



**Bürger  
initiative**  
Umweltschutz  
Lüchow-Dannenberg

# zur Sache

Nr. 2, August 2013, Spendenempfehlung: 5,00 Euro



# Entsorgungs-Fiasko

**Eine aktuelle Atommüll-Bilanz**



## Inhaltsverzeichnis

Vorwort: Ein großes Problem und keine Lösung in Sicht • von Asta von Oppen	_____ S. 03
Atommüll – Viele schwarze Flecken im Land • von Wolfgang Ehmke	_____ S. 06
Bestandsaufnahme: Atommüll 2013 • von Wolfgang Neumann	_____ S. 12

## Impressum

Entsorgungs-Fiasko  
aus der Reihe: zur Sache, Nummer 2,  
8. vollständig überarbeitete Auflage, August 2013

Hrsg.: Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V.  
Rosenstraße 20, 29439 Lüchow

Gestaltung: Andreas Conradt und Andrea Hagen  
Druck: Otto Dennstedt, Dannenberg



# Ein großes Problem – keine Lösung in Sicht

von Asta von Oppen

Immer wieder gibt es Bewegung bei der Suche nach einer Lösung für das vielleicht größte Problem unserer Generation: wohin mit dem radioaktiven Müll? Politiker kündigen neue Regelungen an, aber die Umsetzung scheitert, weil sie zwischen die Mühlen von Wahlkämpfen, rivalisierenden Ministerien, vermeintlichen Sachzwängen und den Druck der Atomwirtschaft gelangen. Ein ernsthafter und sorgfältiger Umgang mit dem Problem ist nicht zu erkennen.

Wer diese Broschüre studiert, weiß am Ende, dass wir nicht nur auf einem unvorstellbar großen Berg von Atommüll sitzen, sondern dass in den kommenden Jahren noch Unmengen von Müll hinzukommen sollen, wenn die Atomkraftwerke wie geplant bis 2023 weiter laufen.

Der Autor musste bei seinen Recherchen feststellen, dass verlässliche Zahlen nur in mühsamster Kleinarbeit zusammenzusuchen sind. Es liegt die Vermutung nah, dass in unserer Republik keiner weiß oder wissen will, wie groß das Problem mit den Mengen an radioaktivem Atommüll ist.

Die Broschüre beantwortet die Frage, worüber wir eigentlich reden, wenn wir über den Umgang mit radioaktivem Müll sprechen. Sie macht deutlich, dass jeder weitere Tag, an dem die AKWs betrieben werden, ein Tag zu viel ist.

Die Rechtshilfegruppe Gorleben führt seit über 30 Jahren verwaltungsrechtliche Prozesse gegen die Atomanlagen in Gorleben. Verhindern und verzögern, Sand im Getriebe sein und immer wieder mit Hilfe von Daten und Fakten zur Aufgabe des Standortes Gorleben und des atomaren Wahnsinns beizutragen – das ist unser Ziel.

Wir danken Wolfgang Neumann für die Mühe und den Aufwand, den er betrieben hat, das zusammenzutragen, was die Befürworter des Weiterbetriebes der Atomkraftwerke lieber verschweigen: wir haben ein großes Problem und keine Lösung.

Asta von Oppen  
Rechtshilfegruppe Gorleben e. V.

# **Atommüll – viele schwarze Fleck**



# ken im Land

Wolfgang Ehmke

Bundesregierung und die Ländervertreter haben sich auf die Grundzüge eines Endlagersuchgesetzes verständigt. Statt eine umfassende Atommülldebatte zu führen, statt die Fehler der Vergangenheit aufzuarbeiten, geht es gleich zur Sache: das Gesetz ist im Eilverfahren durchgepaukt worden und im Juli in Kraft getreten, das dann bis zum Jahr 2015 gegebenenfalls überarbeitet wird. Eine Bund-Länder-Kommission soll dazu Vorschläge unterbreiten. In der 33-köpfigen Kommission teilen sich Parteipolitiker/-innen die Hälfte der Sitze, die anderen Kommissionsmitglieder aus Kirchen, Umweltverbänden, Gewerkschaften und Wirtschaft werden von ihnen ausgewählt.

Der niedersächsische Ministerpräsident Stephan Weil (SPD) und sein grüner Fraktionskollege Stefan Wenzel konnten zwar den Gesetzentwurf um jenen Passus erweitern, in dem der Bund-Länder-Kommission die Aufgabe übertragen wird, Such- und Sicherheitskriterien zu erarbeiten. Doch Peter Altmaier (CDU), Jürgen Trittin (Grüne) und Sigmar Gabriel (SPD), die Troika weiß zu genau, dass die Bundesanstalt für Geowissenschaften (BGR) eine Aktenlage pro Gorleben geschaffen hat. Sie kennen auch die geltenden Sicherheitsbestimmungen, die auf Gorleben zugeschnitten sind. Dort ist nicht mehr die Rede von einem Mehrbarriersensystem. Allein das Endlagergestein – der einschlusswirksame Gebirgsbereich – soll für eine Million Jahre Sicherheit bieten. Welch Hybris! Da wurde einfach, weil nicht vorhanden, die Abschirmwirkung des Deckgebirges gestrichen. Es drängt sich auch die Frage auf, warum – allein – in Deutschland die nukleare Community auf Salz als Endlagergestein setzt. So gibt es gleich zwei Einbahnstraßen: Gorleben und Salz.

Die Verhandlungsführer in Berlin, die jetzt einen „Neustart“ der Endlagersuche ankündigen, blenden dabei völlig aus, dass der Schacht Konrad genauso wenig wie Gorleben Ergebnis eines vergleichenden Auswahlverfahrens war. Es geht ihnen um die Suche



nach einem Platz für „insbesondere wärmeentwickelnde Abfälle“. Ursprünglich hieß es, alle schwach- und mittelaktiven Abfälle sollten in eine Deponie (Schacht Konrad), die hochradioaktiven Abfälle in eine andere (Gorleben). Das ist nicht mehr der Fall. Im Gesetz heißt es, dass ein Standort für insbesondere hochradioaktive Abfälle gesucht werden soll. Das Wörtchen „insbesondere“ ist ein Türöffner für eine Deponie, in der hochradioaktiver Müll mit schwach- und mittelaktiven Abfällen vermischt wird. Das ist hochproblematisch. Die (Sicherheits-) Tücke liegt im Detail.

Nicht einmal die Unwägbarkeiten bei den Abfallmengen sind richtig klar. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) prognostiziert, bis zum Jahr 2040 würden beim „bestimmungsmäßigen Betrieb“ insgesamt 277 000 Kubikmeter schwach- und mittelaktive Abfälle anfallen, 64 % der Abfälle kämen aus kerntechnischen Einrichtungen, 36 % stammten von der „öffentlichen Hand“. Dazu kämen 29 000 Kubikmeter hochradioaktiver Abfälle. Kontaminierter Müll aus Forschungseinrichtungen wie dem Kernforschungszentrum Jülich oder die verglasten hochaktiven Abfälle aus der ehemaligen WAA Karlsruhe machen nur einen geringen Anteil aus.

Nicht eingerechnet sind: Atommüll aus möglichen Störfällen oder die Abfälle, die aus der Asse II geborgen werden sollen, sie sind nicht „bestimmungsgemäß“, wie es im Amtsdeutsch heißt.

Wolfgang Neumann nimmt diese offiziellen Zahlen unter die Lupe, hat einiges an diesen Zahlen zu korrigieren und setzt auch Fragezeichen. Diese Bilanz ist Basiswissen.

### **Im Lande gibt es viele schwarze Flecken!**

Um kraftwerksnahe Zwischenlager, um die uranhaltigen Abfälle aus Gronau und das, was in Forschungseinrichtungen liegt. Einer der schwarzen Flecken ist der Schacht Konrad, ein ehemaliges Erzbergwerk. Schacht Konrad ist als Endlager seit 2007 planfestgestellt. Klagen waren erfolglos. Eine Klage vor dem europäischen Gerichtshof ist jedoch noch anhängig. Statt des geplanten Einlagerungsbeginns im Jahr 2014 ist jetzt die Rede davon, dass erst nach dem Jahr 2020 eingelagert werden könne. Völlig ungeklärt ist, ob die Abfälle aus der Asse II den Einlagerungsspezifikationen im Schacht Konrad entsprechen. Das setzt noch den Bau einer Konditionierungsanlage voraus. 303 000 Kubikmeter Strahlenmüll könnte das Bergwerk fassen, meint das Bundesamt für Strahlenschutz. Der Umbau von Schacht Konrad zu einem Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle wird voraussichtlich rund 1,6 Milliarden Euro kosten. Immer noch gilt Gorleben als Favorit als Endlager für die hochradioaktiven Abfälle. Warum wir das so sehen, erklären wir in einer anderen Ausgabe der Schriftenreihe „Zur Sache“ ausführlicher: Der



barocke Titel lautet „Der fünfte Schritt vor dem ersten? Warum dieses „Endlagersuchgesetz“ der falsche Weg ist“. Entstanden ist dieses Heft nach dem Besuch des Bundesumweltministers Peter Altmaier (CDU) im Wendland.

Der alte und der neue Plan bei der „Beseitigung“ des Atommülls lässt sich wie folgt skizzieren: Die schwach- und mittelaktiven Abfälle sollen im ehemaligen Erzbergwerk Schacht Konrad versenkt werden, für die hochradioaktiven Abfälle gibt es bisher nur die kraftwerksnahen und die drei dezentralen Zwischenlager Ahaus, Lubmin und Gorleben. Aber wie jeder weiß, rechnet die Branche mit Gorleben als nuklearem Endlager.

### **Es gibt weltweit kein Endlager für hochradioaktive Abfälle!**

Weltweit gibt es nach 50 Jahren Nutzung der Atomkraft zur Stromproduktion kein Endlager für die hochradioaktiven Abfälle. Jahrelang galt die Asse als Pilotprojekt für Gorleben. Die Einlagerung von wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen wurde dort simuliert. Wärmequellen sollten Aufschluss geben, wie sich das Salzgestein verhält. Zum Glück konnte Anfang der 90er Jahre verhindert werden, dass hochradioaktiver Müll aus der Plutoniumfabrik und Waffenschmiede Hanford (USA) eingelagert wurde. Jeder Salzstock hat ein individuelles Design. Deshalb verbietet sich der Kurzschluss – die Asse säuft ab, also geht Gorleben nicht. So einfach ist es nicht, denn der Schacht Konrad, Morsleben und die Asse II waren Gewinnungsbergwerke, dort wurde Erz bzw. Kali abgebaut. Gorleben gilt als „unverritz“. Doch die Parallelen zwischen der Asse und Gorleben liegen auf der Hand: Wasserkontakt, Gefälligkeitsgutachter, die Anwendung des Berg- statt des Atomrechts, um ohne Öffentlichkeitsbeteiligung arbeiten zu können.

Das Gorleben-Moratorium des Jahres 2000 war Ergebnis eines politischen Kompromisses, zustande gekommen war es aber nur, weil Geologen an der Eignung Gorlebens zweifelten und zweifeln. Als 1977 der einzige Standort für ein nukleares Endlager, in dem vor allem der hochradioaktive Müll gelagert werden soll, benannt wurde, spielten geologische Kriterien eine völlig untergeordnete Rolle: sie schlugen mit 12,8 % zu Buche, gesucht wurde nämlich ein passendes Areal von 12 Quadratkilometern für den Bau der Wiederaufarbeitungsanlage. Auf 300 Seiten legte Prof. Dr. Klaus Duphorn bereits 1982 fundiert und akribisch dar, welche Risiken der Salzstock Gorleben als Folge der komplizierten geologischen Struktur und der Wasserkontakte für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle birgt. Auftraggeber war die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), also die Vorgängerbehörde des BfS. Im Mai 1983 hatte der



Amtsleiter Professor Helmut Röthemeyer in Hannover gegenüber Journalisten eine Zusammenfassung der bis dahin vorliegenden Untersuchungsergebnisse mit einer „internen Gesamtbewertung“ verbunden, die zu der Empfehlung gelangte, „das Erkundungsrisiko breiter zu streuen.“ Ziel der PTB war es, auch andere Salzstöcke zu erkunden. Für eine Behörde war das ein unerhört mutiger Schritt, konsequenter wäre gewesen, ganz auf die Einbahnstraße Gorleben zu verzichten. Erst zwei Jahre später erfuhr die Presse, dass die Bundesregierung der PTB per Weisung untersagt hatte, derartige Überlegungen anzustellen (FR 25.7.85 „Maulkorb für kritische Äußerung über Gorleben“).

In den letzten drei Jahren befasste sich ein Parlamentarischer Untersuchungsausschuss mit der Schönung der Akten. Allen Bedenken zum Trotz beschloss das Bundeskabinett unter Helmut Kohl nämlich im Juli 1983, dass mit dem Abteufen der Schächte begonnen werden sollte. Übrigens: Unverritz ist auch das Endlagerbergwerk Gorleben nicht mehr. In den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden mehrere Tiefbohrungen bis in 3 000 Meter Tiefe niedergebracht, auf der Suche nach Kaliflözen, diese Bohrungen wurden nicht richtig verfüllt, weiß der Kulturhistoriker Dr. Michael Reiff zu berichten. Auch mit dem Ausbau der Schachanlage wurden Wasserwegsamkeiten eröffnet. Spätestens während einer Betriebsphase wäre ein solches Argument ohnehin hinfällig.

### **Eine „ergebnisoffene“ und gleichzeitig alternativlose Suche**

Norbert Röttgen (CDU) hielt strikt an Gorleben fest. Er wollte dort „ergebnisoffen“, aber alternativlos weiter erkunden lassen und hob das Moratorium auf. Gleichzeitig wurde durch Greenpeace und durch die Rechtshilfe Gorleben aufgedeckt, dass Gaseinschlüsse im und Gasvorkommen unter dem Salz bewusst verschwiegen wurden. Der Bundeskanzlerin Angela Merkel entfuhr wiederholt die Klage, dass in Gorleben bereits 1,6 Milliarden Euro verbaut wurden.

### **Geld statt Sicherheit**

Das ist übrigens die einzige Summe, die von den Atomstromproduzenten aufgebracht werden musste. Ein Witz angesichts der 27,5 Milliarden Euro, die die Atomstromkonzerne steuerfrei an Rücklagen für die nukleare Entsorgung angehäuft haben. Allein aus den Zinsen ließen sich Alternativen zu Gorleben erkunden.

Es ist Zeit für Weichenstellungen, für eine Energiepolitik, die auf die Regenerativen, Energieeffizienz und Sparpotentiale setzt und – was die hochgefährlichen Hinterlassenschaften des Atomzeital-

ters angeht – eine vergleichende Endlagersuche mit Beteiligungsrechten der Öffentlichkeit – Gorleben aber gehört zurückgebaut.

In diesem Heft geht es also um Basisinformationen. Wer über die Frage diskutiert, wohin mit dem Atommüll, muss wissen, welche Müllmengen anfallen, wie sie bisher gelagert werden, welche Dimension dieses Thema mittlerweile hat, wie ständig improvisiert wird – während immer noch weiterhin Atommüll produziert wird.

**Wir sagen: Schaltet die Atomkraftwerke endlich ab!**



# Bestandsaufnahme Atommüll 2013

## 1. Einleitung

von Wolfgang Neumann

In der Bundesrepublik Deutschland werden seit über 40 Jahren Atomkraftwerke zur Stromerzeugung betrieben. Nach der Atomgesetzänderung 2011 scheint diese Ära 2023 zu Ende zu gehen. Bis dahin ist durch die Atomkraftwerke und durch andere Atomanlagen eine große Menge Atommüll angefallen. Die Stilllegung verursacht weiteren Atommüll. Für den Umgang mit dem Atommüll gab es zwar von Anfang an Überlegungen, aber durchführbare Konzepte, deren sicherheitstechnische Randbedingungen eine schadlose Verwertung oder sichere Endlagerung zulassen, gab es zur damaligen Zeit nicht und gibt es trotz des Fortschritts in Technik und Wissenschaft bis heute nicht. Dies liegt in der Natur der Sache, da die zum Betrieb der Reaktoren in großen Mengen aus der Geosphäre (Erdgestein) in die Biosphäre (menschlicher Lebensraum) gebrachten Urannuklide, und vor allem die bei der Spaltung von Uran im Reaktor künstlich erzeugten Radionuklide, nicht einfach ihrer Radioaktivität entledigt werden können. Es bleibt deshalb nur den relativ sichersten Weg zu suchen.

International – auch in Deutschland – wird zum Konzept Partitioning&Transmutation (Abtrennung und Kernumwandlung) geforscht und es werden Milliarden von Euro investiert. Die Atomlobby hat daran besonders großes Interesse, da ihr Elektrizitätserzeugungsmonopol damit abgesichert werden könnte und tot geglaubte Anlagenkonzepte, wie bspw. die zur Wiederaufarbeitung und Schnelle Neutronen Reaktoren, wieder sehr lebendig werden. Das allein zeigt bereits die hohen Sicherheitsrisiken, mit denen diese Technologie verbunden wäre. Davon abgesehen sollte nach den bisherigen Forschungsergebnissen jedem klar sein, dass Physik und Chemie nicht überlistet werden können. Weder ist die vollständige Separierung (Voraussetzung zur Transmutation) aller bei der

Kernspaltung entstandenen Radionuklidsorten möglich, noch die Umwandlung aller langlebigen Radionuklide. Bei der Umwandlung werden z. T. auch neue langlebige Radionuklide erzeugt. Die Diskussion kann sich deshalb nur noch darum drehen, ob Abtrennung und Kernumwandlung überhaupt zur Entschärfung des Endlagerproblems beiträgt. Fest steht, Endlager sind weiterhin notwendig und der Langzeitsicherheitsnachweis für sie muss auch weiterhin über 1 Million Jahre geführt werden.

Das einzige, was Atommüll ungefährlicher macht, ist die Zeit. Genauere gesagt die Halbwertszeit, in der jeweils die Hälfte der vorhandenen Radionuklide in einem physikalischen Prozess zerfällt. Die Dauer der Halbwertszeit ist von der Sorte der Radionuklide abhängig. Ein beträchtlicher Teil der im Atommüll enthaltenen Radionuklidsorten besitzt Halbwertszeiten von Tausenden (z. B. Se-79, Pu-239) bis zu vielen Millionen Jahren (z. B. I-129, Cs-135, Np-237). Daraus wird klar, dass auch die Verbringung dieser Abfälle in tiefe geologische Schichten wegen der vorhandenen Stoffkreisläufe keinen endgültigen Abschluss der radioaktiven Stoffe von der Biosphäre garantiert. Das heißt, eine Entsorgung im eigentlichen Sinne des Wortes ist für den Atommüll aus Atomanlagen nicht möglich.

Die Probleme beim Umgang mit radioaktiven Abfällen sind jedoch auch in den ersten 100 Jahren nach ihrem Anfall nicht kleiner. In diesem Zeitraum beinhalten die Abfälle aufgrund der ionisierenden Strahlung beim Zerfall von Radionukliden mit Halbwertszeiten zwischen ein und fünfzig Jahren (z. B. Sr-90, Cs-137) ein zusätzliches Gefahrenpotenzial.

Die Überlegungen von Betreibern und Bundesregierungen zum Umgang mit dem Atommüll, von ihnen meist Entsorgungskonzept genannt, hatten seit den 1970er Jahren nie lange Bestand. Das hatte in der Regel weniger mit Sicherheit, sondern mit aktueller Zugriffsmöglichkeit auf bestimmte Anlagen und betriebswirtschaftlichen Aspekten zu tun. Dies gilt sowohl für die bestrahlten Brennelemente als auch für die anderen radioaktiven Abfälle.





Die wichtigsten, hier zu nennenden „Konzept“wechsel sind die Schlingerkurse beim Umgang mit den schwach- und mittlradioaktiven Abfällen (Konditionierung bzw. Zwischenlagerung am Standort oder extern), bei der Endlagerung (ein Endlager für schwach-, mittel- und hochradioaktive Abfälle oder getrennte Endlager) und bei der sogenannten Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente (ja oder nein, im In- oder Ausland).

Die 1998 von SPD und Bündnis 90/Die Grünen gebildete Bundesregierung hat zumindest in Teilbereichen Fortschritte erreicht (endgültige Aufgabe der Wiederaufarbeitung und Verringerung der Transportzahlen), ist aber zum Beispiel bei der Endlagerung in positiven Ansätzen (Ein-Endlager-Konzept und Endlagerstandortsuchverfahren) stecken geblieben und hat mit der drastischen Ausweitung der Möglichkeit zur Freigabe geringradioaktiver Stoffe aus dem kerntechnischen Bereich in den alltäglichen Lebensbereich der Bevölkerung auch negative Akzente gesetzt.

Die nachfolgenden Regierungen haben dann das Rad in der Endlagerfrage wieder zurückgedreht, sodass sich für den hochradioaktiven Müll wieder alles auf Gorleben konzentriert hat. Durch den Regierungswechsel in Baden-Württemberg im Frühjahr 2011 wurde erneut die Möglichkeit zu einem Standortsuchverfahren geschaffen. Das daraufhin erarbeitete Standortsuchgesetz wird den Anforderungen, die an ein solches Verfahren zu stellen sind, allerdings nicht gerecht. Die im Februar 2013 neu ins Amt gekommene Niedersächsische Landesregierung konnte das Verfahren immerhin in Ansätzen verbessern. Die eigentlich erforderliche breite gesellschaftliche Diskussion ist jedoch nach wie vor nicht gegeben und inwieweit die bisher im Gesetzentwurf enthaltene Bevorzugung von Gorleben als Endlagerstandort beendet werden kann, ist keineswegs sicher. Die eigentliche Forderung, Gorleben vor dem Verfahren als in mehrfacher Hinsicht ungeeigneten Endlagerstandort aufzugeben, wurde jedenfalls nicht durchgesetzt.

In diesem Beitrag soll der Hintergrund der Diskussion um die „Entsorgung“, nämlich die Mengen des anfallenden Atommölls und die Konsequenzen für die derzeitigen Entsorgungsprojekte (Zwischenlager, Konditionierungsanlagen, Endlager) unter besonderer Berücksichtigung des Standortes Gorleben dargestellt werden. Eine solche Darstellung beinhaltet zwangsweise zu einem Teil die Entsorgungsstrategien und Sichtweisen der Betreiber- bzw. Behördenseite. Das heißt jedoch nicht, dass diese hier generell als akzeptabel bewertet werden.



## 2. Bestand von radioaktiv

In den über 40 Jahren der kommerziellen Nutzung der Atomkraft zur Stromerzeugung sind in der Bundesrepublik Deutschland (alte und neue Länder) unter Berücksichtigung aller Kategorien und Bearbeitungszustände inzwischen über 240.000 m<sup>3</sup> radioaktive Abfälle angefallen. Das beinhaltet schwach-, mittel- und hochradioaktive Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Forschungsabfälle, bestrahlte Brennelemente sowie in der Bundesrepublik entstandene und aus dem Ausland angelieferte Wiederaufarbeitungsabfälle. Nicht darin enthalten sind radioaktive Abfälle, die beim Abbau und der Aufbereitung des Uranerzes für die Herstellung der in der Bundesrepublik eingesetzten Brennelemente in den jeweiligen Abbauländern entstehen. Ebenfalls nicht enthalten ist wiederaufgearbeitetes und abgereichertes Uran, das bisher zum größten Teil in andere Länder verkauft bzw. nach Russland gebracht worden ist. Gegenwärtig noch vorhandenes Uran wird wahrscheinlich zu einem größeren Teil zu Abfall erklärt werden.

In diesem Kapitel werden (mit Ausnahme der vorstehend genannten) alle radioaktiven Abfälle berücksichtigt, die durch die Nutzung der Atomenergie entstanden sind und in der Bundesrepublik endgelagert werden sollen.

### 2.1 Bestand in der Bundesrepublik Deutschland

Nachfolgend werden die entstandenen radioaktiven Abfälle nach ihrem Zustand (Rohabfälle/Reststoffe und bereits teilweise oder vollständig konditionierte Abfälle) und nach der Höhe der in ihnen durch den radioaktiven Zerfall erzeugten Wärmeentwicklung aufgegliedert. Die hier als Roh- bzw. bearbeiteten Abfall aufgeführten Volumina werden sich - mit Ausnahme der bereits im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) lagernden Abfälle - durch zukünftige Konditionierung noch verändern. Die Unterscheidung zwischen gering wärmeentwickelnde und wärmeentwickelnde Abfälle wird hier verwendet, da dies der in Deutschland für die Aufteilung auf die vorgesehenen zwei Endlager üblichen Abgrenzung entspricht.

In Tabelle 1 sind alle radioaktiven Abfälle aufgeführt, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten seit 2006 gelagert wurden. Die unterschiedlichen Zeitpunkte sind auf die unzureichende Veröffentlichung der Abfalldaten in der Bundesrepublik Deutschland zurückzuführen. Von den AKW-Betreibern werden keine Abfallzahlen ver-

# ven Abfällen

öffentlich und die Veröffentlichung einer detaillierteren Übersicht zu den Abfalldaten durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurde mit den 2006 veröffentlichten Daten für 2004 eingestellt. Seitdem werden im Internetauftritt des BfS in größeren Abständen Gesamtzahlen genannt. In Tabelle 1 sind zur Einschätzung der Herkunftsanteile die Werte für 2004 und die aktuellsten veröffentlichten Zahlen aufgeführt.

Abfallart	gering wärme- entwickelnde konditionierte Abfälle am 31.12.2004	gering wärme- entwickelnde konditionierte Abfälle am 31.12.2012	gering wärme- entwickelnde Roh- und bear- beitete Abfälle am 31.12.2012	wärme- entwickelnde Roh- und bear- beitete Abfälle am 31.12.2012	wärme- entwickelnde konditionierte Abfälle am 31.12.2012
Wiederauf- arbeitung	14.162 m <sup>3</sup>				
Betriebs- abfälle AKW	15.048 m <sup>3</sup>				
Stilllegungs- abfälle AKW	10.622 m <sup>3</sup>				
kerntechnische Industrie <sup>2</sup>	6.196 m <sup>3</sup>				
Forschungsab- fälle	38.947 m <sup>3</sup>				
sonstige Abfälle	3.541 m <sup>3</sup>				
gesamt	88.516 m <sup>3</sup>	101.415 m <sup>3</sup>	29.500 m <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> )	1.254 m <sup>3</sup>	727 m <sup>3</sup>

Abfallart	gering wärmeent- wickelnde konditio- nierte Abfälle	gering wärmeent- wickelnde Rohabfälle	wärmeent- wickelnde Rohabfälle	wärmeentwickelnde konditionierte Abfälle
ERAM/31.12.2012 (seit 1998)	28.493 m <sup>3</sup> und 6.617 Quellen	8.260 m <sup>3</sup> ( <sup>3</sup> )	–	467 Quellen
Bergwerk Asse am 31.12.2012 (seit 1978)	52.450 m <sup>3</sup>	–	–	–
bestrahlte Brenn- elemente /31.12.2011	–	–	ca. 7.253 tSM	

**Tabelle 1: Bestand von Atommüll in der Bundesrepublik Deutschland**

<sup>1</sup> In diesen Zahlen können auch Reststoffe enthalten sein, die zum Teil wiederverwertet werden sollen.

<sup>2</sup> In diesen Mengen sind auch Stilllegungsabfälle enthalten.

<sup>3</sup> Diese Abfälle wurden im flüssigen Zustand in das Endlager eingebracht und dort zum größten Teil verfestigt.

Bis Ende 2011 sind ca. 14.465 Mg Schwermetall (früher tSM) in bestrahlten Leichtwasserreaktor-Brennelementen angefallen. Zusätzlich sind 171 MgSM in bestrahlten Brennelementen aus Versuchs- und Prototypreaktoren angefallen. Über die Menge angefallener Forschungsreaktor-Brennelemente liegen keine Angaben vor, es dürfte sich aber um etwa 10 MgSM handeln. Diese Brennelemente sind in der Regel zum Verbleib in die USA oder zur Wiederaufarbeitung nach Dounreay in Großbritannien gebracht worden. In Tabelle 1 sind ca. 2 MgSM aus dem Forschungsreaktor in Rossendorf berücksichtigt, die sich im Zwischenlager in Ahaus befinden.

Von dieser Menge lagerten ca. 4.300 MgSM in kraftwerksinternen Lagern (einschl. 100 MgSM im Nasslager in Obrigheim) und in den Cores der 2011 abgeschalteten Atomkraftwerke, ca. 2.821 MgSM in den Standort-Zwischenlagern sowie ca. 675 MgSM in den externen Lagern in Greifswald (ZLN), Ahaus (BZA) und Gorleben (TBL). Darüber hinaus wurden etwa 208 MgSM aus Leistungs-, Prototyp- und Forschungsreaktoren zur Wiederaufarbeitung in Karlsruhe (WAK) abgeliefert. Diese Wiederaufarbeitung ist seit längerer Zeit abgeschlossen und die Anlage stillgelegt, sodass die aus diesen Brennelementen resultierenden Abfälle in der Tabelle 1 berücksichtigt sind.

Bei den hier wegen der wahrscheinlichen Endlagerung im gegenwärtigen Zustand als konditioniert geführten Brennelementen handelt es sich um die Kugel-Graphitbrennelemente aus den stillgelegten Hochtemperaturreaktoren in Hamm (THTR) und Jülich (AVR). Die 8,7 MgSM in HTR-Brennelementen befinden sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Brennelement-Zwischenlager Ahaus (6,9 MgSM) bzw. im Forschungszentrum Jülich (1,8 MgSM). Die Brennelemente in Ahaus sind in Tabelle 1 bei den wärmeentwickelnden Zwischenprodukten berücksichtigt.

Die in der Tabelle angegebenen Abfälle aus der Wiederaufarbeitung enthalten, mit einer Ausnahme, nur die in Karlsruhe angefallenen Abfälle. Das heißt, ein größerer Teil bereits angefallener Wiederaufarbeitungsabfälle befindet sich noch im Ausland (siehe Kapitel 2.2). Die Ausnahme bilden die in den konditionierten wärmeentwickelnden Abfällen enthaltenen 540 m<sup>3</sup> (ohne Lagerbehälter) bzw. 3.024 Kokillen verglaste hochradioaktive Abfälle aus La Hague. Die Lieferung dieser wärmeentwickelnden Abfälle in das TBL Gorleben erfolgte von 1996 bis 2011. Die Kokillen werden in 108 Behältern gelagert (Stand März 2013).

Die Betriebsabfälle der Atomkraftwerke enthalten auch die bei Reparaturen angefallenen Abfälle. Die Stilllegungsabfälle enthalten die abgerissenen Strukturen und Komponenten sowie die dadurch betrieblich bedingten Abfälle. Die Forschungsabfälle stammen hauptsächlich aus den Zentren in Karlsruhe, Jülich, Rossendorf, Geesthacht und Berlin (firmieren heute alle als Helmholtz-Zentrum). Zu diesen beiden gering wärmeentwickelnden Abfallarten gehören auch Abfälle, die Probleme bei der Endlagerung bzw. die Konditionierung hierfür bereiten. Es handelt sich um insgesamt ca. 9.000 m<sup>3</sup> stärker C-14- und H-3-haltige Abfälle sowie um Abfälle mit Beryllium, Thorium und Paraffin. Ob diese Menge in den 101.415 m<sup>3</sup> in Tabelle 1 enthalten sind, lässt sich aufgrund der Informationslage nicht feststellen.

Die sonstigen Abfälle stammen hauptsächlich aus der medizinischen und industriellen Anwendung von Radionukliden und lagern in den Landessammelstellen der Bundesländer.

Im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) und im sogenannten Versuchsendlager Asse sind bereits Abfälle endgelagert. In das ERAM werden seit 1999 und in die Asse seit 1979 keine Abfälle mehr eingela-

gert. Bei den in Tabelle 1 angegebenen 467 Strahlenquellen im ERAM wird die Wärmeentwicklung durch das relativ kurzlebige Nuklid Co-60 hervorgerufen, so dass ihre Einordnung in diese Kategorie in einigen Jahren teilweise revidiert werden muss. Gegenwärtig wird für das Endlager das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung durchgeführt. Im Oktober 2011 fand der Erörterungstermin im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung statt. Die Planfeststellung wird nicht vor 2014 möglich sein. Die Abfälle aus der Asse sollen wegen des nicht führbaren Langzeitsicherheitsnachweises für das Lager rückgeholt werden. Hierfür laufen die Vorbereitungen. Die rückgeholt Abfälle müssen konditioniert und anschließend auf unbestimmte Zeit zwischengelagert werden. Für diese schwach- und mittelradioaktiven Abfälle gibt es derzeit keine Möglichkeit der Zuordnung zu einem der beiden beabsichtigten Endlagerprojekte.

## **2.2 Bestand bundesdeutscher Abfälle im Ausland**

Von den in Kapitel 2.1 genannten 14.465 MgSM wurden ca. 6.244 MgSM zur Wiederaufarbeitung in Frankreich und England, eine nicht bekannte Menge aus Forschungsreaktoren zur Wiederaufarbeitung nach Schottland sowie ca. 341 MgSM zum sonstigen Verbleib im Ausland abgeliefert. Für die weiteren Betrachtungen sind nur die zur COGEMA (heute AREVA) in Frankreich, zu BNFL (heute Sellafield Lt.) in England und zu UKAEA in Schottland transportierten Brennelemente relevant. Die anderen Brennelemente haben keine Auswirkungen auf die in der Bundesrepublik endzulagernden Atommüllmengen.

Von den zur Wiederaufarbeitung abgelieferten Brennelementen sind Anfang 2013 in La Hague die gesamten 5.393 MgSM und in Sellafield die gesamten 851 MgSM wiederaufgearbeitet. Die dabei angefallenen Abfälle



lagern noch überwiegend in den Anlagen. Die Teile des abgetrennten Urans und Plutoniums, die noch nicht in MOX-Brennelementen wieder eingesetzt oder verkauft wurden, lagern ebenfalls in den Wiederaufarbeitungsanlagen. Diese Kernbrennstoffe sind nicht als Abfälle deklariert.

Die hochradioaktiven und damit wärmeentwickelnden Wiederaufarbeitungsabfälle aus La Hague sind seit Ende 2011 alle in der Bundesrepublik. Die restlichen, bisher angefallenen und in La Hague lagernden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle sind mindestens teilweise noch unkonditioniert. Inwieweit schon eine konkrete Zuordnung zu den bundesdeutschen AKW-Betreibern gegeben ist, ist nicht bekannt. Weitere Informationen zu diesen Abfällen, die in die Bundesrepublik geliefert werden sollen, enthält das Kapitel 3.2.

Die bei der Wiederaufarbeitung bundesdeutscher Brennelemente in Sellafield angefallenen Abfälle lagern noch dort. Den deut-

schen AKW-Betreibern werden mittels eines Äquivalenzprinzips nur hochradioaktive Abfälle zugeordnet, die dann zum Verbleib in die Bundesrepublik transportiert werden müssen. Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, und damit der mengenmäßig deutlich größere Teil, bleiben in Großbritannien.

In Dounreay lagern aus der Wiederaufarbeitung bundesdeutscher Forschungsreaktor-Brennelemente etwa 86 m<sup>3</sup> konditionierte schwachradioaktive Abfälle in Fässern. Auch hierfür ist von einem „Swap“ (Rücklieferung hochradioaktiver statt schwachradioaktiver Abfälle) auszugehen, die dann aus Sellafield geliefert würden.

Kleinere, aber nicht vernachlässigbare Mengen deutschen Atom Mülls (schwach- und möglicherweise auch mittelradioaktiv) befinden sich in ausländischen Konditionierungseinrichtungen. Beispiel hierfür ist die Metallschmelzanlage in Studsvik (Schweden). Hierzu sind keine Zahlen veröffentlicht.



# 3. Prognose für den künftigen Anfall radioaktiver Abfälle

Für den zukünftigen Anfall von Atommüll werden hier nur die radioaktiven Abfälle (einschließlich bestrahlter Brennelemente) berücksichtigt, für die nach gegenwärtigem Stand eine Endlagerung in der Bundesrepublik Deutschland vorgesehen ist. Als Grundlage werden die in der Novellierung des Atomgesetzes von Juli 2011 festgelegten Laufzeiten sowie von Bundesregierung und Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) veröffentlichte Zahlen benutzt. Die Abfälle werden für die weiteren Betrachtungen in zwei Kategorien unterteilt: Wärmeentwickelnde und gering wärmeentwickelnde Abfälle. Zu den wärmeentwickelnden Abfällen zählen hier z.B. bestrahlte Brennelemente, bestimmte Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sowie Kernbauteile aus den Reaktoren. Die Betriebsabfälle aus den Atomanlagen, der größte Teil der Stilllegungsabfälle und die übrigen Wiederaufarbeitungsabfälle sind radioaktive Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung.

Für den künftigen Anfall von Brennelementen und radioaktiven Abfällen in der Bundesrepublik Deutschland sind bezüglich Menge und Zeitpunkt des Anfalls drei Aspekte entscheidend:

1. **Laufzeiten:** Die in der Atomgesetznovelle Juli 2011 festgelegten Laufzeiten der Reaktoren.
2. **Wiederaufarbeitung:** Vereinbarung über die Lieferzeitpunkte der Abfälle.
3. **Stilllegungsstrategie:** Die Demontage von Komponenten und der Abriss der Gebäude bei stillgelegten Atomkraftwerken können zügig, das heißt, im Laufe von 10 bis 15 Jahren oder nach „Sicherem Einschluss“ (mindestens 30 Jahre) erfolgen.

Die **Laufzeit** jedes Reaktors ist im Atomgesetz festgelegt. Die verbliebenen neun Reaktoren werden spätestens wie folgt abgeschaltet sein: Grafenrheinfeld am 31.12.2015, Gundremmingen B am 31.12.2017, Philippsburg 2 am 31.12.2019, Grohnde, Gundremmingen C und Brokdorf am 31.12.2021

sowie Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2 am 31.12.2022.

Die Lieferung von hochradioaktiven Abfällen aus der **Wiederaufarbeitung** in La Hague wurde Ende 2011 abgeschlossen. Aus Sellafield sollen die hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ab 2015 kommen. Die Lieferung der übrigen aus La Hague anzunehmenden mittelradioaktiven verglasten Abfälle soll 2015 abgeschlossen sein und die mittelradioaktiven kompaktierten Abfälle sind ab 2024 vorgesehen.

Die derzeit von den AKW-Betreibern favorisierte **Stilllegungsstrategie** ist der zügige Abriss der stillgelegten Anlagen. früher wurde der „Sichere Einschluss“ verfolgt. Der zügige Abriss der Anlagen (vor allem bei Atomkraftwerken) sorgt im Schnitt für ein etwas höheres Abfallaufkommen und vor allem zu einem um ca. 30 Jahre früheren Anfall der Abfälle zur Zwischen- oder Endlagerung.

### 3.1. Abfälle mit Wärmeentwicklung

Zu den radioaktiven Abfällen mit Wärmeentwicklung zählen die für die direkte Endlagerung vorgesehenen bestrahlten Brennelemente, die hoch- und ein Teil der mittelradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sowie stark aktivierte und nicht dekontaminierbare Komponenten aus der Brennelementkonditionierung und Reaktoreinbauten. Zu den Reaktoreinbauten bzw. auch zum Verbleib der Reaktordruckbehälter können hier keine Angaben gemacht werden, da sie in der Prognose des BfS nicht berücksichtigt werden.

In Tabelle 2 sind die prognostizierten Mengen anfallender konditionierter Abfälle mit Wärmeentwicklung aufgeführt, die in der Bundesrepublik Deutschland endgelagert werden müssen.

Abfallherkunft	wärmeentwickelnde konditionierte Abfälle
Brennelemente aus Leistungs-, Versuchs- und Prototypreaktoren	ca. 21.000 m³
Brennelemente aus Hochtemperaturreaktoren	ca. 1.970 m³
Brennelemente aus Forschungsreaktoren	ca. 160 m³
Wiederaufarbeitungsanlagen	ca. 1.435 m³
Brennelementkonditionierungsanlage (Stilllegung)	ca. 3.400 m³
gesamt	28.100 m³
Tabelle 2: Prognostizierter Anfall wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle zur Endlagerung in der Bundesrepublik Deutschland	



### 3.1.1 Bestrahlte Brennelemente

Ausgehend von den Angaben in Kapitel 2.1 und unter Berücksichtigung der Laufzeitbegrenzung nach Atomgesetz beträgt die Gesamtmenge der in der Bundesrepublik anfallenden und zu entsorgenden bestrahlten Brennelemente aus Leistungsreaktoren ca. 17.200 tSM. Eine Aufgliederung dieser Brennelemente nach Atomkraftwerksstandorten ist der Tabelle 3 zu entnehmen. Neben den Leistungsreaktoren sind dort auch Versuchs-, Prototyp- und Forschungsreaktoren aufgeführt. Die in Tabelle 3 genannten Schwermetallmengen aus den Brennelementen sind grob abgeschätzt, da die Brennelementstrategie der Betreiber für die letzten zwei bis drei Betriebsjahre nicht bekannt ist. Deshalb können sich Differenzen zu den nach Stilllegung der Atomkraftwerke tatsächlich angefallenen Zahlen ergeben.

Der jeweils genannte „Brennelementanfall“ für die Laufzeit beinhaltet den Anfall bis 31.12.2011, die abgeschätzten jährlichen Entlademengen für die folgenden Betriebsjahre und die Kernladung des Reaktors zum Abschaltzeitpunkt. In der Spalte „Wiederaufarbeitung“ sind die Mengen aufgeführt, die bei COGEMA, bei BNFL und in der WAK wiederaufgearbeitet worden sind. In der Spalte „Direkte Endlagerung“ sind die Mengen aufgeführt, die in der Bundesrepublik zunächst zwischengelagert werden müssen und dann endgelagert werden sollen. Bei der Subtraktion der beiden Spalten „Wiederaufarbeitung“ und „Direkte Endlagerung“ von der zugehörigen Gesamtbrennelementmenge kann es zu Differenzen kommen. Die Differenzmengen wurden entweder zur Wiederaufarbeitung, zur Endlagerung oder zur Weiternutzung nach

Belgien, Russland, Schweden b.z.w. Ungarn gebracht.

Wird das gegenwärtige Referenzkonzept zur endlagerfähigen Konditionierung bestrahlter Leichtwasserreaktor-Brennelemente herangezogen, so entspricht 1 MgSM einem Pollux-Gebindevolumen von 1,96 m<sup>3</sup>. Das endzulagernde Volumen für diese bestrahlten Brennelemente beträgt dann ca. 20.700 m<sup>3</sup>. Dazu kommt ein Volumen von etwa 1.970 m<sup>3</sup> für die endlagerfähig verpackten Brennelemente aus den beiden Hochtemperaturreaktoren. Das BfS gibt als Volumen für die Forschungsreaktor-Brennelemente 160 m<sup>3</sup> an. Dabei kann es sich aber nicht um das Endlagervolumen handeln, da mindestens ein Teil der Brennelemente in den Zwischenlagerbehältern endgelagert werden soll und diese ein erheblich größeres Volumen darstellen.

### 3.1.2 Wärmeentwickelnde Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Aus Frankreich und Großbritannien sind von der dortigen Wiederaufarbeitung bundesdeutschen Kernbrennstoffs hochradioaktive verglaste Abfälle (HAW-Kokillen) in der Bundesrepublik anzunehmen. Es handelt sich um etwa 3.024 Kokillen aus La Hague und 588 Kokillen aus Sellafield. In der Zahl der Kokillen aus Sellafield ist die Substitution von schwach- und mittlerradioaktiven durch hochradioaktive Abfälle berücksichtigt. In der Bundesrepublik wurden bestrahlte Brennelemente in der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe wiederaufgearbeitet. Die dabei angefallenen hochradioaktiven Abfälle wurden dort 2010 verglast. Es entstanden dabei 140 Kokillen. Das Gesamtkokillenvolumen aus der Wiederaufarbeitung im In- und Aus-

Atomkraftwerke in Betrieb				
Brokdorf (KBR)	634	974	198	776
Grohnde (KWG)	715	1.049	288	761
Emsland (KKE)	646	997	113	884
Philippsburg (KKP 2)	700	951	208	743
Neckarwestheim (GKN 2)	567	888	0	888
Gundremmingen (KBR-B)	733	1.002	195	807
Gundremmingen (KBR-C)	704	1.070	186	884
Isar (KKI 2)	599	944	179	765
Grafenrheinfeld (KKG)	773	952	391	561
Atomkraftwerke abgeschaltet				
Brunsbüttel (KKB)	464	464	296	168
Krümmel (KKK)	694	694	32 4	370
Unterweser (KKU)	922	922	536	386
Biblis (KWB-A)	897	897	427	470
Biblis (KWB-B)	976	976	420	556
Philippsburg (KKP 1)	646	646	391	255
Neckarwestheim (GKN 1)	655	655	446	209
Isar (KKI 1)	723	723	339	384
Atomkraftwerke stillgelegt				
Stade (KKS)	539	539	539	0
Obrigheim (KWO)	352	352	243	100 <sup>1)</sup>
Mülheim-Kärlich (KMK)	96	96	96	0
Würgassen (KWW)	346	346	346	0
Gundremmingen (KRB-A)	125	125	117	0 <sup>2)</sup>
Lingen (KWL)	66	66	66	0
Greifswald+Rheinsberg	893	893	283	583 <sup>3)</sup>
Jülich (AVR), Hamm (THTR)	8,7	8,7	0	8,7
Versuchs-/Prototypreaktoren	171	171	163,8	0,5 <sup>4)</sup>
Forschungsreaktoren	?	14,8 (bis 2025)	4,5	8,1
Gesamt	15.537,7	17.415,5	6.794,3	10.568,3
<b>Tabelle 3:</b> <b>Anfall und Entsorgungspfad für bestrahlte Brennelemente in tSM (Schätzung).</b>				

- 1) 9 MgSM wurden zur Endlagerung in Schweden verbracht.
- 2) 8 MgSM wurden zur Endlagerung in Schweden verbracht.
- 3) 27 MgSM zur Weiterverwendung in Ungarn.
- 4) 6,9 MgSM wurden zur Endlagerung in Schweden verbracht.

land beträgt etwa 670 m<sup>3</sup>. Die konditionierten Hülzen und Strukturteile aus den für die Wiederaufarbeitung zerlegten Brennelementen zählen nach gegenwärtigem Kenntnisstand ebenfalls zu den wärmeentwickelnden Abfällen. Das Konditionierungsverfahren für diese Abfälle wurde in La Hague umgestellt. Sie sollen jetzt mit Hochdruck in Kokillenform verpresst werden. Die Kokillen sind in Form und Volumen gleich den HAW-Kokillen. Ebenfalls umgestellt wurde das Konditionierungsverfahren für die technologischen Abfälle. Sie wurden bisher zu den gering wärmeentwickelnden Abfällen gezählt. Da sie nunmehr auch, gemeinsam mit den Hülzen und Strukturteilen, mit Hochdruck verpresst werden sollen und damit eine Konzentrierung der Radionuklide stattfindet, ändert sich diese Zuordnung und sie gehören nunmehr zu den wärmeentwickelnden Abfällen. Die Hülzen, Strukturteile und technologischen Abfälle sind nach gegenwärtigem Stand in 4.104 Kokillen (Gesamtkokillenvolumen ca. 740 m<sup>3</sup>) enthalten, die zur Zwischen- und Endlagerung in 152 Behältern vom Typ TGC 27 in die Bundesrepublik kommen. Die Lieferung dieser Abfälle soll nach neueren Angaben ab 2024 erfolgen.

Die dritte Abfallkategorie aus der Wiederaufarbeitung in La Hague sind verglaste mittelradioaktive Abfälle. Das BfS zählt in einer Veröffentlichung 2012 auch diese Abfälle zu den wärmeentwickelnden. Unabhängig davon, ob dies so zutrifft, sollen diese Abfälle wegen der Konditionierung in Kokillen auf jeden Fall mit den anderen Wiederaufarbeitungsabfällen in das Endlager für hochradioaktive Abfälle eingelagert werden. Gegenwärtig wird von 140 Kokillen mit einem Volumen von ca. 25 m<sup>3</sup> ausgegangen. Sie sollen bis 2015 zur

Zwischenlagerung in die Bundesrepublik transportiert werden. Der Zwischenlagerstandort steht nach der überparteilichen Einigung für ein Standortsuchgesetz im April 2013 noch nicht fest.

### **3.1.3 Sonstige wärmeentwickelnde Abfälle**

Für die nicht wiederaufarbeitungsbedingten wärmeentwickelnden Abfälle wurde vom BfS im Jahr 2012 für die Zukunft ohne Brennelemente ein Anfall von ca. 3.400 m<sup>3</sup> prognostiziert. Dabei handelt es sich um Abfälle, die durch die Konditionierung der Brennelemente in Pollux-Behälter entstehen. Nicht nachvollziehbarerweise werden vom BfS keine Volumina für hochradioaktive Abfälle angegeben, die beim Abbau des Reaktordruckbehälters und den Kerneinbauten im Rahmen der Stilllegung anfallen.

### **3.2 Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung**

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat bis für das Jahr 2004 jährlich eine relativ detaillierte Abfallerhebung in Form eines Berichtes veröffentlicht. Seitdem erfolgen nur noch unzureichende Veröffentlichungen im Internetauftritt, die keine Analyse zulassen. Im Folgenden können deshalb nur Angaben aus verschiedenen Vorträgen auf Fachtagungen zusammengestellt und die Prognosen des BfS aus dem Internet zugrundegelegt werden.

In Tabelle 4 sind die bis zu den Jahren 2040 bzw. 2080 prognostizierten Mengen angefallener konditionierter Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung aufgeführt.

Abfallherkunft <sup>1)</sup>	gering wärmeentwickelnde konditionierte Abfälle		Abfallherkunft <sup>2)</sup>
	bis 2040 <sup>1)</sup>	bis 2080 <sup>2)</sup>	
Atomkraftwerke (Betrieb und Stilllegung)	175.000 m <sup>3</sup>	167.200 m <sup>3</sup>	Energiewirtschaft
Wiederaufarbeitungsanlagen	21.100 m <sup>3</sup>		
kerntechnische Industrie	12.000 m <sup>3</sup>	13.680 m <sup>3</sup>	kerntechnische Industrie
Forschungsanlagen	59.000 m <sup>3</sup>	112.480 m <sup>3</sup>	öffentliche Hand
Landessammelstellen	6.000 m <sup>3</sup>	10.640 m <sup>3</sup>	Landessammelstellen
gesamt	273.000 m <sup>3</sup>	304.000 m <sup>3</sup>	gesamt
Asse	> 150.000 m <sup>3</sup>	> 150.000 m <sup>3</sup>	Asse
Urananlagen	100.000 m <sup>3</sup> ?	> 100.000 m <sup>3</sup> ?	Urananlagen

**Tabelle 4:**  
Prognostizierter Anfall gering wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle für die Bundesrepublik Deutschland

1) Prognose 2010 / 2) Prognose 2012

### 3.2.1 Gering wärmeentwickelnde Abfälle aus Atomkraftwerken

Die Prognose des BfS für die aus Atomkraftwerken anfallenden Abfälle hat die Laufzeitbegrenzung der Atomkraftwerke nach dem 2011 geänderten Atomgesetz zur Grundlage. Danach dürfen die Reaktoren Grafenrheinfeld, Gundremmingen B, Philippsburg 2, Grohnde, Gundremmingen C, Brokdorf, Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2 zwischen einigen Monaten und vier Jahren länger in Betrieb sein als 2002 vorgesehen. Dem stehen lediglich eine deutlich verkürzte Betriebszeit für Krümmel und eine geringfügig verkürzte Betriebszeit für Unterweser und Philippsburg 1 gegenüber. Die angegebenen Abfallvolumina enthalten sowohl die Betriebs- als auch die Stilllegungsabfälle.

### 3.2.2 Gering wärmeentwickelnde Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Die in Tabelle 4 angegebene Abfallmenge für die Wiederaufarbeitung enthält

Abfälle aus der Wiederaufarbeitungsanlage in Karlsruhe. Für die Wiederaufarbeitung bundesdeutscher Brennelemente in La Hague und Sellafield wurde und für Dounreay wird wahrscheinlich vereinbart, dass keine gering wärmeentwickelnden Abfälle angenommen werden müssen.

### 3.2.3 Sonstige gering wärmeentwickelnde Abfälle

Die vom BfS prognostizierten Volumina von nicht aus der Wiederaufarbeitung stammenden Abfällen sind in Tabelle 4 verursacherspezifisch aufgeführt.

Neben den Atomkraftwerken könnte der größte Abfallverursacher die Asse werden. Kann die aus Sicherheitsgründen geplante Rückholung der radioaktiven Abfälle durchgeführt werden, wird die Menge neu konditionierter gering wärmeentwickelnder Abfälle mit ca. 150.000 m<sup>3</sup> bis ca. 275.000 m<sup>3</sup> geschätzt. Die im ERAM bereits eingelagerten Abfälle sind hier nicht berücksichtigt.

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass ein Teil der dort bisher nur zwischengelagerten Abfälle zurückgeholt werden müssen. Gegebenenfalls handelt es sich aber um ein geringes Volumen.

Nicht bekannt ist bisher das Volumen von uranhaltigen Stoffen oder Uranaus der Brennelementfabrik Lingen, der Urananreicherungsanlage Gronau und den Wiederaufarbeitungsanlagen La Hague und Sellafield, die zu einem späteren Zeitpunkt als radioaktiver Abfall deklariert werden müssen. Die offiziellen Schätzungen liegen zwischen 35.000 m<sup>3</sup> (GRS) und 100.000 m<sup>3</sup> (BFS) konditionierten Abfalls.





# 4. Bedeutung des A die

Bei den folgenden Betrachtungen wird der offizielle gegenwärtige Planungsstand für den Umgang mit den radioaktiven Abfällen zugrundegelegt. Für die Genehmigungssituation der einzelnen Anlagen ist der Sachstand im März 2013 berücksichtigt.

## 4.1 Bestrahlte Brennelemente

In der Bundesrepublik sind bestrahlte Brennelemente aus vier Reaktortypen zu entsorgen. Dabei handelt es sich um knapp 10.700 MgSM in Form von nicht der Wiederaufarbeitung zugeführten Leichtwasserreaktor-Brennelementen, knapp 9 MgSM in Form von Kugelbrennelementen aus Hochtemperaturreaktoren und ca. 8 MgSM aus Forschungsreaktoren.

### 4.1.1 Konditionierungsanlage für bestrahlte Brennelemente

Für die Endlagerung der bestrahlten Brennelemente ist nach gegenwärtigem Konzept eine Konditionierung mit Handhabung der Brennelemente erforderlich. Leichtwasserreaktor-Brennelemente können unbearbeitet oder in Brennstäbe zerlegt in Büchsen eingebracht werden. Die Büchsen kommen dann je nach Endlagerkonzept entweder in Pollux-Behälter oder in BSK-3-Kokillen. Behälter bzw. Kokille werden verschweißt. In der Entwicklung ist ein Konzept zur Endlagerung der Brennelemente in den Transport- und Lagerbehältern (überwiegend CASTOR). Hier wäre voraussichtlich nur die Verfüllung der Hohlräume im Behälter als Konditionierungsmaßnahme erforderlich. Das bisherige Referenzkonzept ist die Zerlegung in Brennstäbe, die in Büchsen und diese wiederum in Pollux-Behälter eingebracht werden.

Für die genannten Arbeiten mit Handhabung der Brennelemente wurde die Pilot-Konditionierungsanlage in Gorleben (PKA) errichtet. Diese Anlage erhielt zwar in vollem Umfang eine Betriebsgenehmigung, der Betrieb ist allerdings gegenwärtig mindestens bis ein Endlagerstandort feststeht durch eine Auflage auf die Reparatur von beladenen Brennelement-Behältern beschränkt. Durch eine spätere Genehmi-

# Abfallanfalls für „Entsorgungs“anlagen

gungsergänzung und entsprechender Nachrüstung könnte in der PKA auch die Verfüllung von CASTOR erfolgen.

Prinzipiell kann die Konditionierung von bestrahlten Leichtwasserreaktor-Brennelementen im gesamten Zeitraum der Zwischenlagerung (also auch nach einer längeren Abklingzeit im Lagerbecken des Atomkraftwerkes ohne zwischenzeitliche Behälterlagerung) bis zur Endlagerung (in einer Heißen Zelle am Endlagerstandort) durchgeführt werden. Bisher ist die Konditionierung nach einer längeren Behälterlagerung in der PKA am vermeintlichen Endlagerstandort Gorleben vorgesehen. Es ist gegenwärtig nicht von einem baldigen Beginn der Konditionierung auszugehen.

Für die WWER-Brennelemente ist bisher kein Konditionierungsverfahren entwickelt worden, bzw. ist es zumindest auch in der Fachöffentlichkeit nicht bekannt. Die Hochtemperaturreaktor-Brennelemente befinden sich in Kannen in Transport- und Lagerbehältern und sollen nach derzeitigem Stand nicht weiter konditioniert werden. Die Forschungsreaktor-Brennelemente befinden sich ebenfalls in Transport- und Lagerbehältern oder sollen in den drei noch in Betrieb befindlichen Forschungsreaktoren in diese geladen werden. Über eine weitergehende Konditionierung ist – soweit bekannt – noch nicht entschieden. Die Konditionierung aller drei Brennelementtypen könnte, nach entsprechender Genehmigungsergänzung, in der PKA erfolgen.

Die PKA ist für die Konditionierung von 35 MgSM pro Jahr genehmigt. Die Kapazität könnte allenfalls auf 100 - 150 MgSM erhöht werden. Für die zur direkten Endlagerung vorgesehene Menge von mehr als 10.000 MgSM in Brennelementen (siehe Kapitel 3.1) würde damit ein Zeitraum von über 100 Jahre für deren Konditionierung benötigt. Deshalb ist die Errichtung einer größeren Konditionierungsanlage wahrscheinlich. Die wird ggf. aber erst nach endgültiger Festlegung des Endlagerstandorts und in Abhängigkeit von der Weiterentwicklung des Einlagerungskonzepts in das Endlager geschehen.



#### 4.1.2 Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente

Für mehr als 10.000 MgSM in Form von Brennelementen aus Leichtwasserreaktoren ist die Direkte Endlagerung in der Bundesrepublik Deutschland vorgesehen. Unabhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme eines Endlagers müssen die bestrahlten Brennelemente je nach Abbrand und eingesetztem Kernbrennstoff (Uran oder MOX) nach ihrer Entnahme aus dem Reaktorkern 30 bis 50 Jahre zwischengelagert werden. Die Notwendigkeit hierzu besteht auf Grund der durch den radioaktiven Zerfall bedingten hohen Wärmeentwicklung. Zur Einlagerung in ein Endlager dürfen aus geologischen Gründen (Erhalt der Barriereigenschaften des Gesteins) bestimmte Temperaturen nicht überschritten werden.

Die Brennelemente müssen nach ihrer Entladung aus dem Reaktorkern zunächst für wenige Jahre in den Lagerbecken der Reaktoren gelagert werden. Danach werden sie in Transport- und Lagerbehälter geladen und in Hallen trocken zwischengelagert. Gegenwärtig werden Behälter vom Typ CASTOR® V/19 für Brennelemente aus Druckwasserreaktoren und CASTOR® V/52 für Brennelemente aus Siedewasserreaktoren genutzt. Für diese Behältertypen beträgt die vorherige Lagerung in den Lagerbecken etwa fünf Jahre. Möglicherweise werden in Zukunft auch andere Behältertypen eingesetzt, für die aber ähnliche Randbedingungen gelten werden.

Die Behälterzwischenlagerung war ursprünglich in zentralen Zwischenlagern vorgesehen. Hierzu wurden das Transportbehälterlager in Gorleben (TBL) und das Brennelement-Zwischenlager in

Ahaus (BZA) eingerichtet. In den Jahren 1995 bis 1998 wurden in das TBL fünf und in das BZA sechs CASTOR-Behälter mit Brennelementen eingelagert. Weitere Einlagerungen waren dann zunächst aufgrund eines von der Bundesregierung angewiesenen Transportstopps wegen des Skandals mit kontaminierten Brennelementbehältern nicht mehr möglich.

Durch die im Jahr 2000 im Rahmen der Vereinbarung der damaligen Bundesregierung mit den Atomkraftwerksbetreibern beschlossene Aufgabe der Wiederaufarbeitung von bestrahlten Brennelementen war absehbar, dass die Kapazität dieser beiden Lager nicht ausreicht. Aus diesem Grund waren perspektivisch neue Zwischenlager erforderlich. Um die Transporte bestrahlter Brennelemente zu vermeiden, wurden diese neuen Zwischenlager direkt an den Standorten der Atomkraftwerke eingerichtet. Eine Ausnahme bildete der Standort Obrigheim, an dem ein externes Nasslager existiert. In diesem Nasslager befinden sich die verbliebenen Brennelemente auch noch 2013. Der Antrag für ein Behälterlager wurde erst verspätet gestellt und ist derzeit noch nicht genehmigt.

Die genehmigten Zwischenlagerkapazitäten reichen an allen Standorten für die im aktuellen Atomgesetz festgelegten Laufzeiten der Atomkraftwerke aus.

Die WWER-Brennelemente aus den Reaktoren in Greifswald und Rheinsberg lagern in 65 Transport- und Lagerbehältern vom Typ CASTOR® WWER 440/84 im Zwischenlager Nord in Greifswald (ZLN). Die genehmigte Zwischenlagerkapazität von 620 tSM ist ebenso wie die Stellplatzzahl für alle WWER-Brennelemente ausreichend.

Die Hochtemperaturreaktor-Brennelemente lagern in 457 Transport- und Lagerbehältern vom Typ CASTOR® AVR/THTR in den Zwischenlagern in Ahaus und Jülich. Die 305 im Brennelement-Zwischenlager Ahaus (BZA) befindlichen Behälter benötigen wegen ihrer Stapelbarkeit nur 50 Stellplätze. Wegen Auslaufen der Betriebsgenehmigung des Jülicher Lagers wird gegenwärtig überlegt, ob die dort gelagerten Kugelbrennelemente nach Ahaus in das dortige BZA umgelagert werden sollen oder die Genehmigung in Jülich verlängert wird. Da keine weiteren Brennelemente dieses Typs anfallen und im BZA keine Leichtwasserreaktor-Brennelemente mehr eingelagert werden sollen, sind in beiden Fällen keine Probleme mit der Zwischenlagerkapazität zu erwarten.

Die bereits angefallenen Forschungsreaktor-Brennelemente aus Rossendorf lagern in 18 Transport- und Lagerbehältern vom Typ CASTOR® MTR2 im BZA. Die noch in anderen Forschungsreaktoren anfallenden Brennelemente, die nicht zum Verbleib in die USA gebracht werden, sollen ebenfalls in diesen Behältern und wahrscheinlich auch im BZA zwischengelagert werden. Hierfür werden etwa 65 Behälter benötigt. Auch dieser Behältertyp kann gestapelt werden (zwei Lagen). Wie viel Stellplätze benötigt werden, hängt von der Wärmeentwicklung und dem deshalb erforderlichen Abstand zwischen den Behältern ab. Es werden höchstens 42 Stellplätze sein. Auch mit diesen Behältern wäre die Kapazität des für Brennelemente vorgesehenen BZA-Teiles von 210 Stellplätzen noch nicht ausgelastet.



#### 4.1.3 Endlager für bestrahlte Brennelemente

Die bestrahlten Brennelemente sollen nach der zum Abklingen erforderlichen Zwischenlagerung in ein geologisches Endlager eingebracht und so gut wie möglich von der Biosphäre isoliert werden. Von den bisher geplanten Endlagerstandorten ist der Salzstock von Gorleben nach dem Willen der AKW-Betreiber und bis vor Kurzem der Bundesregierung für die Endlagerung von Brennelementen vorgesehen. Der Salzstock wird bisher offiziell auf seine Eignung erkundet. Tatsächlich sind aber bereits große Teile eines Bergwerks zur Einlagerung des Atommülls errichtet.

In letzter Zeit wird aufgrund politischer Veränderungen wieder der mögliche Beginn einer Suche nach anderen Standorten diskutiert. Gegenwärtig (März 2013) befindet sich ein Endlagerstandortsuchgesetz in der endgültigen Abstimmung zwischen parlamentarischen Gremien und Bundesregierung. Ein neues Standortsuchverfahren ist nach Meinung vieler Experten, nicht nur geologischer Fachrichtungen, erforderlich, da Gorleben in mehrfacher Hinsicht ungeeignet ist. Allerdings wäre vor Verabschiedung eines Gesetzes eine breite gesellschaftliche Diskussion erforderlich, die aber nicht vorgesehen ist. Ein relevanter Bedarf zur Endlagerung von Brennelementen besteht erst in ca. 20 Jahren. Deshalb ist für eine Standortsuche genügend Zeit, wenn möglichst zeitnah damit begonnen wird.

Für die Einlagerung der Brennelemente in das Endlager gibt es gegenwärtig drei Konzepte:

- Streckenlagerung von Pollux-Behältern, in denen sich in Büchsen zerlegte oder unzerlegte Brennelemente befinden.
- Bohrlochlagerung von BSK-3-Kokillen, in denen sich zerlegte Brennelemente befinden.
- Streckenlagerung der CASTOR-Behälter, in denen die Brennelemente belassen und die Hohlräume verfüllt sind.

Für die beiden zuerst genannten Konzepte geht der zukünftige Betreiber des Endlagers, die Deutsche Gesellschaft für den Betrieb von Endlagern (DBE), davon aus, dass die sicherheitstechnische Machbarkeit nachgewiesen ist. Das CASTOR-Konzept wird gegenwärtig im Auftrag der Atomkraftwerksbetreiber von der Gesellschaft für Nuklearservice (GNS) bis zur Einsatzreife weiterentwickelt.

Der Endlagerstandort, ob Gorleben oder ein anderer, wird außer vom Betrieb des Endlagers und ggf. vom Betrieb der Konditionierungsanlage auch durch Transporte erheblichen Belastungen ausgesetzt sein. Allein für die bestrahlten Brennelemente müssen mehr als 1.000 Transport- und Lagerbehälter zum Standort transportiert werden. Sollte die Konditionierung der Brennelemente an einem anderen als den Endlagerstandort erfolgen und Pollux-Behälter eingesetzt werden, ist mehr als eine Verdopplung der Transportzahl zu erwarten. Stehen Konditionierungsanlage und ein einzurichtendes Pufferlager wie in Gorleben nicht auf dem Gelände des Endlagers, ist unmittelbar vor der Einlagerung in das Endlager jeweils ein weiterer Transport über öffentliche Straßen erforderlich.

#### 4.2 Abfälle mit Wärmeentwicklung

Aus der ausländischen Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente werden verglaste Abfälle mit einem Nettovolumen von etwa 650 m<sup>3</sup> in die Bundesrepublik geliefert. Hinzu kommen ca. 25 m<sup>3</sup> aus der Verglasung der hochradioaktiven Abfälle aus der vor längerer Zeit stillgelegten Wiederaufarbeitungsanlage in Karlsruhe.

Aus der Wiederaufarbeitung in La Hague ist zusätzlich mit ca. 755 m<sup>3</sup> Kokillenvolumen für mit Hochdruck verpresste Hülsen, Strukturteile und technologische Abfälle sowie mit ca. 110 m<sup>3</sup> Kokillenvolumen für mittelfradioaktive verglaste Abfälle zu rechnen.



Das BfS gibt das Volumen sonstiger wärmeentwickelnder Abfälle mit 3.400 m<sup>3</sup> an. Dabei sind aber offenbar noch keine entsprechenden Abfälle aus der Stilllegung von Atomkraftwerken (evtl. Teile von Reaktordruckbehältern und Kerneinbauten) berücksichtigt.

#### **4.2.1 Konditionierungsanlage für wärmeentwickelnde Abfälle**

Die hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland sind verglast und befinden sich in einer Stahlkokille. Das heißt, sie sind bereits konditioniert. Für die entsprechenden Abfälle in der Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe wurde im Forschungszentrum Karlsruhe eine Verglasungsanlage errichtet. Der flüssige Abfall wurde mit ca. 50 t Glas in 140 Kokillen abgefüllt.

Die anderen wärmeentwickelnden Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in La Hague (Hülsen, Strukturteile, technologische Abfälle und mittleradioaktive verglaste Abfälle) sind ebenfalls in Kokillenform konditioniert, wenn sie zur Zwischenlagerung in die Bundesrepublik geliefert werden.

Für alle Wiederaufarbeitungsabfälle in Kokillenform sind zunächst keine weiteren Konditionierungsschritte vorgesehen. Es ist derzeit nicht festgelegt, ob sie in dieser Form endgelagert oder noch in Behälter verpackt werden sollen. Referenzkonzept ist momentan die direkte Einlagerung in tiefe Bohrlöcher im Endlager. Hierzu müssten die Kokillen jedoch zunächst in einen Abschirmbehälter geladen werden, in dem sie untertage gebracht werden.

In der PKA in Gorleben können sowohl Kokillen in Endlagerbehälter verpackt als auch in Abschirmbehälter einge-

bracht werden. Sollte Gorleben nicht Endlagerstandort werden, könnten sowohl Verpackung als auch Umladen in einen Abschirmbehälter in einer noch zu konzipierenden Heißen Zelle am neuen Endlagerstandort vorgenommen werden.

Zur Konditionierung anderer wärmeentwickelnder Abfälle liegen keine Angaben vor.

#### **4.2.2 Zwischenlager für wärmeentwickelnde Abfälle**

Eine Endlagerung der Glaskokillen mit hochradioaktiven Abfällen kann aus physikalischen und geologischen Gründen erst 30 bis 50 Jahre nach ihrer Herstellung erfolgen. Daher ist eine längerfristige Zwischenlagerung notwendig. Für die Kokillen mit Hochdruck verpressten Abfällen und mit mittleradioaktiven verglasten Abfällen ist keine so langfristige Zwischenlagerung erforderlich.

Für die verglasten hoch- und mittleradioaktiven Abfälle aus La Hague und Sellafield sind bzw. werden zur Zwischenlagerung 134 Transport- und Lagerbehälter verschiedenen Typs eingesetzt. Für die noch zu erwartenden 21 Behälter mit hochradioaktiven Abfällen aus England wird das der Typ CASTOR® HAW 28M sein. Für die mittleradioaktiven Abfälle aus La Hague ist der Einsatz von fünf dem CASTOR® 20/28 CG ähnlichen Behältern wahrscheinlich.

In der Bundesrepublik hat gegenwärtig nur das TBL in Gorleben eine Genehmigung zur Zwischenlagerung wärmeentwickelnder verglaste Abfälle. Die Genehmigung beschränkt sich bisher auf die hochradioaktiven Abfälle aus La Hague. Die Verfahren zur Ergänzung der Genehmigung für die anderen ver-

glasten Abfälle werden zurzeit vorbereitet. Der erste Transport ist bisher für 2014 geplant.

Die Lagerkapazität im TBL ist für alle verglasten Abfälle ausreichend. Allerdings existieren für das TBL Probleme mit der Einhaltung des Genehmigungswertes für die Neutronen- und Gammastrahlung am Zaun. Mit und ohne diesem Problem kann das Verursacherprinzip besser erfüllt und die Tatsache, dass Gorleben nicht als Endlagerstandort feststeht, besser berücksichtigt werden, wenn die Abfälle jeweils dem Verursacher-AKW zugeordnet und im entsprechenden Standort-Zwischenlager gelagert würden. Die neue Niedersächsische Landesregierung hat einen entsprechenden Vorstoß unternommen, dem von der Bundesregierung zugestimmt wurde. Bei entsprechender Beantragung wäre nach der Genehmigung auch die Zwischenlagerung dieser Behälter an den Reaktorstandorten sicherheitstechnisch und kapazitätsmäßig möglich. Umsetzbar ist dies aber nur, wenn die Energieversorgungsunternehmen zustimmen da sie entsprechende Anträge stellen müssten. Ob sie dazu bereit sind, ist noch nicht klar.

Die Zuordnung zu den Atomkraftwerken wäre auch für die verpressten mittelradioaktiven Abfälle aus La Hague möglich. Für diese ist allerdings die Zwischenlagerung in Ahaus (BZA) vorgesehen. Die ersten Behälter sollen 2024 angeliefert werden. Für Transport und Zwischenlagerung wurde der Behältertyp TGC 27 neu entwickelt. In den 152 Behältern befinden sich dann jeweils 27 Kokillen. Die Zwischenlagerkapazität ist hierfür sowohl in Ahaus als auch bei einer Verteilung auf die AKW-Standort-Zwischenlager ausreichend.

Die hochradioaktiven und damit wärmeentwickelnden verglasten Abfälle aus der ehemaligen Wiederaufarbeitungsanlage im Forschungszentrum Karlsruhe wurden nach Greifswald transportiert und dort im Zwischenlager Nord (ZLN) eingelagert. Es handelt sich um fünf Behälter vom Typ CASTOR® 20/28 CG.

Aussagen zu Kapazitätsproblemen für die Zwischenlagerung von nicht aus der Wiederaufarbeitung stammenden wärmeentwickelnden Abfällen sind aufgrund der schlechten Informationslage nicht möglich.





#### **4.2.3 Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle**

Bezüglich des Endlagerstandortes gelten die gleichen Aussagen wie für die bestrahlten Brennelemente (Kapitel 4.1.3). Für die hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ist auch eine ähnliche Zeitperspektive zu berücksichtigen, bevor sie endgelagert werden können. Die übrigen wärmeentwickelnden Abfälle könnten auch vor Ablauf von 30 Jahren endgelagert werden. Bei ausreichender Zwischenlagerkapazität besteht hierzu aber keine Notwendigkeit.

Bei einem Endlagerstandort Gorleben müssten mit Stand März 2013 noch 26 CASTOR-Behälter und 152 Behälter vom Typ TGC 27 mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in den Bereich TBL und PKA transportiert werden. Dazu kommen mehrere 100 Behälter mit den wärmeentwickelnden Abfällen aus anderen Anlagen. Ist das Endlager annahmefähig, müssen die genannten Behälter plus die 113 bereits im TBL lagernden Behälter über öffentliche Straßen vom Bereich TBL/PKA zum Endlager transportiert werden. Wird ein anderer Endlagerstandort festgelegt, müssen dorthin alle oben genannten Behälter mit wärmeentwickelnden Abfällen antransportiert werden. An diesem Standort würde ein Pufferlager für den Antransport und ggf. die Konditionierungsanlage auf dem Endlagergelände errichtet werden, sodass am Standort kein zweiter Transport über öffentliche Straßen erforderlich wäre.

#### **4.3 Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung**

Nach Tabelle 4 fallen in der Bundesrepublik laut Prognose des BfS durch die Nu-

zung der Atomenergie und des damit verbundenen Betriebes von Anlagen insgesamt 304.000 m<sup>3</sup> Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung an. Für den Fall der Rückholung aller Abfälle aus der Asse kämen mehr als 150.000 m<sup>3</sup> hinzu. Außerdem müssen mit großer Wahrscheinlichkeit auch uranhaltige Stoffe aus der Brennelementfertigung in Lingen, der Urananreicherung in Gronau sowie aus der Wiederaufarbeitung, die bisher noch nicht entsprechend deklariert sind, als radioaktive Abfälle angesehen werden. Es wird sich vermutlich um mehrere 10.000 m<sup>3</sup> handeln.

##### **4.3.1 Konditionierungsanlagen für Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung**

Zur Konditionierung von radioaktiven Abfällen mit geringer Wärmeentwicklung in der Bundesrepublik stehen zentrale und an den AKW-Standorten befindliche Anlagen zur Verfügung. Zentrale Konditionierungseinrichtungen unterschiedlicher Art befinden sich u.a. in den Forschungsanlagen Karlsruhe und Jülich, im ZLN in Greifswald, bei Siempelkamp in Krefeld sowie bei der GNS in Duisburg. Für die Verbrennung von radioaktiven Abfällen sowie für das Einschmelzen von aktivierten und/oder kontaminierten Metallkomponenten wird u.a. auch die Anlage in Studsvik (Schweden) genutzt.

Als weitere zentrale Konditionierungsanlage käme theoretisch die Pilot-Konditionierungsanlage in Gorleben in Betracht. Nach dem genehmigten Aufgabenkonzept ist allerdings nur die Konditionierung geringer Mengen externer Abfälle vorgesehen. Eine neue Anlage zur Nachkonditionierung von alten, in Gorleben gelagerten Abfällen soll



dort gebaut werden. Eine neue Konditionierungsanlage müsste im Falle der Rückholung für die Abfälle aus der Asse gebaut werden. Gleiches gilt ggf. für die uranhaltigen Abfälle.

#### **4.3.2 Zwischenlager für Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung**

Die Zwischenlagerkapazitäten für radioaktive Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung sind in den letzten Jahren stark vergrößert worden. Im BZA in Ahaus und bei der GNS in Duisburg wurden beispielsweise zentrale Möglichkeiten zur Zwischenlagerung von jeweils 10.000 m<sup>3</sup> oder mehr geschaffen. An den AKW-Standorten, an denen Reaktoren stillgelegt werden, werden in der Regel neue Zwischenlager errichtet. In ihnen werden die noch am Standort vorhandenen Betriebsabfälle und die bei der Stilllegung anfallenden Abfälle gelagert.



Für den Fall der Rückholung soll für die Abfälle aus der Asse ein eigenes Zwischenlager mit ausreichender Kapazität errichtet werden. Für die uranhaltigen, gegenwärtig noch nicht als Abfälle deklarierten Stoffe gibt es an den Standorten Lingen und Gronau Zwischenlager. Das, wenn nicht anders verwertbar, ebenfalls als Abfall zu deklarierende Uran aus der Wiederaufarbeitung lagert z.T. in Frankreich und England.

Inwieweit die Zwischenlagerkapazität in der Bundesrepublik für die Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung ausreicht, kann ohne aufwändige Recherchen nicht beurteilt werden. Das BfS hat Zahlen zu den bestehenden und in Planung befindlichen Zwischenlagerkapazitäten zuletzt für das Jahr 2000 veröffentlicht. Es gibt aber gegenwärtig keine Hinweise, dass es Probleme mit Zwischenlagerkapazitäten in größerem Umfang gibt. Diese können, abgesehen von Einzelfällen, nur auftreten, wenn an Stilllegungsstandorten kein neues Zwischenlager für gering wärmeentwickelnde Abfälle eingerichtet wird.

#### **4.3.3 Endlager für Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung**

In der Bundesrepublik Deutschland ist für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit geringer Wärmeentwicklung bisher nur das Endlager Konrad vorgesehen. Das ehemalige Erzbergwerk ist für die bisher angefallenen Abfallarten genehmigt und wird zurzeit dafür umgebaut. Gegen die Genehmigung bzw. Planfeststellung wurde geklagt. Die Klagen wurden im Wesentlichen aus formalen Gründen abgewiesen. Überhaupt nicht nachvollziehbar ist dabei insbesondere das Urteil des Bundesverfassungsgerichtes, dass gegen den aus Sicht der Kläger nicht erbrachten Nachweis der Langzeitsicherheit nicht geklagt werden kann, da eine Familie kein Recht hätte, stellvertretend für ihre Nachkommen zu klagen.

Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme von Konrad wird gegenwärtig mit voraussichtlich 2021 angegeben. Die genehmigte Kapazität beträgt 303.000 m<sup>3</sup>. Diese Kapazität ist für alle bisher zwischengelagerten und alle durch die Atomenergienutzung prognostizierten noch anfallenden radioaktiven Abfällen ausreichend. Die Abfälle aus Landessammelstellen dürften allerdings nicht mehr vollständig eingelagert werden.

Für die rückzuzuholenden Abfälle aus der Asse gilt die Genehmigung für Konrad aufgrund der Abfalleigenschaften und

der großen Menge nicht. Diese Abfälle müssen in ein anderes Endlager eingebracht oder die Genehmigung für Konrad entsprechend geändert werden. Ob letzteres möglich ist, ist allerdings wegen der Zusammensetzung der Abfälle zweifelhaft.

Werden die uranhaltigen Stoffe aus der Brennelementherstellung, der Urananreicherung und/oder der Wiederaufarbeitung als radioaktive Abfälle deklariert, können diese nicht in Konrad endgelagert werden. Der Langzeitsicherheitsnachweis lässt die zusätzliche Einlagerung größerer Uranmengen nicht zu. Diese Abfälle müssen also in ein anderes Endlager kommen. Bisher wird als mögliches Endlager das für wärmeentwickelnde Abfälle genannt. Bei den endzulagernden Abfällen kann es sich um weit über 10.000 Transporteinheiten handeln.

Die Abfälle mit geringer Wärmeentwicklung könnten auch alle gemeinsam mit den wärmeentwickelnden Abfällen im für diese Abfälle vorgesehenen Endlager endgelagert werden (Ein-Endlager-Konzept).

Gegenwärtig wird davon ausgegangen, dass während der gesamten Betriebszeit des Endlagers Konrad wöchentlich etwa 50 Transporteinheiten (Lkw- oder Bahnwaggonladungen) angeliefert werden. Insgesamt bedeutet die vom Bfs bisher prognostizierte Abfallmenge knapp 67.000 Transporteinheiten, die zum Endlager Konrad transportiert werden müssen. Werden für die Abfälle aus der Asse ähnliche Behälterkonzepte für die Endlagerung unterstellt, wie sie für Konrad vorgesehen sind, müssen diesbezüglich weit über 20.000 Transporteinheiten zum Endlager gebracht werden.



# Zusammenfassung

von Wolfgang Neumann

Bis Ende 2012 sind in der Bundesrepublik Deutschland aus der kommerziellen Nutzung der Atomenergie zur Stromerzeugung unter Berücksichtigung aller Abfallkategorien ca. 240.000 m<sup>3</sup> radioaktiver Abfälle angefallen. Knapp 90.000 m<sup>3</sup> schwach- und mittelradioaktive Abfälle sind davon in der Asse und in Morsleben endgelagert worden. Nach der Katastrophe in Fukushima wurde 2011 vom Deutschen Bundestag die Beendigung der Nutzung der Atomenergie zur Stromproduktion beschlossen. Die daraufhin im Atomgesetz festgelegten Laufzeiten für die Reaktoren bedeuten, dass sich die Menge der bereits in der Bundesrepublik Deutschland angefallenen bestrahlten Brennelemente noch um mehr als ein Drittel erhöhen wird. Insgesamt ist ein Anfall von ca. 28.000 m<sup>3</sup> wärmeentwickelnder Abfälle (einschließlich Brennelemente) und 304.000 m<sup>3</sup> gering wärmeentwickelnder Abfälle zu prognostizieren, die endgelagert werden müssen. Dazu kommen im Falle der Rückholung der Abfälle aus der Asse und der Deklaration von uranhaltigen Stoffen als Abfälle vermutlich mehr als 250.000 m<sup>3</sup> weitere gering wärmeentwickelnde Abfälle.

Von den bis zum Ende der Laufzeiten insgesamt angefallenen 17.400 tSM bestrahlter Brennelemente wurden ca. 6.800 tSM wiederaufgearbeitet. Eine Direkte Endlagerung in der Bundesrepublik wird für ca. 10.600 tSM notwendig sein. Die Brennelemente müssen jedoch zunächst aus physikalischen und geologischen Gründen 30 bis 50 Jahre zwischengelagert werden. Die gegenwärtig vorhandenen Kapazitäten an den Standorten sowie in Gorleben und Ahaus reichen hierzu aus.

Das Konditionierungskonzept für die Brennelemente ist noch nicht verbindlich festgelegt. Sollte für die Konditionierung eine zentrale Anlage sinnvoll sein, so sollte diese erst in Betrieb genommen werden, wenn das Wirtsgestein und der Standort für die Endlagerung feststehen. Bisher war als



Endlagerstandort Gorleben vorgesehen. Die Eignung wird jedoch kontrovers diskutiert. Deshalb soll ein neues Standortsuchverfahren durchgeführt werden.

Die Abfälle mit Wärmeentwicklung, die aus der Wiederaufarbeitung stammen, sollen endlagerfähig konditioniert in die Bundesrepublik geliefert werden. Zwischenlagerkapazitäten sind hierfür sowohl in TBL und BZA als auch – im Falle der Verursacherzuteilung in den Standort-Zwischenlagern vorhanden. Zu wärmeentwickelnden Abfällen aus anderen Bereichen können mangels Informationen keine Kapazitätsaussagen getroffen werden. Alle wärmeentwickelnden Abfälle sollen in das gleiche Endlager wie die Brennelemente eingelagert werden.

Erfolgt ein Zubau von Zwischenlagerkapazität für die gering wärmeentwickelnden Abfälle an den Standorten der AKW spätestens, wenn sie stillgelegt werden, reichen die Kapazitäten aus. Als Endlager für diese Abfälle ist gegenwärtig das ehemalige Eisenerzbergwerk Konrad vorgesehen. Die Inbetriebnahme dieses geplanten Endlagers Konrad erfolgt frühestens 2021. Die rückzuziehenden Abfälle aus der Asse und die ggf. ebenfalls endzulagernden uranhaltigen Abfälle können nicht in Konrad endgelagert werden. Diese Abfälle müssen entweder mit in das Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle oder es muss ein weiterer Endlagerstandort gesucht werden.

Für den Transport des Atommülls zum Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle sind für mehr als 1.300 Großbehälter (z. B. vom Typ CASTOR) die gleiche Anzahl von Lkws oder Eisenbahnwaggons erforderlich. Für die gering wärmeentwickelnden Abfälle sind insgesamt bereits ohne die Abfälle aus der Asse und den uranhaltigen Abfällen ca. 67.000 Transporteinheiten zu erwarten, das bedeutet mehrere 10.000 Lkws und Eisenbahnwaggons.

Zwischenlager bei Gorleben (TBL) – hinten rechts im  
Bild und die Baustelle mit dem Salzbohrtur  
m –  
vorne im Bild









### **Literatur:**

- Drucksachen aus Bundestag und Niedersächsischen Landtag der letzten Jahre.
- Vorträge auf der Jahrestagung Kerntechnik in den letzten Jahren.
- Veröffentlichungen und Internetauftritt des Bundesamt für Strahlenschutz.
- Berichte der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit zum Anfall von bestrahlten Brennelementen 2008 und 2011.

### **Bildnachweise:**

- Cover: Volker Möll (PubliXviewinG) – Morsleben unter Tage
- Seite 6, 7, 9: Volker Möll (PubliXviewinG) – Morsleben unter Tage
- Seite 11: Michaela Mügge (PubliXviewinG) – Aktion am 2. Fukushima–GAU–Jahrestag: Katastrophenszenario am AKW Grohnde
- Seite 14/15: Bernd Ebeling – Salzstock bei Turda im rumänischen Transylvanien
- Seite 20: Michaela Mügge (PubliXviewinG) – Großkundgebung zum Castor 2011 in Dannenberg
- Seite 27: Andreas Conradt (PubliXviewinG) – Förderturm in Gorleben
- Seite 28: Andreas Conradt (PubliXviewinG) – Während einer Protestaktion in Stuttgart
- Seite 31: Simon Maria Avenia (PubliXviewinG) – Castorenzug während eines ungeplanten Stops auf der Strecke von Dannenberg in das Zwischenlager bei Gorleben

- Seite 33: Andreas Conradt (PubliXviewinG) –  
Castor auf LKW bei Dannenberg
- Seite 35: Michaela Mügge (PubliXviewinG) –  
2. Fukushima Jahrestag, Aktion bei Grohnde
- Seite 37: Karin Behr (PubliXviewinG) –  
Castorzug nach Dannenberg
- Seite 39: Volker Möll (PubliXviewinG) –  
Morsleben unter Tage
- Seite 40/41: Protesttag vor dem AKW Brokdorf anlässlich  
27. Jahrestages der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl
- Seite: 42/43: Andreas Conradt (PubliXviewinG) –  
Luftbildaufnahme des Zwischenlagers und der  
Salzbergwerksbaustelle Gorleben
- Seite 46/47: Andreas Conradt (PubliXviewinG) –  
Gesehen in Hitzacker während des Besuches von  
Umweltminister Norbert Röttgen

## Abkürzungsverzeichnis:

a	Jahr
AKEnd	Arbeitskreis Endlager des Bundesumweltministeriums
AKW	Atomkraftwerk
BAM	Bundesanstalt für Materialprüfung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGS	Bundesgrenzschutz
BNFL	British Nuclear Fuel Limited (Betreiberin der WAA Sellafield)
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BUND	Bund für Umweltschutz und Naturschutz Deutschland
BZA	Brennelement-Zwischenlager Ahaus
COGEMA	Compagnie Generale des Matieres Nucleaires (Betreiberin WAA LaHague)
Cs	Cäsium
ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
EVU	Energieversorgungs-Unternehmen
HAW	high active waste – hochradioaktiver Müll
KKR	Rheinsberg
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MOX	Mischoxid
MW	Megawatt
Np	Neptunium
PKW	Pilot-Konditionierungsanlage
Pu	Plutonium
S.	Seite
SM	Schwermetall
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands
Sr	Strontium
t	Tonnen
THTR	Thorium-Hochtemperaturreaktor
TBL	Transportbehälterlager
U	Uran
WWER	russischer Reaktortyp, z. B. Greifswald
WAA	Wiederaufarbeitungsanlage
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
ZAB	Greifswald
z.B.	zum Beispiel
ZLN	Greifswald
z.T.	zum Teil
z. Zt.	Zur Zeit



**Gorleben soll leben**

## Die Reihe zur Sache im Überblick

zur Sache 1, Oktober 1995, (vergriffen)  
Der erste Castor

zur Sache 2, Neuauflage Mai 2013  
Entsorgungs-Fiasco – Eine aktuelle Atommüll-Bilanz

zur Sache 3, Dezember 1998, (vergriffen)  
Glaskokillen aus La Hague

zur Sache 4, Juli 2001  
Risiko CASTOR  
Argumente gegen die Atommüll-Lagerung in CASTOR-Behältern

zur Sache 5, 2005  
Demokratie jetzt  
Diffamierung und Kriminalisierung des Gorleben-Protestes

zur Sache 6, September 1999  
PKA – Die Pilot-Konditionierungsanlage  
Die machen den Castor auf!

zur Sache 7, vergriffen - Neuauflage geplant  
Atomenergie – Warum wir dagegen sind!

zur Sache 8, 1999 (vergriffen)  
Endlager Gorleben – Stationen eines Irrwegs

zur Sache 9, 2000, (vergriffen)  
Fachtagung: Endlager Gorleben

zur Sache 10, November 2005  
Demokratiefreie Zone Gorleben  
Wenn der CASTOR kommt, werden Grundrechte ausgesetzt

zur Sache 11, Juni 2012  
Salinare Hölle – Erkundung in Gorleben

zur Sache 12, Februar 2013  
Der fünfte vor dem ersten Schritt –  
Warum dieses „Endlagersuchgestz“ der falsche Weg ist



Spendenkonto  
Kontonummer: 0044060721  
Bankleitzahl: 25850110  
Sparkasse Uelzen Lüchow-Dannenberg

Bürgerinitiative Umweltschutz  
Lüchow-Dannenberg  
Rosenstraße 20 • 29439 Lüchow  
Mo, Mi, Fr: 9 - 16 • Di, Do: 9 - 18  
☎ 05841 - 4684  
buero@bi-luechow-dannenberg.de  
www.bi-luechow-dannenberg.de