

Die Frage der Entsorgung der Kernkraftwerke wurde von Anfang der friedlichen Nutzung der Kernenergie in Deutschland an berücksichtigt. Bereits 1957 wird in einem Memorandum der *Deutschen Atomkommission* der Hinweis auf die Notwendigkeit der sicheren Beseitigung der radioaktiven Abfälle formuliert. Der Gesetzgeber hat diese Anregung aufgegriffen und schon im Atomgesetz vom 23.12.1959 Vorschriften zur schadlosen Verwertung radioaktiver Stoffe angelegt.

Von der Bundesrepublik wurde in Zusammenhang mit dem Nuklearen Entsorgungszentrum auch nach einem geeigneten Endlagerstandort gesucht. Nach einer intensiven Standortsuche durch die *Bundesregierung* und das *Land Niedersachsen* benannte die *Niedersächsische Landesregierung* 1977 *Gorleben* als Standort. Vorausgegangen war ein 3-stufiges Auswahlverfahren, in dem mehr als 140 Standorte betrachtet wurden. Die Arbeiten zur Erkundung des Standortes *Gorleben* begannen 1979 und wurden am 01.10.2000 zur Klärung von konzeptionellen und sicherheitstechnischen Zweifeln der *Bundesregierung* unterbrochen.

Vom *BMU* wird die Verfügbarkeit eines (Hochaktiv-) Endlagers im Jahr 2030 angestrebt. Aus technischer Sicht ist eine Inbetriebnahme eines Endlagers für wärmeentwickelnde Abfälle in *Gorleben* ab dem Jahr 2025 noch erreichbar, sofern sich der Salzstock nach zügigem Abschluss der Erkundungsarbeiten als geeignet erweist. Auf die absehbaren Problemfelder wird hingewiesen.

Ein weiteres Projekt der *Bundesregierung* ist die Nutzung der *Schachtanlage Konrad* als Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Der Planfeststellungsbeschluss wurde nach gut 20 Jahren im Mai 2002 erteilt und ist zurzeit noch beklagt. Aus den dargestellten Angaben zum erwarteten Abfallvolumen der nicht-wärmeentwickelnden EVU-Abfälle in Verbindung mit dem möglichen Beginn des Einlagerungsbetriebes *Konrad* 2013 werden detaillierte Ergebnisse vorgestellt.

Anschrift der Verfasser:

*Dipl.-Ing. Holger Bröskamp*  
(Geschäftsführer)

*Dr. Klaus-Jürgen Brammer*  
*Dipl.-Ing. Reinhold Graf*

*GNS Gesellschaft für  
Nuklear-Service mbH*  
Hollestraße 7 A, 45127 Essen

Vorgetragen auf dem Symposium des Niedersächsischen Umweltministeriums am 24. November 2003 in Hannover

# Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland

## Abfallaufkommen und Endlagerverfügbarkeit aus EVU-Sicht

H. Bröskamp, K.-J. Brammer und R. Graf, Essen

### 1 Historische Entwicklung und Zuständigkeiten

Die friedliche Nutzung der Kernenergie begann in Deutschland bereits in den 1950er Jahren. Zunächst wurden Kernkraftwerke zu Forschungszwecken betrieben, die Nutzung zur Stromerzeugung begann 1962 mit der Inbetriebnahme des *Versuchsatomkraftwerkes (VAK)* in Kahl. In den 1960er und zu Beginn der 1970er Jahre wurde von der Politik aufgrund eines erwarteten stark ansteigenden Energiebedarfs, und einer erwarteten damit einhergehenden dramatischen Verknappung der erforderlichen Energierohstoffe, ein massiver Ausbau der Kernenergie gefordert und gefördert. Die Energieversorgungsunternehmen (EVU) wurden aufgefordert, die politischen Überlegungen in die Tat umzusetzen und Kernkraftwerke zu errichten. Dies führte zwischen 1968 (*KWO*) und 1989 (*GKN 2*) zur Inbetriebnahme von insgesamt 21 Kernkraftwerken.

Dabei wurde die Frage der Entsorgung der Kernkraftwerke von Anfang an berücksichtigt. Bereits 1957 wird in einem Memorandum der *Deutschen Atomkommission* der Hinweis auf die Notwendigkeit der sicheren Beseitigung der radioaktiven Abfälle formuliert. Der Gesetzgeber hat diese Anregung aufgegriffen und im Atomgesetz vom 23.12.1959 Vorschriften zur schadlosen Verwertung radioaktiver Stoffe angelegt.

Die damalige *Bundesanstalt für Bodenforschung* (heute: *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)*) empfahl dann 1963 die Endlagerung in Steinsalzformationen. 1973/74 begann die Planung für ein nukleares Entsorgungszentrum durch die *Bundesregierung*. 1976 wurde dann mit der

Novellierung des Atomgesetzes die Endlagerung von radioaktiven Abfällen als Aufgabe des Staates verankert. Auf der Grundlage der gesetzlichen Vorgaben und des gemeinsamen Beschlusses der Regierungschefs von *Bund und Ländern* zur Entsorgung der Kernkraftwerke vom 17.07.1979 hat der damals zuständige *Bundesinnenminister* die Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge vom 19.03.1980 verabschiedet.

Im Zusammenhang mit dem nuklearen Entsorgungszentrum wurde von der Bundesrepublik auch nach einem geeigneten Endlagerstandort gesucht. Nach einer intensiven Standortsuche durch die *Bundesregierung* und das *Land Niedersachsen* benannte die *Niedersächsische Landesregierung* 1977 *Gorleben* als Standort für ein nukleares Entsorgungszentrum. Vorausgegangen war ein 3-stufiges Auswahlverfahren, in dem mehr als 140 Standorte betrachtet wurden. Die Arbeiten zur Erkundung des Standortes begannen 1979 und wurden am 01.10.2000 zur Klärung von konzeptionellen und sicherheitstechnischen Zweifeln der *Bundesregierung* unterbrochen. Die geschätzten Investitionskosten betragen insgesamt rd. 3,3 Mrd. Euro, von denen bisher bereits 1,3 Mrd. Euro ausgegeben wurden.

Ein weiteres Projekt der *Bundesregierung* ist die Nutzung der *Schachtanlage Konrad* als Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Im Rahmen der Nachnutzung des ehemaligen Eisenerzbergwerkes begann 1975 die *Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (GSF)* im Auftrag des Bundes mit ersten Untersuchungen die Eignung als Endlager zu überprüfen. Nach Abschluss dieser vorlaufenden Eignungsuntersuchungen 1982 hat dann die *Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)*, die damals verantwortliche

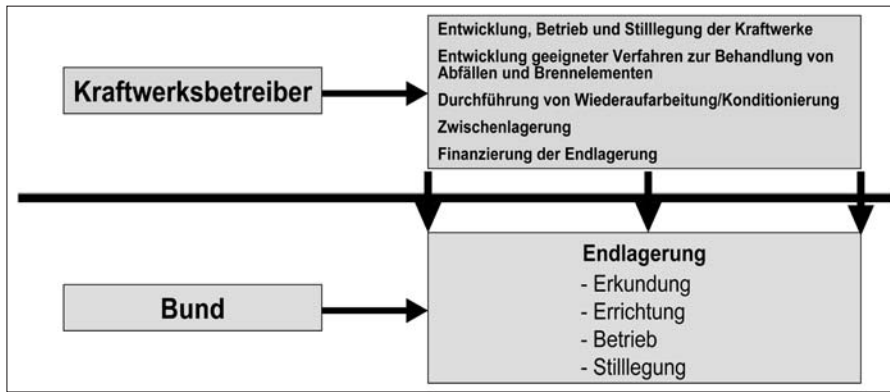


Abb. 1: Zuständigkeiten für die Entsorgung radioaktiver Abfälle

Bundesbehörde (Vorgänger des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS)), den Antrag auf Einleitung des Planfeststellungsverfahrens gestellt. Der Planfeststellungsbeschluss wurde nach gut 20 Jahren im Mai 2002 erteilt und ist zurzeit noch beklagt.

Die geschätzten Investitionskosten betragen insgesamt 1,8 Mrd. Euro, von denen bisher 0,8 Mrd. Euro ausgegeben wurden.

Die Zuständigkeiten bei der Entsorgung sind in Abbildung 1 dargestellt.

Für die bei der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung anfallenden Reststoffe ist der Betreiber des Kernkraftwerkes verantwortlich. Er muss diese entweder schadlos verwerten oder geordnet – als Abfall – beseitigen. Dazu gehören auch bestrahlte Brennelemente, die nicht für die Wiederaufarbeitung und damit die Rezyklierung der noch vorhandenen Energierohstoffe vorgesehen sind. Die Abfälle verbleiben bis zur Annahme in einem Bundesendlager im Eigentum des Abfallerzeugers.

Für die Endlagerung ist gemäß § 9 a Abs. 3 AtG der Bund zuständig (vgl. Abbildung 2). Dieser hat die Aufgabe auf seine nachgeordnete Behörde, das BfS, übertragen, das auf dieser Basis die Endlagerprojekte Gorleben und Konrad seit über 20 Jahren verfolgt. Die dabei entstehenden notwendigen Aufwendungen sind gemäß § 21 b Abs. 3 AtG in Verbindung mit der Endlager-VIV von den Ablieferungspflichtigen als Abfallverursacher zu tragen.

Zur Erfüllung seiner Pflichten hat das BfS mit der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) einen Kooperationsvertrag abgeschlossen und die DBE mit der Planung, Errichtung und Betrieb von Bundesendlagern betraut.

Im Bereich der Bearbeitung geowissenschaftlicher und geotechnischer Fragestellungen der Endlagerung arbeitet das BfS mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zusammen. Die BGR ist dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) zugeordnet.

Die Genehmigung (Planfeststellung) eines Bundesendlagers obliegt der zuständigen obersten Landesbehörde, die wiederum der Bundesaufsicht des BMU unterliegt. Somit übt das BMU im Bereich der Endlagerung sowohl die Fach- und Rechtsaufsicht über den Antragsteller BfS als auch die Bundesaufsicht über die Planfeststellungsbehörde aus.

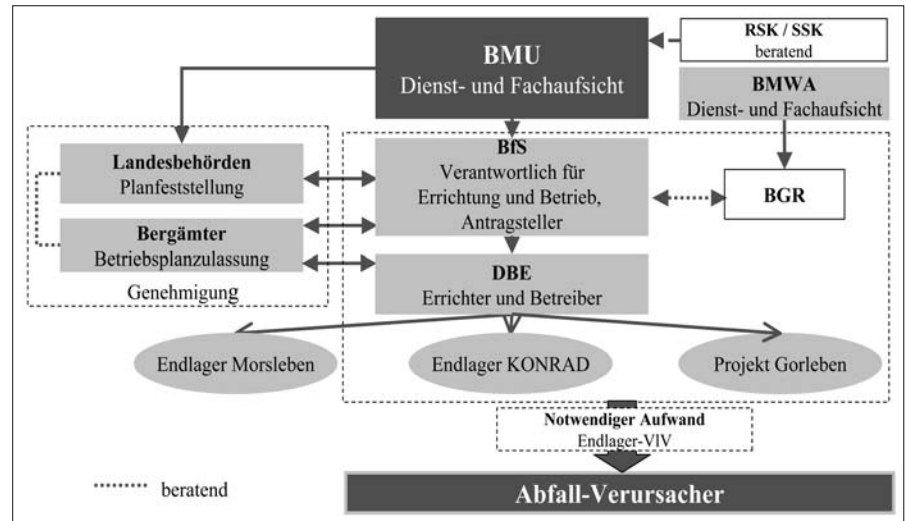


Abb. 2: Zuständigkeiten für die Endlagerung radioaktiver Abfälle

### 3 Abfallaufkommen

Bei der Endlagerung sind aus dem Betrieb von Kernkraftwerken folgende Abfallarten zu berücksichtigen:

- Betriebsabfälle
- Stilllegungsabfälle
- Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente
- Bestrahlte Brennelemente für die direkte Endlagerung
- Sonstige Abfälle

Während man international Abfälle in die Kategorien schwach-, mittel- und hochradioaktiv einteilt, erfolgt die Unterscheidung in Deutschland im Hinblick auf die beiden Endlagerprojekte Konrad und Gorleben nach den Kategorien nicht wärmeentwickelnde bzw. wärmeentwickelnde Abfälle (Abbildung 3). Nicht wärmeentwickelnde Abfälle sind solche, die nur zu einer geringfügigen Erhöhung der Temperatur (max. 3° K) des umgebenden Wirtsgesteins füh-

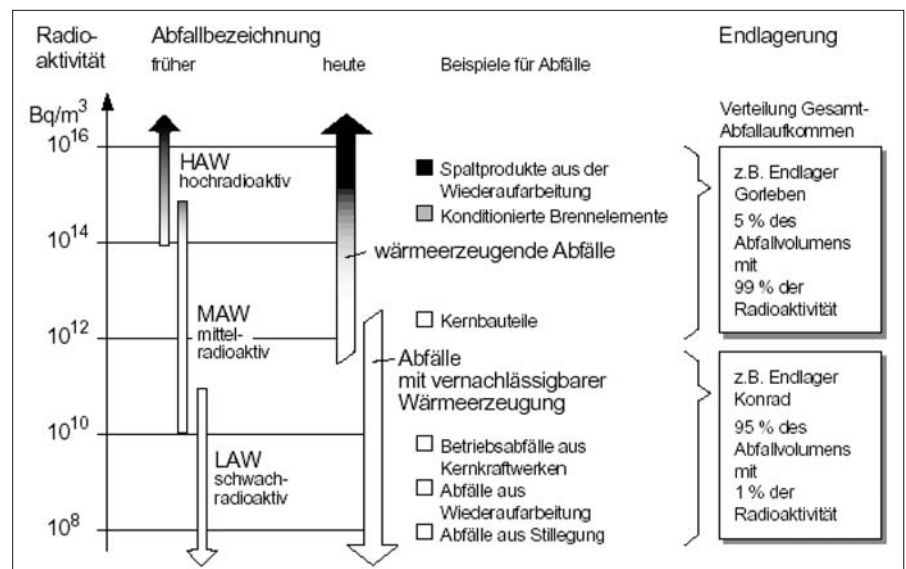


Abb. 3: Klassifizierung radioaktiver Abfälle

ren. Für die Endlagerung dieser Abfälle ist die *Schachanlage Konrad* vorgesehen. Demgegenüber führen wärmeentwickelnde Abfälle zu einem deutlich höheren Wärmeeintrag in das Endlager. Die Endlagerung dieser Abfälle ist im *Salzstock Gorleben* vorgesehen, sofern sich dieser nach Abschluss der Erkundungsarbeiten als geeignet erweist.

### 3.1 Schwachradioaktive (nicht wärmeentwickelnde) Abfälle

Schwachradioaktive Abfälle fallen beim Betrieb, bei Reparatur und Wartung sowie bei der Stilllegung von Kernkraftwerken an. Darüber hinaus stammen geringere Mengen aus der Wiederaufarbeitung und der Konditionierung bestrahlter Brennelemente. Solange kein Endlager verfügbar ist, müssen diese Abfälle zwischengelagert werden. Dem haben die EVU mit dem Aufbau von zentralen Zwischenlagern und Lagerkapazitäten an den Kernkraftwerkstandorten Rechnung getragen.

#### Bestand

Zum 31.12.1999 hat das *BfS* das Volumen bereits vorliegender konditionierter Abfälle mit ca. 64 000 m<sup>3</sup> angegeben (aktuell etwa 68 000 m<sup>3</sup>). Hiervon entfallen auf die EVU etwa 16 000 m<sup>3</sup>, während 48 000 m<sup>3</sup> auf andere Abfallverursacher, wie Großforschungseinrichtungen, Landessammelstellen, Medizin und Industrie etc., entfallen. Dem Bestand von rd. 16 000 m<sup>3</sup> konditionierter Abfälle stehen bei den EVU Lagerkapazitäten in den zentralen Zwischenlagern *Gorleben* und *Mitterteich* sowie an den Kraftwerksstandorten von insgesamt rd. 68 000 m<sup>3</sup> (Einheitsgebände) gegenüber. Hierbei handelt es sich jedoch um eine Pauschalbetrachtung, da nicht alle Abfallverursacher in gleicher Weise auf Lagerkapazität zugreifen können

#### Abfallaufkommen

##### a) Betriebsabfälle

Das jährliche Betriebsabfallaufkommen ist im Laufe der Zeit durch intensive Maßnahmen zur Abfallminimierung stetig gesunken. Ist man in den 1980er Jahren noch von etwa 75 m<sup>3</sup> pro Jahr und Kernkraftwerk ausgegangen, so fallen heute höchstens 60 m<sup>3</sup> pro Jahr und Kernkraftwerk an. Die Tendenz ist weiter fallend. Auf Basis der zwischen EVU und *Bundesregie-*

*rung* vereinbarten Restlaufzeiten fallen aus dem Betrieb der Kernkraftwerke (einschließlich Nachbetriebsphase) insgesamt noch etwa 20 000 m<sup>3</sup> Betriebsabfälle an.

##### b) Stilllegungsabfälle

Die Vereinbarung zwischen EVU und *Bundesregierung* vom 11.06.2001 hat zur Folge, dass rechnerisch bis etwa 2021 alle heutigen Kernkraftwerke stillgelegt werden. Daraus folgt, dass in den nächsten Jahren das Aufkommen an Stilllegungsabfällen deutlich zunehmen wird. Pro Kernkraftwerk wird mit einem Abfallvolumen von rd. 5 000 bis 7 000 m<sup>3</sup> (DWR/SWR) gerechnet. Da der Ablauf der Stilllegung und die Wahl der Stilllegungsvariante im Einzelfall noch offen sind, kann das jährliche Aufkommen nur rechnerisch auf Grundlage vereinfachender Modellannahmen zu etwa 4 000 m<sup>3</sup> pro Jahr abgeschätzt werden. Insgesamt wird mit einem Volumen an Stilllegungsabfällen für alle Kernkraftwerke von rd. 115 000 m<sup>3</sup> gerechnet. Hinzu kommen noch ca. 10 000 m<sup>3</sup> für die bereits im Rückbau befindlichen Kernkraftwerke.

##### c) Wiederaufarbeitungs- und sonstige Abfälle

Unter der Annahme, dass die Nicht-HAW-Abfälle aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente bei *BNFL* durch eine im Wesentlichen aktivitätsequivalente Menge von Glaskokillen substituiert werden, fallen nur ca. 3 000 m<sup>3</sup> schwachradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bei *COGEMA* an. Darüber

hinaus ist mit etwa 2 000 m<sup>3</sup> sonstigen schwachradioaktiven Abfällen, z. B. aus der späteren Konditionierung bestrahlter Brennelemente für die direkte Endlagerung, zu rechnen.

#### Zeitliche Entwicklung

Somit wird das Volumen des heutigen Bestandes und der bis etwa 2030 noch erwarteten Abfallmengen aus Betrieb und Stilllegung der in Deutschland betriebenen Kernkraftwerke rd. 170 000 m<sup>3</sup> betragen. Diese Menge hätte auf der Fläche eines Fußballplatzes, auf dem bis zu einer Höhe von 17 m Abfall gestapelt wird, Platz. Die zeitliche Entwicklung dieses Abfallvolumens ist in der *Abbildung 4* dargestellt. Wie hieraus hervorgeht, wird das kumulierte Abfallvolumen im Wesentlichen durch die Stilllegungsabfälle bestimmt. Bei einem zeitlichen Anfall der Stilllegungsabfälle von ca. 4 000 m<sup>3</sup> pro Jahr, wie hier unterstellt, wären die summarisch verfügbaren Zwischenlagerkapazitäten im Jahre 2013 vollständig gefüllt.

### 3.2 Hochradioaktive bzw. wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle

Zu dieser Abfallkategorie gehören im Wesentlichen die verglasten Spaltproduktlösungen, die kompaktierten Hülsen und Strukturteile aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente sowie bestrahlte Brennelemente, die für die direkte Endlagerung vorgesehen sind.

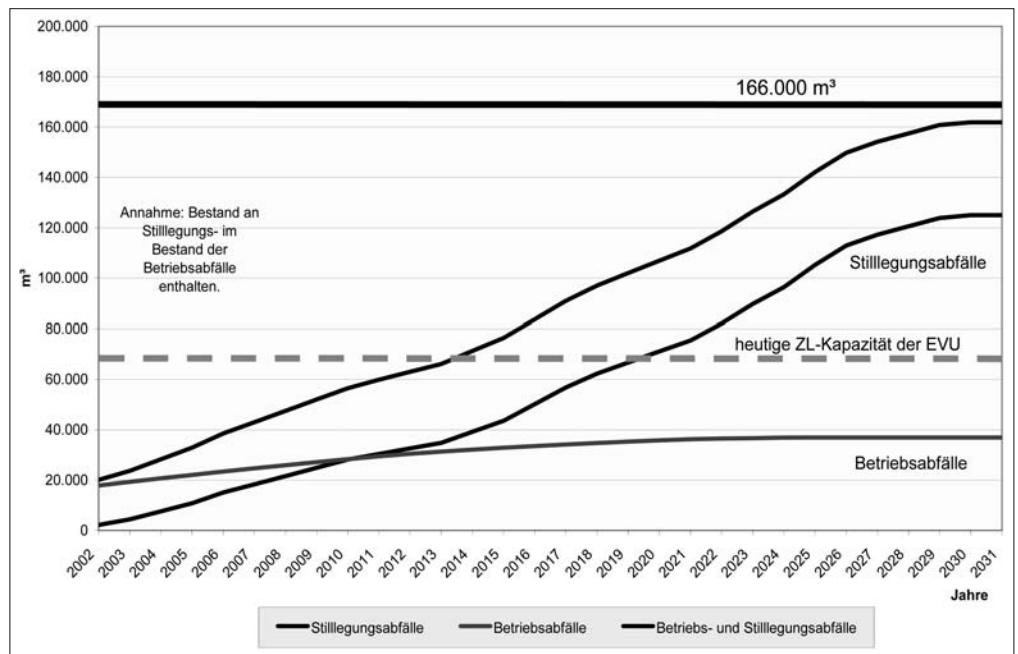


Abb. 4: Aufkommen an Stilllegungs- und Betriebsabfällen der EVU (ohne schwachaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (ca. 3 000 m<sup>3</sup> bis etwa 2015) und ohne Betriebsabfälle aus der Konditionierung von BE (ca. 2 000 m<sup>3</sup> ab 2025))

**Abfallmengen aus der Wiederaufarbeitung**

Die Aufarbeitung abgebrannter Brennelemente war bis zum Jahr 1994 für die deutschen Energieversorgungsunternehmen laut Atomgesetz der vorrangige Entsorgungsweg für bestrahlte Brennelemente. Entsprechend haben die deutschen EVU Wiederaufarbeitungsverträge mit *COGEMA* und *BNFL* über insgesamt rd. 6 900 t abgeschlossen. Für diese Verträge besteht die Verpflichtung zur Rücknahme der bei der Wiederaufarbeitung anfallenden Abfälle. Während Brennelementtransporte zur Wiederaufarbeitung nach der Vereinbarung zwischen den EVU und der *Bundesregierung* vom 11.06.2001 nur noch bis Mitte 2005 zulässig sind, wird sich die Rückführung aller Wiederaufarbeitungsabfälle nach heutigen Planungen bis etwa 2022 erstrecken.

Insgesamt wird mit rd. 127 Glaskokillenbehältern von *COGEMA* und etwa 39 Glaskokillenbehältern von *BNFL*, in Summe also mit etwa 166 Glaskokillenbehältern gerechnet. Die Zwischenlagerung dieser Behälter erfolgt im Transportbehälterlager *Gorleben (TBL-G)*. Die Dauer der Zwischenlagerung richtet sich nach der Verfügbarkeit und den Annahmebedingungen eines Endlagers. Nach den derzeitigen Konzeptplanungen für ein Endlager in *Gorleben* ist für die HAW-Abfälle eine Zeitspanne von etwa 30 bis 40 Jahren zwischen Entladung der Brennelemente aus dem Reaktor und Endlagerung der verglasten Abfälle erforderlich.

Die Rückführung der hochdruckverpressten Hülsen und Strukturteile soll nach heutigen Planungen im Jahr 2008 beginnen. Die hochdruckverpressten Hülsen und Strukturteile befinden sich in Edeltahlkokillen, die die gleichen geometrischen Abmessungen wie die Glaskokillen haben. Insgesamt werden 309 Großbehälter mit kompaktierten Hülsen und Strukturteilen aus den Wiederaufarbeitungsverträgen mit *COGEMA* erwartet. Diese Abfälle könnten, da keine weitere Abklinglagerung erforderlich ist, unmittelbar in ein Endlager verbracht werden. Sofern jedoch kein Endlager verfügbar ist, ist eine Zwischenlagerung dieser Behälter – nach erforderlicher Genehmigungserweiterung – im Transportbehälterlager *Ahaus* vorgesehen.

Für die Zwischenlagerung der zurückzunehmenden Wiederaufarbeitungsabfälle stehen in *Ahaus* und *Gorleben* insgesamt 840

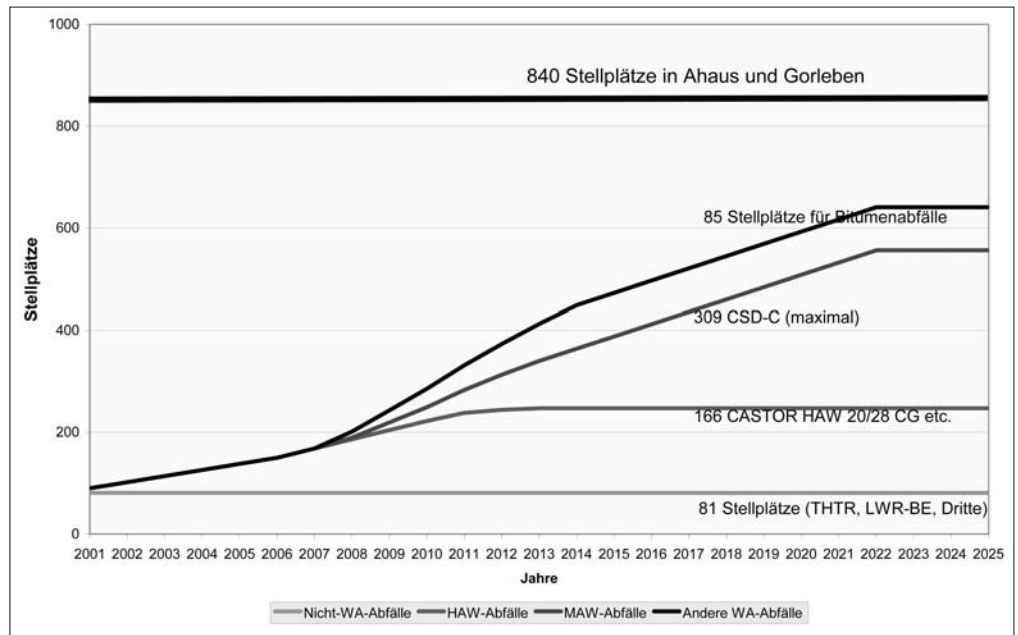


Abb. 5: Aufkommen und Zwischenlagerung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung

Stellplätze zur Verfügung, von denen zurzeit 81 belegt bzw. für Dritte reserviert sind (305 THTR-Behälter auf 50 Stellplätzen; 11 Stellplätze für Brennelementbehälter aus verschiedenen Kernkraftwerken; 20 Stellplätze reserviert für Dritte, z. B. Forschungszentren). Wie aus *Abbildung 5* ersichtlich ist, reichen diese Stellplätze für die zurückzuführenden Wiederaufarbeitungsabfälle aus.

**Bestrahlte Brennelemente für die direkte Endlagerung**

Es handelt sich hierbei um bestrahlte Brennelemente (BE), die nicht wiederaufgearbeitet werden und nach Zwischenlagerung und Konditionierung direkt endgelagert werden. Unter Berücksichtigung der

Festlegungen aus der Vereinbarung vom 11.06.2001 werden im Zeitraum bis etwa 2025 insgesamt ca. 9 000 tSM bis 10 000 tSM anfallen.

Die Brennelemente werden unverdichtet in CASTOR<sup>®</sup>-Behältern zwischengelagert. Nach der Errichtung der im Atomgesetz (ATG) vorgeschriebenen Standortzwischenlager werden ausreichend Stellplätze zur Zwischenlagerung zur Verfügung stehen. Die vor kurzem durch das *BfS* erteilten Betriebsgenehmigungen für die Zwischenlager sind auf 40 Jahre begrenzt.

**4 Verfügbarkeit von Endlagern**

Für die Konditionierung der Abfälle, aber auch für die Dauer der Zwischenlagerung sind das Endlagerkonzept und die

	Stand 1998	aus heutiger Sicht möglich
<b>KONRAD</b>		
Planfeststellungsbeschluss	1998	(erfolgt) 2002 bis 2006
Klageverfahren		bis 2008
Vorbereitung der Umrüstung		2007 bis 2009
Beginn der Umrüstung	Ende 1998	
<b>Projektende (Inbetriebnahme)</b>	2002	2010 <sup>1)</sup> bis 2013
<b>GORLEBEN</b>		
Abschluss Schachtbauteufen	Ende 1997	bis 2005 <sup>2)</sup>
Moratorium		bis 2010
Ende untertägige Erkundung Nordostteil	Ende 2003	bis 2010
Eignungsaussage	Ende 2005	Ende 2012
Erstellung von Planunterlagen		bis 2017
Planfeststellungsbeschluss	Mitte 2008	2020
<b>Projektende (Inbetriebnahme)</b>	2013	2025

1) Vorbereitung der Umrüstung parallel zu den Klageverfahren  
 2) Die Zweifelsfragen sollen bis Ende 2004 abgearbeitet sein.

Abb. 6: Endlagerverfügbarkeit

Verfügbarkeit von Endlagern von großer Bedeutung. Zumindest bezüglich der Verfügbarkeit haben sich die Planungen in der Vergangenheit immer wieder geändert. Nach Planungen aus den frühen 1980er Jahren sollte *Konrad* 1989 und *Gorleben* 2001 in Betrieb gehen.

Während die Projektveränderungen in der Vergangenheit vor allem durch sachliche Einflussfaktoren bedingt waren, sind die massiven Terminverschiebungen seit 1998 rein politisch bedingt. *Abbildung 6* zeigt die geplanten Projektablaufe der Endlagerprojekte *Konrad* und *Gorleben* aus Sicht des Jahres 1998 und heute.

Die Inbetriebnahme des Endlagers *Konrad* war 1998 vom *BfS* für das Jahr 2002 geplant. Für *Gorleben* hat das *BfS* 1998 das Jahr 2012 für das Ende der Umrüstung (Inbetriebnahme 2013) genannt. Die Planungen der Kernkraftwerksbetreiber für die der Endlagerung vorausgehenden Entsorgungsmaßnahmen (z. B. Behälterkonzepte, Konditionierung, Zwischenlagerung) waren auf diese Vorgaben des Bundes abgestimmt.

Die aktuelle Situation der beiden Endlagerprojekte ist definiert durch die zwischen der *Bundesregierung* und den Energieversorgungsunternehmen am 11.06.2001 unterzeichnete Vereinbarung und dem Bemühen des *BMU*, ein neues Standortauswahlverfahren (*AKEnd*) zu implementieren, was aus Sicht der EVU gegen Wort und Geist der Vereinbarung verstößt und auch sachlich nicht erforderlich ist.

## 4.1 Situation Konrad

Für die *Schachtanlage Konrad* liegt seit Mai 2002 der Planfeststellungsbeschluss vor. Vereinbarungsgemäß wurde vom Antragsteller, dem *BfS*, der Antrag auf Sofortvollzug des Beschlusses am 17.07.2000 zurückgezogen, um vor der Umrüstung die Klageverfahren abzuschließen. Die Energieversorgungsunternehmen gehen davon aus, dass nach zügiger Beendigung der Rechtsstreitigkeiten und dem Erlangen von Rechtssicherheit die Errichtung des Endlagers durch den Bund abgeschlossen wird. Nach einer etwa zwei bis drei Jahre dauernden Vorbereitungszeit wird die Umrüstung der Anlage, d. h., der Bau der erforderlichen Gebäude über Tage und das Auffahren und Herrichten der Einlagerungshohlräume, etwa vier bis fünf Jahre in Anspruch nehmen. Die Einlagerung könnte somit je nach Dauer der Klageverfahren etwa ab 2010 bis 2013 beginnen.

## 4.2 Situation Gorleben

Die Erkundung des *Salzstocks Gorleben* wurde am 01.10.2000 zur Klärung von

konzeptionellen und sicherheitstechnischen Fragen des *BMU* zur Endlagerung für einen Zeitraum von drei bis maximal zehn Jahren unterbrochen. Nach Auffassung der derzeitigen *Bundesregierung* stehen jedoch die bisher gewonnenen geologischen Befunde einer Eignungshöflichkeit des *Salzstocks Gorleben* nicht entgegen. In der Erklärung der *Bundesregierung* (Anlage 4 der Vereinbarung vom 11.06.2001) zu *Gorleben* heißt es, dass „die bisherigen Erkenntnisse über ein dichtes Gebirge und damit die Barrierefunktion des Salzes positiv bestätigt werden“. Die *Bundesregierung* hat zugesagt, den Standort durch eine Veränderungssperrenverordnung zu sichern – die bisher immer noch nicht erlassen wurde – und die moratoriumsbegründenden Zweifelsfragen zügig abzarbeiten; sie hat mehrfach Ende 2004 als Termin für das Ende der Bearbeitung genannt.

Da aus Sicht der Energieversorgungsunternehmen nicht zu erwarten ist, dass die Klärung der Zweifelsfragen die Eignung von *Gorleben* in Frage stellt, ist vereinbarungskonform von einer Fortsetzung der Erkundungsarbeiten ab 2005 auszugehen. Aus technischer Sicht könnte das *Endlager Gorleben* dann etwa ab 2025 zur Verfügung stehen.

Die Überlegungen des *BMU* hinsichtlich einer erneut durchzuführenden Standortauswahl und einer daran anschließenden Erkundung von mehreren Standorten sind ausführlich in einem Beitrag in der *Evangelischen Akademie* in Loccum errörtert worden<sup>1</sup>. Es ist nochmals darauf hinzuweisen, dass weder die Entwicklung noch die Durchführung eines neuen Standortauswahlverfahrens Gegenstand der Vereinbarung vom 11.06.2001 ist. Da mit dem planfestgestellten Standort *Konrad* sowie dem *Salzstock Gorleben* zwei aussichtsreiche Endlagerstandorte zur Verfügung stehen, handelt es sich bei den für ein neues Standortauswahlverfahren anfallenden Kosten auch nicht um notwendigen Aufwand im Sinne der Endlager-Vorausleistungsverordnung (Endlager VIV). Die Kosten sind somit auch nicht über die Endlager VIV refinanzierbar und müssten von Bund und Ländern getragen werden.

In jedem Fall ist aber bei der Umsetzung eines erneuten Standortauswahlverfahrens, wie vom *AKEnd* vorgeschlagen,

1 „Absehbare Kosten und volkswirtschaftliche Effekte des vom *AKEnd* vorgeschlagenen Vorgehens“

Tagung der *Ev. Akademie Loccum* zum Thema *Atom Müll und sozialer Frieden: Strategie der Standortsuche für das nukleare Endlager*, 7. bis 9. Februar 2003 in Loccum (Veröffentlichung in der *atw* 48. Jahrgang (2003) Heft 5 - Mai

die Inbetriebnahme eines Endlagers bis 2030 unrealistisch. Eher ist davon auszugehen, dass sich eine mögliche Inbetriebnahme eines Endlagers mindestens bis 2040 verzögern und damit – entgegen aller Behauptungen – immer mehr in die Verantwortung zukünftiger Generationen verschoben wird.

## 5 Schlussfolgerungen

### 5.1 Endlagerung von nicht wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen

Die Konditionierung der nicht wärmeentwickelnden Abfälle erfolgt bereits heute entsprechend den vom *BfS* gemachten Vorgaben endlagergerecht nach den vorläufigen Annahmebedingungen des *Endlagers Konrad*.

Aus den vorgetragenen Angaben zum erwarteten Abfallvolumen der nicht wärmeentwickelnden EVU-Abfälle in Verbindung mit dem möglichen Beginn des Einlagerungsbetriebes *Konrad* 2013 lassen sich die folgenden Ergebnisse ableiten:

1. Bei einer pauschalen Betrachtung reichen die verfügbaren Zwischenlagerkapazitäten für Betriebs- und Stilllegungsabfälle rechnerisch bis zum Jahr 2013, dem realistischere zu erwartenden Inbetriebnahmezeitpunkt des *Endlagers Konrad*.
2. Bei einer Inbetriebnahme des *Endlagers Konrad* im Jahr 2013 kann somit theoretisch der Zubau weiterer Zwischenlagerkapazitäten vermieden werden, da alle noch anfallenden und bereits vorhandene Abfälle bis 2030 in der Schachtanlage eingelagert werden können (*Abbildung 7*).
3. Zur Optimierung der Einlagerungsvorgänge ist die Errichtung eines ausreichend dimensionierten Pufferlagers mit Konditionierungsmöglichkeiten am Standort erforderlich.
4. Bei einer Einzelfallbetrachtung ist der Zubau weiterer Zwischenlagerkapazitäten bereits deutlich früher erforderlich. Dies gilt im Hinblick auf die großen Mengen von Stilllegungsabfällen, insbesondere für die Rückbauprojekte, die bereits vor der Verfügbarkeit eines Endlagers begonnen werden.
5. Für den Fall, dass ein Endlager, wie vom *BMU* geplant, erst ab 2030 den Betrieb aufnimmt, ist das gesamte Abfallvolumen von rd. 170 000 m<sup>3</sup> sicher zwischenzulagern. Dafür wären zusätzliche Zwischenlagerkapazitäten in der Größenordnung von 100 000 m<sup>3</sup> zu schaffen.

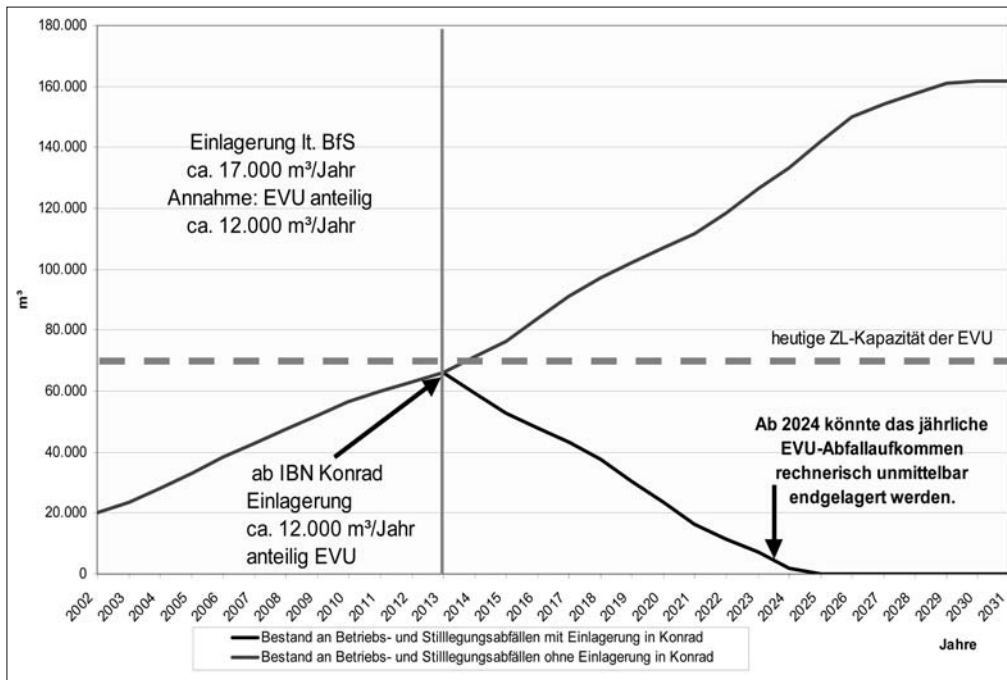


Abb. 7: Bestand mit Einlagerung in Konrad

Allerdings sollte aus sicherheitstechnischen Gründen eine unnötig lange Zwischenlagerung vermieden werden. Dies hatte auch die RSK im Zusammenhang mit ihrer Empfehlung zu „Sicherheitsanforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle“ festgestellt.

An dieser Stelle sei der Vollständigkeit halber darauf hingewiesen, dass die Kapazitäten der Landessammelstellen für eine Zwischenlagerung aller bis 2030 anfallenden Abfälle der ablieferungspflichtigen Abfallverursacher nicht ausreichen werden. Damit werden auch für die übrigen – Nicht-EVU – Abfälle weitere Zwischenlagerkapazitäten erforderlich.

## 5.2 Endlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen

Wie ausgeführt, wird vom BMU die Verfügbarkeit eines (Hochaktiv-) Endlagers im Jahr 2030 angestrebt. Dies ist bei einem Standortauswahlverfahren – wie vom AKEnd vorgeschlagen – voll ersichtlich. Aus technischer Sicht ist eine Inbetriebnahme eines Endlagers für wärmeentwickelnde Abfälle ab dem Jahr 2025 noch erreichbar, sofern sich der Salzstock nach zügigem Abschluss der Erkundungsarbeiten als geeignet erweist. Die wichtigsten Abfallströme sind:

- Hochdruckkompaktierte Hülsen und Strukturteile aus der Wiederaufarbeitung
- Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung
- Konditionierte Brennelemente

Mit den bis zum Jahr 2022 zurückgeführten hochdruckkompaktierten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung stehen Abfälle zur Verfügung, die ohne jede weitere Abklinglagerung endgelagert werden könnten, was dem ursprünglichen Konzept (Rückführungsbeginn nach Inbetriebnahme des Endlagers) entspricht. Sie sollen, wie auch die Glaskokillen, in Bohrlöchern endgelagert werden. Wobei eine Kombination von kalten Kokillen mit kompaktierten Abfällen und warmen Glaskokillen vorteilhaft sein kann. Für die Einlagerung ist es erforderlich, die Kokillen aus dem Transport- und Lagerbehälter auszuladen und mit einem geeigneten Shuttlesystem nach Untertage zu verbringen. Hierfür ist eine entsprechende Umladevorrichtung am Endlager vorzusehen.

2. Das derzeitige Referenzkonzept für die Endlagerung bestrahlter Brennelemente, ist das sogenannte POLLUX-Konzept. Dabei werden die Brennelemente in einer Konditionierungsanlage wie der PKA aus den Transport- und Lagerbehältern entnommen. Anschließend werden die Brennstäbe in einer „Heißen Zelle“ aus den Brennelementen gezogen und in Büchsen eingelagert, um durch eine Minimierung der Stababstände die Kritikalitätssicherheit zu erhöhen. Die Büchsen werden anschließend in POLLUX-Behälter geladen, der dann in das Endlager verbracht und in Strecken eingelagert werden. Der Zeitpunkt der Einlagerung hängt dabei von der Wärmelast der Brennelemente und der zulässigen Wärmeleistung im Endlager ab.

3. Zur Optimierung der Endlagerung wird zurzeit das sogenannte BSK3-Konzept entwickelt. Dabei werden die Brennstäbe nicht mehr in Büchsen und

anschließend in POLLUX-Behältern verpackt, sondern in Kokillen, die – mit Ausnahme der Länge – die gleiche Geometrie wie die HAW- und MAW-Kokillen haben und zusammen mit diesen in Bohrlöchern endgelagert werden sollen. Dies kann einerseits zu einer deutlichen Vereinfachung der Handhabungsvorgänge im Endlager führen und andererseits wegen der geringen Wärmeleistung je Gebinde faktisch eine frühe Einlagerung ermöglichen

4. Aus heutiger Sicht wird die Dauer der Einlagerung und damit die erforderliche Offenhaltung des Endlagers vor allem durch die Kapazität der PKA bestimmt, die der limitierte Faktor ist (genehmigt 35 t pro Jahr; technisch möglich ca. 450 t pro Jahr). Daher müsste möglichst frühzeitig mit der endlagerechten Konditionierung begonnen werden, um das Endlager nicht unnötig lange offen halten zu müssen. Dies setzt jedoch voraus, dass die Einlagerungsbedingungen möglichst früh feststehen.

Für die Entwicklung eines optimalen Konzeptes und entsprechende Versuche zur Konzeptabsicherung ist ein Zeitbedarf von ca. zehn Jahren zu veranschlagen. Da – wie bereits mehrfach erläutert – die Konzeptentwicklung stark von den Endlagergegebenheiten abhängt, ist gerade für den Fall einer Optimierung der Endlagerung eine möglichst baldige Festlegung der Endlagerungsbedingungen erforderlich.

5. Ein weiterer Gesichtspunkt ergibt sich aus der auf 40 Jahre begrenzten Betriebsgenehmigung der Standortzwischenlager. Um alle Brennelemente rechtzeitig zum Ende der Betriebsgenehmigung aus den Standortzwischenlagern entfernen zu können, muss mit den Auslagerungen, der Konditionierung und Endlagerung bereits ab etwa 2020 begonnen werden (Abbildung 8). Dabei wurde davon ausgegangen, dass keine parallele Behandlung von Brennelementen aus Forschungsreaktoren sowie HAW- und MAW-Wiederaufarbeitungsabfällen erfolgt. Unter der Annahme, dass für die Entwicklung und Erprobung eines optimierten Einlagerungskonzeptes etwa zehn Jahre benötigt werden, müssten spätestens bis 2013 die Randbedingungen, d. h. die Endlageranforderungen, feststehen.

Dies ist heute schon kaum noch zu schaffen. Denn selbst wenn die Erkundung

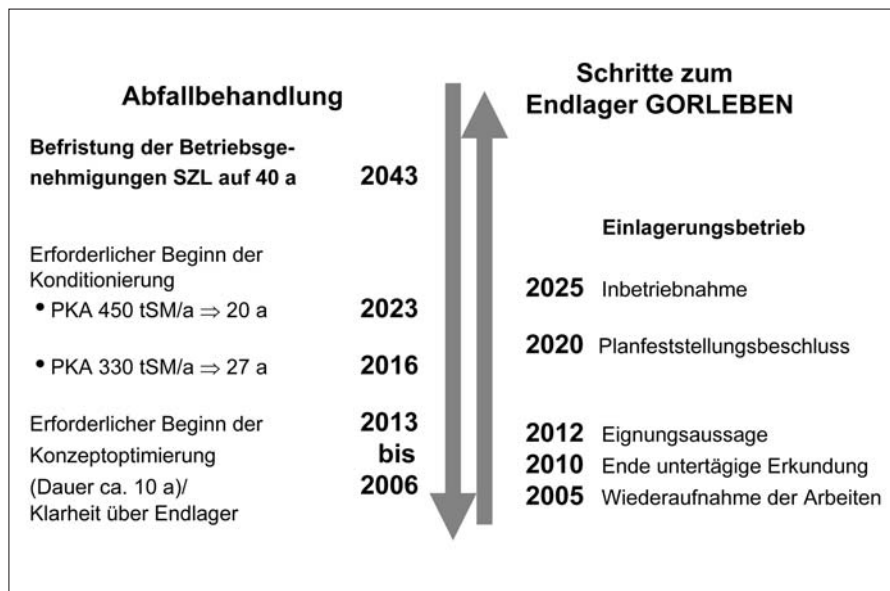


Abb. 8: Abfallaufkommen und Endlagerverfügbarkeit aus Sicht der EVU

2005 wieder aufgenommen und bis 2010 abgeschlossen werden könnte, würde eine Bewertung der Erkundungsergebnisse kaum vor 2012 und ein Planfeststellungsbeschluss kaum vor 2020 vorliegen. Und dies auch nur dann, wenn sich die Eignung von *Gorleben* bestätigt und das Projekt ohne Verzögerungen durch Erkundungen an zusätzlichen Standorten fortgesetzt wird.

## 6 Zusammenfassung

Für die Errichtung und den Betrieb von Endlagern ist per Atomgesetz der *Bund* zuständig. Die Finanzierung des notwendigen Aufwandes für die Endlagerung erfolgt durch die Abfallverursacher.

Bis 1998 ging das zuständige *Bundesamt für Strahlenschutz* von einer Inbetriebnahme des *Endlagers Konrad* im Jahre 2002 und des *Endlagers Gorleben* im Jahre 2013 aus. Hierauf hatten sich die Kernkraftwerksbetreiber durch Schaffung entsprechender Zwischenlagerkapazitäten eingestellt. Nach dem Regierungswechsel 1998 ist aus politischen Gründen eine erhebliche Verzögerung bei den Endlagerprojekten eingetreten.

Obwohl *Konrad*, nach einem 20-jährigen Genehmigungsverfahren, 2002 eine

Betriebsgenehmigung erhielt, wurde der beantragte Sofortvollzug aus politischen Gründen zurückgenommen, sodass mit einer Einlagerung frühestens zwischen 2010 und 2013 – abhängig von der Dauer des Gerichtsverfahrens – gerechnet werden kann. Zwar reichen die vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten für schwachradioaktive Abfälle bei einer summarischen Betrachtung bis zu diesem Zeitpunkt, da jedoch nicht alle Betreiber in gleichem Maße Zugang zu den Zwischenlagerkapazitäten haben, ist der Neubau von Zwischenlagern im Einzelfall bereits sehr viel früher erforderlich. Dies gilt insbesondere für die bereits begonnenen oder demnächst anstehenden Rückbauprojekte, da hierbei im Vergleich zu den Betriebsabfällen sehr viel größere Abfallmengen anfallen.

Sollte, wie vom *BMU* dem *AkEnd* als Arbeitshypothese vorgegeben, nur ein Endlager im Jahre 2030 in Betrieb gehen, ist für den noch zu erwartenden Anfall an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen der Zubau weiterer Zwischenlagerkapazitäten in der Größenordnung von 100 000 m<sup>3</sup> – allein bei den EVU – erforderlich. Ein solches Szenario wäre insbesondere auch für die öffentlichen Haushalte extrem ungünstig, da ihnen mehr als zwei Drittel der zurzeit bereits existierenden schwach- und mittelradioaktiven Ab-

fälle zuzurechnen sind, von denen ein Großteil für eine langfristig sichere Zwischenlagerung in der derzeitigen Form nicht geeignet ist und daher umkonditioniert werden müsste. Darüber hinaus ist der *Bund* Hauptgesellschafter der Großforschungszentren und damit auch für den Rückbau der dort vorhandenen kerntechnischen Einrichtungen verantwortlich. Die Kosten derartiger Projekte könnten durch die zügige Verfügbarkeit eines Endlagers deutlich reduziert werden.

Für die Wiederaufarbeitungsabfälle stehen die zentralen *Zwischenlager Ahaus* und *Gorleben* zur Verfügung, während für die bestrahlten Brennelemente zurzeit Zwischenlager an den jeweiligen Kernkraftwerksstandorten errichtet werden. Somit ist bei dieser Abfallkategorie mit keinem Engpass an Zwischenlagerkapazitäten zu rechnen. Allerdings muss ein Teil dieser Abfälle – insbesondere die kompaktierten Hülsen und Strukturteile – nun länger zwischengelagert werden als dies aus technischen Gründen erforderlich wäre. Berücksichtigt man, dass die Betriebsgenehmigung der Standortzwischenlager auf 40 Jahre begrenzt ist, so muss etwa 2020 mit dem Abtransport, der Konditionierung und Endlagerung der Brennelemente begonnen werden. Sofern noch eine Optimierung des Einlagerungskonzepts – BSK3 statt POLLUX – mit entsprechender Konzeptentwicklung und -erprobung erfolgen soll oder muss, müssten bis 2013 die Randbedingungen, d. h. die Endlageranforderungen, an eine solche Konzeptoptimierung feststehen. Dies ist selbst bei zügiger Fortführung der Erkundungsarbeiten in *Gorleben* praktisch kaum noch zu schaffen.

## Fazit

Zur Vermeidung einer sicherheitstechnisch nachteiligen langfristigen Zwischenlagerung sowie des ansonsten erforderlichen Neubaus erheblicher Zwischenlagerkapazitäten für schwachradioaktive Abfälle, aber auch um eine zügige Entsorgung der hochaktiven Abfälle sicherzustellen, ist die möglichst **zügige Realisierung** der Endlagerprojekte **Konrad** und **Gorleben** zwingend erforderlich. □