

Kernenergieüberwachung und Strahlenschutz in Baden- Württemberg

Bericht über die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen

(Stand: November 2025)



Baden-Württemberg
Ministerium für Umwelt, Klima
und Energiewirtschaft

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Einleitung	8
1 Rechtliche Rahmenbedingungen der nuklearen Entsorgung	10
1.1 Abgebrannte Brennelemente und Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland	10
1.2 Schwach- und mittelradioaktive Abfälle	11
2 Verursacher radioaktiver Abfälle	12
2.1 Kernkraftwerke	13
2.2 Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe	16
2.3 Forschungseinrichtungen	18
2.4 Weitere stillgelegte Kerntechnische Anlagen und Einrichtun-gen am KIT Campus Nord	18
2.5 Landessammelstelle Baden-Württemberg	19
3 Schwach- und mittelradioaktive Abfälle	21
3.1 Anfall schwach- und mittelradioaktiver Abfälle	21
3.2 Konditionierung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle.....	21
3.3 Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle	24
3.4 Transporte schwach- und mittelradioaktiver Abfälle	29
4 Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	31
4.1 Anfall abgebrannter Brennelemente in Baden-Württemberg und Anfall radioaktiver Abfälle aus dem Ausland.....	32
4.2 Verbleib und Wiedereinsatz der bei der Wiederaufarbeitung im Ausland gewonnen Kernbrennstoffe	35
4.3 Möglichkeiten der Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung	35
4.4 Stand der Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	38
4.5 Transporte abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle aus der Wiederverarbeitung	42
5 Endlagerung.....	44

5.1	Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle.....	44
5.2	Endlager für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung.....	49
5.3	Ausblick	54
	Anhang 1 - Schwach- und mittelradioaktive Abfälle.....	56
	Anhang 2 - Abgebrannte Brennelemente.....	60
	Anhang 3 - Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung.....	61
	Quellenangaben	63
	Impressum	64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kategorien radioaktiver Abfälle (Quelle UM BW)	12
Abbildung 2: Abbau eines Dampferzeugers im Kernkraftwerk Obrigheim im Rahmen der 2. AG (Quelle EnKK)	15
Abbildung 3: CASTOR-Beladung mit einer Glaskokille während einer „kalten“ Handhabung (Quelle KTE)	17
Abbildung 4: Im Februar 2011 auf dem Gelände der WAK zum Abtransport bereitstehende, mit Glaskokillen beladene CASTOR-Behälter (Quelle KTE)	17
Abbildung 5: Reaktorgebäude des sich im fortgeschrittenen Rückbau befindlichen MZFR (Markierungen an den Gebäudestrukturen rühren aus Messungen zum Zweck der Freigabe her) (Quelle KTE)	19
Abbildung 6: Reststoffeingangslager der Entsorgungsbetriebe (Quelle KTE)	20
Abbildung 7: Beschickungsbox der Verbrennungsanlage bei den Entsorgungsbetrieben (Quelle KTE)	22
Abbildung 8: Abfallzwischenlager der BGZ in Neckarwestheim (Quelle BGZ)	26
Abbildung 9: Zwischenlager bei den Entsorgungsbetrieben der KTE (Quelle KTE)	27
Abbildung 10: Beladung eines CASTOR-Behälters mit einem Brennelement (Beladung unter Wasser im Lagerbecken) (Quelle EnKK)	32
Abbildung 11: Brennelemente-Zwischenlager Neckarwestheim (Quelle BGZ)	37
Abbildung 12: Verladung (unter Wasser) des letzten Brennelements aus dem Lagergestell im externen Lagerbecken des Kernkraftwerks Obrigheim in einen CASTOR-Behälter (Quelle EnKK)	39
Abbildung 13: Anlieferung der HAW-Kokillen im BZP (Quelle BGZ)	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zugang beziehungsweise Anfall von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen im Jahr 2024 (Quelle: Berichterstattung der EnBW Kernkraft GmbH (EnKK))	56
Tabelle 2: Bestand von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der EnKK)	56
Tabelle 3: Zugang beziehungsweise Anfall von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen im Jahr 2024 (Quelle: Berichterstattung der GNR)	57
Tabelle 4: Bestand von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der GNR)	57
Tabelle 5: Zugang von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen im Jahr 2024 (Quelle: Berichterstattung der BGZ)	58
Tabelle 6: Bestand von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der BGZ)	58
Tabelle 7: Zugang beziehungsweise Anfall von schwach- und mittelradioaktiven Reststoffen und behandelten Abfällen im Jahr 2024 (Quelle: Berichterstattung der KTE)	59
Tabelle 8: Bestand von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der KTE)	59
Tabelle 9: Bestand abgebrannter Brennelemente in den Brennelemente-Zwischenlagern und Bestand der mit diesen Brennelementen beladenen Transport- und Lagerbehältern zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der BGZ)	60
Tabelle 10: Belegung der Brennelementlagerbecken mit bestrahlten Brennelementen in den Reaktorgebäuden am 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der EnKK)	60
Tabelle 11: Anlieferung von Abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung (Alle angelieferten Brennelemente wurden bereits wiederaufgearbeitet) (Quelle: Berichterstattung EnKK)	61
Tabelle 12: Rückführung und Zwischenlagerung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung im Ausland, Stand: 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der EnKK)	62

Abkürzungsverzeichnis

ADR	Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
ADN	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen
AtEV	Atomrechtliche Entsorgungsverordnung
AtG	Atomgesetz
AZA	Abfall-Zwischenlager Ahaus
AZG	Abfall-Zwischenlager Gorleben
AZN	Abfall-Zwischenlager Neckarwestheim
AZO	Abfall-Zwischenlager Obrigheim
AZP	Abfall-Zwischenlager Philippsburg
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BE	Brennelement
BfE	Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGZ	Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BZA	Brennelemente-Zwischenlager Ahaus
BZG	Brennelemente-Zwischenlager Gorleben
BZN	Brennelemente-Zwischenlager Neckarwestheim
BZP	Brennelemente-Zwischenlager Philippsburg
CASTOR	Cask for storage and transport of radioactive material – zum Beispiel
CASTOR V/19, CASTOR V/52	
DDR	Deutsche Demokratische Republik
EnKK	EnBW Kernkraft GmbH
ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
EUC	End Used Cask
FR 2	Forschungsreaktor 2
GfK	Gesellschaft für Kernforschung
GGVSEB	Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt
GKN	Kernkraftwerk Neckarwestheim
GNR	Gesellschaft für nukleares Reststoffrecycling mbH

GNS	Gesellschaft für Nuklear-Service mbH
GRS	Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit gGmbH
HAW	High Active Waste
HAWC	High Active Waste Concentrate
HLW	High level waste
HMGU	Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt
HZ	Heiße Zellen
IAEA	International Atomic Energy Agency
ILW	Intermediate level waste
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KKP	Kernkraftwerk Philippsburg
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KSBS	Köcher für Sonderbrennstäbe
KTE	Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim
LAW	Low Active Waste (schwachradioaktiver Abfall)
LLW	Low level waste
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
MAW	Medium Active Waste (mittelradioaktiver Abfall)
MOX-BE	Mischoxid-Brennelement
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor (Karlsruhe)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RBZ	Reststoffbearbeitungszentrum
RID	Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter
SAG	Stilllegungs- und Abbaugenehmigung
StandAG	Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz)
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
UM	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Würt- temberg
VEK	Verglasungseinrichtung Karlsruhe
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
ZLN	Zwischenlager Nord

Einleitung

Jedes Jahr berichtet das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM) in seinem Entsorgungsbericht über den Umgang und die Lagerung radioaktiver Reststoffe. Er stellt die aktuelle Entsorgungssituation sowohl für schwach- und mittelradioaktive Abfälle als auch für hochradioaktive Abfälle dar und schafft Transparenz in einem wesentlichen Bereich der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes. Das Ziel der Entsorgung ist die geordnete Beseitigung (Endlagerung) der radioaktiven Abfälle.

Rechtliche Grundlage für die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente und die Einrichtung von Landessammelstellen für schwach- und mittelradioaktive Abfälle ist § 9a des Atomgesetzes (AtG). Aus den weiteren rechtlichen Rahmenbedingungen ergibt sich für die radioaktiven Abfälle bis zur Errichtung eines entsprechenden Endlagers deren dezentrale Zwischenlagerung. Neben den unmittelbar in Baden-Württemberg anfallenden radioaktiven Abfällen sind aufgrund internationaler Verpflichtungen aus dem Ausland zurückzuführende verglaste hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung zwischenzulagern. Die Atomrechtlichen Entsorgungsverordnung (AtEV) regelt die Behandlung, Verpackung, Zwischenlagerung und Abgabe von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen.

In Baden-Württemberg fallen radioaktive Abfälle im Wesentlichen im Zuge des Rückbaus der stillgelegten Kernkraftwerke in Philippsburg, Neckarwestheim und Obrigheim sowie der kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen am ehemaligen Forschungszentrum am Campus Nord des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Karlsruhe an. Am Campus Nord des KIT befinden sich Forschungseinrichtungen des KIT sowie Anlagen der Kerntechnischen Entsorgung Karlsruhe (KTE), darunter die sich im Rückbau befindliche ehemalige Wiederaufarbeitungsanlage (WAK) und die Entsorgungsbetriebe und einige weitere stillgelegte Forschungseinrichtungen.

Für die Entsorgung radioaktiver Abfälle aus den nicht kerntechnischen Anlagen sind die Bundesländer nach § 9a des Atomgesetzes verpflichtet, Landessammelstellen für radioaktive Abfälle einzurichten. Das Land hat die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) als Landessammelstelle benannt. Ihr obliegt die haushalts- und gebührenrechtliche Abwicklung. Die Entsorgungsbetriebe erfüllen auf Basis vertraglicher Vereinbarungen mit dem Land nahezu alle Aufgaben des Landes Baden-Württemberg nach § 9a AtG.

Die in den Kernkraftwerken und sonstigen Anlagen und Einrichtungen anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle werden in Vorbereitung auf deren Endlagerung in Konditionierungs- und Reststoffverarbeitungseinrichtungen an den Kernkraftwerkstandorten und der KTE klassifiziert und endlagergerecht konditioniert. Größere Abfalllager („Zwischenlager“) für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in Baden-Württemberg befinden sich an den Kernkraftwerksstandorten sowie bei den Entsorgungsbetrieben der KTE. Die

Tabellen in Anhang 1 enthalten in einer zusammenfassenden Darstellung Angaben zum Zugang, Anfall und Bestand an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen an den Kernkraftwerksstandorten und bei den Entsorgungsbetrieben der KTE.

Da alle Kernkraftwerke in Baden-Württemberg abgeschaltet sind, fallen keine weiteren abgebrannten Brennelemente mehr an. Die abgebrannten Brennelemente befinden sich größtenteils in Behältern in den Brennelemente-Zwischenlagern in Neckarwestheim und Philippsburg. Nassgelagerte Brennelemente sind nur noch im Lagerbecken des Kernkraftwerks Neckarwestheim (GKN) II vorhanden. Der Bestand abgebrannter Brennelemente zum Ende letzten Jahres (Stichtag 31.12.24) an den baden-württembergischen Standorten ist in Anhang 2 aufgeführt.

Bis 2005 wurden abgebrannte Brennelemente zum Zweck der Wiederaufarbeitung ins Ausland geliefert. Die der Bundesrepublik Deutschland zuzuordnenden radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung werden aufgrund internationaler Verpflichtungen in Form von Glaskokillen schrittweise nach Deutschland zurückgeführt. Die dazu erforderlichen Änderungsgenehmigungen zur Einlagerung von vier Behältern mit High Active Waste (HAW)-Glaskokillen in das Brennelemente-Zwischenlager Philippsburg (BZP) der Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ), sowie die Beförderungsgenehmigung wurden vom Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) erteilt. Angaben über die frühere Anlieferung von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung und die bei der Wiederaufarbeitung angefallenen radioaktiven Abfälle können Anhang 3 entnommen werden.

Für die Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle wird in Deutschland die ehemalige Eisenerzgrube Schacht Konrad bei Salzgitter vorbereitet. Die Errichtung des Endlagers Konrad soll nach derzeitiger Planung zu Beginn der 2030er Jahre abgeschlossen sein. Da noch kein Standort für ein geeignetes Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland vorhanden ist, wird aktuell anhand von Kriterien, die im Standortauswahlgesetz (StandAG) festgelegt wurden, nach einem solchen gesucht. Ausgehend von einer weißen Landkarte soll ein geeigneter Standort in tiefer geologischer Formation für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle gefunden werden. Im Jahr 2027 soll die erste Phase der Suche mit der Veröffentlichung des Vorschlags der Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) von untertägig zu erkundenden Standortregionen zu Ende gehen.

1 Rechtliche Rahmenbedingungen der nuklearen Entsorgung

1.1 Abgebrannte Brennelemente und Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland

Rechtliche Grundlage für die Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland ist § 9a des Atomgesetzes.

Das „Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität“ vom 22. April 2002 hat die Entsorgung von abgebrannten Brennelementen neu geordnet. Wesentliche Punkte waren:

- Ab dem 1. Juli 2005 ist die Abgabe von abgebrannten Brennelementen an die Wiederaufarbeitungsanlagen verboten und damit nur noch ihre geordnete Beseitigung (direkte Endlagerung) zulässig.
- An den Standorten der Kernkraftwerke sind Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente zu errichten. Da noch kein Endlager für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente zur Verfügung steht, kann so der Nachweis der geordneten Beseitigung über die Bereitstellung ausreichender Zwischenlagerkapazitäten geführt werden.
- 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.

In Verbindung mit dem „Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle und zur Änderung anderer Gesetze“ (Standortauswahlgesetz – StandAG) vom 23. Juli 2013 wurde ein neuer Absatz 2a in den § 9a des Atomgesetzes eingefügt. Demnach haben die betroffenen Energieversorgungsunternehmen dafür zu sorgen, dass die verfestigten Spaltproduktlösungen (Glaskokillen), die aus der Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe im Ausland stammen, zurückgenommen und in standortnahen Zwischenlagern aufbewahrt werden. Ein Transport der zurückzuführenden Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague (Frankreich) und der Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield (Großbritannien) in das zentrale Zwischenlager in Gorleben ist somit nicht mehr möglich.

Am 16. Juni 2017 trat das „Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung“ in Kraft. Es 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. Die Rückstellungen und den Risikozuschlag hat der Betreiber der Kernkraftwerke in Baden-Württemberg am 3. Juli 2017 an den Fonds überwiesen. Artikel 2 dieses Gesetzes, das Entsorgungsübergangsgesetz, regelt den Übergang der Zwischenlager für Brennelemente an den Kernkraftwerkstandorten.

In Baden-Württemberg gingen die Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente an den Standorten Philippsburg und Neckarwestheim einschließlich der dort lagernden abgebrannten Brennelemente zum 1. Januar 2019 an die BGZ, eine Gesellschaft des Bundes, über. Damit ging eine Umbenennung der Standortzwischenlager Neckarwestheim und Philippsburg in Brennelemente-Zwischenlager Neckarwestheim (BZN) und Brennelemente-Zwischenlager Philippsburg (BZP) einher.

1.2 Schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Die Behandlung, Verpackung, Zwischenlagerung und Abgabe von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen (sonstige radioaktive Abfälle) beziehungsweise der radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung sind in der AtEV geregelt.

Das Entsorgungsübergangsgesetz regelt den Übergang der Zwischenlager für diese Abfälle an den Kernkraftwerkstandorten sowie den Übergang der Abfälle selbst an die BGZ. Das Abfall-Zwischenlager Obrigheim (AZO), das Abfall-Zwischenlager Philippsburg (AZP) und das Abfall-Zwischenlager Neckarwestheim (AZN) gingen 2020 an die BGZ über.

Nach § 9a AtG sind die Länder verpflichtet, Landessammelstellen für radioaktive Abfälle zu betreiben. Die Abfälle stammen dabei aus

- der gewerblichen Wirtschaft (zum Beispiel Leuchtfarbenindustrie, pharmazeutische Forschung, Materialprüfung),
- der medizinischen Diagnostik, von Bildungs- und Forschungseinrichtungen und
- von privaten Ablieferern

Die Entsorgungsbetriebe der KTE am Campus Nord des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) übernehmen praktisch alle Aufgaben und Pflichten als Landessammelstelle für das Land Baden-Württemberg.

2 Verursacher radioaktiver Abfälle

Beim Betrieb und dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen, bei der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen sowie in der Forschung, der gewerblichen Wirtschaft und in der Medizin fallen radioaktive Abfälle an.

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

- Schwach- und mittelradioaktive Abfälle (z. B. Rohrleitungen, Lappen, Tücher, aktivierte Betonstrukturen) mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (LAW, MAW bzw. SMA) und
- mittelradioaktive Abfälle mit Wärmeentwicklung (zum Beispiel Brennstoff-Hüllrohre, Strukturteile von Brennelementen) und hochradioaktive, wärmeentwickelnde Abfälle (HAW, zum Beispiel abgebrannte Brennelemente).

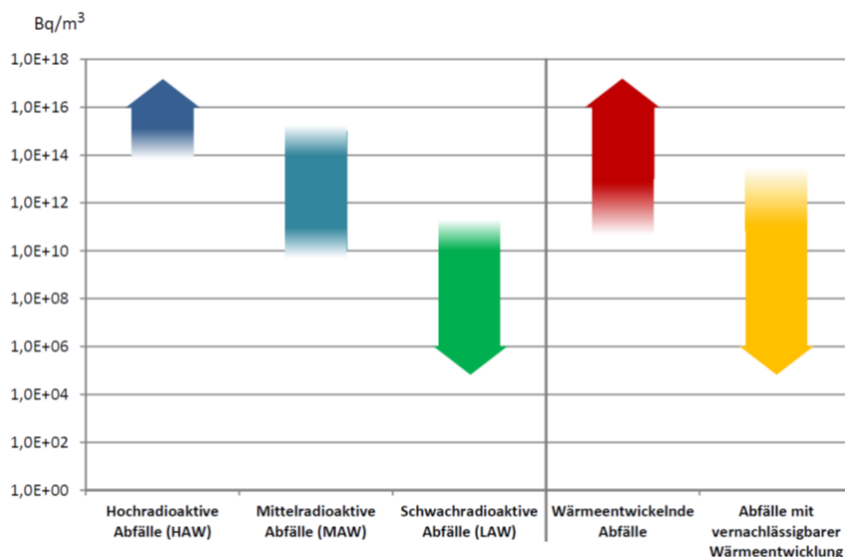


Abbildung 1: Kategorien radioaktiver Abfälle (Quelle UM BW)

Sowohl in Deutschland als auch international gibt es keine einheitlichen Werte für die Kategorisierung in LAW, MAW und HAW anhand einer Gesamtaktivität.

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 circa 0,2 Kilowatt pro Kubikmeter Abfall ableiten. Sie wird durch eine nuklidspezifische Aktivitätsbegrenzung von Abfallgebinden gemäß den „Endlagerungsbe-

dingungen Konrad“ sichergestellt. 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 und Abfälle mit einem geringen oder keinem Anteil an Alphastrahlern.

2.1 Kernkraftwerke

Der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung in Baden-Württemberg betrug im Jahr 2010 noch etwa 50 Prozent. Nach der Einstellung des Leistungsbetriebs der beiden Kernkraftwerksblöcke Neckarwestheim I (GKN I) und Philippsburg 1 (KKP 1) im März 2011 betrug der Anteil der Kernenergie noch bis Ende Dezember 2019 rund ein Drittel an der Stromerzeugung in Baden-Württemberg. Nach der endgültigen Abschaltung des Kernkraftwerksblocks Neckarwestheim II (GKN II) am 15. April 2023 befindet sich nunmehr kein Kernkraftwerk in Baden-Württemberg mehr im Leistungsbetrieb.

Radioaktive Betriebsabfälle fallen sowohl im Leistungsbetrieb als auch in der Nachbetriebsphase und dem anschließenden Stilllegungs- beziehungsweise Restbetrieb an, da auch nach endgültiger Abschaltung des Reaktors bestimmte Systeme weiterhin betrieben werden müssen. Die Abfälle entstehen beim normalen Betrieb, bei Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie bei wiederkehrenden Prüfungen. Sie sind überwiegend schwachradioaktiv und nur in seltenen Fällen, und dann geringfügig, mit Alphastrahlern kontaminiert.

Bei den anfallenden radioaktiven Betriebsabfällen handelt es sich überwiegend um

- Ionentauscherharze, die zur Reinigung und Aufbereitung des Reaktorkreislaufs dienen,
- Filterkerzeneinsätze, die zum Herausfiltern von Feststoffen aus dem Reaktorkreislauf dienen,
- Verdampferkonzentrate als Rückstände aus der Eindampfanlage der Abwasseraufbereitung,
- Filterkonzentrate, die abfiltrierten Stoffe von Reinigungssystemen beinhalten,
- Festabfälle wie beispielsweise Papier, Kleidungsstücke, Metalle, Bauschutt und
- flüssige Abfälle wie beispielsweise Öle.

Bis zur Einstellung des Leistungsbetriebs sind abgebrannte Brennelemente angefallen. Diese sind hochradioaktiv und wärmeentwickelnd. Hochradioaktive Abfälle haben einen relativ geringen Anteil (circa 10 Prozent) am Abfallvolumen, enthalten aber den ganz überwiegenden Anteil (circa 99,9 Prozent) der gesamten Radioaktivität. Nach Beendigung des Leistungsbetriebs werden abgebrannte Brennelemente aus dem Reaktorkern entladen und in das Brennelementlagerbecken verbracht. Dort nimmt die Aktivität und damit die Wärmeentwicklung über mehrere Jahre soweit ab, dass die Brennelemente am Ende ihrer Einsatzzeit in einen Transport- und Lagerbehälter verladen werden können (Näheres zum Anfall abgebrannter Brennelemente siehe Kapitel 5.1).

Die stillgelegten Kernkraftwerke der Energieversorgungsunternehmen in Baden-Württemberg werden auf Basis entsprechender Genehmigungen abgebaut. Im Jahr 2005 wurde der Leistungsbetrieb des Kernkraftwerks Obrigheim (KWO) eingestellt und auf Grundlage der 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (SAG) der Rückbau begonnen. Seitdem wurden weitere Genehmigungen (2. SAG, 3. Abbaugenehmigung, 4. Abbaugenehmigung) erteilt und der Abbau des KWO ist weit fortgeschritten.

Der Betrieb der Kernkraftwerksblöcke GKN I und KKP 1 wurde in Reaktion auf die Nuklearkatastrophe in Japan im März 2011 vorläufig eingestellt. Mit dem Inkrafttreten der 13. Atomgesetznovelle war es diesen Anlagen nicht mehr erlaubt, den Leistungsbetrieb aufzunehmen. Im Februar 2017 wurde für GKN I und im April 2017 für KKP 1 jeweils die 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung erteilt. Die Abbauarbeiten schreiten seither voran. Die zweiten Genehmigungen zum Abbau weiterer Anlagenteile wurden für GKN I im Dezember 2019 und für KKP 1 im Juli 2020 erteilt.

Der Leistungsbetrieb des Kernkraftwerksblocks KKP 2 endete gemäß gesetzlicher Vorgabe zum 31. Dezember 2019. Die Stilllegungs- und Abbaugenehmigung für KKP 2 wurde bereits am 17. Dezember 2019 erteilt.

Der Leistungsbetrieb des Kernkraftwerksblocks GKN II endete gemäß gesetzlicher Vorgabe zum 15. April 2023. Die Stilllegungs- und Abbaugenehmigung für GKN II wurde am 4. April 2023 erteilt.



Abbildung 2: Abbau eines Dampferzeugers im Kernkraftwerk Obrigheim im Rahmen der 2. AG (Quelle EnKK)

Beim Rückbau fallen im Wesentlichen schwach- und mittelradioaktive Abfälle an, die dann zwischengelagert werden müssen. Derzeit geht die nationale Entsorgungsplanung von einem durchschnittlichen Abfallgebindevolumen von circa 5.000 m³ schwach- und mittelradioaktiver Stilllegungs- und Rückbauabfälle pro Kernkraftwerksblock aus, die dem Endlager des Bundes für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (Konrad) zugeführt werden müssen. Das tatsächliche Volumen der Stilllegungs- und Rückbauabfälle ist von der Größe beziehungsweise Leistung und dem Reaktortyp eines Kernkraftwerks (Siedewasserreaktor oder Druckwasserreaktor) abhängig.

2.2 Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe

Abgebrannte Brennelemente wurden bis Dezember 1990 in der WAK, die sich auf dem Betriebsgelände des heutigen Karlsruher Instituts für Technologie Campus Nord (KIT Campus Nord, ehemals Forschungszentrum Karlsruhe) befindet, aufgearbeitet. Dabei fielen schwach-, mittel- und hochradioaktiver Abfälle an, die mit alphastrahlenden Nukliden belastet sind. Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle wurden bei den Entsorgungsbetrieben der KTE (zum damaligen Zeitpunkt noch WAK GmbH), die sich auf dem Gelände des KIT Campus Nord befinden, konditioniert und werden bis heute dort zwischengelagert.

Die bei der Wiederaufarbeitung angefallenen circa 60 m³ hochradioaktiver Spaltproduktlösung (HAWC, High Active Waste Concentrate) wurden in zwei Lagerbehältern auf dem Betriebsgelände der stillgelegten WAK gelagert. Zur Konditionierung dieses Abfalls wurde zwischen 1999 und 2005 die Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) errichtet. Dort konnte der HAWC in den Jahren 2009 und 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 dicht verschweißten Edelstahl-Behältern (Kokillen) eingeschlossen. Der Verglasungssofen wurde nach Herstellung von 140 Kokillen im Jahr 2010 außer Betrieb genommen.

Fünf mit jeweils 28 hochradioaktiven Glaskokillen beladene CASTOR-Behälter, kurz für Cask for storage and transport of radioactive material, wurden im Jahr 2011 vom Gelände der WAK in das Zwischenlager Nord (ZLN) bei Greifswald transportiert.

Nach Abschätzungen befinden sich jetzt noch radioaktive Stoffe mit einer Aktivität in der Größenordnung von circa $1,7 \cdot 10^{16}$ Bq in der Anlage, wobei das Radionuklid Cäsium-137 den Hauptaktivitätsbeitrag liefert.

Der Rückbau des Prozessgebäudes, in dem die eigentliche Wiederaufarbeitung stattfand, hatte schon Mitte der 1990er Jahre mit der Demontage einzelner Komponenten begonnen, so dass aktuell dort nur noch Restarbeiten durchgeführt werden.

Nach der Verglasung der Spaltproduktlösung können die ehemaligen HAWC-Lagerbehälter und die Verglasungsanlage selbst abgebaut werden. Mit den Arbeiten zur Demontage von HAWC-Lagertanks und -Prozesskomponenten und vorbereitenden Arbeiten zum Abbau von Prozesszellen der VEK wurde begonnen. Die WAK und die VEK sollen nach Auskunft des Betreibers bis Anfang 2047 vollständig abgebaut werden.



Abbildung 3: CASTOR-Beladung mit einer Glaskokille während einer „kalten“ Handhabung (Quelle KTE)



Abbildung 4: Im Februar 2011 auf dem Gelände der WAK zum Abtransport bereitstehende, mit Glaskokillen beladene CASTOR-Behälter (Quelle KTE)

Beim weiteren Rückbau der stillgelegten Wiederaufarbeitungsanlage mit der Verglasungsanlage werden weiterhin schwach- und mittelradioaktive Abfälle anfallen. Aus dem bisherigen Rückbau der WAK (einschließlich VEK) ist bislang etwa ein Drittel der insgesamt aus dem Rückbau zu erwartende Menge an radioaktiven Abfällen angefallen. Insgesamt

werden aus dem Betrieb und dem Rückbau der WAK mehr als 21.000 m³ schwach- und mittelradioaktive Abfälle erwartet, dies entspricht rund 7 % des Endlagervolumens Konrads.

Eine weit größere Menge an Rückbauabfällen ist nicht oder so gering kontaminiert, dass sie nach entsprechender Behandlung und Kontrolle herausgegeben oder gemäß den Regelungen der Freigabe der Strahlenschutzverordnung uneingeschränkt oder spezifisch, beispielsweise zur Beseitigung auf eine Deponie, freigegeben werden kann. Bei diesen Stoffen handelt es sich nicht um radioaktive Abfälle.

2.3 Forschungseinrichtungen

Im ehemaligen Forschungszentrum Karlsruhe (heute: KIT Campus Nord) fielen bei der nuklearen Forschung mehr als fünf Jahrzehnte lang schwach-, mittel- und hochradioaktive Abfälle an.

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle, die aus den Forschungs- und Versuchsreaktoren stammen, wurden in den Entsorgungsbetrieben der KTE verarbeitet und konditioniert. Bei der Konditionierung wurden die Abfälle aus der Forschung zum Teil mit den stark alpha-strahlenden Betriebsabfällen aus der WAK vermischt. Diese konditionierten Abfälle lagern derzeit bei den Entsorgungsbetrieben der KTE auf dem Gelände des KIT Campus Nord. Die WAK und die Forschungs- und Versuchsreaktoren wurden 2009 für den weiteren Rückbau an die KTE übertragen.

Einige ehemalige Forschungseinrichtungen am Standort wurden bereits stillgelegt und sind an die KTE übergegangen (siehe Kapitel 3.2 und 3.4). Durch zahlreiche Forschungseinrichtungen, die beispielsweise Forschungs- und Entwicklungsarbeit zur Langzeitsicherheit der Endlagerung radioaktiver Abfälle betreiben oder die Untersuchungen an Materialien für die Kernfusionsreaktortechnik durchführen, fallen auch heute noch schwach- und mittelradioaktive Abfälle auf dem Gelände des KIT Campus Nord an.

2.4 Weitere stillgelegte Kerntechnische Anlagen und Einrichtungen am KIT Campus Nord

Auf dem Gelände des KIT Campus Nord wurden neben der ehemaligen Wiederaufarbeitungsanlage (WAK) weitere kerntechnische Forschungseinrichtungen und Versuchsanlagen wie beispielsweise die Heißen Zellen (HZ), der Forschungsreaktor 2 (FR 2), der Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR) und die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage II (KNK II) stillgelegt.



Abbildung 5: Reaktorgebäude des sich im fortgeschrittenen Rückbau befindlichen MZFR (Markierungen an den Gebäudedestrukturen rühren aus Messungen zum Zweck der Freigabe her) (Quelle KTE)

Die genannten Anlagen und Einrichtungen werden derzeit zurückgebaut. Einzige Ausnahme bildet der FR 2, der sich im sicheren Einschluss befindet. Beim Rückbau fallen schwach- und mittelradioaktive Anlagenteile und Bauschutt an, die als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssen.

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 (zum Beispiel Leuchtfarbenindustrie, pharmazeutische Forschung, Materialprüfung), aus der medizinischen Diagnostik, von Bildungs- und Forschungseinrichtungen und von privaten Ablieferern.

Zur Erledigung dieser Aufgabe hat das Land Baden-Württemberg mit dem damaligen Forschungszentrum Karlsruhe einen Vertrag geschlossen, aufgrund dessen nun die KTE als diesbezügliche Rechtsnachfolgerin des Forschungszentrums Karlsruhe mit ihren Entsorgungsbetrieben nahezu alle Aufgaben und Pflichten für das Land erfüllt. Dementsprechend nehmen die Entsorgungsbetriebe der KTE Aufgaben wie die Annahme und die Konditionierung der radioaktiven Abfälle sowie die Zwischenlagerung und den späteren Abtransport zum Endlager wahr.

Die an die Landessammelstelle abgegebenen radioaktiven Abfälle stammen aus den Bereichen Gewerbliche Wirtschaft, Forschung und Entwicklung sowie Öffentliche Verwaltung. Es handelt sich hierbei überwiegend um leicht brennbare Materialien wie zum Beispiel Kunststoffe, Zellstoff und Folie. Des Weiteren werden dort Laborabfälle, Lösemittel und nicht brennbares Material wie Prüfstrahler und Glasabfälle abgegeben. Je nach Materialart wird der Abfall unter hohem Druck verpresst, verbrannt, eingedampft oder zementiert.

Diese Abfälle der Landessammelstelle Baden-Württemberg sind nur ein sehr geringer Teil der bei den Entsorgungsbetrieben verarbeiteten bzw. gelagerten Gesamtmenge. Eingehende, zu behandelnde Stoffe kommen bei den Entsorgungsbetrieben zum größeren Teil von den kerntechnischen Anlagen am Standort. Im Rahmen freier Kapazitäten werden auch Abfallbehandlungsleistungen für externe Dritte angeboten, die allerdings den radioaktiven Abfall zurücknehmen und bei sich lagern müssen.



Abbildung 6: Reststoffeingangslager der Entsorgungsbetriebe (Quelle KTE)

3 Schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Dem Umweltministerium Baden-Württemberg wird entsprechend § 1 AtEV regelmäßig über schwach- und mittelradioaktive, nicht wärmeentwickelnde Abfälle bei den Kernkraftwerken und den Entsorgungsbetrieben der KTE auf dem Gelände des KIT Campus Nord berichtet. Die Tabellen in Anhang 1 enthalten in einer zusammenfassenden Darstellung Angaben zum Zugang, Anfall und Bestand an radioaktiven Abfällen an den Kernkraftwerksstandorten und bei den Entsorgungsbetrieben der KTE. Damit sind alle wesentlichen radioaktiven Abfallströme in Baden-Württemberg erfasst.

3.1 Anfall schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

Der Anfall schwach- und mittelradioaktiver, nicht wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle im vergangenen Jahr in Baden-Württemberg ist in Anhang 1 – getrennt nach den Anlagen und Einrichtungen – dargestellt.

Bei den Angaben 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 Unterschiede in und zwischen den verschiedenen Anlagen und Einrichtungen ergeben können.

Bei den Kernkraftwerken und den Reststoffbearbeitungszentren an den Standorten fällt zusätzlich zu den Rohabfällen ein Teil der Abfälle verfahrensabhängig (zum Beispiel Produkte aus der In-fass-Trocknung oder Teile aus dem Abbau eines Reaktordruckbehälters) auch unmittelbar, das heißt ohne die Vorstufe Rohabfall, als behandelter Abfall an (vgl. Anhang 1 Tabellen 1 und 3). Sie werden vor der Überführung in einen Endlagerbehälter keiner weiteren Behandlung unterzogen.

Bei den Entsorgungsbetrieben der KTE werden anfallende Abfälle unter den behandelten Abfällen bilanziert (vgl. Anhang 1 Tabelle 7).

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 klassifiziert und fachgerecht konditioniert werden. In der Regel wird dabei auch das Volumen deutlich reduziert. Die Konditionierung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen erfolgt zum Beispiel durch Verpressen, Verbrennen, Eindampfen, Trocknen oder Zementieren.

Die umfangreichsten Konditionierungsanlagen Deutschlands betreiben die Entsorgungsbetriebe der KTE. Dort können schwach- und mittelradioaktive Abfälle beziehungsweise Reststoffe zerlegt, sortiert, dekontaminiert, falls möglich freigegeben oder durch fachgerechtes Konditionieren für die Endlagerung vorbereitet werden.



Abbildung 7: Beschickungsbox der Verbrennungsanlage bei den Entsorgungsbetrieben (Quelle KTE)

Über Baden-Württemberg hinaus sind als Beispiele für bedeutende zentrale Abfallbehandlungsanlagen, in denen auch Abfälle aus Baden-Württemberg konditioniert werden, die Gesellschaft für Nuklear-Service (GNS)-Anlagen in Jülich, die Einschmelzanlage von Siempelskamp in Krefeld oder die Verbrennungsanlage von Cyclife in Nyköping (Schweden) zu nennen.

Darüber hinaus gibt es dezentrale Abfallbehandlungsanlagen an den Kernkraftwerksstandorten. Dort werden radioaktive Abfälle aus dem Betrieb der Anlage oder dem Rückbau konditioniert.

Im Zusammenhang mit dem laufenden Rückbau der Kernkraftwerksblöcke an den Standorten Neckarwestheim und Philippsburg ist jeweils ein Reststoffbearbeitungszentrum errichtet worden, das von einer eigens dafür gegründeten Gesellschaft betrieben wird. Diese Reststoffbearbeitungszentren sind Anfang 2021 in Betrieb genommen worden. Dort werden radioaktive Reststoffe aus dem Rückbau behandelt und entweder freigegeben oder als radioaktive Abfälle fachgerecht konditioniert.

Die Art und Weise der Konditionierung muss Anforderungen genügen, die sich aus den Vorgaben der Annahmebedingungen des jeweiligen Endlagers und der AtEV ergeben.

Das Endlager Konrad für schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung wurde am 22. März 2002 ohne sofortige Vollziehung genehmigt, sodass 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, wodurch sich die Errichtung und die geplante Inbetriebnahme weiter verzögerten.

Nachdem der Genehmigungsbescheid zur Errichtung des Endlagers Konrad rechtskräftig wurde, war zunächst vorgesehen, das Endlager bis 2014 in Betrieb zu nehmen. Nach derzeitigen Planungen kann mit einer Einlagerung nicht vor 2029 begonnen werden. Die Annahme und Einlagerung von Abfällen wird nach aktuellen Planungen über 40 Jahre andauern.

Wegen des unsicheren Zeitpunkts 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 einer jahrzehntelangen oberirdischen Lagerung standhalten. Konditionierte Abfälle müssen auch langfristig überwacht werden, um zum Beispiel Korrosionserscheinungen an den Abfallbehältern rechtzeitig erkennen und die dann notwendigen Maßnahmen zur Nachkonditionierung und Umverpackung veranlassen zu können. Im Jahr 2012 wurden hierzu in Baden-Württemberg an allen Standorten mit Zwischenlagern Inspektionsprogramme eingeführt.

Die Konditionierung radioaktiver Abfälle erfolgt auf Grundlage von Ablaufplänen, die von der BGE geprüft und freigegeben wurden. Die Anforderungen aus den Endlagerungsbedingungen sind in diesen Ablaufplänen umgesetzt. Für das Endlager Konrad sind derzeit die Endlagerungsbedingungen vom Dezember 2014 gültig.

Die bestehenden Ablaufpläne der KTE für Standardkonditionierverfahren wurden teilweise noch auf Basis der vorläufigen Endlagerungsbedingungen Konrad aus dem Jahr 1995 von der KTE erstellt und vom damaligen Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) freigegeben. Diese Ablaufpläne werden kontinuierlich gemäß Qualifizierungskonzept aktualisiert und an den aktuellen Stand angepasst. 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 da-

her 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 und betrieblichen Gründen eine umfangreiche längerfristige Zwischenlagerung oder Transportbereitstellung von radioaktiven Abfällen an den Standorten der kerntechnischen Anlagen notwendig. Eine spätere Inbetriebnahme des Endlagers oder Engpässe bei der Einlagerung können durch eine ausreichende Bemessung der Kapazitäten der Lager kompensiert werden.

Abfall-Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (im Gegensatz zu „Brennelemente-Zwischenlager“ für hochradioaktiven Abfall) befinden sich in Baden-Württemberg an den Kernkraftwerksstandorten und werden von der BGZ betrieben. Darüber hinaus gibt es die Zwischenlager der Entsorgungsbetriebe der KTE.

Der Bestand schwach- und mittelradioaktiver Abfälle der baden-württembergischen Kernkraftwerke, der Abfall-Zwischenlager, der Reststoffbearbeitungszentren und der Entsorgungsbetriebe der KTE ist in Anhang 1 aufgeführt.

ABFALL-ZWISCHENLAGERUNG AN DEN STANDORTEN DER KERNKRAFTWERKE

Beim Betrieb und Rückbau von kerntechnischen Anlagen fallen schwach- und mittelradioaktiven Abfälle an. Derzeit geht die nationale Entsorgungsplanung von einem durchschnittlichen Volumen an endzulagernden radioaktiven Stilllegungs- und Rückbauabfällen von circa 5.000 m³ pro Kernkraftwerksblock aus. Das tatsächlich anfallende Volumen ist jedoch wesentlich von der Größe beziehungsweise Leistung und dem Typ des Reaktors abhängig.

KWO mit einer früheren Leistung von 357 MW zählte zu den kleineren Anlagen der Energieversorgungsunternehmen.

KWO rechnet für den vollständigen Abbau der Anlage mit einer Menge an radioaktiven Abfällen von circa 3.700 m³ (Endlagergebundevolumen). Das AZO mit einer Kapazität von circa 3.800 m³ ist daher ausreichend, um neben den bereits im Leistungsbetrieb angefallenen Abfällen, die beim Rückbau anfallenden Abfälle aufzunehmen. Die Lagerkapazität ist derzeit zu etwa 53 Prozent ausgeschöpft. Die Genehmigung für das AZO wurde am 8. Oktober

2019 erteilt. Nach Maßgabe des § 3 Abs. 2 des Entsorgungsübergangsgesetzes ging das AZO zum Stichtag 1. Januar 2020 an die BGZ über.

Die Lagerkapazität des Kernkraftwerks am Standort Neckarwestheim beträgt 2.128 m³ und ist derzeit zu ca. 38 Prozent belegt. Die bis zum Ende des Rückbaus sowohl von GKN I als auch von GKN II erwartete Menge an radioaktiven Abfällen am Standort Neckarwestheim beträgt circa 12.900 m³ (Endlagergebindevolumen). Um das Kernkraftwerk vollständig abbauen zu können, hat der Betreiber daher ein weiteres Abfall-Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle auf dem Anlagengelände errichtet und im Dezember 2020 in Betrieb genommen. Nach Maßgabe des § 3 Abs. 2 des Entsorgungsübergangsgesetzes ging das Lager nach Inbetriebnahme am 7. Dezember 2020 an die BGZ über.

Die Lagerkapazität des Kernkraftwerks am Standort Philippsburg beträgt 3.970 m³ und ist derzeit zu circa 56 Prozent belegt. Die bis zum Ende des Rückbaus sowohl von KKP 1 als auch von KKP 2 erwartete Menge an radioaktiven Abfällen beträgt circa 15.300 m³ (Endlagergebindevolumen). Der Betreiber hat, um das Kernkraftwerk vollständig abbauen zu können, auch an diesem Standort ein weiteres Abfall-Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle auf dem Anlagengelände (AZP) errichtet und im April 2020 in Betrieb genommen. Nach Maßgabe des § 3 Abs. 2 des Entsorgungsübergangsgesetzes ging das Lager nach Inbetriebnahme am 14. April 2020 an die BGZ über.

Anfall und Bestand bei den Kernkraftwerken kann aus den Tabellen 1 und 2 des Anhangs 1 entnommen werden.



Abbildung 8: Abfallzwischenlager der BGZ in Neckarwestheim (Quelle BGZ)

Die Abfalllager der BGZ am Standort Neckarwestheim und am Standort Philippsburg sind so bemessen, dass ausreichend Kapazitäten für die Aufnahme aller schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus dem Rückbau der Kernkraftwerke der EnKK vorhanden sind.

Die BGZ hat die Aufgabe, die sichere Zwischenlagerung der Abfälle bis zur Abgabe an ein Endlager zu gewährleisten. Nach Vorliegen der Voraussetzungen gemäß Entsorgungsübergangsgesetz geht die Verantwortung für die Entsorgung der Abfälle an die BGZ über. Sie sind dann Eigentum der BGZ.

Abfälle, die die Voraussetzungen zur Übergabe an die BGZ nicht erfüllen, können zwar in den Abfall-Zwischenlagern gelagert werden, befinden sich jedoch weiterhin im Eigentum des Abfallverursachers.

Zugang und Bestand bei den Abfall-Zwischenlagern der BGZ kann aus den Tabellen 5 und 6 des Anhang 1 entnommen werden.

ABFALL-ZWISCHENLAGER DER KTE

Bei den Entsorgungsbetrieben der KTE lagern im Wesentlichen Abfälle, die beim Betrieb und Rückbau der kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen des Bundes auf dem Gelände des KIT Campus Nord angefallen sind. In Bezug auf das Volumen sind dies nahezu die Hälfte der schwach- und mittelradioaktiven konditionierten Abfälle Deutschlands. Diese

Abfälle sind überwiegend alphakontaminiert und konnten deshalb nur zu einem geringen Teil in dem seit 1998 geschlossenen Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) endgelagert werden.

Bei den Entsorgungsbetrieben der KTE 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.

Im LAW-Zwischenlager (L519/526) für nicht wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle wurde zur Schaffung weiterer logistischer Kapazitäten 2004 zu den drei bestehenden Lagerhallen für Endlagerbehälter eine weitere Halle zur Handhabung, zum Packen und zum Vergießen von Endlagerbehältern sowie im ersten Quartal 2023 die neue Konrad Logistik-/Bereitstellungshalle L567 in Betrieb genommen.

Für die Entsorgungsbetriebe besitzt die KTE eine Umgangsgenehmigung nach § 9 AtG. Dementsprechend sind bei den Teilbetriebstätten der Zwischenlager (LAW und MAW) die maximalen Aktivitäten (Umgangsmenge) genehmigt und nicht die Kapazität. Auf Grundlage einer möglichen Belegung der Zwischenlager mit Zwischenlagerbehältern können Lagerkapazitäten berechnet werden.



Abbildung 9: Zwischenlager bei den Entsorgungsbetrieben der KTE (Quelle KTE)

Die sich ergebende „neue“ Lagerkapazität (L519/526 und L567) für die schwachradioaktiven Abfälle (LAW) beträgt 83.824 m³ Zwischenlagervolumen. Zusätzlich existiert ein Pufferlager mit einer Kapazität von circa 2.000 m³. Die LAW-Zwischenlagerkapazität ist mit circa 72.700 m³ (Stand 31.12.2024) ausgenutzt, das heißt, die Lagerauslastung beträgt circa 87 Prozent. Die Lagerkapazität für MAW liegt unter Ausnutzung von Rangierflächen bei 1.050 m³ MAW-Lagervolumen. Derzeit ist das MAW-Lager einschließlich Rangierflächen nahezu ausgelastet.

Da für den weiteren ungestörten Rückbau der kerntechnischen Anlagen auf dem Gelände des KIT Campus Nord ausreichende Zwischenlagerkapazitäten entscheidend sind, wurde ein Konzept zur Kapazitätserweiterung sowohl im LAW- als auch im MAW-Bereich erarbeitet und umgesetzt:

- MAW-Lager (Lagergebäude L566): Für den kontinuierlichen Rückbau der Anlagen der KTE ist geplant, die Erweiterung des MAW-Lagers bis zum 2.Quartal 2025 zu realisieren. Mit der geplanten Verdoppelung der Lagerkapazitäten des MAW-Lagers steht der KTE für die Entsorgung ihrer MAW-Abfälle dann ausreichend Zwischenlagerkapazität zur Verfügung. Um die Annahmefähigkeit für MAW-Abfälle bei KTE bis zur Inbetriebnahme der zusätzlichen Lagerbereiche sicherzustellen, müssen ausgewählte Gebinde aus dem vollen MAW-Lager nach qualifizierten Verfahren in zugelassene Konrad-Behälter verpackt und in das LAW-Zwischenlager ausgelagert werden.
- LAW-Zwischenlagerkapazität: Bei einer Verzögerung der Abgabe an ein Endlager über das Jahr 2032 hinaus können die Vorteile der Konrad Logistik-/Bereitstellungshalle L567 nicht mehr vollumfänglich genutzt werden. Damit verbunden wären zunehmende logistische Einschränkungen der gezielten Auslagerung von Containern aus L567 für die Abgabe an das Endlager, bis hin zum Erfordernis eines weiteren Neubaus. Dieser wird ab etwa Mitte/Ende der 2030er Jahre erforderlich, wenn keine Abgabe an das Endlager in Sicht ist.

Zugang, Anfall und Bestand bei den Entsorgungsbetrieben der KTE kann aus den Tabellen 7 und 8 des Anhangs 1 entnommen werden.

DIE ABFALL-ZWISCHENLAGER GORLEBEN UND AHAUS

Für schwach- und mittelradioaktive Abfälle gibt es neben den Abfall-Zwischenlagern an den Standorten noch das Abfall-Zwischenlager Gorleben (AZG) und das Abfall-Zwischenlager Ahaus (AZA), in denen schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus ganz Deutschland und dabei auch aus Baden-Württemberg zwischengelagert werden. Im Juli 2020 wurde die Genehmigung für die Einlagerung im AZA durch die Bezirksregierung Münster neu erteilt

und ist nun bis zum Jahr 2057 befristet. Das AZA besteht aus zwei getrennten Lagerbereichen, von denen einer für CASTOR-Behälter und einer für die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen vorgesehen ist.

Der externe Bestand der Kernkraftwerke wie im AZA, dem AZG, aber auch in den Abfall-Zwischenlagern der BGZ – sofern von der BGZ noch keine Übernahme stattgefunden hat und bei Konditionierungseinrichtungen (siehe nächster Abschnitt) ist unter Bestand Rohabfall/behandelter Abfall der Tabelle 2 des Anhangs 1 aufgeführt.

VORÜBERGEHENDE ZWISCHENLAGERUNG BEI DEN KONDITIONIERERN

Zusätzlich erfolgt eine vorübergehende Zwischenlagerung von Abfällen im Rahmen der Konditionierung. Hierunter fallen Abfälle oder Zwischenprodukte in Ein- oder Ausgangslagern von Konditionierern wie der Verbrennungsanlage in Studsvik/Cyclife, der GNS in Jülich oder den Entsorgungsbetrieben der KTE bei Karlsruhe. Aber auch die Abfälle bei den Reststoffbearbeitungszentren der Gesellschaft für nukleares Reststoffrecycling mbH (GNR) an den Kernkraftwerksstandorten fallen darunter. Diese Abfälle müssen in der Regel nach einer gewissen Zeit an den Ablieferer zurückgeführt werden.

Zugang, Anfall und Bestand bei den Reststoffbearbeitungszentren der GNR an den Kernkraftwerksstandorten kann aus den Tabellen 3 und 4 des Anhangs 1 entnommen werden.

3.4 Transporte schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

Transporte von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen aus kerntechnischen Anlagen erfolgen

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

und von sonstigen radioaktiven Abfällen aus den Bereichen Forschung, Industrie oder Medizin

- vom Abfallerzeuger zu einer Landessammelstelle entsprechend § 5 AtEV,
- 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) beziehungsweise auf dem „Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen“ (ADN).

4 Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Dem Umweltministerium Baden-Württemberg ist aufgrund des § 9a AtG über die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente aus den baden-württembergischen Kernkraftwerken, über die zurückzuführenden hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente im Ausland und über den Verbleib der bei der Wiederaufarbeitung gewonnenen Kernbrennstoffe zu berichten.

Im Folgenden werden zunächst die physikalisch-technischen Randbedingungen erläutert. Abgebrannte Brennelemente besitzen unmittelbar nach ihrer Entladung aus dem Reaktor noch eine sehr hohe Strahlungsleistung und Wärmeentwicklung aufgrund der weiterhin stattfindenden Nachzerfälle. Sie müssen deshalb an den Kraftwerksstandorten in gekühlten Lagerbecken oder Nasslagern verbleiben, bis die Strahlung von kurzlebigeren Radionukliden ausreichend abgeklungen ist.

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, zum Beispiel in TN24E-, CASTOR V/19- oder CASTOR V/52-Behältern, ist jedoch erst nach einer Abklingzeit von etwa 3 bis 5 Jahren bei reinen Uran-Brennelementen und – je nach Beladeplanung – einer längeren Abklingzeit bei den Mischoxid (MOX)-Brennelementen möglich. In den MOX-Brennelementen entstehen größere Mengen an Transuranen, sodass diese Brennelemente aufgrund ihrer hohen Wärmeleistung länger im Brennelementlagerbecken bleiben müssen, bevor sie trocken zwischengelagert werden können.

Nach der erforderlichen Abklingzeit liegt eine entsprechend geringere Wärmeentwicklung vor. Außerdem sind dann die kurzlebigen Nuklide wie zum Beispiel Iod-131 weitgehend zerfallen.



Abbildung 10: Beladung eines CASTOR-Behälters mit einem Brennelement (Beladung unter Wasser im Lagerbecken) (Quelle EnKK)

Für eine direkte untertägige Endlagerung ist die verbleibende Wärmeentwicklung dann allerdings immer noch zu hoch. Daher müssen vor einer Endlagerung die Brennelemente ebenso wie die hochradioaktiven verglasten Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung noch einmal 30 bis 40 Jahre zwischengelagert werden, sodass ihre Nachzerfallswärme weiter abklingt. Dabei hat das für die Endlagerung vorgesehene Wirtsgestein einen bedeutenden Einfluss auf die erforderliche Abklingzeit.

4.1 Anfall abgebrannter Brennelemente in Baden-Württemberg und Anfall radioaktiver Abfälle aus dem Ausland

ABGEBRANNTTE BRENNELEMENTE

Aufgrund der Einstellung des Leistungsbetriebs des letzten Kernkraftwerkes in Baden-Württemberg, GKN II, am 15.04.2023, fallen keine weiteren abgebrannten Brennelemente

mehr an. Mit der Entladung des Reaktorkerns in Folge der Stilllegung der Anlage sind die 193 Brennelemente aus dem Reaktordruckbehälter in das Lagerbecken verbracht worden.

Der Bestand abgebrannter Brennelemente zum Ende letzten Jahres (Stichtag 31.12.24) an den Standorten ist in Anhang 2 aufgeführt.

RADIOAKTIVE ABFÄLLE AUS DER WIEDERAUFARBEITUNG

Bis 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, sogenanntem „erbrütetem“ Plutonium enthalten. Das Transuran Plutonium und Uran werden bei der Wiederaufarbeitung von den Spaltprodukten (zum Beispiel Cäsium, Technetium) und den anderen Transuranen (zum Beispiel Neptunium, Americium) abgetrennt, sodass sie erneut als Kernbrennstoff in Kernkraftwerken eingesetzt werden können. Die Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente erfolgte aufgrund entsprechender Verträge der Energieversorgungsunternehmen mit den Firmen Orano Recyclage (ehemals AREVA NC) in Frankreich (Wiederaufarbeitung in La Hague) und NDA/NTS (zuvor: Sellafield Ltd.) in Großbritannien (Wiederaufarbeitung in Sellafield). Transporte von abgebrannten Brennelementen zum Zwecke der Wiederaufarbeitung sind gemäß Atomgesetz seit 1. Juli 2005 untersagt. Alle zuvor abgelieferten Brennelemente wurden mittlerweile in den Anlagen in Sellafield und La Hague vollständig wiederaufgearbeitet.

KWO hatte Wiederaufarbeitungsverträge mit der Firma Orano, die in La Hague eine Wiederaufarbeitung von 190,7 Tonnen Schwermetall aus KWO (mit Abfallrückführung) vornahm. Außerdem wurden bei der WAK während ihrer damaligen Betriebszeit 151 Brennelemente aus KWO aufgearbeitet.

KKP hatte mit der Orano und der NDA/Sellafield Ltd. Wiederaufarbeitungsverträge abgeschlossen. Mit der Orano 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. Der Vertrag mit NDA/Sellafield Ltd. wurde gekündigt, bevor Brennelemente angeliefert wurden.

GKN hatte mit der Orano und der NDA/Sellafield Ltd. Wiederaufarbeitungsverträge für GKN I-Brennelemente abgeschlossen. Mit der Orano existieren Alt- und Neuverträge. 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

wurden 50,7 Tonnen (142 Brennelemente) angeliefert und aufgearbeitet. Mit NDA/Sellafield Ltd. existiert ein Vertrag über die Wiederaufarbeitung von 128,3 Tonnen Schwermetall (359 Brennelemente), von denen circa 110,5 Tonnen (308 Brennelemente) angeliefert und wiederaufgearbeitet wurden. Kleine Mengen an abgebrannten Brennelementen wurden auch bei der WAK aufgearbeitet. Hierbei handelte es sich um 15,7 Tonnen Schwermetall beziehungsweise 44 GKN I-Brennelemente. Von GKN II gingen keine Brennelemente in die Wiederaufarbeitung.

Die bei der Wiederaufarbeitung des Kernbrennstoffs anfallenden radioaktiven Abfälle, wie Spaltproduktlösungen, Strukturteile der Brennelemente, technologische Abfälle (kontaminierte Materialien 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 auch Transurane handelt, in eine Glasmatrix eingebunden. Das Glasprodukt erstarrt in einer Kokille, die zusätzlich dicht verschweißt wird, sodass ein Abfallprodukt entsteht, das die Radionuklide sicher einschließt. Glaskokillen sind zylindrische Edelstahlbehälter mit einem Volumen von circa 180 Litern („Standardkokille“), die etwa 400 Kilogramm Glasprodukt enthalten.

Die deutschen Energieversorgungsunternehmen hatten insgesamt 5.393 Tonnen Schwermetall abgebrannter Brennelemente in die Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague (Frankreich) und 854 Tonnen Schwermetall abgebrannter Brennelemente in die Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield (Großbritannien) geliefert.¹ Die bei der Wiederaufarbeitung im Ausland angefallenen radioaktiven Abfälle müssen auf Grund bilateraler Regierungsvereinbarungen zwischen der deutschen und der französischen beziehungsweise der britischen Regierung nach der Wiederaufarbeitung in die Bundesrepublik zurückgeführt werden. Nahezu die gesamte Aktivität ist in Form von Glaskokillen zurückzunehmen.

Aus der Wiederaufarbeitung in La Hague und in Sellafield werden 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 der Wiederaufarbeitung sind daher keine schwach- und mittelradioaktiven Abfälle zurückzuführen. Eine entsprechende Vereinbarung, wie sie für die Rückführung aus dem Vereinigten Königreich bereits existiert, wurde zwischen Orano Recyclage und den deutschen Energieversorgungsunternehmen sowie zwischen Frankreich und der Bundesrepublik im August 2021 unterzeichnet. Zum Massenausgleich sind zusätzlich bis zu 30 gebrauchte Großbehälter aus Frankreich abzutransportieren und der Entsorgung zuzuführen.

¹ GRS 2018

Angaben über die frühere Anlieferung von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung und die bei der Wiederaufarbeitung angefallenen radioaktiven Abfälle können Anhang 3 (Tabellen 11 und 12) entnommen werden. Über den aktuellen Stand der Rückführung und Zwischenlagerung der Abfälle gibt Kapitel 4.4 Auskunft.

4.2 Verbleib und Wiedereinsatz der bei der Wiederaufarbeitung im Ausland gewonnen Kernbrennstoffe

Bei der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen im Ausland wurden die Kernbrennstoffe Uran und Plutonium gewonnen. Bei der Verwertung durch Wiederaufarbeitung ist nachzuweisen, dass der Wiedereinsatz des gewonnenen Plutoniums in Kernkraftwerken gewährleistet ist (§ 9a Abs. 1c AtG). Für das gewonnene Uran ist der sichere Verbleib nachzuweisen (§ 9a Abs. 1d AtG).

Das KKP hat das letzte der Anlage zugeordnete Plutonium aus der Wiederaufarbeitung im Jahr 2006 durch Einsatz der entsprechenden Mischoxid (MOX)-Brennelemente verbraucht. Das letzte der Anlage KWO zugeordnete Plutonium wurde ebenfalls im Jahr 2006 im KKP eingesetzt. Das GKN hat das letzte der Anlage zugeordnete Plutonium im Jahr 2014 eingesetzt.

Das aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente im Ausland gewonnene Uran wurde bei KWO, KKP und GKN durch Einsatz entsprechender Uranoxid-Brennelemente verbraucht.

Die baden-württembergischen Anlagen haben damit den Nachweis für den Wiedereinsatz beziehungsweise die Entsorgung der aus der Wiederaufarbeitung im Ausland gewonnenen Kernbrennstoffe erbracht.

4.3 Möglichkeiten der Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung

Zur Lagerung abgebrannter Brennelemente und hochradioaktiver Glaskokillen in einem Zwischenlager an einem Standort wird in Deutschland eine Genehmigung nach § 6 AtG beziehungsweise nach § 7 AtG (wenn es sich um eine Zwischenlagerung im Zusammenhang des Betriebs der Anlage handelt) benötigt. Bei der Zwischenlagerung unterscheidet man in „trockene“ und „nasse“ Lagerung sowie in „zentrale“ und „dezentrale“ Lagerung.

TROCKENE LAGERUNG IN ZENTRALEN UND DEZENTRALEN ZWISCHENLAGERN

Eine trockene zentrale Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente aus dem Betrieb deutscher Kernkraftwerke und hochradioaktiver Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung im Ausland erfolgt zurzeit in folgenden zentralen Zwischenlagern:

- in Deutschland in den Brennelemente-Zwischenlagern Gorleben (Brennelemente und Glaskokillen) und Ahaus (Brennelemente) in dafür vorgesehenen Transport- und Lagerbehältern und
- in England bei der Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield (hochradioaktive Glaskokillen).

Das ZLN am Standort Greifswald, das ursprünglich nur abgebrannte Brennelemente aus den Kernkraftwerken Greifswald und Rheinsberg aufnehmen sollte, kann als drittes zentrales Zwischenlager in Deutschland betrachtet werden. Mit den Änderungsgenehmigungen vom 24. Februar 2009 und vom 20. April 2010 wurde gestattet, dort CASTOR-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 mit Kernbrennstoff aus den Kernkraftwerken 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.

Eine Anlieferung von abgebrannten Brennelementen in zentrale Zwischenlager oder zur Wiederaufarbeitung im Ausland ist aufgrund von Festlegungen in § 9a des Atomgesetzes nicht mehr möglich. Auch die Anlieferung von radioaktiven Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung im Ausland in zentrale Zwischenlager ist nicht mehr gestattet.

Eine trockene dezentrale Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente aus dem Betrieb deutscher Kernkraftwerke erfolgt in den Brennelemente-Zwischenlagern an den Kernkraftwerksstandorten. Weiterhin sollten nach dem Konzept des Bundes aus 2015 an den Standorten Brokdorf und Isar, wie bereits an den Standorten Biblis und Philippsburg, die bei der Wiederaufarbeitung im Ausland angefallenen und zurückzuführenden Glaskokillen (HAW) zwischengelagert werden (siehe Kapitel 4.4).

Mit § 9a Abs. 2 AtG wurden die Energieversorgungsunternehmen 2002 verpflichtet, Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente an den Kernkraftwerksstandorten zu errichten. Hierdurch sollten Brennelemententransporte in die zentralen Zwischenlager vermieden wer-

den. In Baden-Württemberg hatte der Betreiber für die Standorte Neckarwestheim und Philippsburg daher Zwischenlager (seit 2019 lautet die Bezeichnung „Brennelemente-Zwischenlager“) für seine abgebrannten Brennelemente beantragt und nach Genehmigung und Errichtung im Jahr 2006 beziehungsweise im Jahr 2007 in Betrieb genommen.

Die Genehmigungen sind jeweils zeitlich auf einen Zeitraum von zunächst 40 Jahren ab dem Zeitpunkt der ersten Einlagerung eines Transport- und Lagerbehälters befristet. Die Genehmigungen für die Brennelemente-Zwischenlager laufen demnach in den Jahren 2046 (Neckarwestheim) und 2047 (Philippsburg) aus. Neben der Befristung der Zwischenlagerung ist auch die Aufbewahrung der abgebrannten Brennelemente in den einzelnen Transport- und Lagerbehältern befristet auf jeweils maximal 40 Jahre ab dem Zeitpunkt ihrer Beladung. Diese Befristung greift für die ersten in das jeweilige Brennelemente-Zwischenlager eingelagerten Behälter früher als die Befristung für die Brennelemente-Zwischenlager selbst. Einige Behälter wurden schon Jahre früher beladen und bis zur Inbetriebnahme der Brennelemente-Zwischenlager in den Interimslagern an den Standorten zwischengelagert.

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 (Wissenschaftlich-technische Ingenieurberatung GmbH mit Sitz in Jülich). Die baulichen Anlagen gemäß STEAG-Konzept besitzen eine Wandstärke von circa 1,2 Metern und sind einschiffig aufgebaut. Die baulichen Anlagen gemäß WTI-Konzept besitzen eine Wandstärke von circa 0,85 Metern und sind zweischiffig aufgebaut. Bei den Brennelemente-Zwischenlagern an den süddeutschen Standorten, so auch in Philippsburg, wurde das WTI-Konzept verwirklicht.



Abbildung 11: Brennelemente-Zwischenlager Neckarwestheim (Quelle BGZ)

Eine Ausnahme von den ansonsten üblichen Konzepten einer Lagerhalle mit massiven Betonwänden stellt das Brennelemente-Zwischenlager in Neckarwestheim dar. Dieses wurde in zwei unterirdischen Tunnelröhren in einer Geländekante des ehemaligen Steinbruchs errichtet.

NASSE LAGERUNG AN DEN KERNKRAFTWERKSSTANDORTEN

In Deutschland gibt es für jedes Kernkraftwerk, das sich im Leistungsbetrieb oder in der Nachbetriebsphase befindet, ein Nasslager, in dem abgebrannte Brennelemente zum Abklingen aufbewahrt werden. Dabei handelt es sich um betrieblich notwendige Lager in den Reaktorgebäuden, die als Teil des Kernkraftwerks nach § 7 AtG genehmigt wurden und nicht um Zwischenlager im Sinne des § 6 AtG. In den Nasslagern werden die abgebrannten Brennelemente nach ihrer endgültigen Entladung aus dem Reaktorkern zunächst gelagert, um sie soweit abklingen zu lassen, dass sie anschließend in einen Transport- und Lagerbehälter verladen werden und somit trocken zwischengelagert werden können. Die eigentliche Zwischenlagerung muss in den dafür vorgesehenen „Brennelemente-Zwischenlagern“ erfolgen.

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. Im Nasslager von GKN II stehen insgesamt 786 Positionen für GKN II-Brennelemente zur Verfügung, von denen zum 31.12.2024 560 durch Brennelemente belegt sind. In den Anlagen GKN I, KKP 1, KKP 2 (seit April 2023) und KWO befinden sich keine Brennelemente mehr. Diese Nasslager müssen daher nicht mehr zur Verfügung stehen und können abgebaut oder für andere Zwecke genutzt werden.

4.4 Stand der Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE

KWO verfügte neben dem Brennelementlagerbecken im Reaktorgebäude über ein zusätzliches Brennelementlagerbecken (externes Nasslager), das im Herbst 1999 in Betrieb genommen wurde. Dort lagerten bis 2017 342 abgebrannte Brennelemente. Da für den weiteren Abbau die Brennelemente aus dem Lagerbecken entfernt werden mussten, hatte der Betreiber mit Schreiben vom 10. Dezember 2013 beim damals zuständigen BfS einen Antrag nach § 6 AtG zur Aufbewahrung der KWO-Brennelemente im Brennelemente-Zwischenlager (damals noch „Standortzwischenlager“) GKN gestellt. Die entsprechende Genehmigung wurde am 10. August 2016 erteilt. Hierzu ergänzend wurde am 27. März 2014 ein Antrag beim damals zuständigen BfS auf Beförderung gemäß § 4 AtG für insgesamt 15 CASTOR-Behälter (der Bauart 440/84mvK) von KWO nach GKN gestellt. Die Zuständigkeit ging am 30. Juli 2016 auf das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE),

heute Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), über. Die Beförderungsgenehmigung nach § 4 AtG hat das BfE am 16. Mai 2017 erteilt.

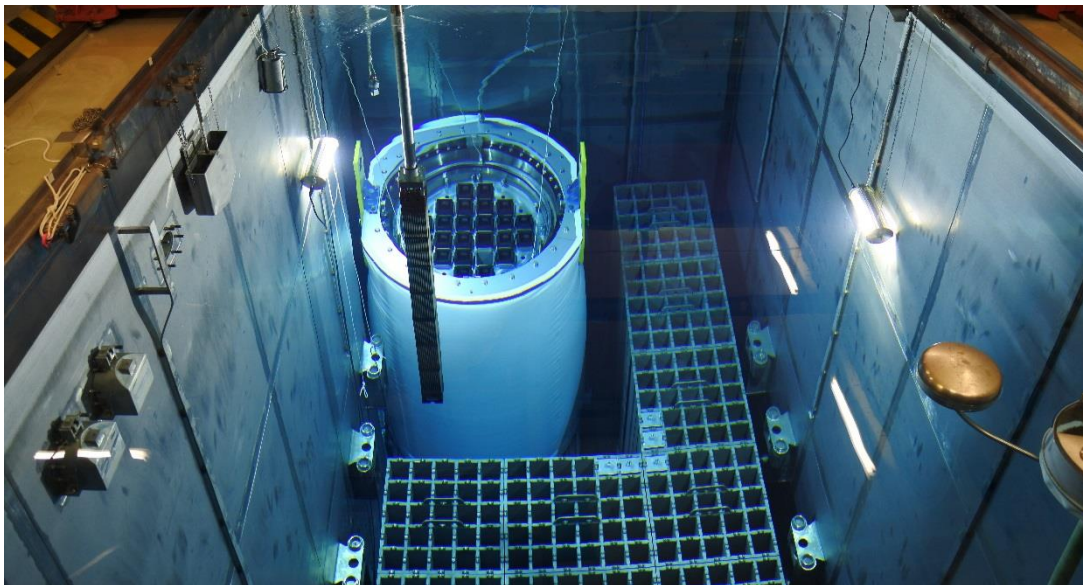


Abbildung 12: Verladung (unter Wasser) des letzten Brennelements aus dem Lagergestell im externen Lagerbecken des Kernkraftwerks Obrigheim in einen CASTOR-Behälter (Quelle EnKK)

Die 15 CASTOR-Behälter mit abgebrannten Brennelementen wurden im Jahr 2017 in fünf Transporten mit jeweils drei CASTOR-Behältern auf dem Neckar zum Zwischenlager Neckarwestheim befördert. Damit wurde der Standort KWO brennelementefrei. Mit der standortnahen Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente im BZN ist der Entsorgungsvorsorgenachweis gemäß § 9a AtG erbracht.

Für die Brennelemente-Zwischenlager BZN und BZP zeigt Anhang 2 Tabelle 9 den Bestand an abgebrannten Brennelementen, den Bestand der mit diesen Brennelementen beladenen Transport- und Lagerbehälter und bei welcher Anlage die abgebrannten Brennelemente angefallen sind (Stichtag: 31. Dezember 2024). Die Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen gingen gemäß Entsorgungsübergangsgesetz bereits an die BGZ über.

Die Anzahl der sich zum Stichtag 31.12.2024 im kraftwerksinternen Lagerbecken vom GKN II befindenden abgebrannten Brennelemente ist in Anhang 2 Tabelle 10 aufgeführt.

Seit Abschluss der Einlagerungskampagne Anfang April 2023 befinden sich keine Brennelemente mehr im KKP 2.

Mit der Rückführung und Einlagerung der 4 CASTOR-Behälter mit HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage in Frankreich im BZP im Jahr 2024 sind alle für das BZP vorgesehenen Behälter eingelagert.

Die Kapazität der Brennelemente-Zwischenlager für beladene Transport- und Lagerbehälter beträgt 151 Stellplätze im BZN und 152 Stellplätze im BZP. Aktuell sind im BZN etwa ein Drittel der Stellplätze noch frei.

Damit stehen für die sich im GKN II befindlichen abgebrannten Brennelemente ausreichende Kapazitäten im Brennelemente-Zwischenlager zur Verfügung. Die gemäß § 9a Atomgesetz zu treffende Entsorgungsvorsorge ist erbracht.

ABFÄLLE AUS DER WIEDERAUFARBEITUNG

Auf der Basis der Wiederaufarbeitungsverträge und dem jeweiligen zwischenstaatlichen Staatsvertrag mit Frankreich und Großbritannien ergibt sich die Verpflichtung, radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung zurückzuführen.

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

Das ehemalige Konzept der Energieversorgungsunternehmen sah vor, alle in Glaskokillen rückzuführenden radioaktiven Abfälle aus Sellafield und La Hague im Brennelemente-Zwischenlager Gorleben (BZG) zwischenzulagern. Durch die Aufnahme eines neuen Absatzes 2a in § 9a AtG ist dieses ursprüngliche Rückführungskonzept nicht mehr umsetzbar, da festgelegt wurde, dass die noch aus der Wiederaufarbeitung im Ausland rückzuführenden verfestigten Spaltproduktlösungen (d. h. radioaktive Glaskokillen) in standortnahen Zwischenlagern dezentral aufbewahrt werden müssen.

Die Aufnahme des Absatzes 2a in § 9a AtG geht auf die Vereinbarung eines gemeinsamen Vorschlags des Bundes mit dem Land Niedersachsen am 24. März 2013 zum geplanten Standortauswahlgesetz zurück. Die Vereinbarung sah vor, dass mit der Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes keine CASTOR-Transporte mehr mit radioaktiven Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung nach Gorleben stattfinden sollen und stattdessen die seinerzeit zurückzuführenden 20 CASTOR-Behälter aus Sellafield (HAW-Glaskokillen) und die 5 CASTOR-Behälter aus La Hague (MAW-Glaskokillen) auf die standortnahen Zwischenlager verteilt werden. Damit kam man dem Land Niedersachsen zur parteiübergreifenden Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes entgegen. Mit der Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes im Bundestag und Bundesrat am 28. Juni 2013 beziehungsweise 5. Juli 2013 wurde das Atomgesetz in § 9a durch den neuen Absatz 2a, der am 1. Januar 2014 in Kraft trat, entsprechend ergänzt.

Einem zwischen Bundesumweltministerium, Energieversorgungsunternehmen und Bundesländern im Jahr 2015 abgestimmten Konzept und der Vereinbarung zwischen der Bundesrepublik Deutschland und Frankreich vom August 2021 zufolge sollen die verglasten Abfälle auf folgende Brennelemente-Zwischenlager verteilt werden:

- Philippsburg in Baden-Württemberg: 3 bis 5 Behälter mit HAW-Glaskokillen,
- Biblis in Hessen: 6 Behälter mit HAW-Glaskokillen,
- Brokdorf in Schleswig-Holstein: 7 Behälter mit HAW-Glaskokillen und
- Isar in Bayern: 7 Behälter mit HAW-Glaskokillen.

Zusätzlich wurden für die zurückzuführenden metallischen Massen in 2023 ein Äquivalent von 24 leeren, innenkontaminierten BE-Behältern (End Used Casks – EUC) festgelegt, welche 2024 zum Recycling in die USA verbracht wurden.

Um die Behälter für die HAW-Glaskokillen in den Brennelemente-Zwischenlagern aufbewahren zu können, mussten die Genehmigungen zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen nach § 6 AtG geändert werden. Entsprechende Genehmigungsanträge wurden von den Betreibern am 29. September 2017 beim BfE (heute BASE) eingereicht. Dabei war vorgesehen, dass in das BZP MAW-Glaskokillen eingelagert werden. Mit der Vereinbarung vom August 2021 ergab sich, dass dort stattdessen HAW-Glaskokillen eingelagert werden sollen. Die Änderungsgenehmigung zur Einlagerung von vier Behältern mit HAW-Glaskokillen in das BZP der BGZ wurde vom BASE am 25. Juli 2023 erteilt. Für den Transport der vier Behälter mit Glaskokillen aus Frankreich in das BZP wurde die Beförderungsgenehmigung am 13.09.2024 durch das BASE erteilt. In 2024 wurden mit dem Transport zum Standort Philippsburg die letzten Abfälle aus Frankreich zurückgeführt. Damit sind alle Rücknahmeverpflichtungen der deutschen EVU für Abfälle aus Frankreich erfüllt.

Die Überführung von 6 Transport- und Lagerbehältern mit HAW-Glaskokillen aus der Anlage in Sellafield in das Brennelemente-Zwischenlager Biblis fand im Jahr 2020 statt. In 2023/2024 wurden die 7 Behälter der zweiten Rückführungskampagne (zum BZI) in Sellafield beladen. Der Transport zum BZI wurde in 2025 durchgeführt. Die Beladungen der letzten UK-Kampagne haben Ende 2024 begonnen und sollen in 2025 abgeschlossen werden. Der letzte Transport ist für 2026 geplant



Abbildung 13: Anlieferung der HAW-Kokillen im BZP (Quelle BGZ)

Anhang 3 Tabelle 12 stellt die bereits durchgeführten sowie die noch erforderlichen Transporte zusammenfassend dar.

4.5 Transporte abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle aus der Wiederverarbeitung

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 Brennelemente-Zwischenlager (Gorleben, Ahaus): Mit der Novellierung des Atomgesetzes 2002 mussten mit § 9a AtG die Betreiber Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten errichten. Dort sind die abgebrannten Brennelemente bis zur Abgabe an ein Endlager zu lagern. Transporte von abgebrannten Brennelementen in zentrale Zwischenlager werden daher nicht mehr durchgeführt.

- Transporte abgebrannter Brennelemente zur Wiederaufarbeitung. 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 der Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield.

Rücktransporte von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung werden auch weiterhin bedarfsorientiert von Bundes- und Landespolizei begleitet. Die noch erforderlichen Transporte von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield und mögliche Rückführungszeitpunkte können Anhang 3 Tabelle 12 entnommen werden.

5 Endlagerung

5.1 Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Mehrere Staaten haben schwachradioaktive Abfälle in den 1970er Jahren durch Versenkung oder Verklappung im Meer beseitigt. Die radioaktiven Abfälle zum Beispiel 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 von 203,5 GBq)² und entschied sich dann 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. Die Errichtung des Endlagers Konrad soll nach derzeitiger Planung der zuständigen BGE 2029 abgeschlossen sein, die im Sommer 2023 den bis dahin genannten Termin um zwei Jahre verschoben hat.

SCHACHTANLAGE ASSE II

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“) in Niedersachsen, eingelagert; zwischen 1967 und 1978 waren dies etwa 126.000 Abfallgebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen. Darunter fallen auch Abfälle mit Kernbrennstoffen.

Vor der Einlagerung von radioaktiven Abfällen wurde im Bergwerk Asse in Niedersachsen kommerziell Salz über einen längeren Zeitraum abgebaut. Dadurch ist das Bergwerk stark „durchbaut“ und in einigen Bereichen auf lange Sicht auch instabil. 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 abgepumpt. Um die weitere Verformung zu minimieren, wurde bereits Steinsalz sowie Beton in Abbaukammern zur Stabilisierung eingebracht.

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 circa 50 Pro-

² IAEA 1999

zent an den insgesamt in der Asse II eingelagerten Abfallgebinden. Hinzu kamen 5.504 Abfallgebinde aus dem KWO (circa 4 Prozent aller Gebinde) und 922 Abfallgebinde aus dem GKN (circa 1 Prozent aller Gebinde).

Die Einlagerung in der Asse II erfolgte im Rahmen einer befristeten Genehmigung nach § 3 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) (alt), die am 31. Dezember 1978 auslief. Für die weitere Einlagerung in die Schachtanlage 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 Schachtanlage Konrad ein geeigneter Standort gefunden wurde.

Das Bundesumweltministerium und das niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz beschlossen am 4. September 2008, dass die Schachtanlage Asse II zukünftig verfahrensrechtlich wie ein Endlager nach dem Atomgesetz behandelt wird. Dazu beschloss das Bundeskabinett am 5. November 2008 den Übergang der Betreiberaufgaben zum 1. Januar 2009 auf das 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 Schachtanlage Asse II dem Atomrecht unterstellt. Mit dem im März 2009 novellierten Atomgesetz ist nach § 57b die Schachtanlage 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 Schachtanlage Asse II beim niedersächsischen Umweltministerium gestellt. Nachdem die von Bund und Land Niedersachsen eingerichtete Arbeitsgruppe Optionenvergleich im Februar 2009 den Bericht über die näher zu untersuchenden Stilllegungsoptionen vorlegte, wurden 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.

Am 28. Februar 2013 wurde im Bundestag aufgrund des Ergebnisses des Optionenvergleichs das „Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachtanlage Asse II“ beschlossen. Mit dem Gesetz werden verfahrensrechtliche Rahmenbedingungen vereinfacht, sodass für die Rückholung kein Planfeststellungs-

verfahren erforderlich ist, Teilgenehmigungen zulässig sind und auch schon vor der Erteilung einer Genehmigung mit Vorbereitungsmaßnahmen begonnen werden kann, wenn mit einer Entscheidung zugunsten des Antragstellers zu rechnen ist. Auf Empfehlung der Endlagerkommission wurden die Zuständigkeiten im Bereich der kerntechnischen Entsorgung neu geordnet. Die Empfehlung wurde im „Gesetz zur Neuordnung der Organisationsstruktur im Bereich der Endlagerung“, das am 30. Juli 2016 in Kraft trat, umgesetzt. Dementsprechend sind am 25. April 2017 die Betreiberaufgaben für die Schachtanlage Asse II vom BfS auf die BGE übergegangen.

Um genaue Planungsrandbedingungen für die Rückholung zu ermitteln, werden derzeit Erkundungsbohrungen durchgeführt und die Rückholung konkret geplant. Dabei fließen die Ergebnisse aus den Erkundungsbohrungen und den von 2019 bis 2020 durchgeführten 3-D-seismischen Messungen mit ein. Die radioaktiven Abfälle sollen nach der Rückholung so lange über Tage an einem Asse-nahen Standort zwischengelagert werden, bis sie an ein Endlager abgegeben werden können. Allein aus Kapazitätsgründen wird es nicht möglich sein, die rückzuziehenden Abfälle aus der Schachtanlage Asse II im Endlager Konrad einzulagern. Nach heutigem Planungsstand soll die Rückholung der Abfälle im Jahr 2033 beginnen.

ENDLAGER MORSLEBEN

In der 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. 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 (ERAM) 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 zunächst bis zum 30. Juni 2000 weiter. 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 Obergerichtes 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 wiederaufzunehmen. 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 damals zuständige BfS auf den Teil der Betriebsgenehmigung verzichtet, der die Annahme und Einlagerung von radioaktiven Abfäl-

len 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 überarbeitet werden und wurden im Januar 2009 erneut vorgelegt. Am 25. April 2017 sind die Betreiberaufgaben für das Endlager Morsleben vom BfS auf die BGE übergegangen.

Die vorgelegte Langzeitsicherheitsbetrachtung muss auf Empfehlung der Entsorgungskommission an den aktuellen seit 2009 weiterentwickelten Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden. Die überarbeiteten Stilllegungsplanungen werden voraussichtlich im Jahr 2026 bei der zuständigen Genehmigungsbehörde eingereicht. Mit einem Planfeststellungsbeschluss der Genehmigungsbehörde wird im Jahr 2028 gerechnet.

ENDLAGER KONRAD

Im Jahr 1982 stellte die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) beim zuständigen niedersächsischen Ministerium den Antrag auf Planfeststellung für das Endlager Konrad, einer ehemaligen Eisenerzgrube bei Salzgitter. Die PTB wurde später durch das BfS als Antragsteller abgelöst. Das Planfeststellungsverfahren für das Endlager Konrad wurde entsprechend einer Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000/11. Juni 2001 abgeschlossen und die Genehmigung mit Datum vom 22. Mai 2002 ohne sofortige Vollziehung erteilt, sodass Klagen eine aufschiebende Wirkung hatten und von der Genehmigung nicht sofort Gebrauch gemacht werden konnte. Ursprünglich war eine Einlagerungskapazität von 650.000 m³ Abfall beantragt worden, der Planfeststellungsbeschluss wurde jedoch entsprechend der damaligen Abfallprognosen nur für eine Kapazität von 303.000 m³ Abfall erteilt; also für etwa die Hälfte des ursprünglich beantragten Volumens.

Bis zum Ende der Klagefrist waren Klagen von Städten, Kommunen und Privatleuten eingegangen. Klagen gegen den Planfeststellungsbeschluss hat das Oberverwaltungsgericht 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, sodass die Rechtsmittel gegen den Planfeststellungsbeschluss erschöpft sind. Am 25. April 2017 sind die Betreiberaufgaben für das Endlager Konrad vom BfS auf die BGE übergegangen. Derzeit wird das ehemalige Eisenerzbergwerk zu einem Endlager umgebaut. Es wird zudem überprüft, ob die sicherheitstechnischen Anforderungen an das Endlager dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und ob diese weitergehend betrachtet werden müssen. Die Prüfung soll vor

der Inbetriebnahme des Endlagers abgeschlossen sein. Unterschiedliche technische Anlagen und Einrichtungen über und unter Tage werden derzeit errichtet und müssen in den kommenden Jahren noch errichtet werden. Der Umbau des Schachts Konrad zu einem Endlager soll bis Anfang der 2030er Jahre erfolgt sein, sodass dann mit der Einlagerung von nicht wärmeentwickelnden Abfällen begonnen werden kann.

Die Inbetriebnahme des Endlagers Konrad hat eine besondere Bedeutung für Baden-Württemberg, da hier bezogen auf das Volumen derzeit nahezu die Hälfte der bisher angefallenen schwach- und mittelradioaktiven konditionierten Abfälle Deutschlands lagert.

ENDLAGERVORAUSSLEISTUNGEN

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 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 Ablieferungspflichtigen erhoben, denen eine Genehmigung nach den §§ 6, 7 oder 9 AtG oder nach § 12 Abs. 1 Nr. 3 Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) 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.

Um 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 als Vorausleistung auf abschließende Beiträge, die im Vorgriff auf eine spätere Beitragsverordnung erhoben werden, Kosten auf der Basis des folgenden Verteilungsschlüssels fällig:

- Kernkraftwerke 64,4 Prozent
- WAK-Anlage 6 Prozent
- übrige Vorausleistungspflichtige (zum Beispiel Forschungszentren) 29,6 Prozent.

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

Für das Endlager Konrad wurden bis 2012 vom Bund die Kosten für die Endlagerung von 1 m³ Abfallgebindevolumen auf 12.800 Euro beziffert. Die Endlagerkosten wurden aufgrund von Aktualisierungen der Kostenkalkulation sukzessive erhöht. Aktuell (ab 01.01.2026) werden die Endlagerkosten für 1 m³ auf 42.756 Euro beziffert. Diese Kosten sind auch von den Landessammelstellen für „konradgängige“ radioaktive Abfälle von den Ablieferungspflichtigen zu erheben. Die Überprüfung der Kostenkalkulation ist alle zwei Jahre vorgesehen. Allgemein wird mit weiter steigenden Kosten gerechnet.

Am 27. Januar 2017 hat der Bundestag mit Zustimmung des Bundesrates das „Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung“ beschlossen, das am 16. Juni 2017 in Kraft getreten ist. Das Gesetz sieht vor, dass die Kernkraftwerksbetreiber den betreffenden 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 (KTE und übrige Vorausleistungspflichtige sind von dem Gesetz nicht betroffen) nicht mehr vorausleistungspflichtig sind.

Die deutschen Energieversorgungsunternehmen, darunter auch der Betreiber der baden-württembergischen Kernkraftwerke, haben am 3. Juli 2017 den Grundbetrag sowie den Risikozuschlag gemäß dem Entsorgungsfondsgesetz vollständig und fristgerecht an den Fonds überwiesen. Damit ging die Verantwortung für die Finanzierung der Endlagerung von radioaktiven Abfällen aus der gewerblichen Nutzung der Kernenergie auf den Fonds über. Darin inbegriffen sind auch die Kosten, die bei der Zwischenlagerung für bestrahlte Brennelemente und für sonstige radioaktive Stoffe entstehen. Durch die Zahlung des Risikozuschlags ist eine Nachforderung für den Fall, dass die Mittel des Fonds nicht ausreichen, ausgeschlossen.

Ungeachtet des Übergangs der Verantwortung für die Finanzierung der Endlagerung der beim Rückbau der Kernkraftwerke anfallenden radioaktiven Abfälle bleibt die Verantwortung für die Finanzierung des Rückbaus selbst beim Betreiber.

5.2 Endlager für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Weltweit existiert noch kein betriebsbereites Endlager für die Entsorgung abgebrannter Brennelemente und hochradioaktiver Abfälle. Lediglich in Frankreich und Schweden ist ein

derartiges Endlager konkret geplant oder in der Genehmigungsphase, oder, wie in Finnland, in der Errichtungs- und Ausbauphase. In der Schweiz hat sich das Endlagervorhaben mit dem Standortvorschlag für das Endlager für radioaktive Abfälle in der Grenzregion zu Deutschland konkretisiert.

STANDORTAUSWAHLGESETZ

Baden-Württemberg hat im Herbst 2011 ein Eckpunktepapier zur Endlagersuche erstellt, welches einen mehrphasigen Weg zur Ermittlung eines Endlagerstandorts mit bestmöglicher Sicherheit aufzeigt. Auf Bund-Länder-Ebene lieferte das Eckpunktepapier einen entscheidenden Anstoß zur Aufnahme von Gesprächen zur Erarbeitung eines Standortauswahlgesetzes. Das Standortauswahlgesetz wurde ausgehend von einem Entwurf des Bundesumweltministeriums mit Überarbeitung durch eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe im Bundestag und Bundesrat im Jahr 2013 parteiübergreifend verabschiedet.

Gemäß dem Standortauswahlgesetz wurde im Jahr 2014 die „Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe“, die sogenannte Endlagerkommission eingerichtet. Die Endlagerkommission hatte die Aufgabe, Vorschläge für das Standortauswahlverfahren zu erarbeiten. Die Kommission war pluralistisch besetzt und bestand aus 32 Mitgliedern. Im Zeitraum zwischen Mai 2014 und Mitte 2016 trat die Kommission in unterschiedlicher Zusammensetzung im Plenum und in verschiedenen Arbeitsgruppen insgesamt über hundert Mal zusammen.

Ende Juni 2016 beendete sie ihre Arbeit und übergab ihren Abschlussbericht dem Bundestag. 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. Die Kommission erarbeitete ferner Anforderungen an die Organisation und das Verfahren des Auswahlprozesses sowie der Beteiligung der Öffentlichkeit. Sie griff bei ihrer Arbeit auf die Expertise von Wissenschaft und Forschung sowie die Erfahrungen aus dem Ausland zurück.

Mit dem bereits Ende Juli 2016 beschlossenen „Gesetz zur Neuorganisation der Organisationsstruktur im Bereich der Endlagerung“ wurden zudem die zentralen Akteure im bevorstehenden Auswahlverfahren festgelegt. Die neu eingerichtete BGE ist als Vorhabensträgerin zunächst für die Durchführung der Standortsuche und später für die Errichtung und den Betrieb bis hin zur Stilllegung des Endlagers verantwortlich. Das BASE nimmt unter anderem in dem Bereich Endlagerung Genehmigungs- und Aufsichtsaufgaben wahr und ist während des Auswahlverfahrens für die Öffentlichkeitsbeteiligung verantwortlich.

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. Nach dem Inkrafttreten des Standortauswahlgesetzes wurde das Auswahlverfahren Mitte 2017 gestartet. 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 (Exportverbot).
- 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 I: Ermittlung von Teilgebieten mit günstigen geologischen Voraussetzungen (Schritt 1) und Ermittlung von Standortregionen für die übertägige Erkundung (Schritt 2).
 - Phase II: Übertägige Erkundung und Ermittlung von Standorten für die untertägige Erkundung.
 - Phase III: 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 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 BASE 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 beziehungsweise 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.

Das oben genannte Nationale Begleitgremium hat die Aufgabe, das Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle vermittelnd und unabhängig zu begleiten. Dabei soll es insbesondere die Umsetzung der Öffentlichkeitsbeteiligung begleiten mit dem Ziel, Transparenz und Vertrauen in das Standortauswahlverfahren zu schaffen. Es besteht nach § 8 StandAG aus 18 Mitgliedern, von denen 12 Mitglieder anerkannte Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens sein sollen, die vom Bundestag und Bundesrat gewählt werden. Daneben sind sechs Bürgerinnen und Bürger von der Bundesumweltministerin zu ernennen, davon zwei Vertreterinnen und Vertreter der jungen Generation. Die Mitglieder dürfen keine wirtschaftlichen Interessen in Bezug auf die Standortauswahl oder die Endlagerung im weitesten Sinne haben. Die Besetzung des Gremiums soll insgesamt pluralistisch sein.

Das Nationale Begleitgremium hat Ende 2016 seine Arbeit aufgenommen und bis November 2025 insgesamt 100 Sitzungen abgehalten sowie verschiedene öffentliche Veranstaltungen durchgeführt.³

Zur Ermittlung von Teilgebieten hat die BGE umfangreiche Daten von den geologischen Diensten der Länder erhoben und ausgewertet. Sie hat darauf die im Standortauswahlgesetz festgelegten Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien angewendet und mit dem „Zwischenbericht Teilgebiete“ vom 28. September 2020 ihre Ergebnisse vorgelegt und Schritt 1 der Phase I damit abgeschlossen.

³ Weitere Informationen können unter <http://www.nationales-begleitgremium.de/> abgerufen werden

Als Teilgebiete im Sinne des StandAG werden etwa 54 % der Bundesfläche im weiteren Verfahren untersucht; von den insgesamt 90 Teilgebieten befinden sich 9 im Wirtsgestein Tongestein, 74 im Steinsalz und 7 im kristallinen Wirtsgestein. In Baden-Württemberg wurden vier Teilgebiete mit einer Fläche von insgesamt 47 Prozent des Landes ausgewiesen.

Der Salzstock Gorleben erfüllt zwar die Mindestanforderungen, weist aber eine zu geringe beziehungsweise nicht vorhandene Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs auf und ist daher als geologisch ungünstig eingestuft worden. Der Standort Gorleben gehört daher nicht zu den nach StandAG ermittelten Teilgebieten und kann damit nicht mehr Endlagerstandort werden. Im Sommer 2022 hat das Bundesumweltministerium der BGE den Auftrag erteilt, die Schachtanlage Gorleben unter Verwendung des Salzes der Salzhalde zu verfüllen. Die Verfüllung hat im November 2024 begonnen.

Das Umweltministerium Baden-Württemberg hat verschiedene Online-Veranstaltungen durchgeführt, in denen Vertreterinnen und Vertreter der Verwaltung über den aktuellen Status der Endlagersuche und über inhaltliche Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Standortauswahlverfahren informiert wurden. Diese Veranstaltungen haben sich an die ersten Landesbeamten gerichtet, welche hierdurch als Multiplikator über Prozesswissen in die Verwaltung wirken können. Zudem ist es ein Ziel dieses Informationsformats, die Vernetzung der nachgeordneten Verwaltungsebenen in der Frage der Endlagersuche zu stärken.

Des Weiteren ist die Öffentlichkeit über das gesetzlich vorgesehene Beteiligungsformat „Fachkonferenz Teilgebiete“ am Standortauswahlverfahren beteiligt worden, welches mittlerweile abgeschlossen ist. Die Öffentlichkeitsbeteiligung wird mit dem Format „Forum Endlagersuche“ fortgesetzt. Im November 2024 und 2025 wurden Zwischenergebnisse der Anwendung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung (rvSU) durch die BGE veröffentlicht. In diesem ersten Teil der rvSU werden anhand von Kriterienkatalogen Gebiete identifiziert, die für einen Standort ungeeignet oder weniger gut geeignet sind. Aus dem Verfahren scheiden diese Gebiete allerdings erst zu einem späteren Zeitpunkt durch den Gesetzgeber aus.

Im November 2022 hat die BGE mitgeteilt, dass für die Durchführung der Endlagersuche nach den Vorgaben des Standortortauswahlgesetzes (StandAG) eine längere Zeitdauer erforderlich ist als im StandAG vorgesehen. Dieses sieht vor, dass die Standortfestlegung für das Jahr 2031 „angestrebt wird“. Laut BGE-Zeitplan soll der Vorschlag der in Phase II überfällig zu erkundenden Standortregionen Ende 2027 erfolgen. Der Standortvorschlag kann 2046 (schnelles Szenario) oder sogar erst 2068 (langsames Szenario) erfolgen.

UMLAGEBETRAG FÜR WÄRMEENTWICKELNDE ABFÄLLE

Mit dem Standortauswahlgesetz wurde festgelegt, dass 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 den Rückbau des Salzstocks Gorleben mit enthalten (siehe dazu § 28 StandAG).

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

- 96,5 Prozent Kernkraftwerke
- 0,7 Prozent WAK
- 2,8 Prozent übrige Vorausleistungspflichtigen.

Der dementsprechend jährlich ermittelte Umlagebetrag wird für Abfälle aus der gewerblichen Nutzung der Kernenergie direkt bei dem Entsorgungsfonds erhoben.

5.3 Ausblick

Das Land Baden-Württemberg 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.

Beim Abbau der Kernkraftwerke fallen zusätzliche Mengen an radioaktiven Abfällen an, die entsorgt werden müssen. An den Kernkraftwerksstandorten sind in den vergangenen Jahren große Zwischenlagerkapazitäten für radioaktive Abfälle aus dem Rückbau geschaffen worden, da derzeit keine Abgabemöglichkeit an ein Endlager vorhanden ist.

Das Land setzt sich daher für eine möglichst rasche Inbetriebnahme des Endlagers Konrad ein. Die Überprüfung der sicherheitstechnischen Anforderungen des Endlagers Konrad soll zügig voranschreiten. 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 zeitgerechte Suche eines geeigneten Standortes eine hohe Bedeutung.

Mit dem Standortauswahlgesetz besteht erstmals die Möglichkeit, in einem gesamtgesellschaftlichen Konsens die Entsorgungsfrage für diese Abfälle zu klären. Das Land hat sich an der Arbeit der Endlagerkommission und an der Entwicklung des Standortauswahlgesetzes intensiv beteiligt und wird sich auch im weiteren Verfahren engagiert und konstruktiv einbringen. Dies bedeutet aktuell insbesondere, dass sich das Land für eine Optimierung des Standortauswahlverfahrens einsetzt, damit die Endlagersuche rasch und gleichzeitig sicherheitsgerichtet durchgeführt werden kann.

Anhang 1 - Schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Kernkraftwerke

Tabelle 1: Zugang beziehungsweise Anfall von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen im Jahr 2024 (Quelle: Berichterstattung der EnBW Kernkraft GmbH (EnKK))

Zugang /Anfall	Einheit	GKN	KKP	KWO
Rohabfall¹⁾	Nettovolumen in m ³	151	1455 ³⁾	3
Behandelter Abfall²⁾	Bruttogebindevolumen in m ³	146	587 ⁴⁾	0

1) Zugang und gleichzeitig Anfall; ergibt sich aus Summe von fest brennbaren, fest nicht brennbaren, flüssig brennbaren und flüssigen nicht brennbaren Abfällen *und externen Zugängen*.

2) Behandelter Abfall ergibt sich aus Zugang aus Verarbeitung intern und extern und aus direkt angefallenem Abfall; Anteil der direkt angefallenen Abfälle an behandelten Abfällen für GKN 238 m³, KKP 380 m³, KWO 0 m³.

3) Inklusive 23 m³ Rohabfall aus KWO

4) Inklusive 32 m³ behandelten Abfall aus KWO

Tabelle 2: Bestand von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der EnKK)

Lagerung	Einheit	GKN	KKP	KWO
Bestand Rohabfall	Nettovolumen in m ³	312	419 ³⁾	127
Bestand behandelter Abfall	Bruttogebindevolumen in m ³	376	1.737 ⁴⁾	21
Lagerkapazität	m ³	2.128	3.970	3.817 ⁵⁾
Ausnutzungsgrad¹⁾	%	38	56	53 ⁵⁾
Bestand Rohabfall extern²⁾	Nettovolumen in m ³	66	775	45
Behandelter Abfall extern³⁾	Bruttogebindevolumen in m ³	2.099	2.271	1888

1) Quotient aus Summe Abfallbestand (Rohabfall und Behandelter Abfall) und Lagerkapazität; dabei für Rohabfall Bruttovolumen GKN 434 m³, KKP 469 m³ (davon 41 m³ aus KWO) und KWO 168 m³

2) Externe Bestände beispielsweise in den Reststoffbearbeitungszentren RBZ-N oder RBZ-P, den Abfalllagern AZN, AZP bzw. AZO sowie in Gorleben, Ahaus oder bei externen Konditionierern.

3) Inklusive 32 m³ Rohabfall aus KWO.

4) Inklusive 77 m³ behandelten Abfall aus KWO.

5) Nutzung von anlageninternen Pufferflächen sowie des AZO.

Reststoffbearbeitungszentren an den Kernkraftwerken

Tabelle 3: Zugang beziehungsweise Anfall von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen im Jahr 2024 (Quelle: Berichterstattung der GNR)

Zugang / Anfall	Einheit	RBZ-N	RBZ-P
Rohabfall¹⁾	Nettovolumen in m ³	– ³⁾	112
Behandelter Abfall²⁾	Bruttogebindevolumen in m ³	– ³⁾	37

1) Zugang und gleichzeitig Anfall; ergibt sich aus Summe von fest brennbaren, fest nicht brennbaren, flüssig brennbaren und flüssigen nicht brennbaren Abfällen.

2) Behandelter Abfall ergibt sich aus Zugang aus Verarbeitung intern und extern (dieser wurden bereits zu einem früheren Zeitpunkt als Rohabfall verbucht und fällt nicht erneut an) und aus direkt angefallenem Abfall; Anteil der direkt angefallenen Abfälle an behandelten Abfällen für RBZ-N und RBZ-P jeweils 0 m³; der gesamte Anfall von Abfällen entspricht der Summe aus direkt angefallenen Abfällen und Rohabfällen.

3) Daten werden aktuell noch erhoben.

Tabelle 4: Bestand von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der GNR)

Lagerung	Einheit	RBZ-N	RBZ-P
Bestand Rohabfall	Nettovolumen in m ³	– ¹⁾	11
Bestand behandelter Abfall	Bruttogebindevolumen in m ³	– ¹⁾	21

1) Daten werden aktuell noch erhoben.

Abfallzwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten

Tabelle 5: Zugang von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen im Jahr 2024 (Quelle: Berichterstattung der BGZ)

Zugang	Einheit	AZN	AZP	AZO
Rohabfall	Nettovolumen in m ³	31	0	0
Behandelter Abfall	Bruttogebindevolumen in m ³	362	709	1

Tabelle 6: Bestand von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der BGZ)

Lagerung	Einheit	AZN	AZP	AZO
Bestand Rohabfall	Nettovolumen in m ³	31	0	7
Bestand behandelter Abfall von Extern	Bruttogebindevolumen in m ³	997	1660	1811
Bestand behandelter Abfall der BGZ	Bruttogebindevolumen in m ³	102 ²⁾	0	0
Lagerkapazität	m ³	10.362	15.000	3.817
Ausnutzungsgrad¹⁾	%	11	13	48

1) Quotient aus Summe Abfallbestand (Rohabfall und Behandelter Abfall) und Lagerkapazität; dabei für Rohabfall Bruttovolumen AZO 40 m³

2) Befinden sich noch bei GKN (der Eigentumsübergang an die BGZ hat jedoch bereits stattgefunden)

Entsorgungsbetriebe der KTE

Tabelle 7: Zugang beziehungsweise Anfall von schwach- und mittelradioaktiven Reststoffen und behandelten Abfällen im Jahr 2024 (Quelle: Berichterstattung der KTE)

Zugang /Anfall	Einheit	Entsorgungsbetriebe
Reststoffe¹⁾	Nettovolumen in m ³	1.487
Behandelter Abfall²⁾	Bruttogebindevolumen in m ³	514 ³⁾

1) Reststoffe sind radioaktive Stoffe, ausgebaute oder abgebaute radioaktive Anlagenteile, Gebäudeteile (Bauschutt) und aufgenommener Boden, sowie bewegliche Gegenstände, die kontaminiert oder aktiviert sind, bei denen der Verwertungs- bzw. Entsorgungsweg noch nicht entschieden ist, bis zur Feststellung, dass sie dem radioaktiven Abfall zuzuordnen sind.

2) Das bilanzierte Volumen der behandelten Abfälle entspricht dem Zuwachs an Produktvolumen im Berichtsjahr.

3) Das angegebene Bruttogebindevolumen belegt ein Zwischenlagervolumen von 599 m³

Tabelle 8: Bestand von schwach- und mittelradioaktiven Rohabfällen und behandelten Abfällen zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der KTE)

Lagerung	Einheit	Entsorgungsbetriebe
Bestand Rohabfall und vorbehandelte Reststoffe¹⁾	Nettovolumen in m ³	3.768
Bestand behandelter Abfall²⁾	Bruttogebindevolumen in m ³	62.988
Lagerkapazität LAW	Zwischenlagervolumen in m ³	83.800
Lagerkapazität MAW	Zwischenlagervolumen in m ³	1.050
Ausnutzungsgrad LAW³⁾	%	86
Ausnutzungsgrad MAW³⁾	%	94

1) Bei den Entsorgungsbetrieben sind Zwischenprodukte nicht bei behandeltem Abfall, sondern bei „Rohabfall und vorbehandelte Reststoffe“ enthalten.

2) Das angegebene Bruttogebindevolumen belegt ein Zwischenlagervolumen von 73.226 m³. Es handelt sich dabei um Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und wärmeentwickelnde Abfälle. Bei den Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung handelt es sich um 73.007 m³ Zwischenlagervolumen beziehungsweise 62.998 m³ Bruttogebindevolumen.

3) Außerdem steht ein im Ausnutzungsgrad nicht berücksichtigtes LAW-Pufferlager mit circa 2.000 m³ zur Verfügung.

Anhang 2 - Abgebrannte Brennelemente

Tabelle 9: Bestand abgebrannter Brennelemente in den Brennelemente-Zwischenlagern und Bestand der mit diesen Brennelementen beladenen Transport- und Lagerbehältern zum Stichtag 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der BGZ)

Brennelemente-Zwischenlager	Anlage, in der die abgebrannten Brennelemente angefallen sind	Bestand abgebrannter Brennelemente	Bestand an beladenen Transport- und Lagerbehältern
BZN	GKN I	581	99 ⁴⁾
	GKN II	977 ²⁾	
	KWO ¹⁾	342	
BZP	KKP 1	1.458	110 ⁵⁾
	KKP 2	1361 ³⁾	

1) Alle Brennelemente des KWO befinden sich seit Ende 2017 im BZN; am Standort KWO befinden sich keine Brennelemente mehr.

2) Zusätzlich befinden sich 114 Brennelemente (BE) in zentralen Zwischenlagern (57 BE im BZA und 57 BE im BZG).

3) Zusätzlich befinden sich 9 Brennelemente im BZG.

4) Einschließlich 15 CASTOR-Behälter aus dem KWO.

5) Einschließlich ein CASTOR-Behälter beladen mit 9 Köchern für Sonderbrennstäbe (KSBS) sowie 4 HAW28M Behälter mit 102 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague.

Tabelle 10: Belegung der Brennelementlagerbecken mit bestrahlten Brennelementen in den Reaktorgebäuden am 31.12.2024 (Quelle: Berichterstattung der EnKK)

Anlage	Lagerbecken Gesamtkapazität	Anzahl an bestrahlten Brennelementen im Lagerbecken
GKN I	-*)	-*)
GKN II	786	560
KKP 1	-*)	-*)
KKP 2	-*)	-*)

*) Alle bestrahlten Brennelemente befinden sich im jeweiligen Brennelemente-Zwischenlager.

Anhang 3 - Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Tabelle 11: Anlieferung von Abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung (Alle angelieferten Brennelemente wurden bereits wiederaufgearbeitet) (Quelle: Berichterstattung EnKK)

Anlage	Orano	Sellafield Ltd.	WAK
GKN I	897	308	44
GKN II	-	-	-
KKP 1	2.174	-	-
KKP 2	387	-	-
KWO	709	-	151

Tabelle 12: Rückführung und Zwischenlagerung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung im Ausland, Stand: 31.12.2024
(Quelle: Berichterstattung der EnKK)

Bezeichnung des Abfalls	Gesamtzahl zurückzuführender Behälter	Stand der Rückführung aus La Hague und Zwischenlagerung	Voraussichtlicher Transportzeitpunkt
HAW ¹⁾ -Glaskokillen	0	Alle 108 Behälter sind aus La Hague zurückgeführt und im BZG eingelagert worden.	Rückführung im Nov. 2011 abgeschlossen.
HAW-Glaskokillen	0	Alle 4 Behälter sind aus La Hague zurückgeführt und im BZP eingelagert worden.	Transport in 2024.
EUC ²⁾	0	Diese Behälter wurden im Jahr 2024 zur Verwertung in die USA transportiert.	Transport in 2024 durchgeführt
Bezeichnung des Abfalls	Gesamtzahl noch zurückzuführender Behälter	Stand der Rückführung aus Sellafield und Zwischenlagerung	Voraussichtlicher Transportzeitpunkt
HAW ¹⁾ -Glaskokillen	14 ³⁾	Die insgesamt 20 Behälter aus Sellafield sollen gemäß Rückführungskonzept auf die Brennelemente-Zwischenlager Biblis, Brokdorf und Isar verteilt werden. Alle notwendigen Aufbewahrungsgenehmigungen wurden inzwischen erteilt. Die Transportgenehmigung für den Transport nach Biblis wurde am 14.02.2020 erteilt, die Transportgenehmigung für den Transport nach Isar wurde am 20.12.2024 erteilt.	Weitere Transporttermine außerhalb von BW in Abstimmung

1) HAW: High Active Waste (=hochradioaktiver Abfall)

2) Gebrauchte Großbehälter als ein Äquivalent in Form von innenkontaminierten BE-Behältern (End Used Cask – EUC)

3) Hier ist die Substitution von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen durch hochradioaktive Abfälle enthalten, so dass keine weiteren radioaktiven Abfälle zurückzuführen sind.

Quellenangaben

1. **Reaktorsicherheit, GRS - Gesellschaft für Anlagen und.** *Entsorgung ab-gebrannter Brennelemente aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland.* 2018.
2. **BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.** *Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle.* 2015.
3. **Agency, IAEA – International IAEA - Atomic Energy.** *TECDOC-1105: „Inventory of radioactive waste disposals at sea“.* 1999.

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Kernerplatz 9

70182 Stuttgart

Telefon: +49 711 126-0

Fax: +49 711 126-2881

Internet: um.baden-wuerttemberg.de

E-Mail: poststelle@um.bwl.de