

Bericht über die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen aus Baden-Württemberg

April 2017



Zwischenlager Philippsburg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Bericht über die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen aus Baden-Württemberg

vom April 2017

1 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN DER NUKLEAREN ENTSORGUNG.....	2
1.1 ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE SOWIE KERNBRENNSTOFFE UND RADIOAKTIVE ABFÄLLE AUS DER WIEDERAUFARBEITUNG IM AUSLAND	2
1.2 RADIOAKTIVE BETRIEBSABFÄLLE	3
2 ERZEUGER ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE UND RADIOAKTIVER ABFÄLLE IN BADEN-WÜRTTEMBERG	4
2.1 KERNKRAFTWERKE	5
2.2 WIEDERAUFARBEITUNGSANLAGE KARLSRUHE (WAK)	7
2.3 FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN	10
2.4 STILLGELEGTE KERNTECHNISCHE ANLAGEN UND EINRICHTUNGEN.....	10
2.5 LANDESSAMMELSTELLE BADEN-WÜRTTEMBERG.....	12
3 SCHWACH- UND MITTEL-RADIOAKTIVE ABFÄLLE (NICHT WÄRMEENTWICKELNDE RADIOAKTIVE ABFÄLLE)	14
3.1 ANFALL SCHWACH- UND MITTEL-RADIOAKTIVER ABFÄLLE IN BADEN-WÜRTTEMBERG	14
3.2 KONDITIONIERUNG SCHWACH- UND MITTEL-RADIOAKTIVER ABFÄLLE	14
3.3 ZWISCHENLAGERUNG SCHWACH- UND MITTEL-RADIOAKTIVER ABFÄLLE	17
3.4 TRANSPORTE SCHWACH- UND MITTEL-RADIOAKTIVER ABFÄLLE	23
4 ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE UND RADIOAKTIVE ABFÄLLE AUS DER WIEDERAUFARBEITUNG (WÄRMEENTWICKELNDE RADIOAKTIVE ABFÄLLE)	24
4.1 ANFALL ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE IN BADEN-WÜRTTEMBERG UND ANFALL RADIOAKTIVER ABFÄLLE AUS DER WIEDERAUFARBEITUNG IM AUSLAND	26
4.2 WIEDEREINSATZ DES BEI DER WIEDERAUFARBEITUNG ABGETRENNTEN PLUTONIUMS IN DEN KERNKRAFTWERKEN	32
4.3 ZWISCHENLAGERUNG ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE UND RADIOAKTIVER ABFÄLLE AUS DER WIEDERAUFARBEITUNG	33
4.4 TRANSPORTE ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE UND RADIOAKTIVER ABFÄLLE AUS DER WIEDERAUFARBEITUNG.....	47
4.5 DERZEITIGE ENTSORGUNGSSITUATION FÜR BRENNELEMENTE BEI DEN BADEN- WÜRTTEMBERGISCHEM KERNKRAFTWERKEN	48
5 ENDLAGERUNG.....	51
5.1 ENDLAGER FÜR SCHWACH- UND MITTEL-RADIOAKTIVE ABFÄLLE (NICHT WÄRMEENTWICKELNDE RADIOAKTIVE ABFÄLLE)	51
5.2 ENDLAGER FÜR ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE UND RADIOAKTIVE ABFÄLLE AUS DER WIEDERAUFARBEITUNG (WÄRMEENTWICKELNDE RADIOAKTIVE ABFÄLLE)	59
5.3 AUSBLICK	64
ANHÄNGE.....	66

1 Rechtliche Rahmenbedingungen der nuklearen Entsorgung

1.1 Abgebrannte Brennelemente sowie Kernbrennstoffe und radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland

Rechtliche Grundlage für die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente ist § 9a des Atomgesetzes.

Mit dem „Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität“ vom 22. April 2002 wurde die Entsorgung von abgebrannten Brennelementen neu geordnet. Wesentliche Punkte sind:

- Seit dem 1. Juli 2005 ist die Abgabe von abgebrannten Brennelementen an die Wiederaufarbeitungsanlagen untersagt und damit nur noch ihre geordnete Beseitigung (direkte Endlagerung) zulässig.
- An den Standorten der Kernkraftwerke sind Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente zu errichten, sodass – da noch kein Endlager für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente zur Verfügung steht – der Nachweis der geordneten Beseitigung über die Bereitstellung ausreichender Zwischenlagerkapazitäten geführt werden muss.
- Bei Inanspruchnahme der schadlosen Verwertung abgebrannter Brennelemente durch Wiederaufarbeitung sind Nachweise über den jeweiligen Bestand sowie über den Verbleib des aufgearbeiteten Urans und die Verwertung des aus der Wiederaufarbeitung gewonnenen Plutoniums vorzulegen. Des Weiteren sind für die aus der Wiederaufarbeitung zurückzunehmenden radioaktiven Abfälle ausreichende Zwischenlagermöglichkeiten nachzuweisen.

Im Zusammenhang mit dem Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG) vom 23. Juli 2013 wurde mit Wirkung vom 1. Januar 2014 in § 9a des Atomgesetzes ein neuer Absatz 2a eingefügt. Die betroffenen Energieversorgungsunternehmen haben nun dafür zu sorgen, dass die aus der Aufarbeitung bestrahlter Kern-

brennstoffe im Ausland stammenden verfestigten Spaltproduktlösungen (HAW₁- und MAW₂-Glaskokillen) zurückgenommen und in standortnahen Zwischenlagern aufbewahrt werden.

Ein Transport der restlichen MAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague (Frankreich) und der HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield (England) in das zentrale Zwischenlager Gorleben ist somit nicht mehr möglich.

1.2 Radioaktive Betriebsabfälle

Der gesamte Bereich der Behandlung, der Konditionierung, der Lagerung und des Transports radioaktiver Betriebsabfälle aus Kernkraftwerken ist seit dem Jahr 2001 in der Strahlenschutzverordnung geregelt.

¹ HAW: Highly Active Waste

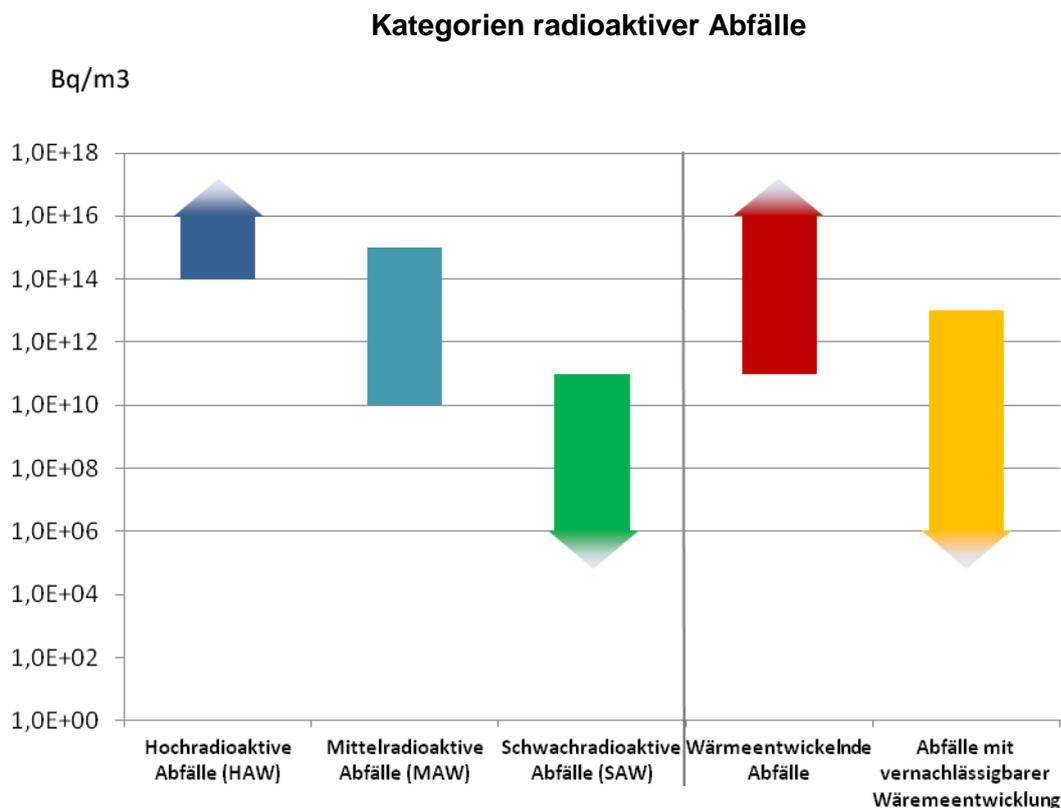
² MAW: Medium Active Waste

2 Erzeuger abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle in Baden-Württemberg

Beim Betrieb von Kernkraftwerken, bei der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen und bei der Stilllegung und dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen fallen radioaktive Abfälle an. Radioaktive Abfälle fallen in geringerem Maße auch in der Forschung, in der gewerblichen Wirtschaft und in der Medizin an.

Die Abfälle lassen sich kategorisieren nach dem Maß ihrer Aktivität und Wärmeentwicklung in

- schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung,
- mittelradioaktive Abfälle mit Wärmeentwicklung (Hüllrohre, Strukturteile) und
- hochradioaktive, wärmeentwickelnde Abfälle.



Die Kategorisierung in Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und Abfälle mit Wärmeentwicklung ergibt sich aus den Anforderungen an Gebinde, die endgelagert werden sollen. Für das Endlager Konrad wurde aus geologischen Gründen die Temperaturerhöhung des Wirtsgesteins auf 3 Kelvin begrenzt. Daraus lässt sich eine maximale mittlere Wärmeleistung von ca. 0,2 Kilowatt pro Kubikmeter Abfall ableiten. Abfälle die diese Anforderung erfüllen, gelten als Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle sind bis auf wenige Ausnahmen Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung.

Eine wichtige Rolle spielt der Anteil der Nuklide mit Alphastrahlung, da alphastrahlende Nuklide, wie z.B. Plutonium, bei Aufnahme in den Körper (Einatmen, Verschlucken oder Eindringen über Wunden) besonders gesundheitsgefährdend sind. Daher wird zusätzlich unterschieden in:

- Abfälle mit einem hohen Anteil an Alphastrahlern (stark alphahaltige Abfälle) und
- Abfälle mit einem geringen oder keinem Anteil an Alphastrahlern (schwach alphahaltige Abfälle).

2.1 Kernkraftwerke

Nach Bayern ist Baden-Württemberg gemeinsam mit Niedersachsen eines der Bundesländer, in dem heute noch die meisten Kernkraftwerksblöcke in Betrieb sind (Baden-Württemberg 2, Bayern 3, Niedersachsen 2, Schleswig-Holstein 1)³. Im Jahr 2010 hatte Baden-Württemberg mit seinen zu diesem Zeitpunkt insgesamt vier betriebenen Kernkraftwerksblöcken zu der nuklear erzeugten Energie Gesamtdeutschlands in Höhe von 5 Prozent beigetragen. Damit hatte das Land den zweithöchsten Anteil an der nuklear erzeugten Energie der Länder. Der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung in Baden-Württemberg betrug 2010 etwa 50 Prozent.

Nach der Einstellung des Leistungsbetriebs der beiden Kernkraftwerksblöcke Neckarwestheim I (GKN I) und Philippsburg 1 (KKP 1) im März 2011 beträgt der Anteil der Kernenergie heute noch etwa ein Drittel an der Stromerzeugung in Baden-

³ Anzahl ohne Kernkraftwerksblöcke, die aufgrund des Moratoriums vom 14. März 2011 bzw. der Verkündung einer Sicherheitsüberprüfung deutscher Kernkraftwerke am 15. März 2011 nicht mehr betrieben werden bzw. die aufgrund der 13. Änderung des Atomgesetzes zu einem Leistungsbetrieb nicht mehr berechtigt sind.

Württemberg. Der Strom wird mit Hilfe der Kernkraftwerksblöcke GKN II und KKP 2 erzeugt.

Radioaktive Abfälle fallen im Leistungsbetrieb, aber auch in der Nachbetriebsphase und dem anschließenden Stilllegungsbetrieb an, da bestimmte Systeme weiterhin betrieben werden müssen. Diese Betriebsabfälle entstehen beim normalen Betrieb, bei Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie bei wiederkehrenden Prüfungen. Sie sind überwiegend schwachradioaktiv und nur in seltenen Fällen geringfügig mit Alphastrahlern kontaminiert.

Der durchschnittliche Anfall an endkonditionierten Betriebsabfällen bei den sich im Leistungsbetrieb befindenden Reaktorblöcken beträgt ca. 50 m³ pro Block und Betriebsjahr und hängt erheblich von der Größe bzw. Leistung und dem Reaktortyp (Siedewasser- oder Druckwasserreaktor) ab.

Da die Turbine eines Siedewasserreaktors mit Dampf aus dem Reaktordruckbehälter angetrieben wird, ist das Maschinenhaus beim Siedewasserreaktor im Gegensatz zu einem Druckwasserreaktor zusätzlich Kontrollbereich. Dementsprechend fallen im Mittel bei einem Siedewasserreaktor (in Baden-Württemberg KKP 1) mehr betriebliche radioaktive Abfälle an.

Bei den in Baden-Württemberg anfallenden radioaktiven Betriebsabfällen handelt es sich überwiegend um:

- Ionenaustauscherharze (dienen zur Reinigung und Aufbereitung des Reaktorkreislaufs),
- Filterkerzeneinsätze (dienen zum Herausfiltern von Feststoffen aus dem Reaktorkreislauf),
- Verdampferkonzentrate (Rückstände aus der Eindampfanlage der Abwasseraufbereitung),
- Filterkonzentrate (beinhalten abfiltrierte Stoffe von Reinigungssystemen),
- Festabfälle (Papier, Kleidungsstücke, Metalle, Bauschutt etc.) und
- flüssige Abfälle (Öle etc.).

Neben radioaktiven Betriebsabfällen fallen abgebrannte Brennelemente an. Abgebrannte Brennelemente sind hochradioaktiv und wärmeentwickelnd. Hochradioaktive Abfälle haben einen relativ geringen Mengenanteil (ca. 10 Prozent des Abfallvolumens), enthalten aber den ganz überwiegenden Teil (ca. 99,9 Prozent) der gesamten Radioaktivität. Bei der jährlichen Revision eines Kernkraftwerks werden abgebrannte Brennelemente aus dem Reaktorkern entladen und in das Abklingbecken verbracht. Dort nehmen die Aktivität und damit die Wärmeentwicklung über mehrere Jahre soweit ab, dass die Brennelemente in einen Transport- und Lagerbehälter verladen werden können (Näheres zum Anfall abgebrannter Brennelemente siehe Abschnitt 4.1).

2.2 Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)

Abgebrannte Brennelemente wurden bis Dezember 1990 in der WAK, die sich auf dem Betriebsgelände des heutigen Karlsruher Institut für Technologie Campus Nord (KIT Campus Nord, ehemals Forschungszentrum Karlsruhe) befindet, aufgearbeitet. Dabei fielen große Mengen schwach-, mittel- und hochradioaktiver Abfälle an, die stark mit alphastrahlenden Nukliden belastet sind. Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle wurden bei der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) der Kerntechnischen Entsorgung Karlsruhe GmbH, kurz KTE GmbH (ehemals WAK GmbH, Umfirmierung im Februar 2017), die sich auf dem Gelände des KIT Campus Nord befindet, konditioniert und werden bis heute dort zwischengelagert.

Die bei der Wiederaufarbeitung angefallenen ca. 60 m³ hochradioaktiver Spaltproduktlösung HAWC (High Active Waste Concentrate) wurden in zwei Lagerbehältern auf dem Betriebsgelände der stillgelegten Wiederaufarbeitungsanlage gelagert. Zur Konditionierung dieses Abfalls wurde zwischen 1999 und 2005 die Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) errichtet. Nach umfangreichen Funktionsprüfungen und einem Probetrieb mit nicht aktivem Simulat konnte der HAWC von September 2009 bis Juni 2010 verglast werden. Nach Beendigung der Verglasung des HAWC wurden die verfahrenstechnischen Komponenten gespült und die dabei angefallene radioaktive Spülflüssigkeit ebenfalls verglast. Die hochradioaktiven Spaltprodukte wurden durch die Verglasung in eine stabile Glasstruktur eingebunden und zusätzlich in aus Edelstahl hergestellten und dicht verschweißten Behältern (Kokillen) eingeschlossen. Die 140. und letzte hochradioaktive Glaskokille wurde durch Verglasen von radioaktiver

Spülflüssigkeit am 25. November 2011 abgefüllt und der Verglasungssofen anschließend außer Betrieb genommen.



Castor-Beladung mit einer Glaskokille („kalte“ Handhabung)

Ein Rest von ca. 3 m³ Flüssigkeit war nach dem Spülprogramm noch vorhanden. Diese Restlösung wurde auf zwei Behälter in der VEK verteilt und trocknete dort bis zum Ende des Jahres 2012 vollständig ein. Den Abschätzungen nach befinden sich jetzt noch radioaktive Stoffe in der Größenordnung von $1 \cdot 10^{16}$ Bq in der Anlage, wobei Cäsium den Hauptaktivitätsbeitrag liefert.

Die 5 mit jeweils 28 hochradioaktiven Glaskokillen beladenen CASTOR-Behälter wurden am 16. Februar 2011 vom Gelände der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe in das Zwischenlager Nord (ZLN) bei Rubenow (in der Nähe von Greifswald) transportiert.



Im Februar 2011 auf dem Gelände der WAK zum Abtransport bereitstehende, mit Glaskokillen beladene CASTOR-Behälter

Der Rückbau des Prozessgebäudes, in dem die eigentliche Wiederaufarbeitung stattfand, hatte schon Mitte der 1990er Jahre mit der Demontage einzelner Komponenten begonnen. Mit der Verglasung der Spaltproduktlösung kann nun der Rückbau auf die ehemaligen HAWC-Lagerbehälter und die Verglasungsanlage ausgedehnt werden. Ab dem Jahr 2013 erfolgten bereits Außerbetriebnahmen in der VEK. Die WAK und die VEK sollen nach bisheriger Auskunft des Betreibers bis Ende der 2020er Jahre in mehreren Schritten bis zur „grünen Wiese“ zurückgebaut werden.

Beim weiteren Rückbau der stillgelegten Wiederaufbereitungsanlage mit Verglasungsanlagen fällt eine erhebliche Menge an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen an. Aus dem bisherigen Rückbau der WAK (einschließlich VEK) ist bislang erst etwa ein Drittel der insgesamt aus dem Rückbau zu erwartenden Menge an radioaktiven Abfällen angefallen. Insgesamt werden aus dem Betrieb und dem Rückbau der WAK voraussichtlich mehr als 21.000 m³ (Endlagervolumen) schwach- und mittelradioaktive Abfälle anfallen.

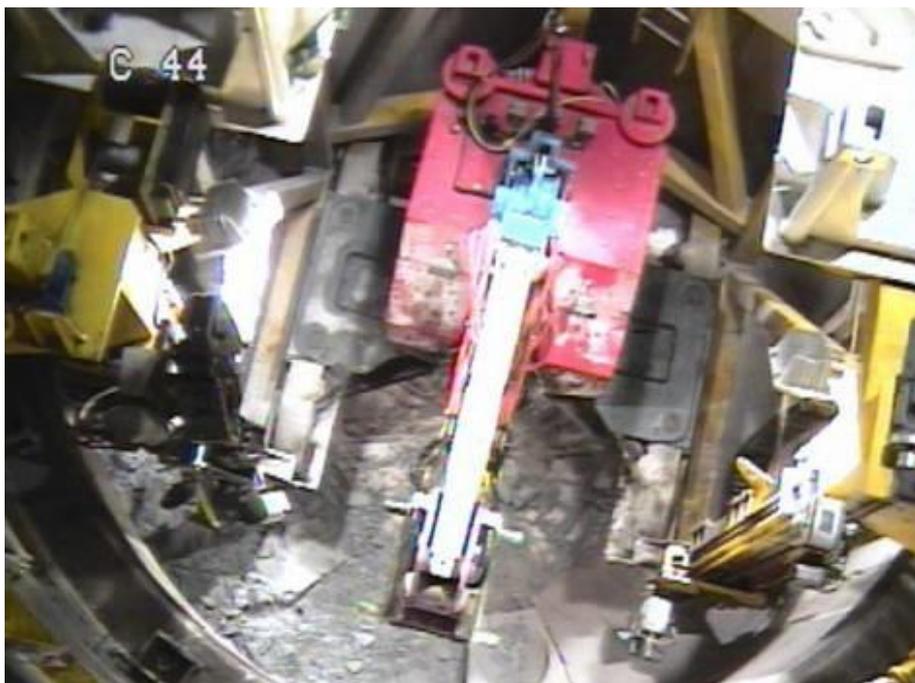
Eine weit größere Menge an Rückbauabfällen ist nicht oder so gering kontaminiert, dass diese nach entsprechender Kontrolle und Freigabe nach § 29 StrlSchV beseitigt oder uneingeschränkt verwertet werden können.

2.3 Forschungseinrichtungen

Im ehemaligen Forschungszentrum Karlsruhe (heute: KIT Campus Nord) fielen bei der nuklearen Forschung in den letzten 40 Jahren große Mengen an schwach-, mittel- und hochradioaktiven Abfällen an. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle wurden in der HDB, die seit 1. Juli 2009 Teil der KTE GmbH (ehemals WAK GmbH) ist, verarbeitet und konditioniert. Bei der Konditionierung wurden die Abfälle aus der Forschung zum Teil mit den stark alphastrahlenden Betriebsabfällen aus der WAK vermischt. Diese konditionierten Abfälle lagern derzeit bei der HDB auf dem Gelände des KIT Campus Nord (Stand Ende 2016: Gesamtlagervolumen der HDB ca. 69.800 m³, siehe Anhang 4).

2.4 Stillgelegte kerntechnische Anlagen und Einrichtungen

Auf dem Gelände des KIT Campus Nord wurden neben der ehemaligen Wiederaufarbeitungsanlage (WAK) weitere kerntechnische Großanlagen wie z. B. der Forschungsreaktor 2 (FR 2), der Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR) und die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage II (KNK II) stillgelegt. Diese befinden sich derzeit entweder im sicheren Einschluss wie der FR 2 oder werden zurückgebaut. Dabei fallen schwach- und mittelradioaktive Anlagenteile und Bauschutt an, die als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssen.



Abbau des Biologischen Schilts mit Hilfe eines fernhantierten Baggers beim MZFR

Am 11. Mai 2005 wurde der Leistungsbetrieb des Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) eingestellt. Für das KWO wurde mit der 2. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung vom 24. Oktober 2011 der Abbau von Systemen und Komponenten im Kontrollbereich gestattet. Am 30. April 2013 wurde die 3. Abbaugenehmigung erteilt. Sie gestattet u. a. den Abbau des Reaktordruckbehälter-Unterteils mit Einbauten, des biologischen Schilts und des internen Brennelement-Lagerbeckens. Insbesondere bei diesen Maßnahmen fallen radioaktive Reststoffe bzw. Abfälle an.



Ausbau des Dampferzeugers im Kernkraftwerk Obrigheim

Der Betrieb der Kernkraftwerksblöcke GKN I und KKP 1 wurde nach Vorliegen einer Anordnung am 16. bzw. 17. März 2011 vorläufig eingestellt. Der Leistungsbetrieb wurde dann aufgrund der 13. Atomgesetznovelle vom Juli 2011 nicht wieder aufgenommen. Die jeweiligen Anträge zur Stilllegung und zum Abbau wurden im April 2013 gestellt. Im Februar 2017 wurde dann für GKN I und im April 2017 für KKP 1 die 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung zum Abbau von Systemen und Komponenten erteilt. Die Kernkraftwerksblöcke GKN I und KKP 1 werden ebenso wie das Kernkraftwerk Obrigheim über mehrere Jahre hinweg zurückgebaut. Mit den ersten Abbauarbeiten ist

sowohl bei GKN I als auch bei KKP 1 voraussichtlich bereits im Jahr 2017 zu rechnen. Nach Angaben des Betreibers dauert der Rückbau einer Anlage ca. 15 bis 20 Jahre.

Beim Rückbau fallen im Wesentlichen schwach- und mittelradioaktive Abfälle an, die dann zwischengelagert werden müssen. Derzeit geht man bei der nationalen Entsorgungsplanung von einem durchschnittlichen Volumen an schwach- und mittelradioaktiven Stilllegungs- und Rückbauabfällen pro Kernkraftwerksblock von ca. 5.000 m³ aus, die einem Endlager zugeführt werden müssen, wobei das tatsächliche Volumen der Stilllegungs- und Rückbauabfälle von der Größe bzw. Leistung und dem Typ eines Kernkraftwerks (Siedewasserreaktor oder Druckwasserreaktor) abhängig ist.

Beim Rückbau fallen – teilweise nach entsprechender Bearbeitung – auch große Mengen an nicht oder nur sehr gering kontaminierten oder aktivierten Reststoffen an (z.B. Bauschutt), die nach entsprechender Kontrolle herausgegeben oder nach § 29 StrlSchV zur Beseitigung (Deponie) oder uneingeschränkt freigegeben werden können.

2.5 Landessammelstelle Baden-Württemberg

Nach § 9a AtG sind die Länder verpflichtet, Landessammelstellen für radioaktive Abfälle zu betreiben. Die Abfälle stammen dabei aus der gewerblichen Wirtschaft (z.B. Leuchtfarbenindustrie, pharmazeutische Forschung, Materialprüfung), der medizinischen Diagnostik sowie von Bildungs- und Forschungseinrichtungen und privaten Ablieferern.



Reststoffeingangslager der HDB

Zur Erledigung dieser Aufgabe hatte das Land Baden-Württemberg mit dem damaligen Forschungszentrum Karlsruhe einen Vertrag geschlossen, auf Grund dessen die Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (diesbezüglich Rechtsnachfolger des Forschungszentrums Karlsruhe) mit ihrer Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) nahezu alle Aufgaben und Pflichten für das Land erfüllt.

Dementsprechend erfüllt die HDB Aufgaben wie das Entgegennehmen der radioaktiven Abfälle, das Konditionieren, das Zwischenlagern sowie den späteren Abtransport zum Endlager.

3 Schwach- und mittelradioaktive Abfälle (nicht wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle)

Dem Umweltministerium Baden-Württemberg wird entsprechend § 72 StrlSchV regelmäßig über schwach- und mittelradioaktive, nicht wärmeentwickelnde Abfälle bei den Kernkraftwerken und der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) auf dem Gelände des Karlsruher Institut für Technologie Campus Nord (KIT Campus Nord) berichtet. Die Tabellen in Anhang 3 und 4 enthalten in einer zusammenfassenden Darstellung Angaben zum Zugang an Reststoffen und Rohabfällen sowie dem Anfall und Bestand an radioaktiven Abfällen an den Kernkraftwerksstandorten und bei der HDB. Damit sind alle wesentlichen radioaktiven Abfallströme in Baden-Württemberg erfasst.

3.1 Anfall schwach- und mittelradioaktiver Abfälle in Baden-Württemberg

Der Anfall an schwach- und mittelradioaktiven, nicht wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen im vergangenen Jahr in Baden-Württemberg ist in Anhang 3 – getrennt nach den Anlagen und Einrichtungen – dargestellt (vgl. auch Kap. 2).

Beim Anfall ist zu beachten, dass bestimmte Abfälle sowohl aus dem Betrieb als auch aus dem Rückbau einer Anlage chargenweise und nicht kontinuierlich anfallen, sodass sich bei der jährlichen Bilanzierung zum Teil große Unterschiede in und zwischen den verschiedenen Anlagen und Einrichtungen ergeben können. Zusätzlich zu den Rohabfällen fällt ein Teil der Abfälle verfahrensabhängig (z.B. Verdampferkonzentrate) auch unmittelbar, d.h. ohne die Vorstufe Rohabfall, als behandelter Abfall an.

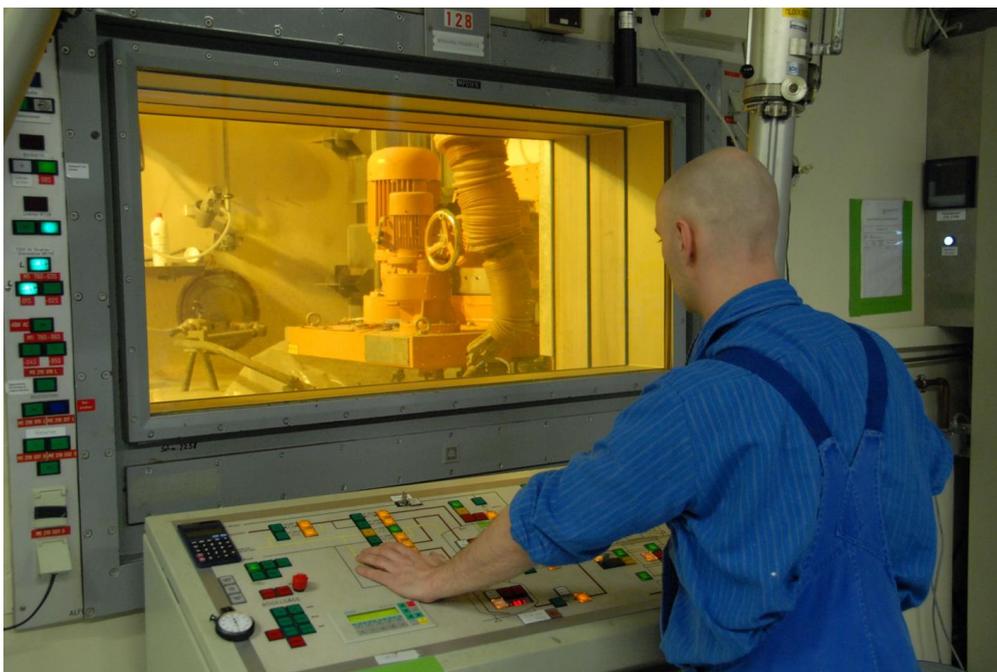
3.2 Konditionierung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

Die in den Kernkraftwerken und bei sonstigen Einrichtungen anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle können in der Regel nicht in der Form, in der sie angefallen sind, an ein Endlager abgegeben werden. Sie müssen vorher sorgfältig klassifiziert und endlagergerecht verarbeitet, d.h. konditioniert, werden. In der Regel wird dabei auch das Volumen deutlich reduziert. Die Konditionierung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen erfolgt durch Verpressen, Verbrennen, Eindampfen, Trocknen oder Zementieren.

Die umfangreichsten Konditionierungsanlagen Deutschlands betreibt die HDB der KTE GmbH auf dem Gelände des KIT Campus Nord. Dort können schwach- und mittelradioaktive Abfälle bzw. Reststoffe zerlegt, sortiert, dekontaminiert ggf. freigegeben oder durch endlagergerechtes Konditionieren für die Endlagerung vorbereitet werden.



Beschickungsbox der Verbrennungsanlage der HDB



Zementierung von Verdampferkonzentraten bei der HDB

Über Baden-Württemberg hinaus sind bedeutende zentrale Abfallbehandlungsanlagen, in denen auch Abfälle aus Baden-Württemberg konditioniert werden, beispielsweise die GNS-Anlagen in Jülich, die Einschmelzanlage von Siempelkamp in Krefeld oder die Verbrennungsanlage von Studsvik/Cyclife in Nyköping (Schweden).

Darüber hinaus gibt es dezentrale Abfallbehandlungsanlagen an den Kernkraftwerksstandorten. Dort werden radioaktive Abfälle aus dem Betrieb der Anlage oder ggf. aus dem Rückbau konditioniert. In Zusammenhang mit dem anstehenden Rückbau der Kernkraftwerksblöcke an den Standorten Neckarwestheim und Philippsburg ist neben der Errichtung jeweils eines zusätzlichen Abfalllagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle auch die Errichtung jeweils eines Reststoffbearbeitungszentrums beantragt. Dort sollen die radioaktiven Reststoffe aus dem Rückbau behandelt und dem entsprechenden Entsorgungspfad zugeführt werden. Abfälle die weder der uneingeschränkten Freigabe noch der Freigabe zur Entsorgung auf einer Deponie zugeführt werden können, sollen dort auch endlagergerecht konditioniert werden.

Die Art und Weise der Konditionierung muss Anforderungen genügen, die sich aus den Vorgaben der Annahmebedingungen des jeweiligen Endlagers und der Strahlenschutzverordnung ergeben. Nach dem 1998 verfügten Einlagerungsstopp im Endlager Morsleben werden die Abfallgebinde entsprechend den Endlagerungsbedingungen für das genehmigte Endlager Schacht Konrad konditioniert.

Das Endlager Schacht Konrad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung wurde zwar am 22. März 2002 genehmigt, aber ohne sofortige Vollziehung, so dass von der Genehmigung kein Gebrauch gemacht werden konnte, da zunächst über Klagen gegen die Genehmigung entschieden werden musste. Die gerichtlichen Verfahren dazu dauerten knapp fünf Jahre an, so dass sich die Inbetriebnahme weiter hinausschob. Bis heute ist die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen nicht möglich.

Nachdem der Genehmigungsbescheid zur Errichtung des Endlagers Konrad rechtskräftig wurde, war zunächst vorgesehen, das Endlager bis 2014 in Betrieb zu nehmen. Nach derzeitigen Planungen soll der Einlagerungsbetrieb voraussichtlich 2023 begin-

nen. Aufgrund der beschränkten Annahmekapazität in Verbindung mit vielen Anliefernden mit großen Beständen wird die Abgabe von Abfällen über viele Jahrzehnte (ca. 30-50 Jahre) nach der Inbetriebnahme andauern.

Aufgrund der damit verbundenen Unsicherheiten über den Zeitpunkt der Abgabe an das Endlager Konrad müssen alle an den Standorten von kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen vorhandenen schwach- und mittelradioaktiven Abfälle zukünftig so konditioniert und verpackt werden, dass sie zusätzlich einer langfristigen oberirdischen Lagerung, ggf. über Jahrzehnte, standhalten. Konditionierte Abfälle müssen daher zukünftig langfristig überwacht werden, um z.B. Korrosionserscheinungen an den Abfallbehältern rechtzeitig erkennen und die dann notwendigen Maßnahmen zur Nachkonditionierung und Umverpackung veranlassen zu können.

Die Konditionierung radioaktiver Abfälle erfolgt auf Grundlage vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) geprüfter und freigegebener Ablaufpläne (ab Mai 2017 soll die bundeseigene BGE für Ablaufpläne und deren Freigabe zuständig sein). Die Anforderungen aus den Endlagerungsbedingungen sind in den Ablaufplänen umgesetzt. Derzeit sind die Endlagerungsbedingungen vom Februar 2017 für das Endlager Konrad verbindlich.

Die bestehenden Standard-Ablaufpläne der HDB wurden auf Basis der vorläufigen Endlagerungsbedingungen Konrad (von 1995) von der HDB erstellt und sind vom damaligen Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) freigegeben.

Neben der radiologischen Deklaration ist heute auch eine stoffliche Deklaration auf Basis der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis für die zu entsorgenden radioaktiven Abfälle erforderlich. Die oben genannten Ablaufpläne müssen daher alle hinsichtlich der stofflichen und teilweise auch hinsichtlich der radiologischen Produktkontrolle aktualisiert werden. Die stoffliche Deklaration wird in Analogie zu der radiologischen Deklaration (Nuklidvektoren) über Stoffvektoren erfolgen.

3.3 Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

Bis zum Einlagerungsbeginn in das Endlager Konrad und auch darüber hinaus ist aus logistischen, betrieblichen und betriebswirtschaftlichen Gründen eine umfangreiche

längerfristige Zwischenlager- oder Transportbereitstellung an den Standorten der kerntechnischen Anlagen für alle Arten von radioaktiven Abfällen notwendig. Je später das Endlager in Betrieb geht, desto umfangreicher müssen diese Kapazitäten und Einrichtungen sein. Auch müssen aufgrund der Unsicherheit über den Zeitpunkt der Abgabe erhöhte Anforderungen an die Verpackung und Konditionierung von Abfällen gestellt werden. Bereits konditionierte Abfälle müssen laufend überprüft werden. Bereits im Jahr 2012 wurden in Baden-Württemberg an allen Standorten mit Abfalllagern Inspektionsprogramme eingeführt, um sukzessive die Behälter zu überprüfen.

Abfalllager an den Standorten, Abfalllager Gorleben und das Zwischenlager Ahaus

Größere Abfalllager („Zwischenlager“) für schwach- und mittelradioaktive Abfälle bestehen in Baden-Württemberg an den Kernkraftwerksstandorten sowie bei der HDB auf dem Gelände KIT Campus Nord. Die anderen kerntechnischen Einrichtungen verfügen nur über kleinere betriebliche Puffer- oder Transportbereitstellungslager.

Die Lager der baden-württembergischen Kernkraftwerke sind aufgrund früherer Einlagerungskampagnen im Endlager Morsleben (ERAM) nur in geringem Umfang belegt, so dass in den nächsten Jahren nicht mit Engpässen zu rechnen ist. Für Abfälle aus dem Betrieb der Anlagen stehen ausreichend Zwischenlagerkapazitäten zur Verfügung. Beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen fällt jedoch eine beträchtliche zusätzliche Menge an endzulagernden schwach- und mittelradioaktiven Abfällen an. Derzeit geht die nationale Entsorgungsplanung von einem durchschnittlichen Volumen an Stilllegungs- und Rückbauabfällen pro Kernkraftwerksblock von ca. 5.000 m³ aus. Das tatsächlich anfallende Volumen ist jedoch von der Größe bzw. Leistung und dem Typ des Reaktors (Siedewasser- oder Druckwasserreaktor) abhängig.

Beim Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) handelt es sich um eine Anlage, die mit einer Leistung von 357 MW zu den kleineren Anlagen der Energieversorgungsunternehmen zählt. KWO setzt eine Menge an radioaktiven Abfällen von ca. 3.700 m³ (Endlagervolumen) bis zum Ende der Stilllegung an. Das dortige Abfalllager mit einer Kapazität von ca. 3.800 m³ ist daher ausreichend, um die bei der Stilllegung und dem Rückbau anfallenden Abfälle aufzunehmen.

An den Standorten Neckarwestheim und Philippsburg reichen die Zwischenlagerkapazitäten für die beim Rückbau aller Reaktorblöcke anfallenden und endzulagernden radioaktiven Abfälle bis zum Ende des Rückbaus nicht aus.

Die Lagerkapazität am Standort Neckarwestheim beträgt 2.322 m³ und ist derzeit zu ca. 38 Prozent belegt. Die bis zum Ende des Rückbaus zu erwartende Menge an endzulagernden radioaktivem Abfall in Neckarwestheim beträgt ca. 12.900 m³ (Endlagervolumen). Daher hat der Betreiber ein weiteres Abfalllager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle („Standortabfalllager“) in einem neuen Gebäude auf dem Anlagengelände beantragt. Für die Kapazitätsplanung wird GKN nach eigenen Angaben Reserven und Risikozuschläge berücksichtigen.

Die Lagerkapazität am Standort Philippsburg beträgt 3.775 m³ und ist derzeit zu ca. 44 Prozent belegt. Die bis zum Ende des Rückbaus zu erwartende Menge an endzulagernden radioaktivem Abfall beträgt ca. 15.300 m³ (Endlagervolumen). Der Betreiber hat daher, ebenso wie am Standort GKN, ein Abfalllager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle („Standortabfalllager“) beantragt.

Um die radioaktiven Reststoffe aus dem Rückbau dem entsprechenden Entsorgungspfad zuzuordnen und ggf. die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle endlagergerecht konditionieren zu können, plant der Betreiber, neben einem Abfalllager auch jeweils ein Reststoffbearbeitungszentrum an beiden Standorten zu errichten. Die Anträge für die jeweilige Baugenehmigung wurden im zweiten Quartal 2014 bei den jeweils zuständigen Landratsämtern eingereicht, die Anträge für die Umgangsgenehmigungen nach § 7 StrlSchV wurden ebenfalls im zweiten Quartal 2014 beim UM eingereicht und befinden sich in der Begutachtung.

Bei der HDB lagern im Wesentlichen Abfälle, die beim Betrieb und Rückbau der kerntechnischen Einrichtungen des Bundes auf dem Gelände des KIT Campus Nord angefallen sind. In Bezug auf das Volumen sind dies mehr als die Hälfte der schwach- und mittelradioaktiven konditionierten Abfälle Deutschlands. Diese Abfälle sind überwiegend alphascontaminiert und konnten deshalb nur zu einem geringen Teil in dem seit 1998 geschlossenen Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) endgelagert werden.

In der HDB wurde schon vor der Schließung von ERAM die Konditionierung, die Dokumentationserstellung, die Einreichung neuer Ablaufpläne sowie die Nachdeklaration der Altabfälle auf die vorläufigen Endlagerungsbedingungen Konrad ausgerichtet. Zur Handhabung und zum Packen der Endlagerbehälter wurde 2004 eine weitere Halle in Betrieb genommen. Die Kapazität dieser Halle wird in absehbarer Zeit ebenfalls erschöpft sein. Aus diesem Grund und zur Vorbereitung der Abgabelogistik plant die KTE GmbH eine neue Konrad Logistik- und Bereitstellungshalle zu errichten.



Zwischenlager bei der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)

Die Betriebsstätte HDB besitzt eine Umgangsgenehmigung nach § 9 AtG. Dementsprechend sind bei den Teilbetriebsstätten der Zwischenlager (LAW und MAW) die maximalen Aktivitäten (Umgangsmengen) genehmigt und nicht die Kapazität. Auf Grundlage einer möglichen Belegung der Zwischenlager mit Zwischenlagerbehältern können Lagerkapazitäten berechnet werden.

Die genehmigte Lagerkapazität für die schwachradioaktiven Abfälle (LAW) beträgt 77.400 m³ Zwischenlagervolumen. Zusätzlich existiert ein Pufferlager mit einer Kapazität von ca. 2000 m³. Im LAW-Zwischenlager sind ca. 69.800 m³ (Stand 31.12.2016) ausgenutzt, d.h. das Lager ist zu ca. 87 Prozent belegt.

Die Lagerkapazität für mittelradioaktive Abfälle (MAW) liegt unter Ausnutzung von Rangierflächen bei 1050 m³ MAW-Lagervolumen. Derzeit ist das MAW-Lager einschl. Rangierflächen nahezu ausgelastet.

Für den weiteren ungestörten Rückbau der WAK ist daher absehbar, dass die vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten der HDB in naher Zukunft erschöpft sein werden. Eine zeitnahe Abgabe an ein Endlager ist derzeit nicht in Sicht. Daher müssen die bestehenden Zwischenlagerkapazitäten auf dem Gelände des KIT Campus Nord erweitert werden.

Die Planungen der KTE GmbH zur Erweiterung bzw. Neubau von Zwischenlagern im Bereich der schwach- (LAW) und der mittelradioaktiven Abfälle (MAW) sehen wie folgt aus:

- MAW-Lager (Lagergebäude L566): Für einen kontinuierlichen Rückbau der Anlagen der KTE GmbH muss spätestens bis ca. 2019 die geplante Erweiterung des MAW-Lagers realisiert sein. Mit der geplanten Verdoppelung der Lagerkapazitäten des MAW-Lagers steht der HDB für die Entsorgung ihrer MAW-Abfälle für die nächsten Jahrzehnte dann ausreichend Zwischenlagerkapazität zur Verfügung. Um die Annahmefähigkeit für MAW-Abfälle bei HDB bis zur Inbetriebnahme der zusätzlichen Lagerbereiche sicherzustellen, müssen in den nächsten Jahren ausgewählte Gebinde aus dem vollen MAW-Lager nach qualifizierten Verfahren in zugelassene Konrad-Behälter verpackt und in das LAW-Zwischenlager ausgelagert werden.
- LAW-Zwischenlager (KONRAD Logistik-/Bereitstellungshalle L567): Nach derzeitigem Kenntnisstand werden bei kontinuierlichem Rückbau der Anlagen der KTE GmbH die genehmigten Zwischenlagerkapazitäten im Bereich der schwachradioaktiven Abfälle (einschl. Auslagerung von geeigneten Behältern aus dem MAW-Lager) in absehbarer Zeit erschöpft sein. Die KTE GmbH hat deshalb auch eine Erweiterung der Zwischenlagerkapazitäten für schwachradioaktive Abfälle beantragt. Sollte auch bis Ende der 2020er Jahre kein Endlager verfügbar sein, so müsste die LAW-Lagerkapazität bei der HDB erneut erweitert werden.

Am 28. November 2014 hat die KTE den entsprechenden atomrechtlichen Genehmigungsantrag nach § 9 AtG gestellt, um in den noch zu errichtenden Gebäuden „Lagergebäude L566“ und in der „KONRAD Logistik-/Bereitstellungshalle L567“ mit schwach-

und mittelradioaktiven Stoffen umgehen zu können. Die atomrechtliche Änderungsge-
nehmigung für das „Lagergebäude L566“ wurde am 7. April 2017 erteilt. Mit der Ertei-
lung der atomrechtlichen Änderungsge-
nehmigung für die „KONRAD Logistik-/Bereit-
stellungshalle L567“ ist bis Ende 2017 zu rechnen.

Für schwach- und mittelradioaktive Abfälle gibt es neben den Abfalllagern an den
Standorten noch das Abfalllager in Gorleben (ALG, Fasslager) und das Zwischenlager
Ahaus, in denen schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus ganz Deutschland und
damit auch aus Baden-Württemberg zwischengelagert werden. Während das Abfallla-
ger in Gorleben schon seit 1984 für die Einlagerung von schwach- und mittelradioakti-
ven Stoffen zur Verfügung steht, wurde die Genehmigung für die Einlagerung für
schwach- und mittelradioaktive Abfälle in das Zwischenlager Ahaus (ZLA) von der Be-
zirksregierung Münster (bei Genehmigung nach Strahlenschutzverordnung zuständig)
erst am 9. November 2009 erteilt. Für die tatsächliche Einlagerung war eine Ände-
rungsgenehmigung zur Nutzung des Zwischenlagers notwendig, die vom damals zu-
ständigen BfS (Zuständigkeit liegt heute beim neu gegründeten BfE) am 26. Mai 2011
erteilt wurde. Das Zwischenlager Ahaus besteht aus zwei getrennten Lagerbereichen,
einem für Castor-Behälter und einem für die Einlagerung von schwach- und mittelradi-
oaktiven Abfällen.

Der Bestand an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen an den baden-württem-
bergischen Kernkraftwerksstandorten und der HDB sowie im Abfalllager Gorleben, Ah-
aus und in sonstigen Einrichtungen ist in Anhang 4 dargestellt.

Vorrübergehende Zwischenlagerung bei den Konditionierern

Zusätzlich erfolgt de facto eine Zwischenlagerung von Abfällen im Rahmen der Kondi-
tionierung. Hierunter fallen Abfälle aus der Wiederaufarbeitung und Abfälle oder Zwi-
schenprodukte in Ein- oder Ausgangslagern von Konditionierern wie der Verbren-
nungsanlage in Studsvik/Cyclife, der Gesellschaft für Nuklear-Service (GNS) in Jülich
oder der HDB in Karlsruhe. Diese Abfälle müssen in der Regel nach einer gewissen
Zeit an den Ablieferer zurückgeführt werden.

3.4 Transporte schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

Transporte im Zusammenhang mit den §§ 5, 6, 7 oder 9 AtG erfolgen zurzeit bei schwach- und mittelradioaktiven Abfällen

- vom Abfallerzeuger zum Konditionierer,
- vom Konditionierer oder Wiederaufarbeiter zurück zum Abfallerzeuger,
- vom Abfallerzeuger, Wiederaufarbeiter oder Konditionierer in zentrale Zwischenlager

und bei sonstigen radioaktiven Abfällen (in der Regel aus den Bereichen Forschung, Industrie oder Medizin)

- vom Abfallerzeuger zu einer Landessammelstelle entsprechend § 76 StrlSchV,
- von der Landessammelstelle zum Konditionierer,
- vom Konditionierer zurück zur Landessammelstelle.

Bei sämtlichen Transporten sind die verkehrsrechtlichen Vorgaben der Gefahrgutverordnungen Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) einzuhalten. Diese Vorgaben beruhen auf dem „Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße“ (ADR), auf der „Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter“ (RID) bzw. auf dem „Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen“ (ADN).

4 Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle)

Dem Umweltministerium Baden-Württemberg wird aufgrund von Auflagen und seit dem Inkrafttreten des Atomgesetzes vom 22. April 2002 gemäß § 9a AtG über die Entsorgung der Brennelemente aus den baden-württembergischen Kernkraftwerken, über die zurückzuführenden hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente im Ausland und über die vorgesehene Verwertung der wiedergewonnenen Kernbrennstoffe berichtet.

Physikalisch-technische Randbedingungen

Abgebrannte Brennelemente besitzen unmittelbar nach ihrer Entladung aus dem Reaktor noch eine sehr hohe Strahlungsleistung und daraus resultierend eine hohe Wärmeentwicklung. Sie müssen deshalb an den Kraftwerksstandorten in gekühlten Abklingbecken oder Nasslagern verbleiben, bis die Strahlung von kurzlebigeren Radionukliden ausreichend abgeklungen ist.

Bei den Nasslagern unterscheidet man nach der Art der Lagergestelle zwischen „normalen Lagern“ (KWO, KKP 1) und „Kompaktlagern“ (KKP 2, GKN I und II). Bei normalen Lagergestellen wird die Kritikalitätssicherheit bei der Lagerung allein durch einen ausreichend großen Abstand zwischen den Brennelementen gewährleistet. Bei den sogenannten Kompaktlager-Gestellen sind die Abstände zwischen den Brennelementen kleiner. Die Kritikalitätssicherheit bei der Lagerung muss deshalb durch zusätzliche Maßnahmen, z.B. neutronenabsorbierende Materialien in den Gestellen, gewährleistet werden.

Bereits innerhalb eines Jahres nach der Entladung aus dem Reaktor geht die Aktivität eines Brennelements auf etwa 1/100 des ursprünglichen Wertes zurück. Eine Trockenlagerung der Brennelemente, z.B. in CASTOR V/19- oder CASTOR V/52-Behältern, ist jedoch erst nach einer längeren Abklingzeit von etwa 3 bis 5 Jahren bei reinen Uran-Brennelementen und nach 6 bis 10 Jahren bei den Mischoxid (MOX)-Brennelementen möglich. Bei MOX-Brennelementen entstehen größere Mengen an Transuranen, so dass diese Brennelemente aufgrund ihrer hohen Wärmeleistung nach dem Entladen

länger im Brennelementlagerbecken bleiben müssen, bevor sie trocken zwischengelagert werden können.

Nach der erforderlichen Abklingzeit sind die kurzlebigen Nuklide wie z.B. Iod-131 zerfallen. Erst dann liegt eine entsprechend geringe Wärmeentwicklung vor.



**Beladung eines CASTOR-Behälters mit einem Brennelement
(Beladung unter Wasser im Abklingbecken)**

Für eine direkte untertägige Endlagerung wäre die verbliebene Wärmeentwicklung dann allerdings immer noch zu hoch. Für den Fall einer Endlagerung in den zurzeit dafür vorgesehenen POLLUX-Behältern (Behälterverfahren) müssten die Brennelemente ebenso wie die hochradioaktiven verglasten Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung noch einmal 30 bis 40 Jahre zwischengelagert werden und weiter abklingen.

Wesentlich geringere Abklingzeiten wären dagegen bei Anwendung des Kokillenverfahrens erforderlich (siehe hierzu Abschnitt 5.2 „Endlager für abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung“). Je nach den zum Zeitpunkt der Endlagerung geltenden Annahmebedingungen können diese Zwischenlagerzeiten also kürzer oder auch länger sein.

4.1 Anfall abgebrannter Brennelemente in Baden-Württemberg und Anfall radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland

Brennelemente

In Baden-Württemberg befanden sich ehemals insgesamt bis zu fünf Kernkraftwerksblöcke gleichzeitig im kommerziellen Leistungsbetrieb. Es handelte sich dabei um vier Druckwasserreaktoren (GKN I, GKN II, KKP 2, KWO) und einen Siedewasserreaktor (KKP 1). Derzeit werden nur noch die beiden Druckwasserreaktoren GKN II und KKP 2 betrieben.

Am 11. Mai 2005 endete der Leistungsbetrieb des Kernkraftwerk Obrigheim (KWO), da die gestattete Reststrommenge, die das Kernkraftwerk noch erzeugen durfte, erreicht war. Aufgrund des von der Bundesregierung beschlossenen dreimonatigen Moratoriums der Laufzeitverlängerung stellten das Kernkraftwerk Neckarwestheim I (GKN I) am 16. März 2011 und das Kernkraftwerk Philippsburg 1 (KKP 1) am 17. März 2011 ihren Leistungsbetrieb ein. Mit der Atomgesetznovelle vom 31. Juli 2011 (13. Änderung des Atomgesetzes) wurde festgelegt, dass für die beiden Kernkraftwerksblöcke die Berechtigung zum Leistungsbetrieb erlischt. Daher fallen für diese keine abgebrannten Brennelemente mehr an.

Das GKN II hat noch eine begrenzte Reststrommenge (57,3 Terawattstunden netto, Stand: 31. Dezember 2016). Wird das langjährige Mittel der Stromerzeugung pro Jahr (etwa 10,4 Terawattstunden) zugrunde gelegt, so kann damit abgeschätzt werden, dass die gestattete Reststrommenge etwa Mitte 2022 (5 Jahre und 6 Monate nach dem 31. Dezember 2016) aufgebraucht sein wird, so dass das Kernkraftwerk zu diesem Zeitpunkt den Leistungsbetrieb einzustellen hat.

Eine derartige Abschätzung gilt jedoch nur solange das Kernkraftwerk keine größeren Unterbrechungen des Leistungsbetriebs wie z. B. verlängerte Revisionszeiträume hat, nicht mit reduzierter Leistung betrieben wird und keine Reststrommengen von anderen Kraftwerken übertragen werden. Der Leistungsbetrieb ist jedoch gemäß § 7 AtG bis spätestens 31. Dezember 2022 einzustellen.

Das KKP 2 hat ebenfalls eine begrenzte Reststrommenge (29,3 Terawattstunden netto, Stand: 31. Dezember 2016, inkl. rechnerischer Berücksichtigung der verbliebenen Reststrommenge von KKP 1). Wird das langjährige Mittel der Stromerzeugung pro Jahr (etwa 10,6 Terawattstunden) zugrunde gelegt, so kann davon ausgegangen werden, dass die gestattete Reststrommenge etwa im Herbst 2019 (2 Jahre und 9 Monate nach dem 31. Dezember 2016) aufgebraucht sein wird und der Leistungsbetrieb dann einzustellen ist. Der Leistungsbetrieb ist jedoch gemäß § 7 AtG bis spätestens am 31. Dezember 2019 einzustellen (Reststrommengen auf Grundlage des mit der 13. Novelle geänderten Atomgesetzes, siehe Anhang 8).

Für GKN II und KKP 2 fallen weiterhin wie in etwa in den vergangenen Jahren abgebrannte Brennelemente bis zu den bereits genannten Zeitpunkten und zusätzlich am Betriebsende eine vollständige Kernentladung an.

Im Mittel fiel in den vergangenen Jahren für die Anlagen in Baden-Württemberg folgende Menge an abgebrannten Brennelementen pro Jahr an:

- beim KWO etwa 34 abgebrannte Brennelemente (bis 2005),
- beim KKP 1 etwa 78 abgebrannte Brennelemente (bis 2011),
- beim GKN I etwa 43 abgebrannte Brennelemente (bis 2011),
- beim KKP 2 etwa 38 abgebrannte Brennelemente und
- beim GKN II etwa 43 abgebrannte Brennelemente.

Der jährliche Anfall an abgebrannten Brennelementen hat sich in den letzten Jahren verringert, da vermehrt höher angereichertes Uran in Brennelementen eingesetzt wurde. Beim Betrieb der Kernkraftwerksblöcke an den Standorten Philippsburg und Neckarwestheim fielen vor März 2011 pro Jahr insgesamt etwa 203 abgebrannte

Brennelemente mit einer Gesamtmasse an Schwermetall (Uran) von 70 bis 80 Tonnen an.

Seit dem von der Bundesregierung verkündeten Moratorium vom 14. März 2011 fallen entsprechend den Erfahrungen aus den vergangenen Jahren grob nur noch um die 90 Brennelemente mit circa 50 Tonnen Schwermetalle pro Jahr an, da in Baden-Württemberg nur noch KKP 2 und GKN II betrieben werden. Der Bestand abgebrannter Brennelemente zum Ende des letzten Jahres (Stichtag 31.12.) kann Anhang 6, 7 und 8 entnommen werden. Eine Abschätzung über den voraussichtlichen Anfall bis zur Stilllegung sowie die dann vorhandenen Bestände an den Standorten sind in Anhang 8 aufgeführt.

Da der Transport zu einer Wiederaufarbeitungsanlage entsprechend § 9a des Atomgesetzes verboten ist – und damit faktisch auch die Wiederaufarbeitung –, müssen die Brennelemente bis zu deren Endlagerung am Standort aufbewahrt werden.

Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Zwischen 1995 und 2005 lieferten die Energieversorgungsunternehmen abgebrannte Brennelemente zur Wiederaufarbeitung ins Ausland.

Neben den radioaktiven Spaltprodukten und Transuranen ist in den abgebrannten Brennelementen noch nutzbarer Kernbrennstoff in Form von nicht vollständig abgebranntem Uran und durch Kernreaktionen entstandenem, sog. „erbrütetem“ Plutonium enthalten. Das Transuran Plutonium und Uran werden bei der Wiederaufarbeitung von den Spaltprodukten (z.B. Cäsium, Technetium) und den anderen Transuranen (z. B. Neptunium, Americium) abgetrennt, so dass sie erneut als Kernbrennstoff in den Kernkraftwerken eingesetzt werden können. Pro 1 Tonne Schwermetall (Uran-BE) kann je nach Abbrand mit ca. 10-12 Kilogramm wiedergewonnenem Kernbrennstoff gerechnet werden. Davon entfallen ca. 5-6 Kilogramm auf Uran-235 und ca. 5-6 Kilogramm auf Plutonium-239 und Plutonium-241. Da das bei der Wiederaufarbeitung gewonnene Uran und insbesondere das Plutonium schwer zu handhaben sind und Uran im Vergleich dazu preiswert auf dem freien Markt einzukaufen ist, stellt das gewonne-

ne Plutonium zurzeit praktisch keinen Wert dar, sondern führt zu zusätzlichen Kosten bei der Wiederverwertung. Die Plutoniumgewinnung ist somit unwirtschaftlich.

Transporte von abgebrannten Brennelementen nach La Hague (Frankreich) und Sellafield (Großbritannien) zum Zwecke der Wiederaufarbeitung sind gemäß Atomgesetz seit 1. Juli 2005 untersagt. Die vor diesem Stichtag abgelieferten Brennelemente wurden mittlerweile in den Anlagen in Sellafield und La Hague vollständig wiederaufgearbeitet. Verträge zur Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente bestehen heute nur noch mit den Firmen AREVA NC in Frankreich (Wiederaufarbeitung in La Hague) und NDA/Sellafield Ltd. in Großbritannien (Wiederaufarbeitung in Sellafield); vgl. dazu Anhang 5 und 6.

Das Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) hatte ausschließlich Wiederaufarbeitungsverträge mit der französischen Firma AREVA NC. In der Vergangenheit wurde teilweise auch bei der WAK aufgearbeitet. Hierbei handelte es sich um insgesamt 151 Brennelemente. Mit der AREVA NC existieren nur Altverträge. Die Altverträge sahen eine Wiederaufarbeitung von 190,7 Tonnen Schwermetall (mit Abfallrückführung) in den Anlagen UP2 bzw. UP3 in La Hague vor, die vollständig aufgearbeitet wurden.

Das Kernkraftwerk Philippsburg (KKP) hat mit der AREVA NC und der NDA/Sellafield Ltd. Wiederaufarbeitungsverträge abgeschlossen. Mit der AREVA NC existieren Alt- und Neuverträge. Die Altverträge sahen eine Wiederaufarbeitung von 446,7 Tonnen Schwermetall in La Hague vor, der Neuvertrag eine Wiederaufarbeitungsmenge von 151,8 Tonnen Schwermetall. Alle Mengen wurden vollständig aufgearbeitet. Mit NDA/Sellafield Ltd. existierte ein Vertrag über die Wiederaufarbeitung von 60,0 Tonnen Schwermetall (114 KKP 2-Brennelemente). Der Vertrag wurde gekündigt, hier wurden keine Brennelemente angeliefert.

Das Kernkraftwerk Neckarwestheim (GKN) hat mit der AREVA NC und der NDA/Sellafield Ltd. Wiederaufarbeitungsverträge für GKN I-Brennelemente abgeschlossen. Von GKN II gingen keine Brennelemente in die Wiederaufarbeitung. Kleine Mengen an abgebrannten Brennelementen wurden auch bei der WAK aufgearbeitet. Hierbei handelte es sich um 15,7 Tonnen Schwermetall bzw. 44 GKN I-Brennelemente. Mit der AREVA NC (vormals COGEMA) existieren Alt- und Neuver-

träge. Die Altverträge sahen eine Wiederaufarbeitung von 64,8 Tonnen und 204,6 Tonnen Schwermetall vor. Diese Mengen wurden angeliefert und aufgearbeitet. Der Neuvertrag sah eine Wiederaufarbeitungsmenge von 108 Tonnen Schwermetall (304 Brennelemente) vor, davon sind 50,7 Tonnen (142 Brennelemente) angeliefert und aufgearbeitet worden. Die restlichen Brennelemente wurden nicht mehr angeliefert. Mit NDA/Sellafield Ltd. existiert ein Vertrag über die Wiederaufarbeitung von 128,3 Tonnen Schwermetall (359 Brennelemente), von denen ca. 110,5 Tonnen (308 Brennelemente) angeliefert wurden, zuletzt ca. 5 Tonnen (14 Brennelemente) im Jahr 2004⁴. Die restlichen 18,3 Tonnen wurden nicht mehr angeliefert. Alle angelieferten Brennelemente wurden wiederaufgearbeitet.

Die bei der Wiederaufarbeitung des Kernbrennstoffs zurückbleibenden radioaktiven Abfälle, wie Spaltproduktlösungen, Strukturteile der Brennelemente, technologische Abfälle (kontaminierte Gegenstände aller Art) und radioaktives Betriebswasser, werden bei den Wiederaufarbeitungsanlagen entsprechend ihrer Art und ihrem Aktivitätsgehalt endlagergerecht konditioniert.

Bei der Verglasung werden die in den Spaltproduktlösungen enthaltenen Radionuklide, bei denen es sich im Wesentlichen um Spaltprodukte und Transurane handelt, in eine Glasmatrix eingebunden. Das Glasprodukt erstarrt in einer Kokille, die zusätzlich dicht verschweißt wird, so dass ein Abfallprodukt entsteht, das die Radionuklide äußerst sicher einschließt. Glaskokillen sind zylindrische Edelstahlbehälter mit einem Volumen von ca. 180 l („Standardkokille“), die etwa 400 Kilogramm Glasprodukt enthalten.

Die deutschen Energieversorgungsunternehmen hatten 5.379 Tonnen Schwermetall abgebrannter Brennelemente in die Wiederaufarbeitungsanlage von AREVA NC in La Hague (Frankreich) und 851 Tonnen Schwermetall abgebrannter Brennelemente in die Wiederaufarbeitungsanlage von Sellafield Ltd. in Sellafield (England) geliefert. Ab dem 1. Juli 2005 waren dann Transporte zur Wiederaufarbeitung nicht mehr erlaubt.

Die bei der Wiederaufarbeitung im Ausland angefallenen radioaktiven Abfälle müssen auf Grund von bilateralen Regierungsvereinbarungen zwischen der deutschen und der

⁴ Transport am 23. Februar 2004 erfolgt.

französischen bzw. der britischen Regierung nach der Wiederaufarbeitung in die Bundesrepublik zurückgeführt werden. Nahezu die gesamte Aktivität ist in verglaster Form, d.h. in Glaskokillen, zurückzunehmen.

Ursprünglich sollten aus La Hague neben den hochradioaktiven Glaskokillen auch BE-Strukturteile und technologische Abfälle zurückgeführt werden (CSD-C). Die technologischen Abfälle werden jedoch nun durch eine äquivalente Menge an metallischen Abfällen vollständig ersetzt. Die nunmehr vollständig metallischen Abfälle werden kompaktiert („Presslinge“) und in 180-l-Standardkokillen verfüllt.

Außerdem war die Rückführung des radioaktiven Betriebswassers aus La Hague in Form von bituminierten Abfällen (CSD-B) vorgesehen. Radioaktives Betriebswasser wird dort jedoch nicht mehr durch Fällung gereinigt und die Rückstände anschließend nicht mehr in eine Bitumenmatrix eingebettet, sondern stattdessen durch Verdampfung aufkonzentriert und das Konzentrat anschließend verglast. Somit werden die radioaktiven Spaltprodukte ebenso wie bei den HAW-Glaskokillen in eine Glasstruktur eingebunden, so dass MAW-Glaskokillen entstehen.

Im Gegensatz zu der Wiederaufarbeitung in La Hague werden bei der Wiederaufarbeitung in Sellafield die anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle auf Basis eines integralen toxischen Potenzials durch hochradioaktive Abfälle ersetzt und in Form von zusätzlichen HAW-Glaskokillen zurückgeführt. Aus Sellafield sind daher keine schwach- und mittelradioaktiven Abfälle zurückzuführen.

Die Wiederaufarbeitung sowohl durch die AREVA NC in La Hague als auch durch die Sellafield Ltd. in Sellafield ist mittlerweile abgeschlossen.

Pro Tonne abgebranntem Brennstoff⁵ fielen bei der Wiederaufarbeitung im Ausland im Durchschnitt folgende Abfallmengen an:

- Bei Wiederaufarbeitung durch die AREVA NC in La Hague
 - 0,10 m³ hochradioaktives Glas, das sind etwa 0,57 Glaskokillen,
 - 0,005 m³ mittelradioaktives Glas, das sind etwa 0,03 Glaskokillen,

⁵ Das sind ca. 2 Brennelemente eines Druckwasserreaktors (DWR-BE: ca. 530 kg, SWR-BE: 170 kg).

- 0,13 m³ kompaktierte Abfälle (verpresste Hüllrohre und Strukturteile), das sind etwa 0,77 Kokillen.
- Bei Wiederaufarbeitung durch NDA/Sellafield Ltd.
 - 0,13 m³ hochradioaktives Glas, das sind etwa 0,74 Glaskokillen⁶.

Die insgesamt zurückzuführenden Abfälle sowie der aktuelle Stand der Rückführung und Zwischenlagerung bis zur Abgabe an ein Endlager kann Abschnitt 4.3 (Zwischenüberschrift „Zwischenlagerbedarf für Abfälle aus der Wiederaufarbeitung“) sowie Anhang 5 entnommen werden.

4.2 Wiedereinsatz des bei der Wiederaufarbeitung abgetrennten Plutoniums in den Kernkraftwerken

§ 9a Abs. 1 des Atomgesetzes fordert die direkte Endlagerung oder die schadlose Verwertung der radioaktiven Reststoffe. Hierzu ist der Entsorgungsvorsorgenachweis zu führen (§ 9a Abs. 1a AtG). Bei der schadlosen Verwertung (Wiederaufarbeitung) ist nachzuweisen, dass der Wiedereinsatz des abgetrennten Plutoniums in Kernkraftwerken „gewährleistet“ ist. Der Nachweis ist einmal jährlich zu erbringen.

KKP und GKN haben mit der AREVA NC einen abschließenden Vertrag abgeschlossen, aus dem den Anlagen eine feste Plutoniummenge, entsprechend der angelieferten Schwermetallmenge, zugeordnet wird. Aus den bei AREVA NC zugeordneten Plutoniumrestmengen (KKP und GKN zusammen) ergaben sich 52 Mischoxid (MOX)-Brennelemente, die bei KKP in den Jahren 2004 (16 MOX-Brennelemente), 2005 (20 MOX-Brennelemente) und 2006 (16 MOX-Brennelemente) eingesetzt wurden.

Zur Verwertung der restlichen noch vorhandenen, aus der Wiederaufarbeitung stammenden Plutoniummengen in Sellafield gelang es der EnBW Kernkraft GmbH (EnKK), die entsprechenden Verträge sowohl für das Plutonium als auch zur Fertigung der Brennelemente abzuschließen.

Der EnKK wurde durch die NDA Anfang März 2013 abschließend eine Menge von 656,732 Kilogramm Plutonium aus der Wiederaufarbeitung zugeordnet. Diese Menge

⁶ 0,74 mit Substitutionszuschlag von 4,8 %; ohne Substitution 0,12 m³ hochrad. Glas und 0,65 Glaskokillen pro Tonne Schwermetalle.

wurde Ende März 2013 von AREVA unwiderruflich übernommen und der EnKK dafür die gleiche Menge an AREVA-Plutonium aus La Hague übertragen.

Ein MOX-Fertigungsvertrag zwischen EnKK und AREVA zur Fertigung von 28 Brennelementen zur Verwendung des Plutoniums der EnKK wurde geschlossen.

Durch diesen sog. „SWAP“ konnte auf einen Transport des Plutoniums aus Sellafield zur Brennelement-Fertigung nach Frankreich verzichtet werden.

Bereits im Jahr 2013 wurden von den gefertigten Brennelementen 16 MOX-Brennelemente in GKN II eingesetzt. Im Jahr 2014 wurden die verbliebenen 12 MOX-Brennelemente an GKN geliefert und eingesetzt. Mit deren Einsatz in GKN II ist das bei der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen aus baden-württembergischen Kernkraftwerken angefallene Plutonium vollständig verwertet.

Das Uran aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Kernbrennstoffe im Ausland wurde bei KWO, KKP und GKN durch Einsatz entsprechender Uranoxid-Brennelemente verbraucht. Die baden-württembergischen Anlagen haben damit den abschließenden Entsorgungsvorsorgenachweis für das Uran erbracht.

4.3 Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Aus physikalisch-technischen Gründen müssen die beim Betrieb der Kernreaktoren anfallenden abgebrannten Brennelemente und die in Glaskokillen eingeschlossenen hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung vor der Endlagerung zum Abklingen der hohen Strahlungs- und Wärmeleistung zwischengelagert werden, während Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung sofort endgelagert werden könnten. Außerdem sind Zwischenlager- oder Transportbereitstellungskapazitäten aus betrieblichen und betriebswirtschaftlichen Gründen notwendig.

Zwischenlagerkonzepte

Zur Lagerung abgebrannter Brennelemente und hochradioaktiver Glaskokillen in einem Zwischenlager an einem Standort wird in Deutschland eine Genehmigung nach § 6 AtG benötigt bzw. nach § 7 AtG, wenn es sich um eine Zwischenlagerung im

Rahmen des Betriebs der Anlage handelt. Die Zwischenlagerkonzepte unterscheiden die „trockene“ und „nasse“ Lagerung sowie die „zentrale“ und „dezentrale“ Lagerung.

Trockene Lagerung in zentralen und dezentralen Zwischenlagern

Eine trockene Lagerung abgebrannter Brennelemente aus dem Betrieb deutscher Kernkraftwerke und von hochradioaktiven Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung im Ausland erfolgt zurzeit in folgenden zentralen Zwischenlagern in entsprechenden Transport- und Lagerbehältern:

- in Deutschland in den Zwischenlagern Gorleben (Brennelemente und Glaskokillen) und Ahaus (Brennelemente),
- in Frankreich bei der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague (mittelradioaktive Glaskokillen),
- in England bei der Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield (hochradioaktive Glaskokillen).

Das Zwischenlager Nord am Standort Greifswald, das ursprünglich nur abgebrannte Brennelemente aus den Kernkraftwerken Greifswald und Rheinsberg aufnehmen sollte, kann als drittes zentrales Zwischenlager betrachtet werden. Mit den Änderungsge-nehmigungen vom 24. Februar 2009 und vom 20. April 2010 wurde gestattet, CAS-TOR-Behälter mit HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe sowie Kernbrennstoffe aus dem Forschungsreaktor KNK und dem Forschungsschiff „Otto Hahn“ aufzunehmen.

Mittlerweile lagern dort zusätzlich zu den CASTOR-Behältern aus Greifswald und Rheinsberg 4 CASTOR-Behälter mit Kernbrennstoff aus dem Forschungsreaktor KNK und dem Forschungsschiff „Otto Hahn“ und 5 CASTOR-Behälter mit HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe.

Mit § 9a Abs. 2 AtG wurden die Energieversorgungsunternehmen 2002 verpflichtet, Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente an den Kernkraftwerksstandorten („de-zentrale Zwischenlager“) zu errichten.⁷ Damit wurde das Ziel der damaligen Bundes-

⁷ Gilt nicht für Anlagen, die am 27. April 2002 über ausreichende Zwischenlagermöglichkeiten am

regierung, die abgebrannten Brennelemente, an den Kernkraftwerksstandorten zwischenzulagern, entsprechend dem „Verursacherprinzip“, umgesetzt. Hierdurch sollten die von heftigem Widerstand begleiteten Brennelementtransporte in die zentralen Zwischenlager vermieden werden.

Die deutschen Betreiber waren wohl nicht zuletzt deshalb bereit, diesen Weg zu beschreiten, weil er einerseits Kostenvorteile gegenüber der Wiederaufarbeitung bietet, andererseits die von massiven Protesten begleiteten innerdeutschen Transporte vermieden wurden und damit gleichzeitig einen störungsfreien Betrieb der Kernkraftwerke über ihre Restlaufzeit diesbezüglich sicherstellte.

In Baden-Württemberg hatten die Betreiber für die Standorte Neckarwestheim und Philippsburg auf dieser Grundlage Standort-Zwischenlager für ihre abgebrannten Brennelemente beantragt und nach Genehmigung und Errichtung in Betrieb genommen. Bis zu deren Inbetriebnahme wurden die CASTOR-Behälter in sog. Interimslager („CASTOR-Garagen“), die seit 2007 nicht mehr in Betrieb sind, zwischengelagert.

Ausreichende Stellflächen an den Kraftwerksstandorten sind also vorhanden. Technisch stellen die Zwischenlager am Standort kein Problem dar. Die Behälter erfüllen alle notwendigen Sicherheitsanforderungen. Sie sind gegen alle relevanten äußeren Einwirkungen wie Erdbeben und Flugzeugabsturz ausgelegt.

Bei den in Deutschland genehmigten Zwischenlagern handelt es sich überwiegend um bauliche Anlagen gemäß **STEAG-Konzept** (STEAG Energy Services GmbH mit Sitz in Essen) oder **WTI-Konzept** (WTI=Wissenschaftlich-technische Ingenieurberatung GmbH mit Sitz in Jülich).

Die baulichen Anlagen gemäß STEAG-Konzept besitzen eine Wandstärke von ca. 1,2 Metern und sind einschiffig aufgebaut. Die baulichen Anlagen gemäß WTI-Konzept besitzen eine Wandstärke von ca. 0,85 Metern und sind zweischiffig aufgebaut.

Beim STEAG-Konzept bestünde die (theoretische) Möglichkeit des Einsatzes kostengünstigerer Behälterkonzepte. Während heute die Transport- und Lagerbehälter schon

allein die Sicherheit bei Flugzeugabsturz gewährleisten, könnte beim Einsatz solcher Behälterarten von der dicken Betonstruktur des STEAG-Konzeptes Kredit genommen werden. Derartige Transport- und Lagerbehälter für abgebrannte Brennelemente wurden und werden jedoch von keinem Hersteller angeboten.

Bei den Zwischenlagern an den süddeutschen Standorten, und so auch in Philippsburg, wurde das WTI-Konzept umgesetzt.

Eine Ausnahme stellt das standortnahe Zwischenlager in Neckarwestheim dar, das in zwei unterirdischen Tunnelröhren in einem Hang errichtet wurde.

Als Ergebnis einer regelmäßig stattfindenden Überprüfung des umfassenden Sicherungs- und Schutzkonzeptes kerntechnischer Anlagen werden die Sicherungsmaßnahmen der Zwischenlager zurzeit optimiert. Bis zum Abschluss der Umsetzung der u.a. baulich-technischen Maßnahmen wurden von der Genehmigungsinhaberin temporäre Maßnahmen in Kraft gesetzt, für die zuvor Anforderungen in den zuständigen Bund-Länder-Gremien bundeseinheitlich festgelegt wurden. Alle Sicherungsmaßnahmen erfolgen im Rahmen der erforderlichen Schadensvorsorge für Zwischenlager gemäß § 6 (2) Nr. 4 AtG gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD), die auch den Schutz gegen terroristische Angriffe umfasst.

Nasse Lagerung an den Kernkraftwerksstandorten

In Deutschland gibt es an jedem Kernkraftwerksstandort ein aus betrieblichen Gründen notwendiges Nasslager, in dem abgebrannte Brennelemente aufbewahrt werden. Dabei handelt es sich jedoch um betrieblich notwendige Lager in den Reaktorgebäuden, die nach § 7 AtG genehmigt sind und nicht um Zwischenlager im Sinne des § 6 AtG. Lediglich KWO verfügt über ein zusätzliches Brennelement-Lagerbecken im Notstandsgebäude (externes Nasslager), das im Herbst 1999 in Betrieb genommen wurde und in dem bis heute die abgebrannten Brennelemente aufbewahrt werden.

Die Lagerkapazitäten der betrieblichen Nasslager sind in allen Kernkraftwerken des Landes ausreichend, um die für die damals zulässigen Transporte zur Wiederaufarbeitung erforderlichen Abklingzeiten zu erreichen. Sie waren bei den älteren Anlagen

KKP 1 und GKN I für ein effektives Brennelement- und Transportmanagement bei Verfolgung der Entsorgungsvariante „trockene Zwischenlagerung in CASTOR V/19- bzw. CASTOR V/52-Behältern mit anschließender direkter Endlagerung“, wegen der hierfür notwendigen längeren Abklingzeiten im betrieblichen Nasslager zu knapp. In der Vergangenheit war dies kein Problem, da große Zwischenlagerkapazitäten an den Standorten für die Entsorgungsvariante „Wiederaufarbeitung“ nicht notwendig waren⁸.

Um auch für Brennelemente der älteren Blöcke längere Abklingzeiten im Nasslager zu erreichen, wurden daher an den beiden Doppelblock-Standorten GKN und KKP durch Quertransporte regelmäßig Brennelemente aus dem Nasslager des älteren Blocks in das Nasslager des jüngeren Blocks gebracht. Während die Lagerung von GKN I-Brennelementen im Nasslager von GKN II bereits mit der Betriebsgenehmigung gestattet wurde, wurde die Lagerung von KKP 1-Brennelementen in KKP 2 1999 genehmigt, so dass auch am Standort KKP eine höhere betriebliche Flexibilität und längere Abklingzeiten für KKP 1-Brennelemente möglich wurden.

Auch musste die Beladung der für den Pfad „Direkte Endlagerung“ vorgesehenen Transport- und Lagerbehälter, also von CASTOR V/19-Behältern (Brennelemente aus KKP 2, GKN I und GKN II) oder CASTOR V/52-Behältern (Brennelemente aus KKP 1), wegen der äußeren Abmessungen und des Gewichts jeweils in den neueren Blöcken erfolgen. Durch das novellierte Atomgesetz vom Juli 2011 erlosch die Genehmigung zum Leistungsbetrieb für die Kernkraftwerke GKN I und KKP 1. Dadurch ist zukünftig mit Quertransporten maximal im Umfang der in den Brennelementlagerbecken vorhandenen Brennelementen zu rechnen (siehe dazu Anhang 7 und 8).

Bei den neueren Anlagen KKP 2 und GKN II reichen die Lagerkapazitäten im Nasslager dagegen aus, um alle dort anfallenden, abgebrannten Brennelemente so weit abklingen zu lassen, dass sie anschließend trocken zwischengelagert werden können. Die eigentliche Zwischenlagerung von etwa 30 bis 40 Jahren bis zur Endlagerung muss hier in den dafür vorgesehenen Standortzwischenlagern erfolgen.

⁸ Nur die Anlage GKN II hatte von Anfang an die Entsorgungsvariante „Trockene Zwischenlagerung in CASTOR V/19- bzw. CASTOR V/52-Behältern mit anschließender direkter Endlagerung“ verfolgt und ihre Brennelemente nach einer ausreichend langen Nasslagerung in die zentralen Zwischenlager überführt.

Im KWO steht durch das Brennelement-Nasslager im Notstandsgebäude eine ausreichende Zwischenlagerkapazität zur Verfügung. Eine Zwischenlagerung der Brennelemente im Reaktorgebäude ist aufgrund des fortgeschrittenen Rückbaus nicht mehr möglich.

Die Brennelemente wurden mit Quertransporten in einem CASTOR Ia vom Containment bzw. Reaktorgebäude zum „Externen Brennelementlager“ am Standort gebracht. Da für den weiteren Rückbau das Lagerbecken mit Brennelementen im Notstandsgebäude hinderlich ist, wurde vom Betreiber ein Antrag zur Genehmigung eines Zwischenlagers nach § 6 AtG gestellt. Zwischenzeitlich verfolgt der Betreiber allerdings die Zwischenlagerung am Standort Neckarwestheim. Daher hat der Betreiber mit Schreiben vom 10. Dezember 2013 beim Bundesamt für Strahlenschutz einen Antrag nach § 6 AtG zur Aufbewahrung der KWO-Brennelemente im Zwischenlager GKN gestellt. Dem Antrag wurde stattgegeben und die entsprechende Genehmigung am 10. August 2016 erteilt. Hierzu ergänzend wurde am 27. März 2014 ein Antrag beim damals zuständigen BfS auf Beförderung gemäß § 4 AtG für die 15 CASTOR-Behälter der Bauart 440/84mvK von KWO nach GKN gestellt. Die Zuständigkeit ging am 30. Juli 2016 auf das BfE über. Beantragt wurden dort die Transportvarianten „Transport auf der Straße“ und „Transport über Schifffahrtsweg“, wobei die Variante Schifffahrtsweg bevorzugt wird.

Belegung der für die baden-württembergischen Kernkraftwerke nutzbaren Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Derzeit sind für die baden-württembergischen Kernkraftwerke folgenden Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente oder Abfälle aus der Wiederaufarbeitung nutzbar:

- Nasslager (Brennelementbecken) im Containment des jeweiligen Kraftwerkblocks (für abgebrannte Brennelemente),
- Nasslager „Externes Brennelementlager“ für abgebrannte Brennelemente (nur KWO),

- Trockenlager bei den Wiederaufarbeitungsanlagen in La Hague und Sellafield für Transport- und Lagerbehälter mit mittelradioaktiven bzw. hochradioaktiven Glaskokillen,
- Standortzwischenlager GKN (151 Stellplätze),
- Standortzwischenlager KKP (152 Stellplätze),
- Trockenlager „Zentrales Zwischenlager Gorleben“ für abgebrannte Brennelemente und Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung: Abgebrannte Brennelemente und Glaskokillen werden dort bereits zwischengelagert (anfallende abgebrannte Brennelemente müssen seit 2002 entsprechend § 9a Abs. 2 in standortnahen Zwischenlagern aufbewahrt werden; noch aus dem Ausland zurückzuführende Glaskokillen (HAW und MAW) müssen entsprechend § 9a Abs. 2 ebenfalls in standortnahen Zwischenlagern aufbewahrt werden, siehe dazu auch Anlage 5).
- Trockenlager „Zentrales Zwischenlager Ahaus“ für abgebrannte Brennelemente: Abgebrannte Brennelemente werden dort bereits zwischengelagert (anfallende abgebrannte Brennelemente müssen jedoch seit 2002 entsprechend § 9a Abs. 2 in standortnahen Zwischenlagern aufbewahrt werden; die Betreiber planen auch mit der Zwischenlagerung von hochdruckkompaktierten Abfällen aus der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague – das Antragsschreiben vom 20. Dezember 2006 mit entsprechenden Unterlagen zur Erteilung einer Genehmigung liegt dem BfE vor).

Die Belegung der oben aufgeführten Zwischenlager mit Brennelementen bzw. Glaskokillen, soweit sie dem baden-württembergischen Betreiber zugeordnet sind, ist in Anhang 6, 7 und 8 aufgeführt. Auch die ursprünglich vom Betreiber eingeplanten Kapazitäten in den zentralen Zwischenlagern, die teilweise nicht genutzt werden können, sind dort enthalten.

Die zulässige Aufbewahrungsdauer der abgebrannten Brennelemente und HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung in den Standortzwischenlagern und den zentralen Zwischenlagern ist auf 40 Jahre begrenzt.

Dem Standortauswahlgesetz entsprechend soll der Endlagerstandort für ein Endlager, das insbesondere für diese Abfälle (hochradioaktive Abfälle) vorgesehen ist, bis zum Jahr 2031 feststehen. Nach der Standortentscheidung bedarf es einer Erstellung von

Genehmigungsunterlagen durch den Betreiber des Endlagers, einer Prüfung durch die zuständigen Behörden und der Erteilung einer Genehmigung sowie einer umfangreichen Beteiligung der Öffentlichkeit. Anschließend kann das Endlager unter der Voraussetzung, dass die Genehmigung vollzogen werden kann, d. h. die Rechtswege gegen den Vollzug der Genehmigung ausgeschöpft sind, errichtet werden. Nach derzeitigen Erfahrungen dauert es von der Standortentscheidung bis zur tatsächlichen Einlagerung jedoch mehr als drei Jahrzehnte. Die Frage des Umgangs mit den abgebrannten Brennelementen und HAW/MAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung nach Erreichen der zulässigen Aufbewahrungsdauer ist bislang ungeklärt.

Kapazität der für die baden-württembergischen Kernkraftwerke nutzbaren Zwischenlager am Standort

Die Lagerkapazitäten in den Nasslagern im Containment ergeben sich in erster Linie aus der Anzahl der Brennelementpositionen abzüglich der für eine volle Kernentladung freizuhaltenden Positionen.

KWO verfügt über ein Brennelementbecken im Notstandsgebäude mit 980 Positionen. Die Brennelemente wurden aus dem Kern vollständig entladen und werden in dem Brennelementbecken im Notstandsgebäude zwischengelagert. Insgesamt befinden sich darin 342 Brennelemente, womit lediglich etwa ein Drittel der dort genehmigten Positionen belegt sind (siehe auch Anhang 7a).

Im Nasslager von GKN I stehen insgesamt 310 Positionen für GKN I-Brennelemente (Kern mit 177 BE ist entladen) zur Verfügung. Bei GKN stehen für abgebrannte Brennelemente aus Block I nicht nur Kapazitäten im Nasslager von GKN I zur Verfügung, sondern auch im Nasslager von GKN II. Maximal 256 GKN I-Brennelemente dürfen im Lagerbecken GKN II gelagert werden, wobei sich dann gleichzeitig die Lagerkapazität für GKN II-Brennelemente entsprechend verringert.

Die tatsächlichen Kapazitäten ergeben sich allerdings aus der Zahl der im Nasslager GKN II eingebauten Adapter für GKN I-Brennelemente, die jedoch auch ausgebaut werden können.

Im Nasslager von GKN II stehen insgesamt 786 Positionen für GKN II-Brennelemente zur Verfügung, von denen für eine mögliche Kernentladung mindestens 193 Positionen freigehalten werden müssen. Die Kapazität und Belegung der Nasslager zum 31. Dezember 2016 kann Anhang 7b entnommen werden.

KKP 1 ist seit dem 16. Dezember 2016 Brennelement-frei. In 2016 konnten alle Brennelemente aus dem Lagerbecken von KKP 1 in Transport- und Lagerbehälter verpackt und im Standortzwischenlager eingelagert werden. Die Sonderbrennstäbe aus KKP 1 wurden in das Lagerbecken von KKP 2 verbracht, sodass keine Brennelemente und keine Brennstäbe mehr im Lagerbecken von KKP 1 lagern.

Im Nasslager von KKP 2 stehen insgesamt 780 Positionen für KKP 2-Brennelemente zur Verfügung, von denen für eine mögliche Kernentladung mindestens 193 Positionen freigehalten werden müssen. Die Kapazität und Belegung der Nasslager zum 31. Dezember 2016 kann Anhang 7c entnommen werden.

Zu den Lagerkapazitäten in den Nasslagern im Containment kommen die Lagerkapazitäten in den Standortzwischenlagern hinzu. Die Kapazität und die Belegung der Nasslager sowie der Standortzwischenlager zum Stichtag 31. Dezember 2016 kann Anhang 6, 7 und 8 entnommen werden.

Kapazität der für die baden-württembergischen Kernkraftwerke nutzbaren zentralen Zwischenlager

Das Transportbehälterlager (TBL) Gorleben in Niedersachsen und das TBL Ahaus in Nordrhein-Westfalen verfügen jeweils über 420 Stellplätze. Je nach Genehmigung können auf diese Stellplätze kleinere (z.B. CASTOR IIa) oder größere (z.B. CASTOR V/19) Lagerbehälter gestellt werden. In den CASTOR IIa-Behältern können nur 9 und in den CASTOR V/19-Behältern 19 abgebrannte Brennelemente (z.B. von den modernen Anlagen wie GKN II und KKP 2) gelagert werden.

Das TBL Gorleben hat seine erste Genehmigung nach § 6 AtG zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen am 5. September 1983 erhalten. Mit der Änderungsgenehmigung vom 2. Juni 1995 wurde die Lagerung von Glaskokillen und abgebrannten Brennelementen in großen Behältern des Typs CASTOR V für 40 Jahre gestattet, längstens je-

doch bis zum 31. Dezember 2034. Nach derzeitigem Stand sind von den 420 Stellplätzen 113 belegt (davon fünf mit abgebrannten Brennelementen und 108 mit HAW-Glaskokillen aus La Hague), so dass noch 307 Positionen zur Verfügung stehen.

Von den 420 Stellplätzen des TBL Ahaus sind 50 Stellplätze mit 305 Behältern des Typs CASTOR THTR/AVR, die sich gestapelt anordnen lassen, und zusätzlich mit 18 Behältern des Typs CASTOR MTR2 aus dem Forschungsreaktor Rossendorf bei Dresden belegt. Weitere 6 Stellplätze sind durch CASTOR-V-Behälter mit abgebrannten Brennelementen aus Leichtwasserreaktoren belegt. Daraus ergibt sich, dass im TBL Ahaus noch 364 Stellplätze nicht belegt sind. Da die Lagerkapazität nur gering ausgeschöpft ist, werden derzeit auch schwach- und mittelradioaktive Abfälle auf Grundlage einer Genehmigung nach § 7 Strahlenschutzverordnung im westlichen Teil der beiden Lagerbereiche aufbewahrt.

Transporte von abgebrannten Brennelementen in zentrale Zwischenlager werden nicht mehr durchgeführt, da standortnahe Zwischenlager zur Verfügung stehen und abgebrannte Brennelemente bis zur Abgabe an ein Endlager entsprechend dem Atomgesetz in den standortnahen Zwischenlagern aufzubewahren sind.

Noch aus dem Ausland zurückzuführende Glaskokillen (HAW und MAW) müssen entsprechend § 9a Abs. 2 Atomgesetz seit Anfang 2014 ebenfalls in standortnahen Zwischenlagern aufbewahrt werden, so dass das ursprünglich von den Betreibern vorgesehene TBL Gorleben für diese nicht mehr genutzt werden kann (siehe hierzu Abschnitt 4.3, Zwischenüberschrift „Zwischenlagerbedarf für Abfälle aus der Wiederaufarbeitung“).

Kapazität der für die baden-württembergischen Kernkraftwerke nutzbaren Zwischenlager bei den Wiederaufarbeitungsanlagen

Die Kapazitäten der Lager bei den Wiederaufarbeitungsanlagen sind ausreichend, um die aus der Wiederaufarbeitung resultierenden Abfälle bis zur Erfüllung der momentan bestehenden Wiederaufarbeitungsverträge aufzubewahren.

Bewertung der vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten unter Berücksichtigung der noch anfallenden Brennelemente bis zur Stilllegung

Ende 2010 wurden die Laufzeiten für die 17 deutschen Kernkraftwerke zunächst um durchschnittlich 12 Jahre verlängert. Auf Grundlage der damals gestatteten zusätzlichen Reststrommengen hätte die genehmigte Kapazität für das Zwischenlager Neckarwestheim für die prognostizierten anfallenden Brennelemente gerade nicht ausgereicht. Mit dem im Jahr 2011 novellierten Atomgesetz, mit dem der stufenweise Ausstieg aus der Kernenergienutzung festgeschrieben wurde, fallen durch die kürzere Laufzeit insgesamt deutlich weniger abgebrannte Brennelemente an.

Folgende Abschätzung beruht auf Angaben des Betreibers zum 31. Dezember 2016 (siehe dazu Anhang 8):

Bei dem sich im Rückbau befindenden KWO sind 342 Brennelemente im externen Brennelementlagerbecken. Die Zahl der Brennelemente bleibt bis zur Verladung in CASTOR-Behälter zur trockenen Zwischenlagerung gleich.

KWO benötigt mittelfristig Stellplätze für 15 Castor-Behälter, da das externe Brennelementlagerbecken den effizienten Rückbau des KWO behindert.⁹

Kernkraftwerke, die aufgrund des Moratoriums vom 14. März 2011 ihren Leistungsbetrieb eingestellt haben, sind die Anlagen KKP 1 und GKN I. Bei ihnen steht die Anzahl der angefallenen Brennelemente fest.

KKP 2 wird voraussichtlich bis Ende 2019 und GKN II bis Ende 2022 betrieben werden. Bei ihnen fallen weiterhin Brennelemente an. Die rechnerische Anzahl an Brennelementen und Castor-Behälter an den Standorten nach Ende des Leistungsbetriebs bzw. bei Stilllegung kann Anhang 8 entnommen werden. Rechnerisch ergeben sich 101 Castor-Behälter am Standort Philippsburg und 112 Castor-Behälter am Standort Neckarwestheim. Dem stehen 152 Stellplätze im Zwischenlager Philippsburg und 151 Stellplätze im Zwischenlager Neckarwestheim gegenüber.

⁹ Der Betreiber beabsichtigt die Zwischenlagerung am Standort GKN.

Die Zwischenlagerkapazitäten an beiden Standorten reichen somit rechnerisch weit aus. So werden bis zum Ende der Laufzeit von der genehmigten Zwischenlagerkapazität nominal lediglich zwei Drittel in KKP und drei Viertel in GKN belegt sein (siehe Anhang 8).¹⁰

Bei dieser rechnerischen Abschätzung ist jedoch eine Reihe von Randbedingungen nicht berücksichtigt, durch die sich die Anzahl der voraussichtlichen abgebrannten Brennelemente bzw. Castor-Behälter am Standort bei Stilllegung von KKP 2 und GKN II verändern kann. Wichtige Randbedingungen, die einen Einfluss haben können, sind z.B.: Fahrweise der Anlage in den letzten Betriebszyklen, mögliche Teilbeladungen von Behältern, Zeitpunkt der Verfügbarkeit geplanter oder künftiger Weiterentwicklungen von Transport- und Lagerbehältern, Stillstandszeiten der Anlage, Art der eingesetzten Brennelemente, Abbrandunsicherheiten, etc.



Zwischenlager Neckarwestheim vor der Einlagerung von CASTOR-Behälter im Jahr 2006 - Tunnelröhre (mit Stellplatzmarkierungen)

¹⁰Tatsächlich sind Überkapazitäten genehmigt worden, nicht zuletzt deshalb, um freie Kapazitäten für die unter bestimmten Voraussetzungen des Atomgesetzes mögliche Strommengenübertragung aus anderen Anlagen vorzuhalten und um – auch bei vom Standard deutlich abweichenden Beladekonzepten – stets ausreichende Zwischenlagermöglichkeiten verfügbar zu haben.

Zwischenlagerbedarf für Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Auf der Basis der geschlossenen Wiederaufarbeitungsverträge und einem zwischenstaatlichen Notenaustausch mit Frankreich bzw. Großbritannien ergibt sich die Verpflichtung alle radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung zurückzuführen.

Vor der Überführung in ein noch zu errichtendes Endlager müssen die zurückgeführten mittel- und hochradioaktiven Abfälle längere Zeit zum Abklingen der Radioaktivität und weiteren Abkühlen zwischengelagert werden. Mit den zentralen Zwischenlagern Gorleben (TBL-G) und Ahaus wurden bislang ausreichende Zwischenlagerkapazitäten für die Aufnahme aller zurückzuführenden radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente im Ausland vorgehalten.

Das bisherige Konzept der Energieversorgungsunternehmen sah vor, dass die mittelradioaktiven Glaskokillen (MAW-Glaskokillen) aus La Hague in insgesamt 5 CASTOR-Behälter im zentralen Zwischenlager TBL Gorleben zwischengelagert werden. Auch die hochradioaktiven Glaskokillen (HAW-Glaskokillen) aus Sellafield sollten im TBL Gorleben in insgesamt 21 CASTOR-Behältern im TBL Gorleben zwischengelagert werden.

Durch die Aufnahme eines neuen Absatz 2a in § 9a AtG ist dieses ursprüngliche Rückführungskonzept nicht mehr umsetzbar, da damit festgelegt wurde, dass die aus der Wiederaufarbeitung im Ausland stammenden verfestigten Spaltproduktlösungen (HAW- und MAW-Glaskokillen) in standortnahen Zwischenlagern aufbewahrt werden müssen.

Die Aufnahme des Absatz 2 in § 9a AtG geht auf eine Vereinbarung des Bundes mit dem Land Niedersachsen am 24. März 2013 auf einen „gemeinsamen Vorschlag“ zum geplanten Endlagersuchgesetz zurück. Die Vereinbarung sah vor, dass mit der Verabschiedung des Standortsuchgesetzes keine Castor-Transporte mehr mit verfestigten Spaltproduktlösungen (d. h. Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung – entgegen den ursprünglichen Planungen der Betreiber – nach Gorleben stattfinden sollen und stattdessen die 21 Castor-Behälter aus Sellafield (HAW-Glaskokillen) und die 5 Castor-

Behälter aus La Hague (MAW-Glaskokillen) auf die standortnahen Zwischenlager verteilt werden. Diese Vereinbarung war auch allgemeiner politischer Konsens bei der Verabschiedung des Entwurfs eines Standortauswahlgesetzes im Bundeskabinett am 24. April 2012 und bei der Ministerpräsidentenkonferenz am 13. Juni 2013. Damit kam man dem Land Niedersachsen zur parteiübergreifenden Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes entgegen. Mit der parteiübergreifenden Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes im Bundestag und Bundesrat am 28. Juni 2013 bzw. 5. Juli 2013 wurde das Atomgesetz in § 9a durch einen neuen Absatz 2a, der am 1. Januar 2014 in Kraft trat, entsprechend ergänzt.

Um an den standortnahen Zwischenlagern radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung aufbewahren zu können ist es erforderlich, die Aufbewahrungsgenehmigung der entsprechenden standortnahen Zwischenlager anzupassen. Hierzu bedarf es jedoch zunächst eines entsprechenden Antrags des Betreibers, der bei der zuständigen Genehmigungsbehörde (BfE) zu stellen ist. Eine Vereinbarung mit den Energieversorgungsunternehmen über den Standort zur Zwischenlagerung der 26 Castor-Behälter (mit verfestigten Spaltproduktlösungen, d. h. mit HAW- und MAW-Glaskokillen) und dass diese die entsprechenden Anträge zur Änderung der Aufbewahrungsgenehmigungen einreichen, existiert derzeit noch nicht. Zur Erfüllung des am 1. Januar 2014 in Kraft getretenen § 9a Abs. 2a AtG bzw. zur Festlegung der jeweiligen standortnahen Zwischenlager fanden diverse Gespräche zwischen den Energieversorgungsunternehmen, Bund und Ländern statt. Die Gespräche führten zu keinem Ergebnis. Die Energieversorgungsunternehmen haben in fünf Bundesländern verwaltungsgerichtliche Feststellungsklagen und darüber hinaus Verfassungsbeschwerde gegen den § 9a Absatz 2a Atomgesetz beim Bundesverfassungsgericht eingereicht.

In diesem Zusammenhang legte das BMUB am 19. Juni 2015 ein Gesamtkonzept und ein mit den Energieversorgungsunternehmen abgestimmtes Eckpunktepapier über die Rückführung der HAW- und MAW-Kokillen vor. Dem Gesamtkonzept nach sollen die 26 Castor-Behälter auf insgesamt vier Zwischenlager verteilt werden. Der Bund und die betroffenen Länder haben sich inzwischen darauf verständigt, die 5 Behälter mit MAW-Glaskokillen im Zwischenlager Philippsburg einzulagern und die 21 Behälter mit HAW-Glaskokillen auf die Zwischenlager Biblis, Brokdorf und Isar zu verteilen.

Transporte von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von bestrahlten Kernbrennstoffen im Ausland in das zentrale Zwischenlager Ahaus (TBL-A) sind weiterhin zulässig. Die Energieversorgungsunternehmen verfolgen weiterhin die Rückführung der kompaktierten Wiederaufarbeitungsabfälle (CSD-C) aus La Hague in das TBL-A. Die bei der Wiederaufarbeitung in La Hague zurückbleibenden mittelradioaktiven Brennelementstrukturteile und Hüllrohre werden hochdruckverpresst und in Kokillen (CSD-C) eingebracht. Speziell für diese kompaktierten mittelradioaktiven Abfälle wird ein Großbehälter für 27 Gebinde (TGC-27) entwickelt.

Mit Schreiben vom 20. Dezember 2006 haben die Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH und die GNS die Aufbewahrung von diesen hochdruckkompaktierten radioaktiven Abfällen (CSD-C) in Transport- und Lagerbehältern des Typs TGC-27 im östlichen Teil der beiden Lagerbereiche (Lagerbereich II) nach § 6 AtG beim Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE, zum Zeitpunkt der Antragsstellung lag Zuständigkeit beim BfS, Zuständigkeit ging zwischenzeitlich auf das BfE über) beantragt. Die Transporte sollen nicht vor dem Jahr 2026 beginnen. Für die Behälter ergibt sich ein Bedarf von 152 Stellplätzen im TBL Ahaus. Hierfür steht eine ausreichende Anzahl an Stellplätzen zur Verfügung (siehe dazu auch Anhang 5 und 6).

Details über die noch bei den Konditionierern zwischengelagerten Abfälle und bereits zurückgeführten Abfälle sowie den voraussichtlichen Termin der Rückführung sind in Anhang 5 aufgeführt.

4.4 Transporte abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Bei Transporten von abgebrannten Brennelementen und radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung sind vier Arten von Transporten zu unterscheiden. Dabei ist zu beachten, dass nur noch bestimmte Transporte durchgeführt werden dürfen. Folgende Transporte dürfen nicht mehr durchgeführt werden:

- Transporte abgebrannter Brennelemente in zentrale Zwischenlager (Gorleben, Ahaus). Mit der Novellierung des Atomgesetzes 2002 mussten mit § 9a AtG die Betreiber Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten errichten und dort die Brennelemente, zumindest bis zur Abgabe an ein Endlager, lagern. Transporte von

abgebrannten Brennelementen in zentrale Zwischenlager werden daher nicht mehr durchgeführt.

- Transporte abgebrannter Brennelemente zur Wiederaufarbeitung in Frankreich (COGEMA/AREVA, La Hague) oder England (BNFL/NDA, Sellafield). Mit der Novellierung des Atomgesetzes 2002 wurde der Transport von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung vom 1. Juli 2005 an untersagt.

Folgende Transporte sind notwendig und dürfen weiterhin durchgeführt werden:

- Rücktransporte von verglasten hochradioaktiven Abfällen (Glaskokillen) aus den ausländischen Wiederaufarbeitungsanlagen La Hague und Sellafield.
- Rücktransporte mittelradioaktiver, wärmeentwickelnder Abfälle (Hochdruckkompaktierte Abfälle: BE-Hülsen und Technologieabfälle; mittelaktive Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague.

Der Transport von abgebrannten Brennelementen und die Rückführung der radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland stießen in der Vergangenheit auf erheblichen Widerstand durch Blockaden, Behinderungen und Sabotagen.

Rücktransporte von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung müssen daher auch weiterhin mit einem erheblichen Aufwand von Bundes- und Landespolizei gesichert werden.

Die noch erforderlichen Transporte von radioaktiven Abfällen aus den Wiederaufarbeitungsanlagen im Ausland (La Hague und Sellafield) und die voraussichtlichen Rückführungszeitpunkte können Anhang 5 entnommen werden.

4.5 Derzeitige Entsorgungssituation für Brennelemente bei den baden-württembergischen Kernkraftwerken

Mit den vollziehbaren Genehmigungen zur Aufbewahrung von abgebrannten Brennelementen in Standortzwischenlagern nach § 6 AtG sowie der Errichtung und dem Betrieb der Standortzwischenlager an den Standorten Philippsburg und Neckarwestheim ist der Entsorgungsvorsorgenachweis für abgebrannte Brennelemente erbracht.

Anhang 7a bis c gibt einen Überblick, wie sich die Entsorgungssituation an den Standorten GKN, KKP und KWO am 31. Dezember 2016 darstellte.

Kernkraftwerk Obrigheim (KWO)

Der Leistungsbetrieb des KWO wurde am 11. Mai 2005 eingestellt, da auch nach Strommengenübertragung von 5,5 Terawattstunden von KKP 1 die gestattete Reststrommenge aufgebraucht war. Insgesamt lagern 342 abgebrannte Brennelemente am Standort und befinden sich sämtlich im externen Brennelementlagerbecken.

Mit Schreiben vom 10. Dezember 2013 hat der Betreiber beim Bundesamt für Strahlenschutz einen Antrag nach § 6 AtG zur Aufbewahrung der KWO-Brennelemente im Zwischenlager GKN gestellt. Dem Antrag wurde stattgegeben und die Genehmigung am 10. August 2016 erteilt. Hierzu ergänzend wurde am 27. März 2014 ein Antrag beim damals zuständigen BfS (Zuständigkeit liegt seit 30. Juli 2016 beim BfE) auf Beförderung gemäß § 4 AtG für 15 CASTOR-Behälter von KWO nach GKN gestellt. Beantragt wurden die Transportvarianten „Transport auf der Straße“ und „Transport über Schifffahrtswege“ (bevorzugte Transportvariante: „Transport über Schifffahrtswege“, alternativ: „Transport auf der Straße“).

Kernkraftwerke Neckarwestheim (GKN) und Philippsburg (KKP)

Aufgrund des Moratoriums vom 14. März 2011 stellte GKN I seinen Leistungsbetrieb am 16. März 2011 ein. Die Einstellung des Leistungsbetriebs von KKP 1 folgte am 17. März 2011. GKN II wird voraussichtlich noch bis Mitte 2022, längstens jedoch bis Ende 2022 betrieben. KKP 2 wird voraussichtlich noch bis Mitte 2019, längstens jedoch bis Ende 2019 betrieben (siehe dazu auch Abschnitt 4.1).

Bei der jährlichen Revision der Kernkraftwerke werden die im Verlauf mehrerer Zyklen abgebrannten Brennelemente nicht mehr in den Kern eingesetzt (ca. 1/4 des Kerns) und im Nasslager belassen. Um in den Leistungsbetrieb gehen zu können, müssen Kapazitäten im Umfang einer Kernentladung im Nasslager freibleiben. Das Risiko, dass ein baden-württembergisches Kernkraftwerk wegen voller Nasslager den Leis-

tungsbetrieb aufgrund fehlender Zwischenlagerkapazität einstellen muss, ist nicht mehr vorhanden, da Zwischenlager an den Standorten existieren und Transport- und Lagerbehälter in ausreichender Stückzahl vorhanden sind.

Im Jahr 2014 wurden erstmals Qualitätssicherungsprobleme an Tragzapfen von CASTOR V/19 der Bauart 96, dann bei Nachprüfungen in 2015 auch bei Behältern der Bauart 85 bekannt. Dabei handelt es sich um Mängel bei der zerstörungsfreien Prüfung der Tragzapfen durch Ultraschall bzw. deren Dokumentation. Behälter der Bauart 96 waren zum damaligen Zeitpunkt in Baden-Württemberg noch nicht beladen worden. Dagegen standen betroffene Behälter der Bauart 85 schon beladen im Zwischenlager. Der Betreiber hat sich als Sofortmaßnahme verpflichtet, beladene Behälter im Zwischenlager nur in Absprache mit der Aufsichtsbehörde im Lager zu bewegen. Ende 2016 waren bundesweit noch etwa 140 CASTOR V/19-Behälter Gegenstand weiterer Untersuchungen durch den Behälterhersteller und die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung. Insgesamt wurden bis dahin ca. 120 Tragzapfen demontiert und einer Nachprüfung unterzogen, wobei kein Befund verzeichnet wurde. Die vom Behälterhersteller eingeleiteten Tolerierungsverfahren konnten größtenteils bereits positiv abgeschlossen werden. Bis zum vollständigen Abschluss der Untersuchungen behält der Betreiber die oben genannte Selbstverpflichtung bei.

Die für die Entsorgung aller GKN I-Brennelemente benötigte Erweiterung der verkehrsrechtlichen Behälterzulassung des CASTORS V/19 wurde am 17. Dezember 2015 vom Bundesamt für Strahlenschutz erteilt. Die für die Zwischenlagerung der Brennelemente aus GKN I im Standortzwischenlager GKN ebenfalls benötigte Änderung der Aufbewahrungsgenehmigung nach § 6 Atomgesetz liegt noch nicht vor.

Die Entsorgung aller KKP 1-Brennelemente aus der Anlage wurde im Dezember 2016 abgeschlossen. Sämtliche Brennelemente aus KKP 1 befinden sich in CASTOR V/52-Behälter im dortigen Standortzwischenlager.

Informationen zum Anfall und Verbleib von abgebrannten Brennelementen können aus Abschnitt 4.1 und 4.3 entnommen werden.

5 Endlagerung

5.1 Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (nicht wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle)

Mehrere Staaten haben schwachradioaktive Abfälle in den 1970er Jahren durch Versenkung oder Verklappung im Meer beseitigt. Die radioaktiven Abfälle z. B. aus der Schweiz wurden fast unkonditioniert in Fässern mit der Eisenbahn über die Rheinstrecke zur Nordsee verbracht und dort auf Schiffe verladen. Auf hoher See wurde der Inhalt der Fässer dann im Nordatlantik verklappt. Die Bundesrepublik Deutschland verklappte relativ geringe Mengen im Meer (im Jahr 1967: Verklappung von 480 Fässern im Nordatlantik mit einer Gesamtaktivität 203,5 GBq) und entschied sich schon sehr früh für eine Endlagerung in tiefen geologischen Formationen.

Für die Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle wird in Deutschland die ehemalige Eisenerzgrube Schacht Konrad bei Salzgitter vorbereitet. Der Einlagebetrieb soll ab 2023 beginnen.

Schachtanlage Asse II

Vor der Endlagerung wurde in dem ehemaligen Salzbergwerk in Niedersachsen kommerziell Salz über einen längeren Zeitraum abgebaut. Dadurch ist das Endlager stark „durchbaut“ und in einigen Bereichen auf lange Sicht auch instabil. Durch die großen und dicht beieinanderliegenden Abbauhohlräume, die zudem teilweise dicht an das Nebengebirge angrenzen, geben Flanken mit Nebengebirge nach. Das an einigen Stellen nur noch wenige Meter dicke Salzgestein und das Nebengebirge lockern dadurch auf. Seit einigen Jahren dringen täglich rund 12.000 Liter salziges Grundwasser in das Bergwerk ein. Das eingedrungene Wasser wird aufgefangen und abgefordert. Um die weitere Verformung zu minimieren, wurde bereits Steinsalz sowie Sorel-beton in Abbaukammern zur Stabilisierung eingebracht.

Bis zum 31. Dezember 1978 wurden schwach- und mittelradioaktive, nicht wärmeentwickelnde Abfälle, die in der Industrie, in der Forschung und der Wiederaufarbeitung sowie in der Medizin angefallen waren, im „Forschungsbergwerk Asse II“ (kurz:

„Asse II“), eingelagert; zwischen 1967 und 1978 etwa 126.000 Abfallgebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen. Darunter fallen auch Abfälle mit Kernbrennstoffen.

Aus Baden-Württemberg hat die Gesellschaft für Kernforschung (GfK) und das spätere Kernforschungszentrum Karlsruhe 59.924 schwachradioaktive Abfallgebinde und 1.265 mittelradioaktive Abfallgebinde abgeliefert. Dies entspricht einem Anteil von ca. 50 Prozent an den insgesamt in der Asse II eingelagerten Abfallgebänden. Hinzu kamen 5.504 Abfallgebinde aus dem KWO (ca. 4 Prozent aller Gebinde) und 922 Abfallgebinde aus dem GKN (ca. 1 Prozent aller Gebinde).

Die Einlagerung in der Asse II erfolgte im Rahmen einer befristeten Genehmigung nach § 3 StrlSchV, die am 31. Dezember 1978 auslief. Für die weitere Einlagerung in die Schachanlage Asse II wäre mit der Änderung des Atomgesetzes von 1976 nach § 9b AtG ein Planfeststellungsverfahren notwendig gewesen. Dies wurde zunächst auch eingeleitet, dann aber nicht weitergeführt, da zwischenzeitlich mit der Schachanlage Konrad ein wesentlich geeigneterer Standort gefunden wurde.

Das BMU und das niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz beschlossen am 4. September 2008, dass die Schachanlage Asse II zukünftig verfahrensrechtlich wie ein Endlager nach dem Atomgesetz behandelt wird. Dazu beschloss das Bundeskabinett am 5. November den Übergang der Betreiberschaft zum 1. Januar 2009 auf das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Somit wurde im Januar 2009 der Betrieb der Asse II vom Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU) auf das BfS übertragen und die Schachanlage Asse II dem Atomrecht unterstellt. Mit dem im März 2009 novellierten Atomgesetz ist nach § 57b die Schachanlage Asse II „unverzüglich stillzulegen“. Für den notwendigen „Weiterbetrieb bis zur Stilllegung bedarf es keiner Planfeststellung“.

Im Februar 2009 hat das BfS den Antrag zur Einleitung eines Planfeststellungsverfahrens zur Stilllegung der Schachanlage Asse II beim niedersächsischen Umweltministerium gestellt. Nachdem die vom Bund und Land Niedersachsen eingerichtete Arbeitsgruppe Optionenvergleich (AGO) im Februar 2009 den Bericht über die näher zu

untersuchenden Stilllegungsoptionen vorlegte, wurden dementsprechend die Optionen Vollverfüllung, Rückholung und Umlagerung vom BfS näher untersucht und verglichen.

Im Januar 2010 veröffentlichte das BfS das Ergebnis des Optionenvergleichs zur Stilllegung der Asse II. Das BfS kam darin zu dem Ergebnis, dass die Rückholung der radioaktiven Abfälle nach dem derzeitigen Kenntnisstand die beste Variante beim Umgang mit den radioaktiven Abfällen sei, da bei den beiden anderen Optionen (Vollverfüllung und Umlagerung) ein Langzeitsicherheitsnachweis für die radioaktiven Abfälle nicht machbar erschien.

Optionenvergleich des BfS

	Rang 1	Rang 2	Rang 3
(1) Sicherheit in der Betriebsphase	V	U	R
(2) Umweltauswirkungen bei unberechenbarem Lösungszutritt	V	R	U
(3) Vorläufige Langzeitsicherheitseinschätzungen	R	V	U
(4) Machbarkeit	V	R	U
(5) Zeitbedarf	V	R	U

V=Vollverfüllung, R=Rückholung, U= Umlagerung

Am 28. Februar 2013 wurde im Bundestag aufgrund des Ergebnisses des Optionenvergleichs das „Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachthanlage Asse II“ beschlossen. Mit dem Gesetz werden verfahrensrechtliche Rahmenbedingungen vereinfacht, so dass für die Rückholung kein Planfeststellungsverfahren erforderlich ist, die Zulässigkeit von Teilgenehmigungen besteht und auch schon vor der Erteilung einer Genehmigung mit Vorbereitungsmaßnahmen bereits begonnen werden kann, wenn mit einer Entscheidung zugunsten des Antragstellers gerechnet werden kann.

Derzeit werden Erkundungsbohrungen durchgeführt. Die Bohrungen sind nötig, um weitere, genaue Planungsrandbedingungen für die Rückholung ermitteln zu können. Ferner werden Notfallpläne erarbeitet und Notfallmaßnahmen vorbereitet. In der Grube werden Stabilisierungs- und Vorsorgemaßnahmen umgesetzt.

Das BfS kommt nach Abwägung verschiedener Faktoren zu dem Schluss, dass vorrangig nach Zwischenlagerstandorten im näheren Umfeld der Schachtanlage gesucht werden soll, die direkt an das Betriebsgelände angebunden werden können. Die Standortsuche soll im Jahr 2017 abgeschlossen werden.

Die Qualität der Abfälle aus der Asse II entspricht nicht den Endlagerbedingungen für das Endlager Konrad. Nach bisherigem Kenntnisstand lassen sich die Abfälle voraussichtlich nicht „konradgerecht“ konditionieren. Hinzu kommt, dass die genehmigte Einlagerungsmenge von 303.000 m³ in Schacht Konrad zur Unterbringung der Abfälle aus der Schachtanlage Asse II nicht ausreichen würde.

Auf Empfehlung der Endlagerkommission wurden die Strukturen im Bereich der kerntechnischen Entsorgung neu geordnet. Gemäß dem am 30. Juli 2016 in Kraft getretenen "Gesetz zur Neuordnung der Organisationsstruktur im Bereich der Endlagerung" wird für die Schachtanlage Asse II künftig die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE mbH) zuständig sein. Die BGE mbH soll die Betreiberaufgaben des BfS sowie die Aufgaben der Asse-GmbH übernehmen.

Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben

Auch in der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (DDR) wurde seit Anfang der 1970er Jahre ein ehemaliges Salzbergwerk bei Morsleben als Endlager für schwach- und mittelradioaktive, nicht wärmeentwickelnde Abfälle genutzt (ERAM). Das Lager erhielt von den zuständigen Behörden der DDR im Jahr 1981 eine befristete und 1986 eine unbefristete Genehmigung zum Betrieb als Endlager. Im Zuge der Wiedervereinigung Deutschlands erhielt das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben den Status eines staatlichen Endlagers im Sinne des damaligen § 9a Abs. 3 AtG. Aufgrund von § 57a des damaligen Atomgesetzes galt die 1986 von den zuständigen Behörden der DDR erteilte Dauergenehmigung auch nach der Wiedervereinigung bis zum 30. Juni 2005 weiter. Die Geltungsdauer der Einlagerungsgenehmigung war zunächst bis zum 30. Juni 2000 befristet. Sie wurde mit dem am 1. Juni 1998 in Kraft getretenen Gesetz um 5 Jahre verlängert.

Die weitere Einlagerung radioaktiver Abfälle wurde nach einer vorläufigen Entscheidung des Oberverwaltungsgerichts des Landes Sachsen-Anhalt vom 25. September

1998 aber untersagt. Es war zudem erklärter Wille der Bundesregierung den Einlagerungsbetrieb, unabhängig vom Ausgang des Verfahrens, nicht wieder aufzunehmen. Hinzu kam, dass neuere Erkenntnisse die Konservativität der sicherheitstechnischen Betrachtungen teilweise in Frage stellten. Als Konsequenz daraus wurde danach das Stilllegungsverfahren weiter vorangetrieben. Bereits im April 2001 hat das BfS auf den Teil der Betriebsgenehmigung verzichtet, der die Annahme und Einlagerung von radioaktiven Abfällen gestattete. Mit der Atomgesetznovelle vom 22. April 2002 wurde der § 57a AtG dahingehend geändert, dass zwar der Offenhaltungsbetrieb des ERAM möglich bleibt, eine weitere Annahme radioaktiver Abfälle zur Endlagerung aber ausgeschlossen ist.

Im September 2005 wurde der Plan zur Stilllegung des Endlagers Morsleben zusammen mit für das Planfeststellungsverfahren notwendigen Unterlagen eingereicht. Die Unterlagen mussten dann überarbeitet werden und wurden im Januar 2009 erneut vorgelegt. Die Auslegung der Unterlagen erfolgte vom 22. Oktober 2009 bis 21. Dezember 2009. In dieser Zeit gingen fristgemäß 13.590 Einwendungen ein. Die Erörterung der Einwendungen wurde vom 13. Oktober 2011 bis zum 25. Oktober 2011 abgehalten.

Eine Vorhersage, wann der Planfeststellungsbeschluss zur Stilllegung vorliegen wird, ist derzeit schwierig, da die vom BfS vorgelegte Langzeitsicherheitsbetrachtung an den aktuellen, seit 2009 weiterentwickelten Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden muss und dies möglicherweise mehrere Jahre in Anspruch nimmt.

Endlager Schacht Konrad

Im Jahr 1982 stellte die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) beim zuständigen niedersächsischen Ministerium den Antrag auf Planfeststellung für das Endlager Schacht Konrad, einer ehemaligen Eisenerzgrube bei Salzgitter. Die PTB wurde später durch das BfS als Antragsteller und heutigem Genehmigungsinhaber abgelöst. Das Planfeststellungsverfahren für das Endlager Schacht Konrad wurde entsprechend der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000/11. Juni 2001 abgeschlossen und die Genehmigung ohne sofortige Vollziehung¹¹ erteilt, so dass Klagen eine aufschiebende Wirkung hatten und

¹¹Das BfS hatte seinen ursprünglichen Antrag auf sofortige Vollziehung zuvor zurückgezogen.

von der Genehmigung nicht sofort Gebrauch gemacht werden konnte. Ursprünglich war eine Einlagerungskapazität von 650.000 m³ Abfall beantragt worden, die Genehmigung wurde dann mit Datum vom 22. Mai 2002 jedoch für eine Kapazität von 303.000 m³ Abfall erteilt; also nur für etwa die Hälfte des ursprünglich beantragten Volumens¹².

Bis zum Ende der Klagefrist waren Klagen von Städten, Kommunen und Privatleuten eingegangen. Klagen gegen den Planfeststellungsbeschluss hat das Obergericht Lüneburg abgewiesen und eine Revision vor dem Bundesverwaltungsgericht nicht zugelassen. Die Beschwerden gegen die Nichtzulassung der Revision wurden am 26. März 2007 vom Bundesverwaltungsgericht zurückgewiesen, so dass die Rechtsmittel gegen den Planfeststellungsbeschluss erschöpft sind. Derzeit wird das ehemalige Eisenerzbergwerk zu einem Endlager umgebaut. Es ist vorgesehen, parallel den Stand von Wissenschaft und Technik vor der Inbetriebnahme des Endlagers zu überprüfen. Der Umbau des Schachts Konrad zu einem Endlager soll nach Angaben des Betreibers bis 2022 abgeschlossen sein, sodass voraussichtlich ab 2023 mit der Einlagerung von nicht wärmeentwickelnden Abfällen begonnen werden kann.

Die Inbetriebnahme des Endlagers Schacht Konrad hat eine besondere Bedeutung für Baden-Württemberg, da hier, bezogen auf das Volumen, mehr als die Hälfte (ca. 55 Prozent) der schwach- und mittelradioaktiven konditionierten Abfälle Deutschlands lagert. Das Endlager Schacht Konrad stellt auf absehbare Zeit die einzige Möglichkeit dar, schwach- und mittelradioaktive Abfälle in einem Endlager sicher entsorgen zu können.

Endlagervorausleistungen

Nach § 9a Abs. 3 AtG obliegt die Endlagerung radioaktiver Abfälle dem Bund. Zur Deckung des damit verbundenen notwendigen finanziellen Aufwandes erhebt er entsprechend § 21b AtG über das BfS Vorausleistungen nach Maßgabe der „Verordnung über Vorausleistungen für die Einrichtung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle (Endlagervorausleistungsverordnung)“. Die Vorausleistungen werden von allen Ablieferungspflichtigen erhoben, denen eine Geneh-

¹²Die Kapazität wurde aufgrund damaliger Abfallprognosen eingeschränkt.

migung nach den §§ 6, 7 oder 9 AtG oder nach § 3 StrISchV erteilt worden ist. Keine Vorausleistungen werden lediglich von Landessammelstellen und von Genehmigungsinhabern erhoben, bei denen nur kleine Mengen an radioaktiven Abfällen mit geringer spezifischer Aktivität anfallen. Die dem Bund entstandenen Kosten werden jährlich ermittelt und nach einem in § 6 der Endlagervorausleistungsverordnung enthaltenen Schlüssel auf die Zahlungspflichtigen umgelegt.

Verbesserungen bei der Konditionierung radioaktiver Abfälle führen insgesamt zu wesentlich geringeren Abfallmengen bei den Kernkraftwerken, als in der Vergangenheit angenommen wurde. Die Kernkraftwerksbetreiber haben deshalb eine Überarbeitung des Verteilungsschlüssels zu ihren Gunsten erreicht. Mit der Novellierung der Endlagervorausleistungsverordnung 2004 wurde der Finanzierungsanteil der Energieversorgungsunternehmen verringert und der der Forschungseinrichtungen erhöht.¹³

Um möglichst eine Beitragsgerechtigkeit zu erzielen, erfolgt die Kostenverteilung getrennt nach den unterschiedlichen Endlagerarten. Dabei wird entsprechend § 6 der Endlagervorausleistungsverordnung in Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und Endlager für alle Arten radioaktiver Abfälle unterschieden.

Für das Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung „Schacht Konrad“ werden nun als Vorausleistung auf abschließende Beiträge, die auf der Basis einer späteren Beitragsverordnung erhoben werden, Kosten auf der Basis des folgenden Verteilungsschlüssels fällig:

- Kernkraftwerke 64,4 Prozent (statt 93 Prozent)¹⁴,
- WAK-Anlage 6 Prozent (statt 4 Prozent)¹⁴ und
- übrige Vorausleistungspflichtige (z.B. Forschungszentren) 29,6 Prozent (statt 3 Prozent)¹⁴.

Die abschließenden Beiträge werden zum Zeitpunkt der tatsächlichen Einlagerung erhoben. Sie werden dann auch die Betriebskosten des jeweiligen Lagers berücksichti-

¹³Endlagervorausleistungsverordnung vom 6. Juli 2004.

¹⁴Prozentualer Anteil in Klammer stellt den Anteil entsprechend den Festlegungen vor Inkrafttreten der Endlagervorausleistungsverordnung vom 6. Juli 2004 dar.

gen. Genauere Festlegungen sollen in dem noch ausstehenden Vertrag zur Finanzierung des Endlagers Konrad verankert sein, der zwischen dem Betreiber des Endlagers und jedem Ablieferungspflichtigen abgeschlossen werden soll (Konrad-Vertrag).

Für das Endlager Schacht Konrad wurden bis 2012 vom Bund die Kosten für die Endlagerung von 1 m³ Abfallgebinderolumen auf 12.800 Euro beziffert. Die Endlagerkosten wurden aufgrund von Aktualisierungen der Kostenkalkulation sukzessive erhöht. Aktuell werden die Endlagerkosten für 1 m³ auf 27.400 Euro beziffert. Diese Kosten sind seit dem 1. Januar 2017 auch von den Landessammelstellen für „konradgängige“ radioaktive Abfälle zu erheben. Die Überprüfung der Kostenkalkulation findet alle zwei Jahre statt. Allgemein wird mit weiter steigenden Kosten gerechnet.

Aufgrund des neuen Verteilungsschlüssels werden die nukleare Forschung und insbesondere die HDB der Kerntechnischen Entsorgung Karlsruhe GmbH (kurz: KTE, ehemals WAK GmbH) mit deutlich höheren Endlagervorausleistungen für das Endlager Schacht Konrad belastet.

Die damalige FZK GmbH musste aus diesem Grund rund 93 Mio. Euro nachzahlen. Das Land war an diesen Mehraufwendungen entsprechend den Eigentumsanteilen mit rund 10 Prozent, der Bund mit rund 90 Prozent beteiligt.

Am 27. Januar 2017 hat der Bundestag mit Zustimmung des Bundesrates das Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung beschlossen, das an dem Tag in Kraft tritt, an dem die Europäische Kommission die beihilferechtliche Genehmigung erteilt oder verbindlich mitteilt, dass eine solche Genehmigung nicht erforderlich ist. Das Gesetz sieht vor, dass die Kernkraftwerksbetreiber einen Teil ihrer Rückstellungen sowie einen Risikozuschlag in einen Fonds einzahlen und im Gegenzug die Verantwortung für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle an den Bund übergeht. Entsprechend sieht Artikel 2 (Entsorgungsübergangsgesetz) vor, dass auch die Finanzierungspflicht für Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle an den Fonds nach Artikel 1 (Entsorgungsfondsgesetz) übergeht. Dies bedeutet, dass die Kernkraftwerksbetreiber (WAK-Anlage und übrige Vorausleistungspflichtige sind von dem Gesetz nicht betroffen) künftig nicht mehr vorausleistungspflichtig sein werden.

5.2 Endlager für abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle)

Weltweit existiert kein Endlager, in das bereits abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle abgeliefert werden könnten. Lediglich in Frankreich, Schweden und Finnland ist ein derartiges Endlager konkret geplant, in der Genehmigungsphase oder Errichtungs- und Ausbauphase.

Salzstock Gorleben

Als möglicher Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle wurde der Salzstock Gorleben zunächst bereits ab 1979 übertägig und ab 1986 untertägig erkundet. Aufgrund der Vereinbarung zwischen den Energieversorgungsunternehmen und der Bundesregierung vom 14. Juni 2000, die ein Moratorium für die Erkundung des Salzstock Gorleben von höchstens 10 Jahre vorsah, wurde die Erkundung nicht mehr weitergeführt. Nach 10 Jahren wurde diese wieder aufgenommen und im November 2012 erneut gestoppt, um die parteiübergreifenden Konsensgespräche über ein Standortauswahlgesetz nicht zu gefährden.

Das Standortauswahlgesetz wurde im Bundestag und Bundesrat am 28. Juni bzw. am 5. Juli 2013 verabschiedet. Darin ist festgelegt, dass der Salzstock Gorleben wie jeder andere in Betracht kommende Standort gemäß den nach dem Standortauswahlgesetz festgelegten Kriterien und Anforderungen in das Standortauswahlverfahren einbezogen wird.

Standortauswahlgesetz

Unter Berücksichtigung der Arbeiten des Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) hatte Baden-Württemberg im Herbst 2011 ein Eckpunktepapier zur Endlagersuche erstellt. Dieses Eckpunktepapier zeigt einen mehrphasigen Weg zur Ermittlung eines Endlagerstandorts mit bestmöglicher Sicherheit auf, ausgehend von einer „weißen Deutschlandkarte“ und unter weitreichender Beteiligung der Öffentlichkeit.

Auf Bund-Länder-Ebene lieferte das Eckpunktepapier einen entscheidenden Anstoß zur Aufnahme von Gesprächen zur Erarbeitung eines Standortauswahlgesetzes.

Auf Grundlage dieses Papiers hat das Bundesumweltministerium einen Entwurf eines Standortauswahlgesetzes erstellt. Dieser Entwurf wurde in mehreren Sitzungen einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe überarbeitet. Das Standortauswahlgesetz (StandAG) wurde anschließend im Bundestag und Bundesrat am 28. Juni bzw. am 5. Juli 2013 parteiübergreifend verabschiedet.

Entsprechend dem Standortauswahlgesetz wurde eine Kommission eingerichtet, die sog. Endlagerkommission, die die Aufgabe hatte, bis Mitte 2016 Vorschläge für das Standortauswahlverfahren zu erarbeiten, u. a. zu den Entscheidungsgrundlagen wie etwa die geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen, den Abwägungskriterien und zu der Systematik für die durchzuführenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen. Die Kommission war pluralistisch besetzt und bestand aus 32 Mitgliedern sowie den beiden Kommissionsvorsitzenden Ursula Heinen-Esser und Michael Müller. Der Kommission gehörten Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft, Umweltverbänden, Religionsgemeinschaften, Wirtschaft und Gewerkschaften sowie Mitglieder des Deutschen Bundestages und der Landesregierungen an.

Die Endlagerkommission trat in der Zeit zwischen Mai 2014 und Mitte 2016 in unterschiedlicher Zusammensetzung im Plenum und in verschiedenen Arbeitsgruppen insgesamt über hundert Mal zusammen. Ende Juni 2016 hat sie ihre Arbeit beendet und wenige Tage später ihren Abschlussbericht dem Bundestag übergeben. Die Endlagerkommission hat grundlegende Fragen in Bezug auf Entscheidungsgrundlagen geklärt, etwa auf Basis welcher Ausschluss- und Abwägungskriterien und welcher Mindestanforderungen die Auswahl geeigneter geologischer Formationen für die Endlagerung erfolgen soll. Dabei wurden auch Alternativen zur tiefengeologischen Endlagerung betrachtet. Die tiefengeologische Endlagerung hat sich letztendlich aber als die favorisierte Entsorgungsoption erwiesen. Die Kommission erarbeitete ferner Anforderungen an die Organisation und das Verfahren des Auswahlprozesses. Bei der Bearbeitung dieser Fragestellungen und der damit eingeschlossenen Überarbeitung der im Standortauswahlgesetz kodifizierten Festlegungen

berücksichtigte die Kommission die Expertise von Wissenschaft und Forschung sowie die Erfahrungen aus dem Ausland.

Noch während der Arbeit der Endlagerkommission hat der Gesetzgeber bereits erste Empfehlungen umgesetzt. Die von der Kommission vorgeschlagenen organisatorischen Änderungen wurden Ende Juli 2016 mit dem Gesetz zur Neuorganisation im Endlagerbereich beschlossen und sind inzwischen weitgehend umgesetzt. Die zentralen Akteure im bevorstehenden Suchverfahren sind zum einen die neu eingerichtete Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), die als Vorhabenträgerin zunächst für die Durchführung der Standortsuche und später für die Errichtung und den Betrieb bis hin zur Stilllegung des Endlagers verantwortlich ist. Auf behördlicher Seite wurde zum anderen das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) neu gegründet. Das BfE wird u.a. in dem Bereich Endlagerung Genehmigungs- und Aufsichtsaufgaben wahrnehmen und während des Suchverfahrens für die Öffentlichkeitsbeteiligung verantwortlich sein.

Die im Abschlussbericht der Endlagerkommission enthaltenen Empfehlungen bildeten die Grundlage für die Überarbeitung des Standortauswahlgesetzes, das Ende März 2017 vom Deutschen Bundestag mit einer parteiübergreifenden, großen Mehrheit beschlossen wurde. Der Bundesrat hat das Gesetz am 31. März 2017 gebilligt. Mit dem Inkrafttreten des Standortauswahlgesetzes kann das Suchverfahren gestartet werden. Wesentliche Inhalte des Standortauswahlgesetzes sind:

- Das Standortauswahlverfahren hat zum Ziel, in einem vergleichenden Verfahren den Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit zu finden.
- Das Verfahren soll wissenschaftsbasiert, transparent, selbsthinterfragend und lernend sein.
- Dem Prinzip der nationalen Verantwortung folgend, sollen die radioaktiven Abfälle in Deutschland endgelagert werden.
- Die Endlagerung ist in tiefen geologischen Formationen vorgesehen.
- Der Betrachtungszeitraum (Nachweiszeitraum) beträgt eine Million Jahre.
- Das Verfahren sieht ein stufenweises Vorgehen in drei Phasen vor, um die Suche anhand der im Gesetz festgelegten Kriterien zunehmend einzuengen:
 - Phase 1: Ermittlung von Standortregionen für die übertägige Erkundung

- Phase 2: Übertägige Erkundung und Ermittlung von Standorten für die untertägige Erkundung.
- Phase 3: Untertägige Erkundung der Standorte sowie abschließender Standortvergleich und Standortentscheidung
- Es gibt keine Vorfestlegungen; die Suche beginnt mit einer „weißen Landkarte“.
- Um Fehler korrigieren zu können, wird ein hohes Maß an Reversibilität angestrebt. Während des Betriebs des Endlagers bis zu seinem endgültigen Verschluss sollen die Abfälle rückholbar und danach für einen Zeitraum von 500 Jahren weiterhin bergbar sein.
- Die Öffentlichkeit wird umfassend informiert und von Anfang an am Verfahren beteiligt. Dazu werden neue Gremien eingerichtet:
 - Das Nationale Begleitgremium stellt in der Anfangsphase die Beteiligung der Öffentlichkeit sicher und begleitet das Verfahren als unabhängiges Gremium über die gesamte Dauer.
 - Nach Veröffentlichung des ersten Zwischenberichts in Phase 1 wird die Fachkonferenz Teilgebiete einberufen.
 - Nach der Vorlage des Vorschlages für die übertägig zu erkundenden Standortregionen richtet das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit in den betroffenen Regionen Regionalkonferenzen ein.
 - Anschließend wird als überregionales Gremium die Fachkonferenz Rat der Regionen gebildet.
- Über die Ergebnisse jeder Phase entscheiden der Deutsche Bundestag und der Bundesrat. Die in der darauffolgenden Phase näher zu untersuchenden Standortregionen bzw. Standorte sowie der endgültige Endlagerstandort werden jeweils durch Bundesgesetz festgelegt.
- Rechtsschutzmöglichkeiten bestehen am Ende der Phasen 2 und 3 sowie nach Abschluss des Auswahlverfahrens im daran anschließenden atomrechtlichen Genehmigungsverfahren.
- Das Standortauswahlverfahren soll bis zum Jahr 2031 abgeschlossen sein.

Umlagebetrag für wärmeentwickelnde Abfälle

Die ehemalige Rechtsgrundlage zur Erhebung von Vorausleistungen entsprechend der Endlagervorausleistungsverordnung wurde bereits im Abschnitt 5.1, Zwischenüberschrift „Endlagervorausleistungen“, beschrieben.

Bis zur Neuregelung durch das Standortauswahlgesetz (StandAG) vom 23. Juli 2013 wurden Beiträge auf Grundlage von § 21b AtG und der Endlagervorausleistungsverordnung gemäß § 6 Endlagervorausleistungsverordnung auch für „alle Arten radioaktiver Abfälle“, in denen auch abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (teilw. hochradioaktiv) mit eingeschlossen sind, erhoben. Bei dem möglichen Endlager für „alle Arten von radioaktiven Abfällen“ handelte es sich seither um den Salzstock Gorleben, der bereits näher untersucht und erkundet wurde.

Mit dem Standortauswahlgesetz wurde festgelegt, dass die Endlagervorausleistungsverordnung nicht mehr angewendet wird und stattdessen für die Umsetzung des Standortauswahlverfahrens ein Umlagebetrag erhoben wird. Der Umlagebetrag gilt jedoch nur für Abfälle, die an ein Endlager mit nicht vernachlässigbarer Wärmeentwicklung abgegeben werden sollen. In dem Umlagebetrag sind auch Kosten für die Offenhaltung und im Falle des Ausschlusses der Rückbau des Salzstock Gorleben mit enthalten (siehe dazu § 28 StandAG).

Nach § 29 StandAG richtet sich der Anteil am Umlagebetrag allerdings weiterhin nach dem Schlüssel entsprechend § 6 der Endlagervorausleistungsverordnung¹⁵, in der folgende Aufteilung für Abfälle, die an ein Endlager für „alle Arten radioaktiver Abfälle“ abgegeben werden sollen, festgelegt ist:

- 96,5 Prozent die Kernkraftwerke (93 Prozent)¹⁶,
- 0,7 Prozent die WAK (4 Prozent)¹⁶ und
- 2,8 Prozent die übrigen Vorausleistungspflichtigen (3 Prozent)¹⁶.

¹⁵Endlagervorausleistungsverordnung vom 6. Juli 2004.

¹⁶Prozentualer Anteil in Klammer stellt den Anteil entsprechend den Festlegungen vor Inkrafttreten der Endlagervorausleistungsverordnung vom 6. Juli 2004 dar.

Gemäß dem Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung wird der Anteil der Kernkraftwerke künftig vom Entsorgungsfonds zu tragen sein (siehe hierzu auch Abschnitt 5.1, Endlagervorausleistungen).

5.3 Ausblick

Das Land hat aus dem Betrieb von kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen ein laufendes Aufkommen an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen und den höchsten Bestand der Bundesländer an diesen Abfällen.

Außerdem steht mit dem Ausstieg aus der Kernenergie in Baden-Württemberg der Abbau von zahlreichen Kernkraftwerksblöcken an. Beim Abbau von Kernkraftwerken fallen große Mengen an radioaktiven Abfällen an, die entsorgt werden müssen. Bereits jetzt sind große Lagerkapazitäten für radioaktive Abfälle aus den bereits laufenden Rückbautätigkeiten und dem Betrieb von Anlagen notwendig, die nun erweitert werden müssen, da derzeit keine Abgabemöglichkeit an ein Endlager vorhanden ist.

Das Land setzt sich daher für eine möglichst rasche Inbetriebnahme des Endlagers Konrad ein. Die im niedersächsischen Koalitionsvertrag aufgeworfene Thematik einer Neubewertung der Konzeptions- und Einlagerungssituation von Schacht Konrad unter Berücksichtigung der Erfahrungen mit der Asse soll schnellstmöglich abgearbeitet werden. Dabei steht außer Frage, dass die heutigen hohen Sicherheitsanforderungen an ein Endlager erfüllt werden müssen.

Auch die Frage der Entsorgung abgebrannter Brennelemente und hochradioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung muss gelöst werden, nachdem es über Jahrzehnte nicht gelungen ist, ein vollständiges und allgemein akzeptiertes Gesamtkonzept für die Endlagerung zu erarbeiten und umzusetzen. Vor diesem Hintergrund hat die Endlagerung mit der Suche eines geeigneten Standortes eine dementsprechend hohe Bedeutung.

Mit dem Standortauswahlgesetz besteht erstmals die Möglichkeit, in einem gesamtgesellschaftlichen Konsens die Entsorgungsfrage über diese Abfälle zu klären. Das Land hat sich an der Arbeit der Endlagerkommission und an der Entwicklung des Standort-

auswahlgesetzes intensiv beteiligt und wird sich auch im weiteren Verfahren engagiert und konstruktiv einbringen.

Angesichts des Ausstiegs aus der Kernenergie bis Ende 2022 und vor dem Hintergrund der auf 40 Jahre begrenzten Zwischenlageregenehmigung für Behälter mit abgebrannten Brennelementen und hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung wird nochmals deutlich, wie dringlich eine Klärung des Umgangs mit den zurückbleibenden radioaktiven Abfällen ist, damit diese nicht über viele Jahrzehnte hinaus nachfolgenden Generationen aufgebürdet werden.

Anhänge

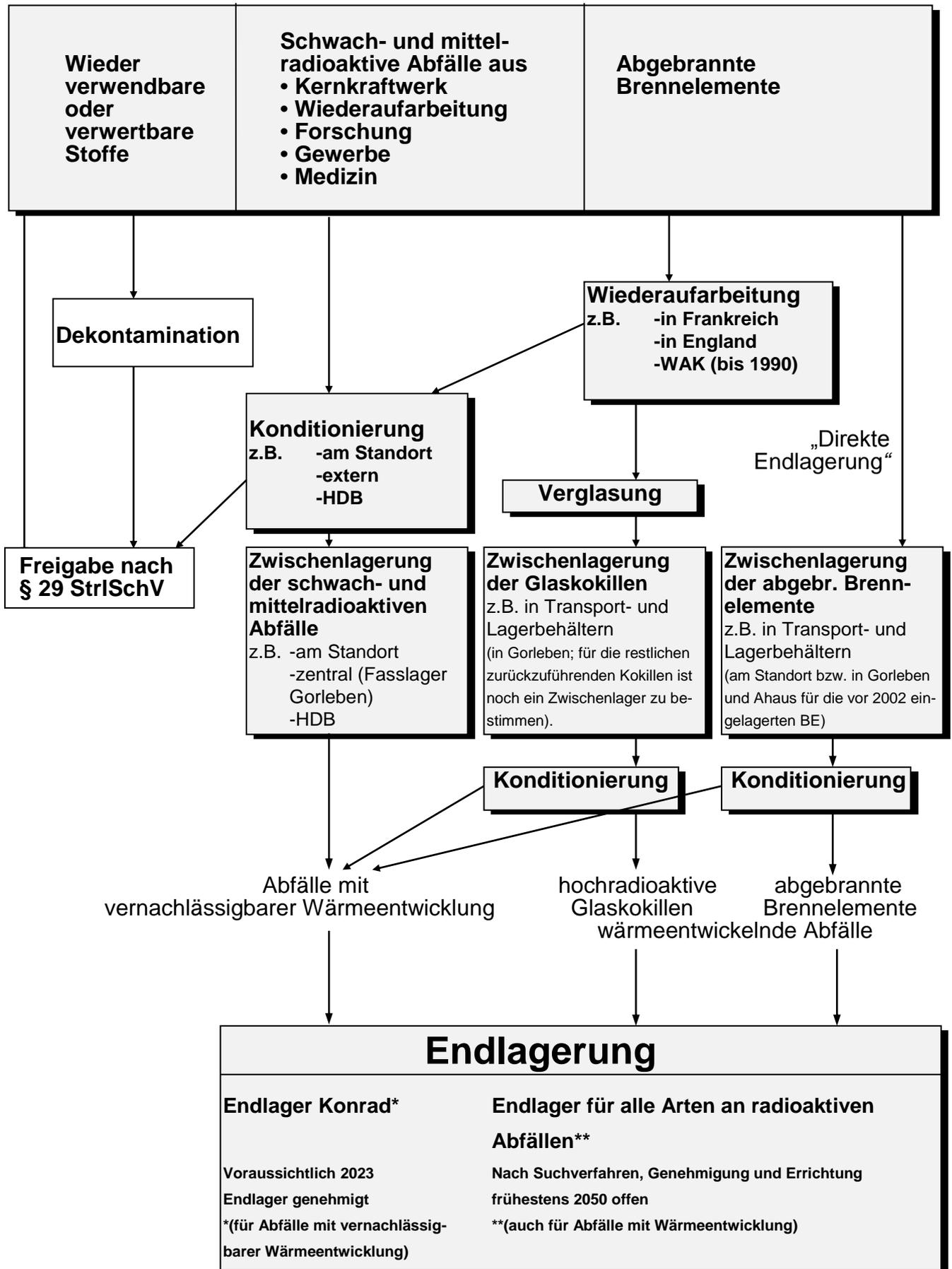
- Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis
- Anhang 2: Materialströme bei der nuklearen Entsorgung
- Anhang 3: Anfall an schwach- und mittelradioaktiver Abfällen im vergangenen Jahr in Baden-Württemberg
- Anhang 4: Bestand an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen in Baden-Württemberg
- Anhang 5: Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung
- Anhang 6: Bestand an abgebrannten Brennelementen und hochradioaktiven Abfällen der baden-württembergischen Anlagen
- Anhang 7a: Brennelement-Lagersituation im KWO
- Anhang 7b: Brennelement-Lagersituation im GKN
- Anhang 7c: Brennelement-Lagersituation im KKP
- Anhang 8: Bestand an abgebrannten Brennelementen an den baden-württembergischen Anlagen mit abgeschätztem BE-Bestand bei Stilllegung

Abkürzungsverzeichnis

ADR	Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
AkEnd	Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte
AtG	Atomgesetz
BE	Brennelement
BfE	Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung
BNFL	British Nuclear Fuel Limited
CASTOR	Cask for storage and transport of radioactive material, z.B.: CASTOR V/19, CASTOR V/52
COGEMA	Compagnie Générale Des Matières Nucléaires
CSD-B	Colis Standard des Déchets Boues
CSD-C	Colis Standard des Déchets Compactés
CSD-V	Colis Standard des Déchets Vitrifiés
DWR	Druckwasserreaktor
ENKK	EnBW Kernkraft GmbH
GGVSEB	Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt
ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FR 2	Forschungsreaktor 2 (Karlsruhe)
FZK	Forschungszentrum Karlsruhe
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar
GNS	Gesellschaft für Nuklear-Service mbH
COGEMA	Compagnie Générale Des Matières Nucléaires
HAW	High active waste (Hochradioaktiver Abfall)
HAWC	High Active Waste Concentrate
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe Karlsruhe
HTR	Hochtemperaturreaktor
JRC	Joint Research Center
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KNK II	Natriumgekühlte Kernreaktoranlage 2 (Karlsruhe)
KKP	Kernkraftwerk Philippsburg
KTE	Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim
LAW	Low active waste (=SAW, Schwachradioaktiver Abfall)
LVD	Leistungsverteilerdetektor
MAW	Medium active waste (Mittelradioaktiver Abfall)
MOX-BE	Mischoxid-Brennelement
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor (Karlsruhe)

RID	Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter
SAW	Schwachradioaktiver Abfall
StandAG	Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz)
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SWR	Siedewasserreaktor
TB	Transportbehälter
TBL	Transportbehälterlager
TN	Transnucleaire, z.B.: TN17/2 Stachelbehälter, 17 SWR-BE TN13/2 Stachelbehälter, 12 DWR-BE
VEK	Verglasungseinrichtung Karlsruhe
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

Materialströme bei der nuklearen Entsorgung



Anfall an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen im Jahr 2016 in Baden-Württemberg	
<u>Kernkraftwerke</u>	
Rohabfall (Summe aus: fest brennbar, fest nicht brennbar, flüssig brennbar, flüssig nicht brennbar)* [Nettovolumen]	Zugang
Neckarwestheim (GKN)**	94 m ³
Philippsburg (KKP)	268 m ³
Obrigheim (KWO)**	55. m ³
Summe	417 m ³
Behandelter Abfall (Summe aus: Direkt angefallenem Abfall, aus Verarbeitung intern und extern) [Bruttogebindevolumen]	Anfall
Neckarwestheim (GKN)**	5 m ³
Philippsburg (KKP)	22 m ³
Obrigheim (KWO)**	204 m ³
Summe	231 m ³
<u>Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) der KTE GmbH</u> (auf dem Gelände des KIT Campus Nord)	
Reststoffe bei der HDB* [Nettovolumen]	Zugang
Gesamtsumme HDB: (aus folgenden Anlagen: -KTE GmbH (Betrieb + Stilllegung), -Landessammelstelle Ba.-Wü., -Joint Research Center JRC (EURATOM) und -Sonstige)	2417 m ³
Behandelter Abfall bei der HDB [Zwischenlagervolumen (Bruttogebindevolumen)]	Anfall
Gesamtsumme HDB: (aus folgenden Anlagen: -KTE GmbH (Betrieb + Stilllegung), -Landessammelstelle Ba.-Wü., -Joint Research Center JRC (EURATOM) und -Sonstige)	646 m ³ (595 m ³)

* Angabe für Rohabfall/Reststoff in Nettovolumen; Angabe für behandelten Abfall in Brutto-Gebindevolumen (wird vom BfS für jeden Abfallcontainer vorgegeben, z.B. 0,27 m³ für ein 200-l-Fass).

Bestand an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen in Baden-Württemberg

Kernkraftwerke

Bestand an Rohabfall [Bruttogebindevolumen]	Am Standort
Neckarwestheim (GKN)	360 m ³
Philippsburg (KKP)	348 m ³
Obrigheim (KWO)	156 m ³
Summe	864 m ³

Bestand an behandelten Abfällen am Standort und extern [Bruttogebindevolumen]	Am Standort	Ausnutzungsgrad des Standortlagers*	Extern (Abfalllager Gorleben, Ahaus und Sonstige)
Neckarwestheim (GKN)	513 m ³	38 %	1.061 m ³
Philippsburg (KKP)	1.329 m ³	44 %	598 m ³
Obrigheim (KWO)	1.307 m ³	38 %	0 m ³
Summe	3.149 m ³		

Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) der KTE GmbH (auf dem Gelände des KIT Campus Nord)

Bestand Rohabfall und vorbehandelte Reststoffe*** [Nettovolumen]	Bestand
Gesamtsumme HDB (aus folgenden Anlagen: -WAK GmbH (Betrieb + Stilllegung), -Landessammelstelle Ba.-Wü., -Joint Research Center JRC (EURATOM) und -Sonstige)	3.006 m ³

Bestand bei der HDB behandelter Abfälle [Zwischenlagervolumen] ([Bruttogebindevolumen])	Bestand
Gesamtsumme HDB nicht wärmeentw. Abfälle	69.829 m ³ (59.991 m ³)
Gesamtsumme HDB mit wärmeentw. Abfälle	70.077 m ³ (60.160 m ³)
(aus folgenden Anlagen: -KTE GmbH (Betrieb + Stilllegung)**, -Landessammelstelle Ba.-Wü., -Joint Research Center JRC (EURATOM) und -Sonstige)	

* Ausnutzungsgrad: Verhältnis des Gesamtbestands (Rohabfall und behandelter Abfall im Verhältnis zur Lagerkapazität)

** Menge des ehemaligen Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) mit Eingang bis 30.09.2009 wurden gemäß Spaltungsvertrag in KTE-Eigentum übernommen.

*** Bei der HDB sind Zwischenprodukte nicht bei behandeltem Abfall, sondern bei „Rohabfall und vorbehandelte Reststoffe“ enthalten.

Anlieferung zur Wiederaufarbeitung in Anlagen der AREVA NC in La Hague, der Sellafield Ltd. in Sellafield und der WAK in Karlsruhe

	AREVA (Cogema)	Sellafield (BNFL)	WAK ¹
	tSM	tSM	tSM
KKP 1	391	-	-
KKP 2	208	-	-
GKN I	320	111	15
KWO	202 ²	-	41
Summe Anlagen in BW (ohne Forschungsreaktoren)	1121	111	56
Summe Deutschland	5393	851	207

¹ Neben den genannten Anlagen wurden auch Brennelemente aus den Kernkraftwerken Gundremmingen A (11 tSM) und Stade (18 tSM) aufgearbeitet; außerdem Forschungseinrichtungen: MZFR (89 tSM) und VAK (7 tSM); HDR (7 tSM), FR 2 (14 tSM), GKSS-Nuklearschiff Otto Hahn (3 tSM) und Einzelstäbe (2 tSM); Summe Deutschland mit diesen Anlagen: 207 tSM bei der WAK aufgearbeitet.

² Davon 191 tSM mit Abfallrückführung

Zurückzuführende Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bei der AREVA NC in La Hague bzw. bei der NDA/Sellafield Ltd. in Sellafield

Bezeichnung des Abfalls	Gesamtzahl noch zurückzuführender Behälter	Stand der Rückführung und Zwischenlagerung	Voraussichtlicher Transportzeitpunkt
Abfall aus Anlage in La Hague			
HAW*-Glaskokillen	0	Alle 108 Behälter sind aus La Hague zurückgeführt und im TBL-G eingelagert worden.	Rückführung im Nov. 2011 abgeschlossen.
MAW**-Glasprodukt	5	Transport ins TBL-G nicht mehr zulässig. Das vom BMUB im Juni 2015 vorgelegte Rückführungskonzept sieht vor, dass die Behälter im Zwischenlager Philippsburg aufbewahrt werden.	Transport nicht vor 2019.
Hochdruck-kompaktierte Abfälle (u. a. BE-Strukturteile)	152	Zwischenlagerung im TBL Ahaus vorgesehen.	Beginn nicht vor 2026.
Abfall aus Anlage in Sellafield			
HAW*-Glaskokillen	21***	Transport ins TBL-G nicht mehr zulässig. Das vom BMUB vorgelegte Rückführungskonzept sieht vor, dass die Behälter mit HAW-Glaskokillen auf die Zwischenlager Biblis, Brokdorf und Isar verteilt werden.	Nicht vor 2019.

* HAW: Highly Active Waste (=hochradioaktiver Abfall)

** MAW: Medium Active Waste (=mittelradioaktiver Abfall)

*** Substitution von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen durch hochradioaktive Abfälle entsprechend einer Erhöhung von 4,8 % enthalten, so dass keine weiteren radioaktiven Abfälle zurückzuführen sind

Bestand an abgebrannten Brennelementen und hochradioaktiven Abfällen der baden-württembergischen Anlagen

Kernkraftwerke	bestrahlte BE	Glaskokillen	Behälter (CASTOR)	Lagerkapazität
	Anzahl BE	Anzahl GK (Anzahl Beh.)	Anzahl BE- Beh.	Anzahl BE bzw. Stellplätze
Neckarwestheim GKN				
Standort – Nasslager GKN I	245			133 + 177* BE
Standort – Nasslager GKN II (BE aus GKN I + GKN II)	79 + 457			85 + 508 + 193* BE
Standort–Zwischenlager (BE aus GKN I + GKN II)	329 + 678	-	53	151 Stellplätze
TB-Lager Gorleben (GKN I + GKN II)	0 + 57	180 (6,4)	0 + 3	29,16 Stellplätze
TB-Lager Ahaus (GKN I + GKN II)	0 + 57	-	0 + 3	25,220 Stellplätze
WAA		Areva	NDA	WAK
(GKN I + GKN II)	aufgearbeitet	897	308	44
	Angeliefert	897	308	44
Philippsburg KKP				
Standort – Nasslager KKP 1	0			356 + 592* BE
Standort – Nasslager KKP 2 (BE aus KKP 1 + KKP 2)	0 + 517			23 + 564 + 193* BE (11 BE aus KKP 1 belegen KKP 2- Positionen, außerdem 12 weitere nicht nutzbare Positionen)
Standort–Zwischenlager (BE aus KKP 1 + KKP 2)	1.458 + 571	-	58	152 Stellplätze
TB-Lager Gorleben (KKP 1 + KKP 2)	0 + 9	269 (9,6)	0 + 1	35,94 Stellplätze
TB-Lager Ahaus	-	-	-	31,095 Stellplätze
WAA		Areva	NDA	WAK
(KKP1 + KKP2)	Aufgearbeitet	2561	-	-
	Angeliefert	2561	-	-
Obrigheim KWO				
Standort – Nasslager KWO	-			Durch 1. ÄG zur 1. SG Lagerkapazität ent- fallen
Standort – Ext. BE-Becken	342			980 BE
TB-Lager Gorleben	-	105 (3,8)	-	10,90 Stellplätze
TB-Lager Ahaus	-	-	-	9,425 Stellplätze
WAA		Areva	NDA	WAK
(KWO)	Aufgearbeitet	709**	-	151
	Angeliefert	709**	-	151
* Kernvollentladung ** mit Abfallrückführung 595				

BE-Lagersituation am Standort KWO

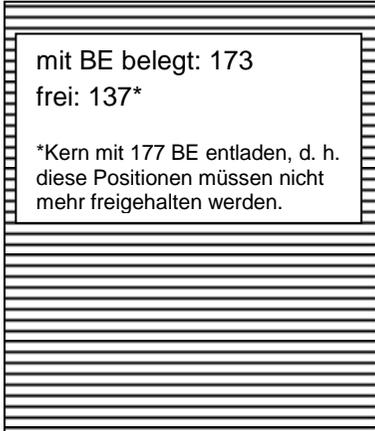
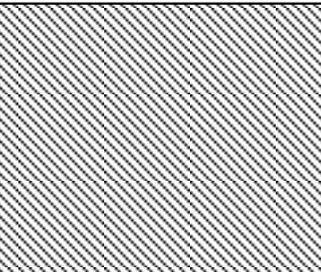
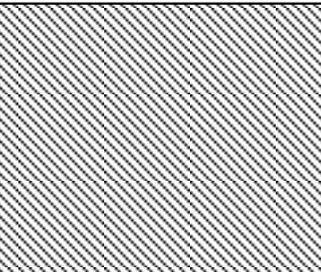
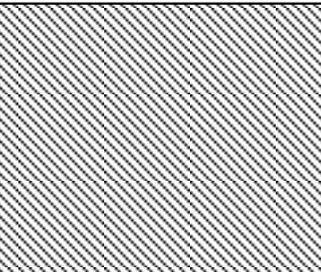
Externes BE-Lager im Notstandsgebäude

Maximal genehmigte Lagerungspositionen	
980	
zzt. belegbar	530 (untere Lagergestelle)
zzt. belegt:	342
zzt. frei:	188

Lagerkapazität ext. BE-Lager

980 genehmigte Positionen
530 Lagergestelle (untere Lage) zzt. eingebaut

Brennelement-Lagersituation am Standort GKN

<p>Nasslager GKN I</p> <p>Gesamtzahl der genehmigten BE-Positionen GKN I: <u>310</u> BE</p>  <p>mit BE belegt: 173 frei: 137*</p> <p>*Kern mit 177 BE entladen, d. h. diese Positionen müssen nicht mehr freigehalten werden.</p>	<p>Standortzwischenlager</p> <p>151 Stellplätze für CASTOR V/19-Behälter (jeweils bis zu 19 BE) und für CASTOR 440/84 MvK für KWO (jeweils bis zu 24 BE) genehmigt.</p> <p>Belegt mit 53 CASTOR-Behältern (329 GKN I-BE und 678 GKN II-BE)</p>	<p>Nasslager GKN II</p> <p>Gesamtzahl der genehmigten BE-Positionen GKN II: 786 BE (+ 6 Positionen für z. B. Dummies und Köcher)</p> <table border="1" data-bbox="1025 520 2018 1042"> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1025 520 1691 571">Genehmigte BE-Positionen: <u>593</u></td> <td data-bbox="1697 520 2018 770">BE-Positionen freizuhalten für Kernvollentladung: <u>193</u></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1025 571 1361 770">Genehmigte Lagerpositionen für GKN I-BE: <u>256</u> (mit Adaptern)</td> <td data-bbox="1361 571 1691 770">Genehmigte Lagerpositionen für GKN II-BE: mindestens <u>337</u> maximal <u>593</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1025 770 1361 1042">mit BE belegt: 79 frei: 4* *mit 83 eingebauten Adaptern</td> <td data-bbox="1361 770 1691 1042">mit BE belegt: 457 frei: 51* *85 nicht nutzbare Positionen (Adapter etc.) berücksichtigt</td> <td data-bbox="1697 770 2018 1042"></td> </tr> </table>	Genehmigte BE-Positionen: <u>593</u>		BE-Positionen freizuhalten für Kernvollentladung: <u>193</u>	Genehmigte Lagerpositionen für GKN I-BE: <u>256</u> (mit Adaptern)	Genehmigte Lagerpositionen für GKN II-BE: mindestens <u>337</u> maximal <u>593</u>		mit BE belegt: 79 frei: 4* *mit 83 eingebauten Adaptern	mit BE belegt: 457 frei: 51* *85 nicht nutzbare Positionen (Adapter etc.) berücksichtigt	
Genehmigte BE-Positionen: <u>593</u>		BE-Positionen freizuhalten für Kernvollentladung: <u>193</u>									
Genehmigte Lagerpositionen für GKN I-BE: <u>256</u> (mit Adaptern)	Genehmigte Lagerpositionen für GKN II-BE: mindestens <u>337</u> maximal <u>593</u>										
mit BE belegt: 79 frei: 4* *mit 83 eingebauten Adaptern	mit BE belegt: 457 frei: 51* *85 nicht nutzbare Positionen (Adapter etc.) berücksichtigt										

Brennelement-Lagersituation am Standort KKP

<p>Nasslager KKP 1</p> <p>Gesamtzahl der genehmigten BE-Positionen KKP 1: <u>948</u> BE</p>  <p>mit BE belegt: 0 frei: 948</p>	<p>Standortzwischenlager</p> <p>152 Stellplätze für CASTOR V/19-Behälter (jeweils bis zu 19 BE) oder CASTOR V/52 (jeweils 52 BE) genehmigt.</p> <p>Belegt mit: 29 CASTOR V/52-Behälter (1.458 KKP 1-BE) und 29 CASTOR V/19-Behälter (551 KKP 2-BE)</p>	<p>Nasslager KKP 2*</p> <p>Gesamtzahl der genehmigten BE-Positionen KKP 2: 780 BE</p> <table border="1" data-bbox="1025 520 2022 1050"> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1025 520 1688 571">Genehmigte BE-Positionen: <u>587</u></td> <td data-bbox="1695 520 2022 772" rowspan="2">BE Positionen freizuhalten für Kernvollentladung: <u>193</u></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1025 571 1361 772">Genehmigte Lagerpositionen für KKP 1-BE: <u>128</u> (mit Adaptern)</td> <td data-bbox="1361 571 1688 772">Genehmigte Lagerpositionen für KKP 2-BE: mindestens <u>459</u> maximal <u>587</u></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1025 772 1361 1050">mit BE belegt: 0 frei: 0* *da keine Adapter für KKP 1-Brennelemente eingesetzt</td> <td data-bbox="1361 772 1688 1050">mit BE belegt: 497 frei: 67* *12 nicht nutzbare Positionen berücksichtigt</td> <td data-bbox="1695 772 2022 1050" style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> </table>	Genehmigte BE-Positionen: <u>587</u>		BE Positionen freizuhalten für Kernvollentladung: <u>193</u>	Genehmigte Lagerpositionen für KKP 1-BE: <u>128</u> (mit Adaptern)	Genehmigte Lagerpositionen für KKP 2-BE: mindestens <u>459</u> maximal <u>587</u>	mit BE belegt: 0 frei: 0* *da keine Adapter für KKP 1-Brennelemente eingesetzt	mit BE belegt: 497 frei: 67* *12 nicht nutzbare Positionen berücksichtigt	
Genehmigte BE-Positionen: <u>587</u>		BE Positionen freizuhalten für Kernvollentladung: <u>193</u>								
Genehmigte Lagerpositionen für KKP 1-BE: <u>128</u> (mit Adaptern)	Genehmigte Lagerpositionen für KKP 2-BE: mindestens <u>459</u> maximal <u>587</u>									
mit BE belegt: 0 frei: 0* *da keine Adapter für KKP 1-Brennelemente eingesetzt	mit BE belegt: 497 frei: 67* *12 nicht nutzbare Positionen berücksichtigt									

* Im Februar 1999 wurde gestattet, im Nasslager von KKP 2 unter Verwendung der vorhandenen Lagergestelle und Anpassung durch Adapter bis zu 128 KKP 1-Brennelemente zu lagern. Im Dezember 1999 wurde darüber hinaus gestattet, zwei (8x8)-Lagergestelle für KKP 2-Brennelemente durch zwei (13x13)-Lagergestelle für KKP 1-Brennelemente zu ersetzen. Tatsächlich wurde aber nur ein (8x8)-Lagergestell mit 64 Brennelementen für KKP 2 durch ein (13x13)-Lagergestell für KKP 1-Brennelemente ersetzt. Die Lagerkapazität betrug nun für KKP 2-Brennelemente 780 - 64 - 193 = 523 Positionen und für KKP 1-Brennelemente 169 Positionen. Im Jahr 2000 wurde gestattet, das Zusatzgestell für 12 KKP 2-Brennelemente durch Gestelle mit insgesamt 24 KKP 2-Positionen zu ersetzen. Die zusätzlichen 12 Positionen dürfen aber laut Genehmigung nur belegt werden, wenn an anderer Stelle dann 12 KKP 2-Brennelemente oder das Äquivalent an KKP 1-Brennelementen (1 KKP 2-Brennelement = 2,64 KKP 1-Brennelemente) entfallen und umgekehrt. Im Jahr 2013 wurde genehmigt, das Lagergestell für KKP 1-Brennelemente zu demontieren und das bestehende Lagergestell für KKP 2-Brennelemente wieder einzusetzen. Mit Hilfe von Adaptern können dann weiterhin bis zu 128 KKP 1-Brennelemente im Nasslager von KKP 2 gelagert werden, wobei jeweils durch ein KKP 1-Brennelement eine Position für KKP 2-Brennelemente belegt wird. Zum Stichtag 31.12.2016 waren das Lagergestell für KKP 1-Brennelemente aus dem Nasslager von KKP 2 ausgebaut, es waren keine Adapter für KKP 1-Brennelemente eingesetzt.

Bestand an abgebrannten Brennelementen an den baden-württembergischen Anlagen mit abgeschätztem BE-Bestand bei Stilllegung

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Block	Betrieb Seit	Reststrommenge [GWh] zum 31.12.2016	Späteste Betriebsende	BE im Kern	BE im Nasslager	BE im Standortzwischenlager	Abgeschätzter Anfall BE bis Stilllegung	Abgeschätzter BE-Bestand bei Stilllegung Summe aus Werte Sp. 5, 6, 7 u. 8
KKP 1	26.3.1980	8.454,24	06.08.2011	0	0 (+0*)	1.458	0	1.458
KKP 2	18.4.1985	20.885,34	31.12.2019	193	517	551	100	1.361
GKN I	1.12.1976	0	06.08.2011	0	173 (+79*)	329	0	581
GKN II	15.4.1989	57.290,63	31.12.2022	193	457	678	205	1.533
KWO	1.4.1969	-	Betriebsende 2005	0	0	342	-	342

10	11	12
Behälter bei Stilllegung Ergibt sich mit Spalte 9 und: KKP 1: 52 BE pro Behälter KKP 2: 19 BE pro Behälter GKN I: 19 BE pro Behälter GKN II: 19 BE pro Behälter KWO: 15 Behälter (CASTOR 440/84 mvK) vorgesehen	Summe Behälter am Standort bei Stilllegung	genehmigte Stellplätze
29**	101**	152
72**		
31**	112**	151
81**		
15	15***	-

* In Nasslager Block 2

** Ohne Berücksichtigung einer möglichen Behälterteilbeladung

*** Behälter sollen in das Zwischenlager GKN verbracht werden

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Kernerplatz 9

70182 Stuttgart

Tel.: 0711 126-0

Fax: 0711 126-2881

Internet: www.um.baden-wuerttemberg.de

E-Mail: poststelle@um.bwl.de

Bildnachweis:

-Titelbild, Seite 11, 25, 44: EnBW Kernkraft GmbH

-Seite 8, 9, 10, 13, 15, 20: Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH

Quellen:

-Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
(www.bmub.bund.de/)

-Bundesamt für Strahlenschutz (www.bfs.de)

-Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (www.bfe.bund.de),

-Statistisches Landesamt (www.statistik-bw.de)

-Statistisches Bundesamt (www.destatis.de)

-EnBW Kernkraft GmbH

-Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH

April 2017