerung. Deswegen wird eine Preisspanne zwischen 1.200 und 2.000 DM betrachtet.

### **Kosten der Lagerung der Abfälle aus der WAA**

Um die Kosteneinsparungen bzw. Mehrkosten für den sofortigen Ausstieg aus der WAA zu ermitteln müssen auch die Kosten für die erforderlichen Zwischen- und Endlagerung des in der WAA anfallenden Atommülls betrachtet werden. Hierbei sind hochradioaktive, in Glas verpackte Abfälle sowie sonstige wärmeerzeugende und nicht wärmeerzeugende Abfälle (mittel- und schwachradioaktive Abfälle) zu berücksichtigen. Die Kosten für die Lagerung dieser Abfälle würden anfallen, wenn die HEW weiter auf die WAA setzt. Im Falle eines sofortigen Ausstiegs aus der WAA würden diese Kosten auf die HEW nicht mehr zukommen. Kostenangaben seitens der Betreiber oder anderer Einrichtungen sind kaum vorhanden und machen eine Prognose in diesem Bereich sehr schwer. (vgl. Öko-Institut, 1992) Es ist davon auszuge-

hen, daß die Preise gestaffelt sind: die hochaktiven Abfälle (HAW) dürften etwa ebenso teuer zu lagern sein, wie die bestrahlten Uran-Brennelemente. Die mittelaktiven Abfälle (MAW), die teilweise ebenfalls in Glas verpackt werden, dürften billiger als HAW zu lagern sein. Die leichtaktiven Abfälle (LAW) betragen nur einen geringen Anteil an den Kosten und werden in der Folge nicht weiter berücksichtigt. Für die Lagerung von HAW werden die gleichen Kosten wie für die Lagerung von Uran-Brennelementen angenommen, also zwischen 1.200 und 1.800 DM je Kilogramm. Für die Lagerung der MAW wird etwa die Hälfte dieser Kosten veranschlagt, also zwischen 600 und 1.000 DM / Kilogramm.

## **5.2. Ermittlung der Kostenunterschiede bei sofortiger Beendigung der WAA durch HEW**

Von den insgesamt 610 t SM (ohne den Neuvertrag von Brunsbüttel) sind bereits 262 t SM wiederaufgearbeitet worden. Somit kann die Aufarbeitung einer Menge von 348 t SM noch verhindert werden. Die Kosten der Wiederaufarbeitung dieser Menge sind aufgrund der vertraglichen Regelungen in jedem Fall zu zahlen, egal ob die Aufarbeitung tatsächlich erfolgt oder nicht. Diese Menge kann entweder noch für einige Zeit im Ausland verbleiben oder muß in die Bundesrepublik zurückgeholt bzw. noch nicht zur WAA gelieferten Restmengen könnten gleich in ein entsprechendes Lager transportiert werden. Bei Verzicht auf die Wiederaufarbeitung werden 2 t spaltbares Plutonium nicht mehr anfallen. Die entsprechenden MOX-Brennelemente aus diesem Plutonium müssen damit nicht gefertigt werden. Ebenfalls entfallen die Lagerkosten für die aus der Wiederaufarbeitung dieser Menge ansonsten anfallenden atomaren Abfälle. An zusätzlichen Kosten müssen die HEW jedoch Uran-Brennelemente beschaffen, um die dann fehlenden MOX-Elemente auszugleichen.

---

<sup>26</sup> vgl. vorherige Fußnote

Aus 2 t spaltbaren Plutonium lassen sich bei einer Anreicherung von 3,25 Prozent bezogen auf ein Brennelementgewicht von 180 Kilogramm 342 MOX-Brennelemente herstellen.

Daraus ergibt sich folgendes Bild:

| Kostenfaktor   | Kosten je Kilogramm     | Summe                     | Be-<br>rech-<br>nung |
|--|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| Kosten für WAA von 348 t SM  | 2.400 - 2.700 DM        | 835 Mio. - 940 Mio. DM    |                      |
| Kosten für ZL/DE von 348 t SM  | 1.200 - 2.000 DM        | 418 Mio. - 696 Mio. DM    | ZK                   |
| Kosten für Lagerung von 308 Kokillen HAW a 490 Kilogramm = 150920 Kg | 1.200 - 2.000 DM        | 181 Mio. - 302 Mio. DM    | EK                   |
| Kosten für die Lagerung von 336 m3 MAW 336.000 Kg <sup>(27)</sup>    | 600 - 1000 DM Schätzung | 202 Mio. - 336 Mio. DM    | EK                   |
| Kosten für Fertigung von 342 Uran-BE a 180 Kg                        | 1.000 -1.500 DM         | 62 Mio. - 92 Mio. DM      | ZK                   |
| Kosten für Fertigung von 342 MOX-BE a 180 Kg                         | 4.000 - 7.000 DM        | 246 Mio. DM - 431 Mio. DM | EK                   |
| sonstige Abfälle, die bei WAA anfallen würden, LAW                   |                         |                           | EK                   |

ZK = zusätzliche Kosten, EK = entfallende Kosten

Im Rahmen dieses Kostenkonzeptes ergibt sich in jedem Fall ein positives Ergebnis für die HEW, wenn sie die Wiederaufarbeitung nicht weiter verfolgt. Bei den minimalen Kosten für die unterschiedlichen Posten ergibt sich ein Aufwand von insgesamt

<sup>27</sup> Für die Umrechnung des Volumens in eine Gewichtsmenge liegen keine Daten vor, so daß hier unterstellt wird, das ein Kubikmeter 1000 Kilogramm wiegt. Aufgrund der Betonierung bzw. teilweisen Verglasung wird das tatsächliche Gewicht allerdings höher liegen.

480 Millionen DM gegenüber Einsparungen von 829 Mio. DM. Es bleibt ein positiver Ertrag in Höhe von 349 Mio. DM.

Bei den maximalen Kosten ergibt sich ein Aufwand von 788 Mio. DM bei einer Einsparung von 1.079 Mio. DM und damit ein positives Gesamtergebnis in Höhe von 291 Mio. DM

Im Rahmen der gemachten Preisangaben und Mengen ist also der sofortige Ausstieg aus der WAA für die HEW kostengünstiger, als weiterhin Plutonium abzutrennen und für die anschließende MOX-Fertigung zu sorgen. Da die Ergebnisse für den Ausstieg aus der WAA positiv sind, haben die HEW selbst bei weiteren Kostenveränderungen zugunsten der WAA (MOX-Preise sinken, Uran-Preise steigen, WAA ist billiger etc.) noch einen Spielraum, der den Ausstieg allein aus ökonomischen Gründen noch nicht verhindern würde.

### **5.3 MOX-Fertigung oder alternative Verfahren zur Plutoniumbeseitigung**

Bei der Frage, ob der MOX-Einsatz oder aber ein anderes Verfahren zur Beseitigung des angefallenen Plutoniums wirtschaftlich sinnvoll ist, müssen vom Grundsatz her lediglich die Kosten für MOX-Fertigung mit den ansonsten erforderlichen Uran-Brennelementkosten verglichen werden. Die Differenz aus diesen Positionen wäre der Betrag, der für die Beseitigung des abgetrennten Plutoniums mit anderen Verfahrenstechniken aufgewandt werden könnte. Erst wenn dieser Betrag überschritten würde, wäre der MOX-Einsatz wirtschaftlich günstiger.

Die HEW verfügen über 1,5 t spaltbaren Plutoniums, aus denen bei einer Anreicherung von 3,25 Prozent (5,85 Kg) und einem Gewicht von 180 Kilogramm je BE insgesamt 257 MOX-Brennelemente hergestellt werden könnten. Geschieht dies nicht, so müssen eine entsprechende Menge von Uran-Brennelementen gefertigt werden.

Die Kosten für die beiden Positionen sind bereits oben angeführt worden:

| Kostenfaktor                                  | Kosten je Kilogramm | Summe                     | Berechnung |
|---|---------------------|---------------------------|------------|
| Kosten für Fertigung von 257 Uran-BE a 180 Kg | 1.000 - 1.500 DM    | 46 Mio. - 69 Mio. DM      | ZK         |
| Kosten für Fertigung von 257 MOX-BE a 180 Kg  | 4.000 - 7.000 DM    | 185 Mio. DM - 324 Mio. DM | EK         |

ZK = zusätzliche Kosten, EK = entfallende Kosten

Da die bestrahlten Brennelemente, aus denen das Plutonium stammt, bereits aufgearbeitet sind, müssen diese nicht mehr in ein Zwischen- oder Endlager gebracht werden. Die aus der WAA angefallenen radioaktiven Abfälle müssen so oder so von den HEW zurückgenommen und gegen Bezahlung Zwischen- oder Endgelagert werden. Aus diesen Gründen sind diese Kosten für die Betrachtung dieses Pfades ohne Belang.

Die zum Einsatz von MOX-Brennelementen alternative Behandlung (Verglasung oder Brennstablagerung) darf nach diesem Kostenmodell also zwischen minimal 139 Mio. DM und maximal 255 Mio. DM Kosten. Würde man noch berücksichtigen, daß die Zwischen- und Endlagerung von MOX-Brennelementen <sup>(28)</sup> eher teurer sein dürfte, als die Lagerung von bestrahlten Brennelementen, könnten sich die Kostenunterschiede von MOX- hin zu anderen Verfahren der Plutoniumbeseitigung eher noch vergrößern. Bei einer Menge von 1,5 t spaltbaren Plutonium ergibt sich bei einem Betrag

<sup>28</sup> Die höheren Kosten für die Zwischen- und Endlagerung von abgebrannten MOX-Brennelementen ergeben sich vor allem aus der höheren Wärmeentwicklung des MOX-Brennstoff. Dies erfordert größere Abstände in einem Endlager und daher mehr Raumbedarf. Auch die Giftigkeit des abgebrannten MOX ist höher gegenüber Uran. Außerdem steigt die Intensität der Neutronenstrahlung, was vor allem bei den Schritten vor der Endlagerung zusätzliche Probleme (und Kosten) schafft. Hier ist also auch ein Faktor, der die Kosten für den MOX-Pfad gegenüber den anderen Verfahren noch einmal verteuert.

von 255 Mio. DM ein Preis von 170.000 DM je Kilogramm spaltbares Plutonium, den die alternative Behandlungsweise maximal Kosten dürfte.

Betrachtet man die WAA-Verträge insgesamt, so könnten die wirtschaftlichen Vorteile bei einem Verzicht auf die weitere Wiederaufarbeitung zusätzlich für die Alternativen zum MOX-Einsatz aufgewendet werden. Dadurch würden sich die Mittel, um andere Verfahren zur Plutoniumbeseitigung zu praktizieren, erhöhen. Selbst dann dürfte den HEW ein wirtschaftlicher Vorteil verbleiben.

## **6. Ergebnisse und Zusammenfassung**

Die HEW beabsichtigen, den Einsatz des aus der Wiederaufarbeitung stammenden Plutoniums in Form von MOX-Brennelementen in den AKW Krümmel (und Brunsbüttel). Derzeit liegen bereits 1,5 t separiertes spaltbares Plutonium aus der Aufarbeitung von ca. 262 t abgebrannter Brennelemente vor, weitere 2 t aus der Aufarbeitung von ca. 348 t abgebrannter Brennelemente werden dazu kommen, wenn die HEW weiter an der Wiederaufarbeitung festhält.

Das bereits abgetrennte Plutonium muß aufgrund seiner enormen (militärischen) Risiken in eine Form gebracht werden, die es vor Mißbrauch schützt. Dazu muß es in eine hochradioaktive Matrix eingebunden werden.

Der von den HEW derzeit favorisierte Weg des MOX-Einsatzes ist jedoch gegenüber dem Einsatz herkömmlicher Uran-Brennelemente zwischen 139 Mio. DM bis zu 255 Mio. DM teurer.

Dieser Betrag könnte für eine aus ökologischer Sicht weniger gefährliche Form der Plutoniumbeseitigung eingesetzt werden, ohne das den HEW wirtschaftliche Nachteile entstehen. Andere Formen, wie die Verglasung des Plutoniums zusammen mit hochra-

dioaktiven flüssigen Abfällen oder auch die Stablagerung von Plutonium in bestrahlten Uranbrennelementen erfordern keinen Weiterbetrieb von AKW und sind schon daher ökologisch vorteilhafter als der MOX-Einsatz in den AKW.

Auch der Verzicht auf die weitere Wiederaufarbeitung einer verbleibenden Menge von 348 t bestrahlter Brennelemente stellt sich als kostengünstiger da.

Trotz der bei WAA-Verzicht erforderlichen zusätzlichen Kosten für die inländische Lagerung dieser Menge und der zusätzlich erforderlichen Uranbrennelemente sparen die HEW die teure MOX-Fertigung und die Kosten für die Lagerung der bei der WAA entstehenden atomaren Abfälle. Im Ergebnis bringt dies Kostenvorteile von ca. 291 Mio. - 349 Mio. DM zugunsten eines sofortigen WAA-Verzichts.

Alternative Verfahren und Anlagen, mit denen die bereits vorhandene Plutoniummenge von 1,5 Tonnen in eine Form gebracht werden können, die vor militärischem Mißbrauch schützen und keinen Weiterbetrieb von Atomkraftwerken erfordern, bestehen in der Verglasung und der sogenannten Stablagerung. Neben den Verglasungsanlagen in La Hague (und Sellafield) wird derzeit in Karlsruhe eine Verglasungsanlage für die dort lagernden flüssigen Atomabfälle aus der Versuchs-WAA geplant. Eine Mitverglasung von Plutonium ist dort zwar derzeit nicht vorgesehen, könnte jedoch bei entsprechenden Veränderungen technisch ohne weiteres ermöglicht werden. Die VEK in Karlsruhe wäre in der Lage, das gesamte bereits abgetrennte Plutonium der HEW zu verglasen und es damit in eine endlagerfähige Form zu bringen.

Zusätzlich steht die Herstellung von MOX-Brennstäben mit höherer Anreicherung und unter Beimischung von Neutronengiften grundsätzlich zur Verfügung. Die so gefertigten MOX-Stäbe werden in abgebrannte Uran-Brennelemente eingebaut und können dann ebenfalls zur Endlagerung bereitgestellt werden.

Für alle Möglichkeiten müßten umgehend Verhandlungen mit den jeweiligen Anlagenbetreiber aufgenommen werden. Eine eingehende Prüfung dieser Alternativen wird derzeit im Auftrag der Hamburger Umweltbehörde durch das Öko-Institut Darmstadt vorgenommen. Ergebnisse werden für Anfang 1999 erwartet.

Wichtig wird sein, daß sich die HEW diesem Weg öffnen und von sich aus die Alternativen eingehend prüft und sich bemüht, entsprechende Vereinbarungen zu erzielen. Die ökonomischen Vorteile der Alternativen zum MOX-Einsatz sollten den HEW diesen Weg leicht machen.

Als Entsorgungsalternative zur Wiederaufarbeitung läßt das geltende Atomgesetz die Zwischenlagerung des Atommülls zu. Rechtlich und ökonomisch gesehen, gibt es für die HEW keine Gründe, warum sie diesen Weg nicht gehen sollte. Schon heute erbringen die HEW für das AKW Krümmel den größten Anteil am Entsorgungsnachweis über die externe Zwischenlagerung.

Da weder rechtliche, noch ökonomische Gründe für eine weitere Plutoniumerzeugung sprechen, bleiben lediglich politische Motive, den Ausstieg aus der Wiederaufarbeitung nicht schnellstmöglich umzusetzen. Prämisse bei der Entsorgung der AKWs muß eine innerstaatliche Lösung in der Bundesrepublik sein, die akzeptiert, daß eine Mehrheit in der Bundesrepublik gegen die weitere Nutzung der Atomenergie ist.

Eine funktionierende Demokratie kann es sich nicht leisten, daß ein Unternehmen dauerhaft gegen den Willen dieser Bevölkerungsmehrheit das atomare Risiko ins Ausland verlagert.