



Bundesamt
für die Sicherheit
der nuklearen Entsorgung

Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle

Sicherheit bis zur Endlagerung



Impressum

Bundesamt für die Sicherheit
der nuklearen Entsorgung (BASE)
Wegelystraße 8
10623 Berlin

Telefon: 030 184321 0
E-Mail: info@base.bund.de
www.base.bund.de

Gestaltung: quermedia GmbH, Kassel
Fotos: BASE und genannte Quellen
Druck: Volkhardt Caruna Medien GmbH & Co. KG, Amorbach

Stand: Oktober 2022

Inhalt

4 Vorwort

6 Warum gibt es Zwischenlager?

- 8 Geschichtlicher Hintergrund
- 9 Aufgaben des BASE
- 10 Was ist radioaktiver Abfall?
- 12 Inhalt der Zwischenlager: bestrahlte Kernbrennstoffe
- 16 Übersicht Zwischenlager
- 18 Prognosen für sonstige radioaktive Abfälle
- 19 Abfälle in staatlicher Hand
- 20 Zwischenlagerung – wer macht was?

23 Wie funktionieren Zwischenlager?

- 25 Zentrale und dezentrale Zwischenlager
- 28 Konstruktion der Zwischenlager
- 32 Ablauf des Genehmigungsverfahrens

34 Wie sind Zwischenlager geschützt?

- 36 Sicherheit und Sicherung
- 38 Schutz durch die Behälter
- 40 Schutz bei Störfällen
- 42 Schutz vor Terror- und Sabotageakten
- 44 Schutz vor den Folgen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes

46 Wie geht es weiter?

- 48 Folgen des Atomausstiegs für die Zwischenlager
- 48 Genehmigungen sind befristet
- 49 Zwischenlager auf dem Prüfstand
- 51 Reparaturmöglichkeiten für die Behälter
- 52 Exkurs Endlagersuche

- 56 Glossar
- 58 Abkürzungsverzeichnis
- 58 Einheiten

Vorwort



Wolfram König,
Präsident des Bundesamtes
für die Sicherheit
der nuklearen Entsorgung

Liebe Leserin, lieber Leser,

der Ausstieg aus der Stromversorgung durch Atomkraftwerke in Deutschland wird mit der Abschaltung der letzten Kraftwerke vollzogen sein. Die Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle einschließlich der klar voneinander abgegrenzten Zuständigkeiten der Bundesaufgaben ist festgelegt. Das sind wichtige Voraussetzungen für den verantwortungsvollen Umgang mit den gefährlichen Hinterlassenschaften der Kernenergie. Doch bis zur Endlagerung ist es noch ein weiter Weg, auf dem die Sicherheit zu jeder Zeit Priorität haben muss. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle.

Neben den jeweiligen Aufsichtsbehörden in den Ländern nimmt hier das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) eine Wächterfunktion ein. Es prüft, ob die Betreiber der Zwischenlager die hohen Anforderungen an eine sichere Aufbewahrung erfüllen. Dafür müssen die Antragsteller alle erforderlichen Nachweise bringen. Nur dann kann und wird das BASE eine atomrechtliche Genehmigung erteilen.

Sicherheit hat bei den Bewertungen die oberste Priorität. Sie ist allerdings nicht statisch, sondern muss immer wieder hinterfragt werden. Wer sich einer Sache zu sicher ist, wird unvorsichtig. Das BASE steht dafür, dass die Sicherheit immer wieder neu betrachtet und bewertet wird. Es hinterfragt zudem bei und auch mit den zuständigen Behörden kritisch, ob geltende Risikobetrachtungen noch dem aktuellen Stand entsprechen.

Für die Zukunft zeichnen sich Fragen zur Sicherheit ab. Zum Beispiel, was mit und in den Behältern passiert, in denen die hochradioaktiven Abfälle lagern. Denn die Genehmigungen, die entsprechend ihrer Aufgabe bewusst auf 40 Jahre befristet erteilt wurden, werden voraussichtlich nicht bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers ausreichen. Das BASE sieht sich daher mit in der Verantwortung, rechtzeitig die Fragen zu identifizieren, die bei einer verlängerten Aufbewahrung zu stellen und von den Beteiligten zu beantworten sind.

Gleichzeitig sind Zwischenlager – wie es das Wort andeutet – eine Zwischen- und keine Dauerlösung. Mauern, Wachmannschaften und Stacheldraht können auf lange Sicht nicht den Schutz gewähren, den ein Endlager in stabilen Gesteinsschichten tief unter der Erde bietet. Zügig ein Endlager in Deutschland zu finden, das langfristig den bestmöglichen Schutz von Mensch und Umwelt vor den strahlenden Hinterlassenschaften bietet, muss daher das Ziel sein. Für die Wegstrecke dahin darf es keinen Sicherheitsrabatt geben.

Ihr Wolfram König

Warum gibt es Zwischenlager?





Zwischenlager am
Atomkraftwerk
Philippsburg
© Picture Alliance
/ dpa / Uli Deck

Geschichtlicher Hintergrund

Die komplexe Struktur der nuklearen Entsorgung in Deutschland, mit der Vielzahl an Akteuren, den unterschiedlichen Zwischenlagern und ihren Standorten, lässt sich nur mit Blick auf die Geschichte erklären. So war ursprünglich die Nutzung der Atomkraft in Deutschland auf die zunächst erhoffte mehrfache Verwertung des Kernbrennstoffs ausgerichtet. Bestrahlte Brennelemente sollten in Wiederaufarbeitungsanlagen gebracht und zu neuem Brennstoff „recycelt“ werden. Solche speziellen Anlagen gibt es in Deutschland nicht – ein Pilotprojekt in Karlsruhe wurde ebenso verworfen wie eine Anlagenplanung in Wackersdorf. Deutsche Kraftwerksbetreiber nutzten deshalb Anlagen in Großbritannien und Frankreich zur Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennstäbe. Zurück kamen nicht nur die Brennstäbe, sondern auch die bei der Wiederaufarbeitung angefallenen Abfälle. Sie wurden in die sogenannten zentralen Zwischenlager Ahaus und Gorleben eingelagert.



Dieses Entsorgungskonzept, das eine Vielzahl von Transporten erforderte, wurde in den 2000er Jahren grundlegend verändert. So verbot der Gesetzgeber den Transport von bestrahlten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung und verpflichtete die Atomkraftwerksbetreiber in unmittelbarer Nähe der Reaktoren Zwischenlager zu errichten und zu betreiben. Zusätzlich zu den zentralen Zwischenlagern entstanden an den Standorten der Atomkraftwerke weitere Zwischenlager. Aufwändige und von starken Bürgerprotesten begleitete Castor-Transporte quer durch die Republik verringerten sich auf ein Mindestmaß. Heute gibt es nur noch wenige Transporte von hochradioaktiven Abfällen. Mehrheitlich betrifft dies die Abfälle, die bis 2005 beim Prozess der Wiederaufarbeitung im Ausland entstanden sind und die Deutschland zurücknehmen muss.

Das Atomgesetz schreibt heute außerdem eine direkte Endlagerung vor. Sie ist notwendig für eine dauerhaft sichere Entsorgung hochradioaktiver Abfälle und um die Lasten für kommende Generationen so gering wie möglich zu halten. Aus heutiger Sicht ist das Endlager frühestens 2050 betriebsbereit. Jahrzehnte später als ursprünglich vorgesehen. Solange müssen die im Kraftwerksbetrieb angefallenen hochradioaktiven Abfälle weiter sicher zwischengelagert werden.



Protest gegen die Wiederaufarbeitungsanlage in Wackersdorf, 1986
© picture alliance / ASSOCIATED PRESS / Helmut Lohmann



Verladebahnhof
Dannenberg
im Rauch eines
durch Atomkraft-
gegner:innen
angezündeten
Feuers, 2003
© picture-alliance /
dpa / dpaweb /
Rainer Jensen

Aufgaben des BASE

Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) erteilt die Genehmigungen zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in Zwischenlagern nach § 6 Atomgesetz (AtG). Für eine Genehmigung müssen Betreiber von Zwischenlagern viele Sicherheitsnachweise erbringen (siehe S. 36 ff.). Das BASE informiert die Öffentlichkeit über die Genehmigungsverfahren. Es überprüft zudem wesentliche Änderungen, die beispielsweise das Inventar oder Sicherungsmaßnahmen der Anlagen betreffen.

Das BASE wurde ab 2016 zunächst als Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) neu aufgebaut. Seit 1. Januar 2020 trägt es den neuen Namen. Es ist Regulierungs-, Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde des Bundes im Bereich der kerntechnischen Entsorgung und Sicherheit. Das BASE ist zuständig für Genehmigungen von Transporten und Zwischenlagern für hochradioaktive Abfälle und reguliert die Suche nach einem Endlager. Die Behörde ist zudem atomrechtliche Aufsicht über die Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle Morsleben und Konrad sowie für die Schachanlage Asse II.

Das BASE initiiert und begleitet Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der nuklearen Entsorgung und führt dabei auch eigene Forschungen durch. Die Expertinnen und Experten des BASE unterstützen und beraten außerdem die Bundesregierung in Fragen der kerntechnischen Sicherheit und sind in verschiedenen Gremien auf nationaler und internationaler Ebene vertreten. Rechts- und Fachaufsicht des BASE ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV).



Was ist radioaktiver Abfall?

Radioaktivität kann sowohl natürlich als auch von Menschen produziert vorkommen. Die Zivilisation erzeugt eine Vielzahl von radioaktiven Stoffen, deren Gefahrenpotential aufwändige Sicherheitssysteme erfordert.

Ist eine weitere Verwendung für einen radioaktiven Stoff nicht möglich oder nicht gewünscht, wird er als radioaktiver Abfall definiert. Radioaktive Abfälle müssen nach dem Atomgesetz (AtG) geordnet beseitigt – also endgelagert – werden. Ein Großteil der radioaktiven Abfälle stammt aus dem Betrieb der Atomkraftwerke. Weitere entstehen in Forschungsreaktoren sowie wissenschaftlich-technischen Einrichtungen, in geringen Mengen auch in der Medizin.

Radioaktive Abfälle enthalten instabile Atome, also Atome, deren Kerne spontan zerfallen und dabei ionisierende Strahlung aussenden.

Um Mensch und Umwelt vor den negativen Auswirkungen dieser Strahlung zu schützen, muss zum einen die Direktstrahlung abgeschirmt werden, zum anderen muss eine Freisetzung der radioaktiven Stoffe verhindert werden. Da einige der Isotope sehr langlebig sind, ist die Einhaltung beider Ziele über einen langen Zeitraum sicherzustellen. Die Abschirmung der Direktstrahlung kann etwa durch mehrere 100 Meter Gestein bei der Endlagerung oder durch massive Behälter und Betonwände erreicht werden.

Radioaktive Abfälle unterscheiden sich in ihren Eigenschaften erheblich voneinander. Sie werden in verschiedene Abfallgruppen unterteilt. Die Gruppen unterscheiden sich beispielsweise durch:

- Aktivität (hoch-, mittel- und schwachradioaktive Abfälle bzw. HAW, MAW, LAW)
- freigesetzte Wärmeleistung (wärmeentwickelnde Abfälle und Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung)
- Fähigkeit zur Aufrechterhaltung einer nuklearen Kettenreaktion (Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe)



AKTIVITÄT

**ca. 1 %
sonstige radioaktive Abfälle**

**ca. 99 %
Kernbrennstoffe**

Bis zu 100.000 m³ ggf. zusätzlich anfallendes Abfallvolumen durch Rückstände aus der Urananreicherungsanlage Gronau

Bis zu 220.000 m³ zusätzlich anfallendes Abfallvolumen durch eine Rückholung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II

Ca. 300.000 m³ Abfälle aus dem Betrieb und Rückbau von Atomkraftwerken und Forschungseinrichtungen, aus der Industrie und zu einem geringen Teil aus der Medizin

Kernbrennstoffe: hohe Radioaktivität, geringes Volumen

Kernbrennstoffe werden durch ihre Anteile an spaltbaren Stoffen (z. B. Uran-233, Uran-235, Plutonium-239 und Plutonium-241) von den sonstigen radioaktiven Stoffen abgegrenzt. In die Kategorie der Kernbrennstoffe fallen u. a. Brennelemente aus Atomkraftwerken und Forschungsreaktoren. Zusätzlich werden verfestigte mittel- und hochradioaktive Abfälle aus der Aufarbeitung von Kernbrennstoffen, sogenannte Kokillen, wie Kernbrennstoffe behandelt. Die Abfallkategorie Kernbrennstoffe umfasst den überwiegenden Anteil der wärmeentwickelnden Abfälle. Diese Abfälle haben einen Anteil von unter 5 % am Gesamtvolumen der radioaktiven Abfälle in Deutschland. Sie enthalten jedoch etwa 99 % der gesamten Radioaktivität aller radioaktiven Abfälle.

Bestrahlte Brennelemente und hochradioaktive Rückstände aus der Wiederaufarbeitung



Sonstige radioaktive Stoffe: schwache Radioaktivität, hohes Volumen

Alle radioaktiven Abfälle, die nicht Kernbrennstoffe sind, fallen in die Kategorie der sonstigen radioaktiven Stoffe. Dementsprechend ist hier eine große Vielfalt von Abfällen zusammengefasst. Gemeinsam ist ihnen, dass sie meist eine relativ schwache Aktivität aufweisen. Beispiele für sonstige radioaktive Stoffe sind kontaminierte Abwässer, Schutzbekleidung oder Werkzeuge, aber auch ausgediente Strahlungsquellen aus Industrie und Medizin. Weitere erhebliche Mengen sonstiger radioaktiver Stoffe werden aus der Räumung der Schachanlage Asse II sowie aus der Urananreicherung erwartet.

VOLUMEN

**ca. 27.000 m³
Kernbrennstoffe**

**bis zu 620.000 m³
sonstige radioaktive Abfälle**

Inhalt der Zwischenlager: bestrahlte Kernbrennstoffe

Die Zwischenlager enthalten hauptsächlich Behälter mit bestrahlten Brennelementen aus den Atomkraftwerken, daneben auch Behälter mit hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung. Die Stoffe werden dort bis zu ihrer Ablieferung an ein Endlager aufbewahrt.

Brennelemente bleiben etwa drei bis vier Jahre im Reaktorkern der Kraftwerke und werden zur Energieerzeugung dort bestrahlt. Danach werden sie als „abgebrannt“ aus dem Reaktorkern entfernt und gegen frische ausgetauscht. Die Aktivität der bestrahlten Brennelemente ist erheblich höher als die Aktivität der frischen Brennelemente, weshalb der Umgang mit ihnen jederzeit besondere Vorsicht (Wärmeabfuhr, Abschirmung) erfordert. Die Halbwertszeiten einiger Radionuklide in den bestrahlten Brennelementen betragen über eine Million Jahre. Bestrahlte Brennelemente enthalten jedoch auch eine ganze Reihe von Spaltprodukten mit kurzen Halbwertszeiten. Um die Stoffe besser handhaben zu können, werden die Brennelemente üblicherweise rund fünf Jahre in einem wassergefüllten Abklingbecken, einem sogenannten Nasslager, aufbewahrt.

In dieser Zeit sinken Aktivität und Temperatur der bestrahlten Brennelemente. So ist nach einem Jahr die Aktivität auf etwa ein Hundertstel des Ausgangswertes zurückgegangen. Die Nasslager befinden sich in unmittelbarer Nähe des Reaktors und sind Bestandteil der Atomkraftwerke. Nach dem Abklingen im Nasslager werden die Brennelemente in Deutschland in Transport- und Lagerbehälter umgeladen und dann trocken zwischengelagert. Bei der Trockenlagerung bieten die Behälter selbst einen robusten Schutz gegen äußere Einwirkungen und benötigen für ihre Kühlung keine Stromzufuhr. Im Unterschied dazu wird die Sicherheit der Lagerung in Wasserbecken durch aktive Systeme gewährleistet, deren Verfügbarkeit und Stromversorgung für eine dauerhafte Sicherheit gewährleistet sein muss. Beispielsweise plant man in Frankreich eine Nasslagerung auch über mehrere Jahrzehnte durchzuführen, wenn eine Wiederaufarbeitung der Brennelemente nicht vorgesehen oder nicht möglich ist.

Die bestrahlten Brennelemente setzen auch im Zwischenlager noch erhebliche Wärmemengen frei, die abgeführt werden müssen. Je geringer die Wärmeleistung der Abfälle nach der Zwischenlagerung ist, desto dichter können sie bei der Endlagerung unter Tage eingelagert werden und desto kompakter kann das Endlager selbst gestaltet werden.

Abklingen – wie schnell reduziert sich Radioaktivität?
„Abklingen“ bedeutet, dass mit der Zeit die Aktivität der radioaktiven Abfälle sinkt. Das dauert je nach Art der Stoffe unterschiedlich lange. Die bestimmende Größe dafür ist die sogenannte Halbwertszeit der einzelnen Radionuklide, die in den radioaktiven Abfällen enthalten sind. Nach einer Halbwertszeit finden nur noch halb so viele Kernzerfälle wie zuvor statt, nach einer weiteren Halbwertszeit ist die Aktivität wiederum um die Hälfte zurückgegangen („abgeklungen“). Nach zehn Halbwertszeiten ist das Niveau der Aktivität eines Radionuklids auf etwa ein Tausendstel des Ausgangswertes gesunken. Damit geht – insbesondere bei den wärmeentwickelnden Abfällen – ein deutlicher Rückgang der Temperatur einher.

Beispiele für Halbwertszeiten
Cäsium-137: ca. 30 Jahre
Plutonium-239: ca. 24.000 Jahre
Iod-129: ca. 16 Mio. Jahre

Im Abklingbecken
des Atomkraft-
werks Grohnde
werden die
bestrahlten
Brennelemente
bis zur Transport-
fähigkeit mehrere
Jahre gelagert
und gekühlt

© Bernhard Ludewig





10.000

aus Atomkraftwerken,
direkt endzulagern*

Brenn- elemente in t_{SM}

Mengenprognose für Kernbrennstoffe

Die Menge der anfallenden Kernbrennstoffe in Form von bestrahlten Brennelementen aus deutschen Atomkraftwerken lässt sich aufgrund der gesetzlich festgeschriebenen Restlaufzeiten berechnen. Mit dem Abschalten des letzten Atomkraftwerks werden bestrahlte Brennelemente mit einer ursprünglichen Schwermetallmasse (siehe Glossar) von etwa 17.000 Tonnen (t_{SM}) angefallen sein.



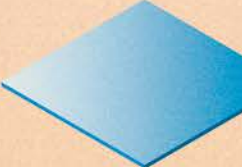

6.300

aus Atomkraftwerken und Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsreaktoren in die Wiederaufarbeitung gebracht. Die dabei angefallenen Abfälle sind endzulagern.

10-12
aus Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsreaktoren, direkt endzulagern*

400

dauerhaft ins
Ausland verbracht



* Bei der direkten Endlagerung werden die bestrahlten Brennelemente nach ihrem Einsatz im Atomkraftwerk zunächst zwischen- und später endgelagert, ohne noch einmal der Wiederaufarbeitung zugeführt zu werden.

Prognose von Kernbrenn- stoffen für die Endlagerung

**Abfallvolumen:
ca. 27.000 m³**

**Angefallene
Schwermetall-
masse:
ca. 17.000 t_{SM}**

**Behälteranzahl:
bis zu 1.900**

Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Die Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente wurde vertraglich zwischen den deutschen Energieversorgungsunternehmen und den Unternehmen COGEMA SA (heute Orano SA, Frankreich) und BNFL plc (heute Sellafield Ltd., Großbritannien) geregelt. Die Verträge beinhalten u. a. die Rücknahmepflicht für Abfälle nach Deutschland, die im Wiederaufarbeitungsprozess entstanden sind.

Bis 2011 wurden 108 Behälter mit verglasten hochradioaktiven Abfällen aus Frankreich nach Gorleben verbracht. 2014 legte die Bundesregierung fest, dass die verbliebenen und zurückzunehmenden Abfälle in den Standort-Zwischenlagern aufzubewahren sind. Die Transporte nach Gorleben wurden nach einem politischen Kompromiss unterbunden. Ziel sollte es sein, bei der ergebnisoffenen Suche nach einem Endlager nicht den Eindruck zu erwecken, Gorleben als Endlagerstandort sei bereits festgelegt.

Nachdem 2020 sechs Behälter mit hochradioaktiven Abfällen aus Großbritannien im Zwischenlager Biblis eingelagert wurden, besteht nach einer Neuordnung der Rückführung von Wiederaufarbeitungsabfällen zwischen Bundesumweltministerium und Energieversorgungsunternehmen im Jahr 2021 folgende weitere Planung: Vier Behälter mit hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich im Zwischenlager Philippsburg einzulagern und die verbliebenen hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Großbritannien (14 Behälter) zwischen den Zwischenlagern Brokdorf und Isar aufzuteilen.

Nach Abschaltung der letzten Atomkraftwerke in Deutschland verbleiben Forschungsreaktoren als Quelle weiterer bestrahlter Brennelemente.

Ausführlichere Informationen zur Rückführung von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich und Großbritannien finden Sie in unserer Informationsbroschüre „Rücknahme von radioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung“.



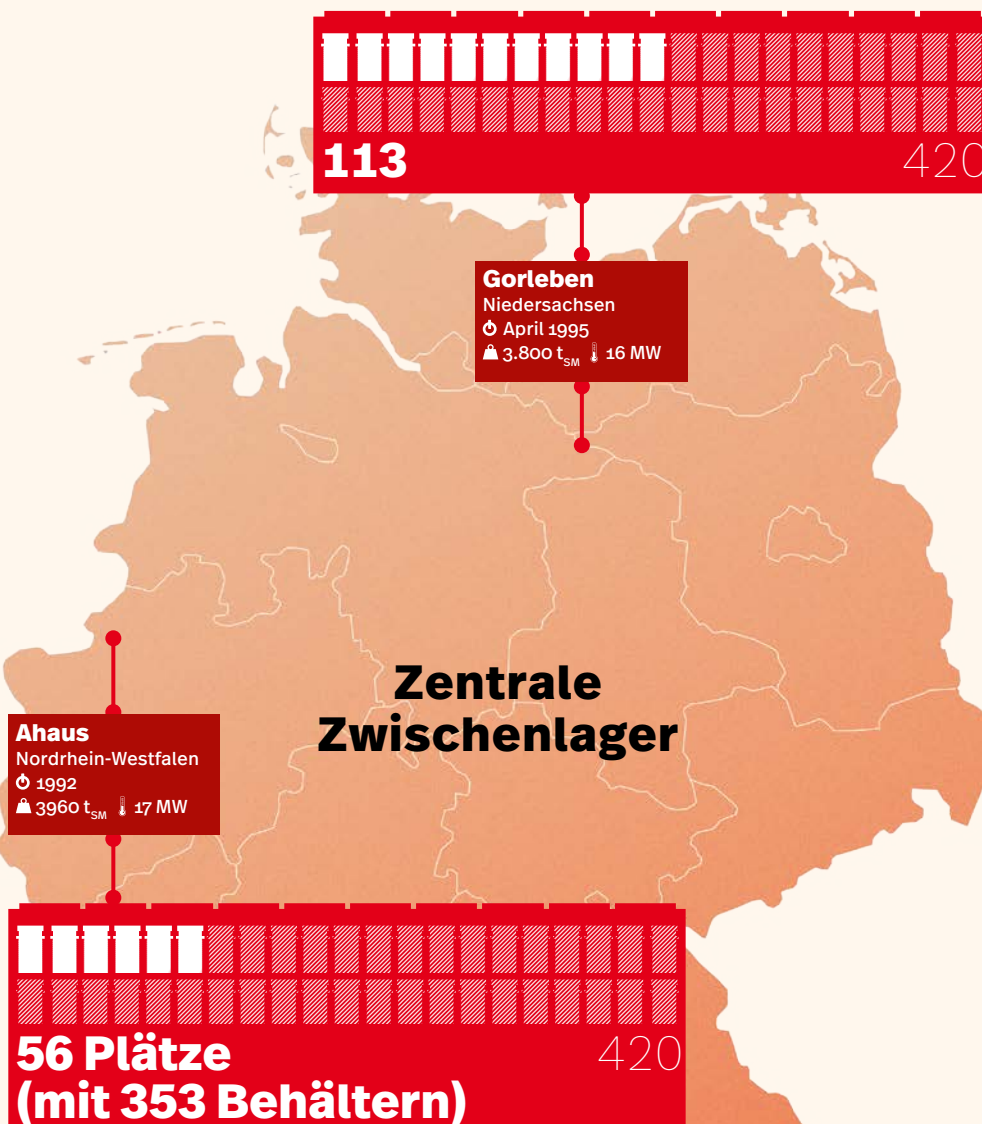
Übersicht Zwischenlager

In Deutschland wird zwischen zentralen und dezentralen Zwischenlagern unterschieden (siehe S. 24 ff.). Die dezentralen Zwischenlager werden auch als Standort-Zwischenlager bezeichnet, da sie sich direkt an den jeweiligen Standorten der Atomkraftwerke befinden. In den Zwischenlagern befindet sich eine Vielzahl an unterschiedlichen Behälterbauarten mit verschiedenstem Inhalt. Die Unterschiede ergeben sich beispielsweise in der Wärmeleistung, Aktivität und Schwermetallmasse, so dass die Anzahl der eingelagerten Behälter keine Rückschlüsse auf diese Größen zulässt.

Genügend Lagerkapazitäten für Kernbrennstoffe

Die Kapazität der Zwischenlager für Kernbrennstoffe ist in den jeweiligen Genehmigungen durch Obergrenzen für die eingelagerte Menge an Schwermetallmasse, Aktivität, Wärmeleistung und der Anzahl der Behälterstellplätze festgelegt. Die jeweilige Kapazität der Standort-Zwischenlager wurde unter Berücksichtigung der mit dem Atomausstieg 2002 festgelegten Restlaufzeiten von maximal 32 Jahren berechnet, beantragt und genehmigt. Nach dem Reaktorunfall von Fukushima 2011 wurden acht Atomkraftwerke unmittelbar abgeschaltet und die zulässigen

Restlaufzeiten der verbleibenden Kraftwerke reduziert. Bei einer geschätzten Gesamtzahl von bis zu 1.900 in Deutschland anfallenden Castor-Behältern sind die Kapazitäten der zentralen und dezentralen Zwischenlager ausreichend.



* Ursprünglich genehmigt: 80 Behälterstellplätze, 450 t_{SM}, 2 MW Wärmeleistung. Nach Gerichtsverfahren Neugenehmigung notwendig, neu beantragt: 20 Behälterstellplätze, 200 t_{SM}, 300 kW Wärmeleistung. Die Aufbewahrung erfolgt auf Basis einer aufsichtlichen Anordnung.

** Ursprünglich genehmigt: 80 Behälterstellplätze. Nach vollständiger Umsetzung der sicherungstechnischen Nachrüstung 65 Behälterstellplätze gestattet.

*** Aktuell keine Aufbewahrungsgenehmigung, die Aufbewahrung erfolgt auf Basis einer aufsichtlichen Anordnung.

Ort
 Bundesland
 ⌚ Inbetriebnahme
 ⚖ Masse Schwermetall
 ⚡ Wärmeleistung

Behälterstellplätze
 Stand 31.12.2021:
 belegt | benötigt | genehmigt

Dezentrale Zwischenlager

Lubmin
 Mecklenburg-Vorpo.
 ⌚ Ende 1999
 ⚖ 585 t_{SM} ⚡ 600 kW



Brunsbüttel**
 Schleswig-Holstein
 ⌚ 05.02.2006
 ⚖ 200 t_{SM} ⚡ 300 kW



Krümmel**
 Schleswig-Holstein
 ⌚ 14.11.2006
 ⚖ 775 t_{SM} ⚡ 3 MW



Brokdorf
 Schleswig-Holstein
 ⌚ 05.03.2007
 ⚖ 1.000 t_{SM} ⚡ 3,75 MW



Unterweser
 Niedersachsen
 ⌚ 18.06.2007
 ⚖ 800 t_{SM} ⚡ 3 MW



Grohnde
 Niedersachsen
 ⌚ 27.04.2006
 ⚖ 1.000 t_{SM} ⚡ 3,75 MW



Lingen
 Niedersachsen
 ⌚ 10.12.2002
 ⚖ 1.250 t_{SM} ⚡ 4,7 MW



Jülich***
 Nordrhein-Westfalen
 ⌚ August 1993
 ⚖ 225 kg Kernbrennstoff



Biblis
 Hessen
 ⌚ 18.05.2006
 ⚖ 1.400 t_{SM} ⚡ 5,3 MW



Grafenrheinfeld
 Bayern
 ⌚ 27.02.2006
 ⚖ 800 t_{SM} ⚡ 3 MW



Philippsburg
 Baden-Württemberg
 ⌚ 19.03.2007
 ⚖ 1.600 t_{SM} ⚡ 6 MW



Neckarwestheim
 Baden-Württemberg
 ⌚ 06.12.2006
 ⚖ 1.600 t_{SM} ⚡ 3,5 MW



Isar
 Bayern
 ⌚ 12.03.2007
 ⚖ 1.500 t_{SM} ⚡ 6 MW



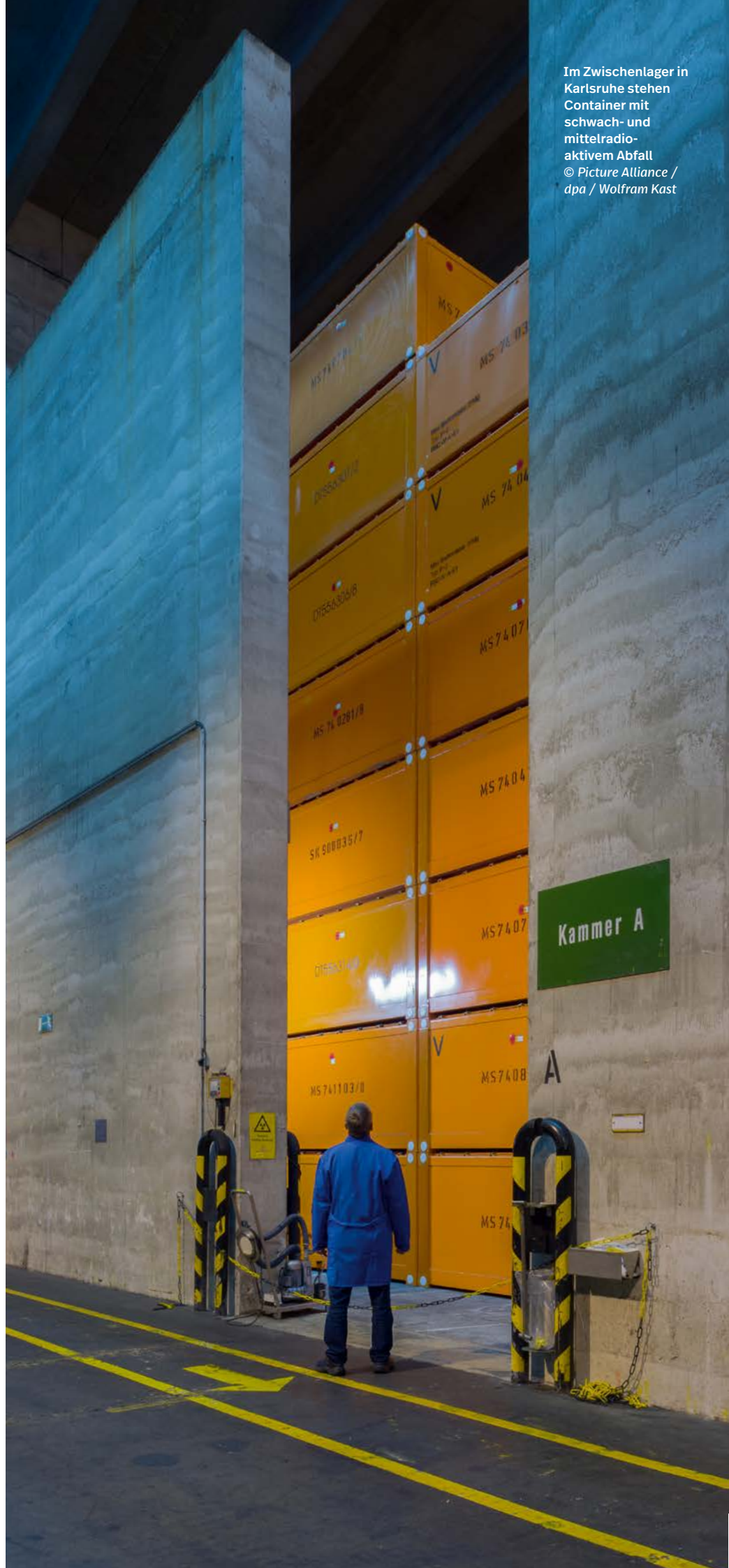
Gundremmingen
 Bayern
 ⌚ 25.08.2006
 ⚖ 1.850 t_{SM} ⚡ 6 MW



Prognosen für sonstige radioaktive Abfälle

Atomkraftwerke, sonstige kerntechnische Industrien und staatliche Einrichtungen werden nach derzeitigen Prognosen bis zum Jahr 2050 rund 300.000 m³ sonstige radioaktive Abfälle verursachen. Die Prognose für das Jahr 2050 geht von ca. 66 % sonstigen radioaktiven Abfällen aus Atomkraftwerken und der kerntechnischen Industrie und von ca. 34 % aus staatlichen Einrichtungen aus. Für die Endlagerung von 303.000 m³ radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ist das Endlager Konrad in Salzgitter (Niedersachsen) genehmigt. Es wird derzeit zum ersten nach Atomrecht genehmigten Endlager ausgebaut. Darüber hinaus sind bei Prognosen für sonstige radioaktive Abfälle bis zu 220.000 m³ radioaktive Abfälle einzubeziehen, die aus der Schachtanlage Asse II zurückgeholt werden sollen. Dazu kommen bis zu 100.000 m³ Reststoffe aus der Urananreicherung, sofern diese nicht anderweitig verwertet werden.

Im Zwischenlager in Karlsruhe stehen Container mit schwach- und mittelradioaktivem Abfall
© Picture Alliance / dpa / Wolfram Kast



Abfälle in staatlicher Hand

Die Bundesregierung hatte im Zuge des Ausstiegs aus der Atomenergie die Kommission zur Überprüfung der Finanzierung des Kernenergieausstiegs (KFK) eingerichtet. Ihre Aufgabe war es, die Finanzierung der Entsorgung der radioaktiven Abfälle neu zu bewerten. Auf Grundlage der Empfehlungen der KFK verabschiedete der Bundestag im Dezember 2016 das Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung. Das Gesetz regelt die organisatorischen und finanziellen Rahmenbedingungen für die Stilllegung und den Rückbau der Atomkraftwerke sowie für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Die Abfallverursacher haben entsprechend ihrer Pflicht aus diesem Gesetz zum 1. Juli 2017 rund 24 Mrd. Euro in einen eigens dafür gegründeten Fonds eingezahlt. Im Gegenzug trägt der Bund die Kosten und Verantwortung für die weitere Zwischen- und Endlagerung.

Für den Betrieb der Zwischenlager wurde im März 2017 die bundeseigene BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ) gegründet. Sie hat 2017 die Verantwortung für die Zwischenlager in Ahaus und in Gorleben von der Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) übernommen. Neben den Zwischenlagern in Ahaus und Gorleben betreibt die BGZ seit 2019 auch die Zwischenlager an den Standorten der Atomkraftwerke.

Eine Ausnahme stellt das Zwischenlager Brunsbüttel dar. Aufgrund eines laufenden Genehmigungsverfahrens ist für dieses Zwischenlager weiterhin der Betreiber des stillgelegten Atomkraftwerks, die Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG, eine Tochter von Vattenfall, zuständig.

Nachdem die Genehmigung für das Zwischenlager erteilt ist, geht auch das Zwischenlager Brunsbüttel in die Zuständigkeit der BGZ über.

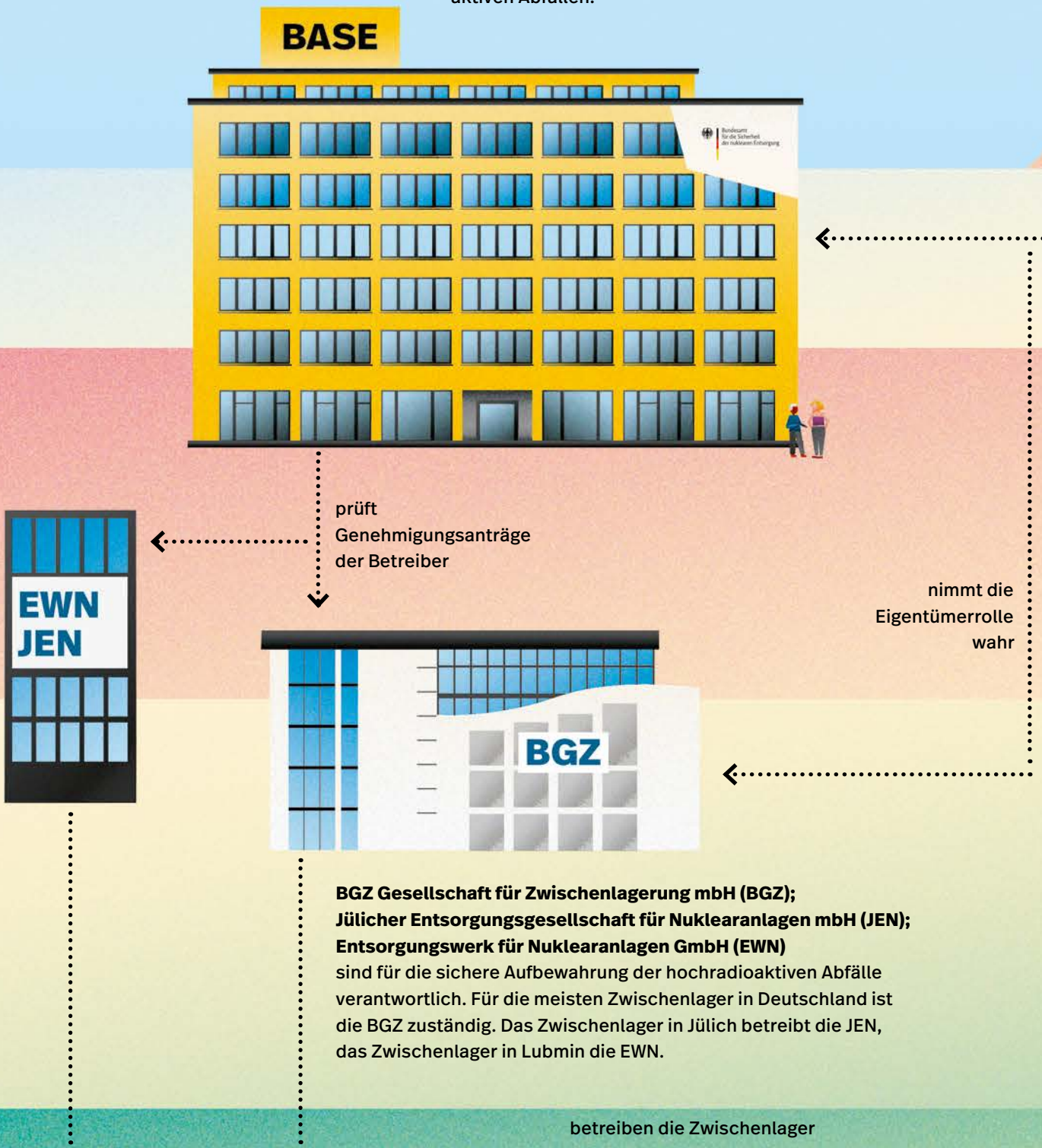
Die BGZ ist außerdem verpflichtet, radioaktive Abfälle, die aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe aus deutschen Atomkraftwerken im Ausland stammen, in ihren Besitz zu nehmen, sofern diese den festgelegten Annahmebedingungen der jeweiligen Zwischenlager entsprechen. Die Verantwortung und Finanzierungspflicht für die Stilllegung und den Rückbau der Atomkraftwerksanlagen sowie die Verpackung der radioaktiven Abfälle verbleiben in Händen der Kraftwerksbetreiber. Aus dem Fonds werden sowohl die Zwischenlager als auch die mit der Endlagerung verbundenen Aufgaben finanziert.

Als Betreiberin der Zwischenlager führt die BGZ auch die entsprechenden Genehmigungsverfahren. Dabei hat sie – wie jeder andere Antragsteller auch – gegenüber dem BASE als Genehmigungsbehörde den Nachweis zu führen, dass alle Sicherheitsanforderungen erfüllt sind.

Aus historischen Gründen gibt es neben der BGZ noch weitere Zwischenlager-Betreiber, die ebenfalls im Eigentum des Bundes stehen. Die EWN Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN) betreibt das Zwischenlager Nord in Lubmin. Eine Tochtergesellschaft der EWN, die Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN), betreibt das Zwischenlager für das Versuchskernkraftwerk AVR in Jülich.

Zwischenlagerung – wer macht was?

Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung prüft die Anträge der Zwischenlagerbetreiber. Nur wenn die strengen Sicherheitsanforderungen des Atomgesetzes erfüllt sind, erteilt das BASE eine Genehmigung für die Aufbewahrung von hochradioaktiven Abfällen.



BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ); Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN); Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN) sind für die sichere Aufbewahrung der hochradioaktiven Abfälle verantwortlich. Für die meisten Zwischenlager in Deutschland ist die BGZ zuständig. Das Zwischenlager in Jülich betreibt die JEN, das Zwischenlager in Lubmin die EWN.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz trägt die politische Verantwortung. Es führt die Aufsicht über das BASE und die zuständigen Landesbehörden und kann Weisungen erteilen.

BMUV

Fach- und Rechtsaufsicht

Bundesaufsicht

Die Landesbehörden

führen die Aufsicht über die Zwischenlager. Sie überprüfen den sicheren Betrieb der Zwischenlager. Gemäß der geografischen Lage der Zwischenlager sind die Länder Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein zuständig.

führen die Aufsicht über die Zwischenlager

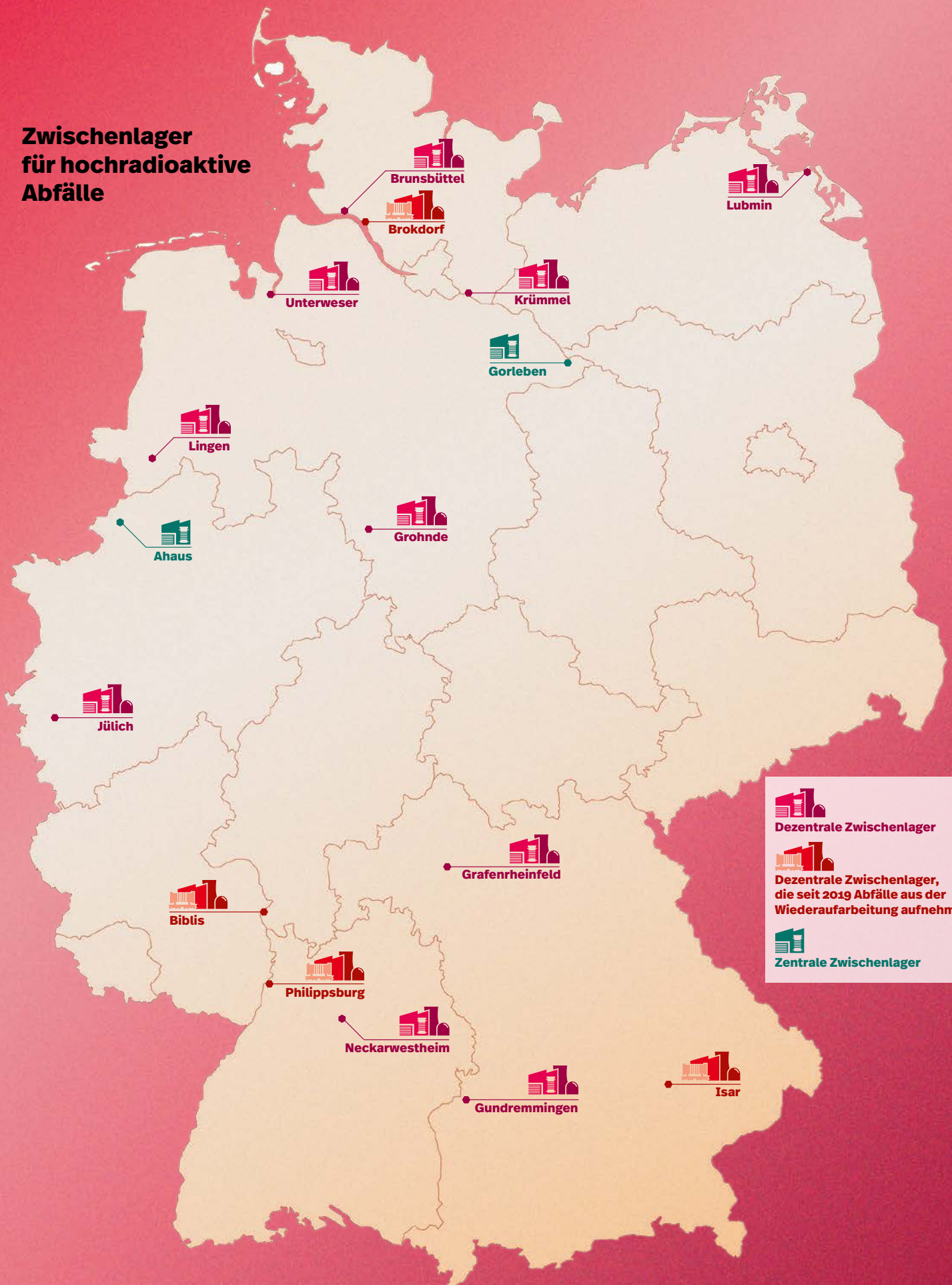


Castor-Behälter im
Zwischenlager Grohnde
© Bernhard Ludewig

Wie funktionieren Zwischenlager?



Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle



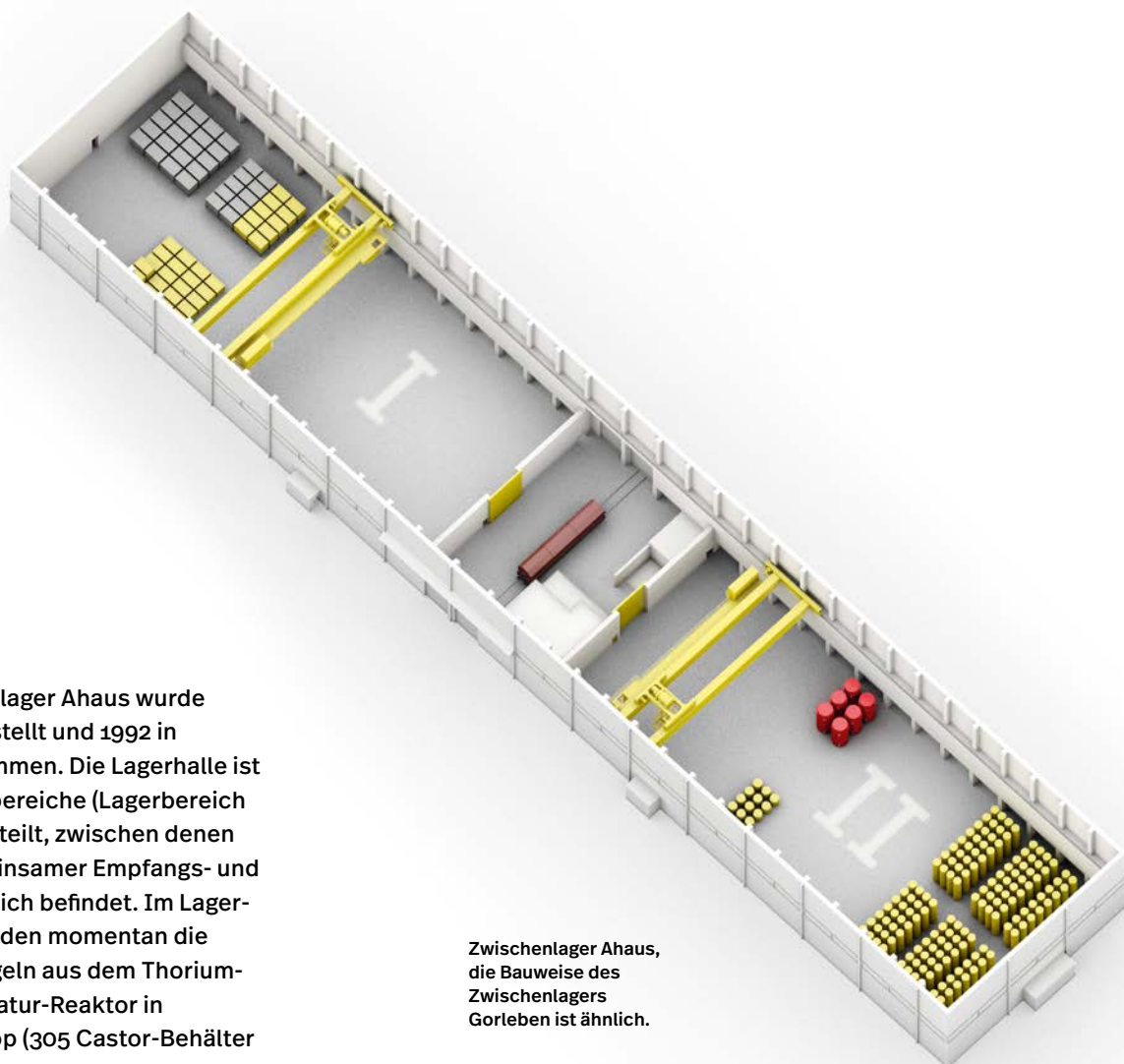
Zentrale und dezentrale Zwischenlager

In Deutschland wird zwischen zentralen und dezentralen Zwischenlagern unterschieden. Zentrale Zwischenlager befinden sich in Gorleben und Ahaus, als dezentrale Zwischenlager werden die zwölf Standort-Zwischenlager bezeichnet, die Anfang der 2000er Jahre an den Atomkraftwerken errichtet wurden (siehe S. 9). Eine Sonderstellung nehmen die Zwischenlager Jülich und Lubmin ein. Sie befinden sich zwar wie die dezentralen Lager in unmittelbarer Nähe zu einer kerntechnischen Anlage, wurden jedoch nicht von einem Energieversorgungsunternehmen und bereits vor 2000 errichtet.

Die Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle werden – mit Ausnahme der Zwischenlager in Jülich, Lubmin und Brunsbüttel – von der bundeseigenen BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ) betrieben.

Standort-Zwischenlager an den Atomkraftwerken

In den Standort-Zwischenlagern werden bestrahlte Brennelemente aus dem Betrieb des jeweiligen Atomkraftwerks aufbewahrt. Eine Ausnahme bilden die Abfälle aus dem Atomkraftwerk Obrigheim, die vom Betreiber 2017 im standortnahen Zwischenlager Neckarwestheim eingelagert wurden. 2014 legte die Bundesregierung fest, dass die restlichen noch aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich und Großbritannien rückzuführenden radioaktiven Abfälle in den Standort-Zwischenlagern aufzubewahren sind. Die Abfälle sollen auf die Standorte Philippsburg, Brokdorf und Isar verteilt werden. Der Transport nach Biblis ist bereits erfolgt. Die an diesen Standorten bereits heute erlaubten Mengen an radioaktiven Abfällen werden dadurch nicht verändert.



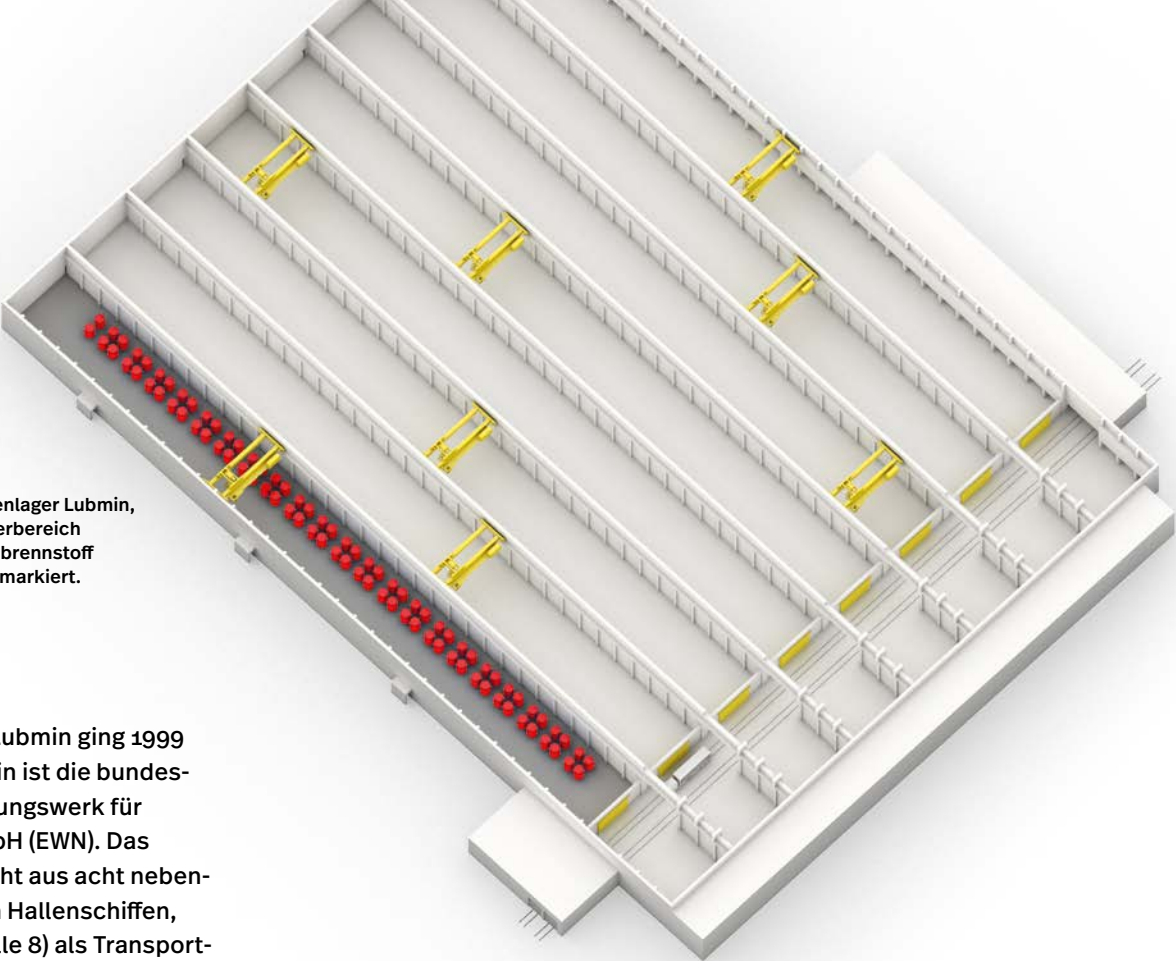
Ahaus

Das Zwischenlager Ahaus wurde 1990 fertiggestellt und 1992 in Betrieb genommen. Die Lagerhalle ist in zwei Lagerbereiche (Lagerbereich I und II) aufgeteilt, zwischen denen sich ein gemeinsamer Empfangs- und Wartungsbereich befindet. Im Lagerbereich II werden momentan die Brennstoffkugeln aus dem Thorium-Hoch-Temperatur-Reaktor in Hamm-Uentrop (305 Castor-Behälter THTR/AVR), Brennelemente aus Forschungsreaktoren (18 Castor-Behälter MTR2) sowie in geringem Umfang Brennelemente aus Atomkraftwerken (jeweils drei Castor-Behälter V/19 und V/52) aufbewahrt. Lagerbereich I dient derzeit der Zwischenlagerung sonstiger radioaktiver Abfälle (sog. kombinierte Nutzung).

Zwischenlager Ahaus,
die Bauweise des
Zwischenlagers
Gorleben ist ähnlich.

Gorleben

Das Zwischenlager Gorleben wurde 1983 fertiggestellt und 1995 mit der Einlagerung des ersten Behälters in Betrieb genommen. Es ist das älteste Zwischenlager für Kernbrennstoffe in Deutschland. Der überwiegende Anteil der Behälter (108) ist mit hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung aus Frankreich beladen. Weiterhin werden dort fünf Behälter verschiedener Bauarten mit bestrahlten Brennelementen aufbewahrt. Die Lagerhalle besteht nur aus einem Lagerbereich. In einem gesonderten Gebäude auf dem Gelände befindet sich außerdem das Abfalllager Gorleben, welches als Zwischenlager für sonstige radioaktive Abfälle genutzt wird.



Zwischenlager Lubmin,
der Lagerbereich
für Kernbrennstoff
ist grau markiert.

Lubmin

Das Zwischenlager Lubmin ging 1999 in Betrieb. Betreiberin ist die bundeseigene EWN Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH (EWN). Das Lagergebäude besteht aus acht nebeneinander errichteten Hallenschiffen, von denen eines (Halle 8) als Transportbehälterlager zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen dient. Mittelfristig soll ein Neubau die Halle 8 ersetzen. Die atomrechtliche Genehmigung für diesen Neubau wurde 2019 beim BASE beantragt. In den anderen sieben Lagerbereichen befinden sich sonstige radioaktive Abfälle sowie Anlagen zu deren Konditionierung. Im Lagerbereich für Kernbrennstoffe befinden sich 74 Transport- und Lagerbehälter, die bestrahlte Brennelemente der ostdeutschen Atomkraftwerke Rheinsberg und Greifswald, Brennstäbe und Glaskokillen aus Karlsruhe sowie Brennstäbe des nuklearbetriebenen Forschungs- und Frachtschiffes „Otto Hahn“ beinhalten. Außerdem wird dort Lagerkapazität für die staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen vorgehalten.

Vor dem Hintergrund geänderter Sicherungsanforderungen hat sich die EWN entschieden, in unmittelbarer Nähe einen Neubau zu errichten. Das neue Ersatzbehälterlager ESTRAL soll aus Stahlbeton bestehen und unter anderem einen Lagerbereich, einen Wartungsbereich, einen Verladebereich und einen Transportkorridor umfassen. Zusätzlich zu den 74 Stellplätzen für die Transport- und Lagerbehälter sind 12 Ausweichstellplätze vorgesehen.

Jülich

Im Zwischenlager Jülich befinden sich gegenwärtig die Brennstoff-Kugeln des Versuchsreaktors des Forschungszentrums Jülich. Betreiberin des Zwischenlagers ist die bundeseigene Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH (JEN). Die für 20 Jahre erteilte Betriebsgenehmigung des Zwischenlagers ist am 30. Juni 2013 abgelaufen. Momentan erfolgt der Betrieb des Lagers auf der Grundlage einer Anordnung nach § 19 AtG der zuständigen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde, des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE). In diesem Zusammenhang hat die atomrechtliche Aufsichtsbehörde 2014 angeordnet, das Lager zu räumen. Der Betreiber hat eine Neugenehmigung für 9 Jahre ab Genehmigungserteilung beantragt. Mittelfristig werden drei Optionen verfolgt:

- Transport nach Ahaus
- Neubau eines Zwischenlagers bei Jülich
- Transport in die USA

Konstruktion der Zwischenlager

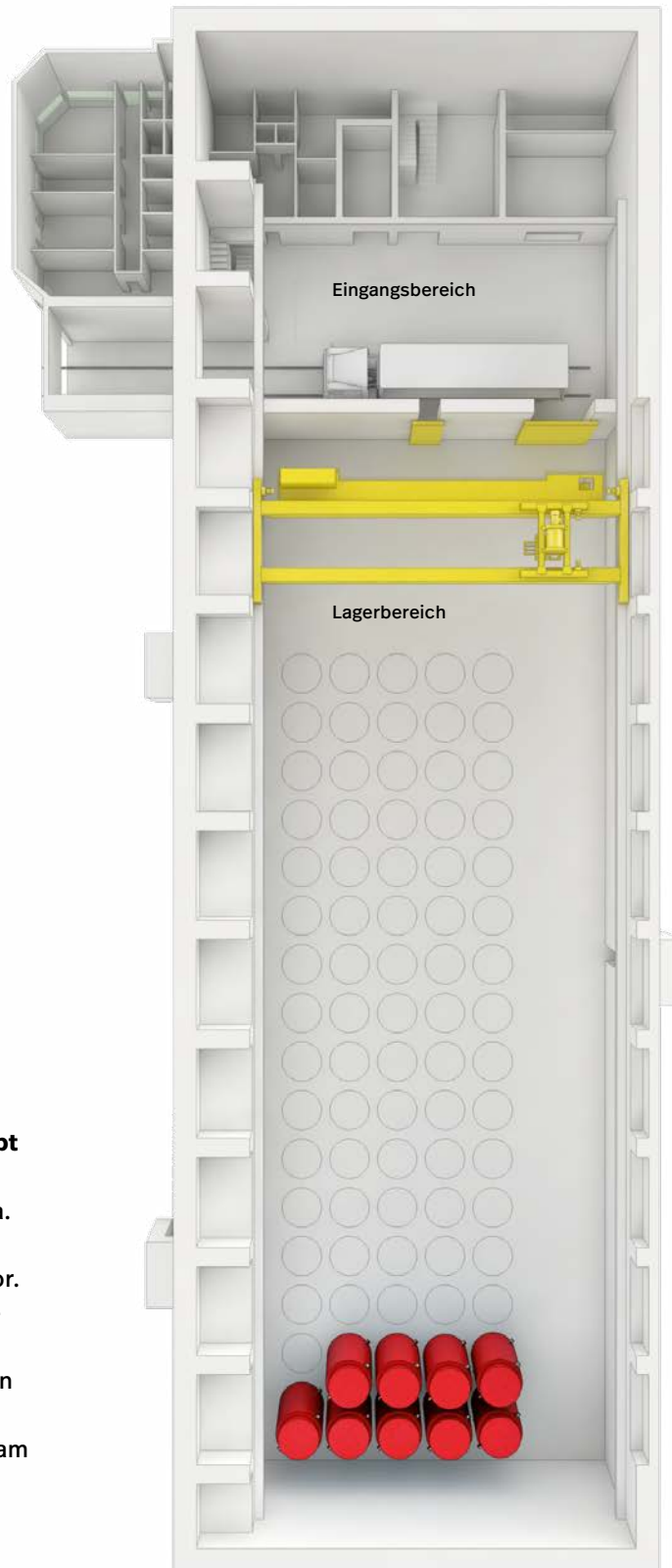
Die Standort-Zwischenlager wurden mit Ausnahme des Zwischenlagers in Neckarwestheim nach zwei grundlegenden Zwischenlagertypen errichtet (STEAG oder WTI). Trotz unterschiedlicher Bauweise erfüllen die Zwischenlager die Anforderungen des Atomgesetzes und sind auch gegen potentielle Terror- und Sabotageakte gesichert (siehe S. 42 f.).

Die wesentliche Schutzfunktion vor ionisierender Strahlung leisten die Behälter, in welchen die Kernbrennstoffe aufbewahrt werden (siehe S. 36ff.). Das Zwischenlagergebäude trägt zusätzlich zum Schutz und zur Abschirmung bei. Darüber hinaus schützt das Bauwerk eines Zwischenlagers die eingelagerten Behälter vor Witterungseinflüssen.

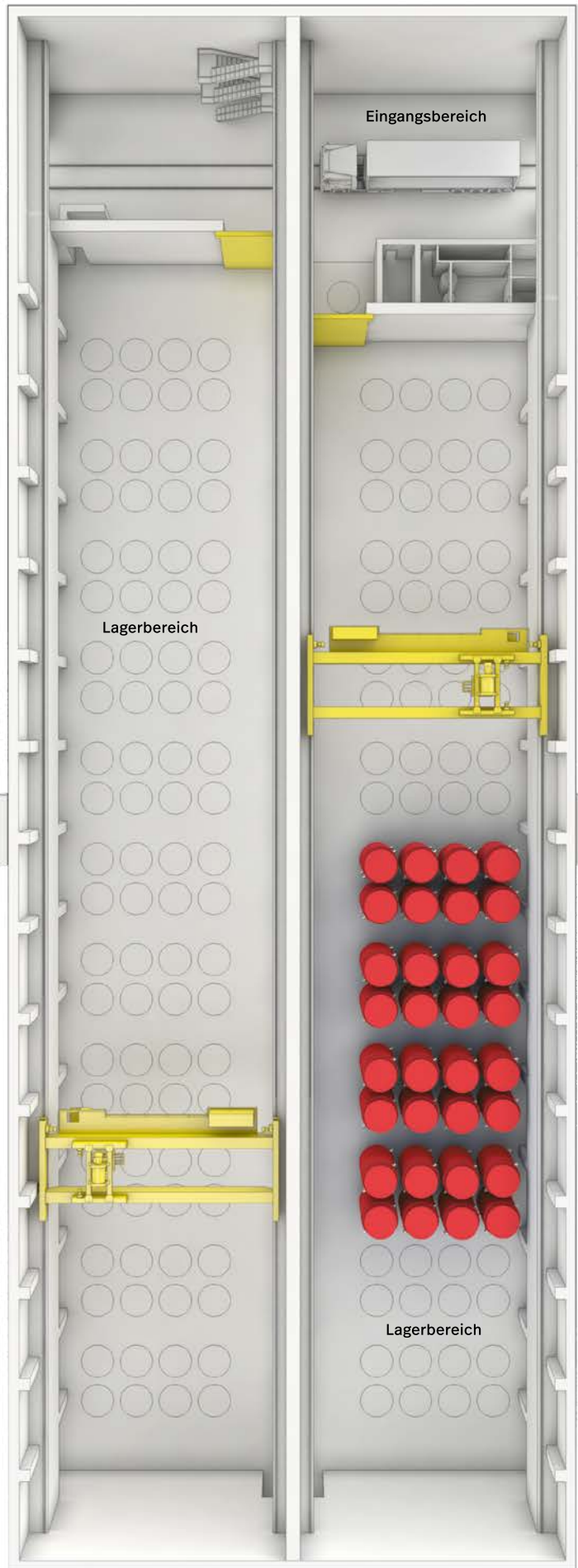
Die baulichen Strukturen eines Zwischenlagers stellen insbesondere auch Barrieren dar, die unbefugten Zugang in das Lager verhindern. Auf diese Weise leisten die Gebäudestrukturen eines Zwischenlagers einen wesentlichen Beitrag im Hinblick auf den Schutz der eingelagerten Kernbrennstoffe gegen ein Entwenden. Zugleich verhindern sie damit, dass Täter auf die Behälter einwirken können, zum Beispiel bei terroristisch motivierten Taten und kriminellen Handlungen.

Für Zwischenlager zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen gibt es keine konkreten Vorgaben des Regelwerkes hinsichtlich der Struktur des Gebäudes oder der Wandstärke. Entscheidend ist vor allem, dass das Gesamtkonzept des Zwischenlagers alle Genehmigungsanforderungen erfüllt. Innerhalb dieses Rahmens ist der Antragsteller frei in der baulich-technischen Ausgestaltung.

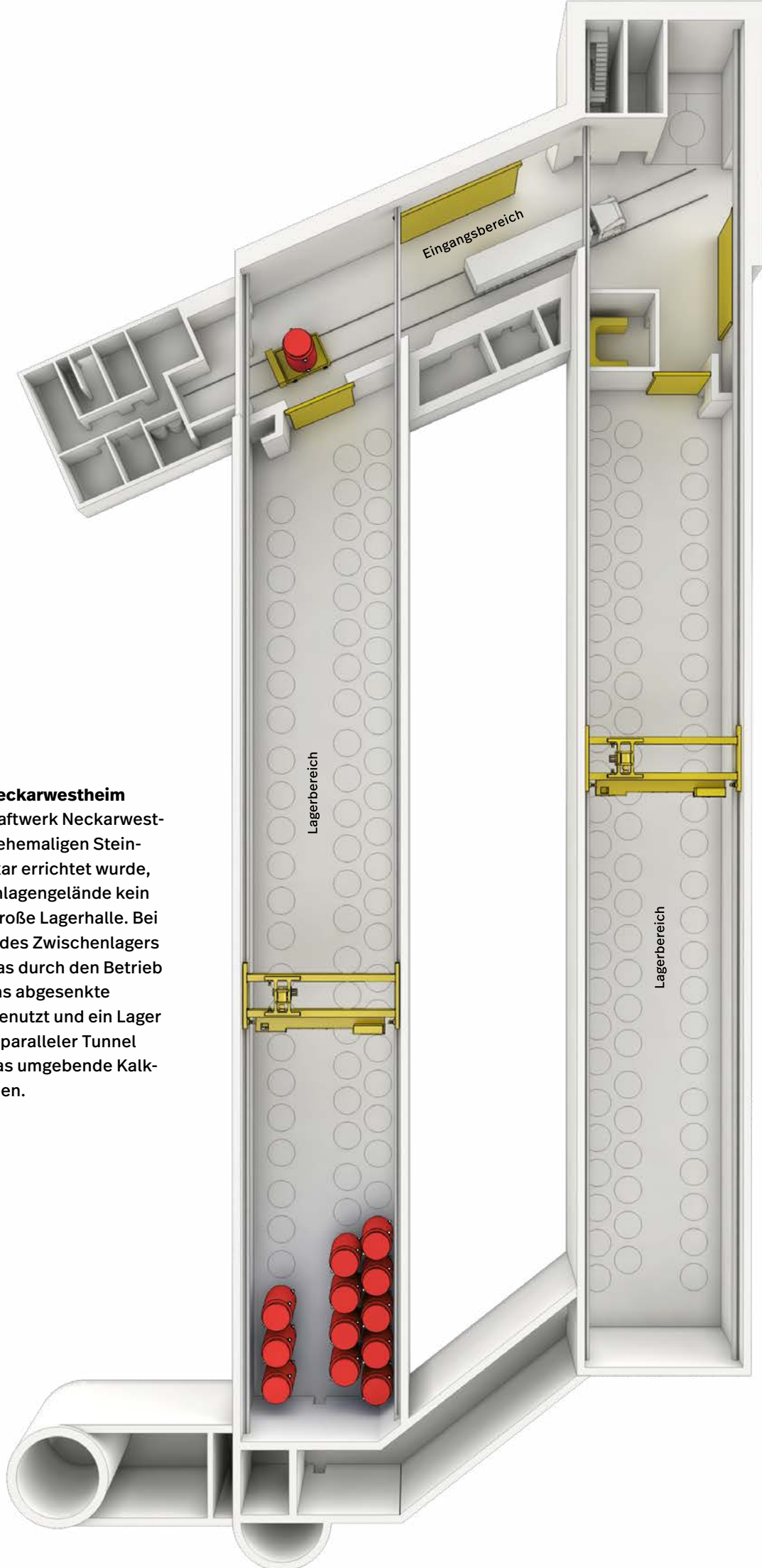
Im Genehmigungsverfahren prüft das BASE, ob die Sicherheit unter Betrachtung unterschiedlicher Szenarien und Wechselwirkungen gewährleistet ist. Wenn dies der Fall ist, hat das BASE die beantragte Genehmigung zu erteilen



Hallen nach dem STEAG-Konzept
Das Konzept der STEAG GmbH sieht eine Stahlbetonhalle mit ca. 1,20 Meter dicken Wänden und einer 1,30 Meter dicken Decke vor. Lagergebäude nach dem STEAG-Konzept befinden sich an den sechs norddeutschen Standorten Brokdorf, Krümmel, Brunsbüttel, Grohnde und Unterweser sowie am Standort Lingen.



Hallen nach dem WTI-Konzept
Das WTI-Konzept stammt von der Wissenschaftlich-Technischen Ingenieurberatung GmbH. Es geht mit einer Wandstärke von ca. 70 bis ca. 85 Zentimetern und einer Deckenstärke von ca. 55 Zentimetern auf die Konstruktion der Lagergebäude in Gorleben und Ahaus zurück. Das WTI-Konzept ist für die fünf süddeutschen Standorte Biblis, Philippsburg, Grafenrheinfeld, Isar und Gundremmingen genehmigt.



Tunnellager Neckarwestheim

Da das Atomkraftwerk Neckarwestheim in einem ehemaligen Steinbruch am Neckar errichtet wurde, war auf dem Anlagengelände kein Platz für eine große Lagerhalle. Bei der Errichtung des Zwischenlagers wurde daher das durch den Betrieb des Steinbruchs abgesenkte Bodenniveau genutzt und ein Lager in Form zweier paralleler Tunnel horizontal in das umgebende Kalkgestein getrieben.



Ablauf des Genehmigungsverfahrens

Ein Genehmigungsverfahren für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen beginnt, sobald dafür ein Antrag beim BASE eingegangen ist. Bereits vor einem Antrag kann sich ein Betreiber jedoch beim BASE beraten lassen, welche Unterlagen erforderlich sind. Die Form des Genehmigungsverfahrens hängt maßgeblich davon ab, ob für das beantragte Vorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt werden muss. Eine UVP muss durchgeführt werden,

- wenn bei einem Neuvorhaben bestrahlte Kernbrennstoffe oder andere hochradioaktive Abfälle länger als zehn Jahre an einem anderen Ort als dem Ort, an dem diese Stoffe angefallen sind, aufbewahrt werden sollen oder
- wenn eine Vorprüfung ergibt, dass ein Neuvorhaben oder die beabsichtigte Änderung eines bestehenden Zwischenlagers erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen hervorrufen kann.

Bei UVP-pflichtigen Vorhaben erfolgt das Genehmigungsverfahren in entsprechender Anwendung der Atomrechtlichen Verfahrensverordnung (AtVfV). Ist für ein Vorhaben eine UVP nicht erforderlich, richtet sich das Genehmigungsverfahren nach den allgemeinen Bestimmungen des Verwaltungsverfahrensgesetzes (VwVfG).

In einem Verfahren, das eine UVP beinhaltet, muss die Öffentlichkeit außerdem auch formal beteiligt werden. Unabhängig davon informiert das BASE umfassend über alle Zwischenlager.

In jedem Genehmigungsverfahren für Zwischenlager bewertet das BASE die eingereichten Antragsunterlagen daraufhin, ob alle gesetzlichen Voraussetzungen für die Erteilung einer Genehmigung vorliegen. Werden alle Anforderungen erfüllt, muss die Genehmigung erteilt werden. Das BASE darf dann die Genehmigung nicht aus anderen Gründen ablehnen.

Vor Erteilung der Genehmigung bindet das BASE die atomrechtliche Aufsichtsbehörde und gegebenenfalls das Innenministerium des jeweiligen Bundeslandes mit ein, außerdem hat der Antragsteller im Rahmen einer Anhörung Gelegenheit zur Stellungnahme.

Öffentlichkeitsbeteiligung

Bei einer UVP-Pflicht gibt das BASE das Vorhaben im Bundesanzeiger sowie in örtlichen, standortnahen Tageszeitungen bekannt und legt den Antrag sowie weitere relevante Unterlagen an seinen Behörden-Standorten in Berlin und Salzgitter sowie an einer geeigneten Stelle in der Nähe des Standortes aus. Es besteht dann die Möglichkeit, schriftlich Einwendungen gegen das Vorhaben zu erheben sowie die Einwendungen mit dem BASE, dem Antragsteller und den Einwenderinnen und Einwendern zu erörtern.

Die ausgelegten Unterlagen zum Vorhaben können zusätzlich auf der Homepage des BASE sowie auf einem Informationsportal des Bundes (www.uvp-portal.de) abgerufen werden. Zu den erforderlichen Auslegungsunterlagen gehören u. a. eine allgemeinverständliche Kurzbeschreibung des Vorhabens, ein Sicherheitsbericht und ein UVP-Bericht zur Vorbereitung der UVP.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung organisiert das BASE einen Erörterungstermin. Er dient dazu, die von Anwohnern oder Bürgerinnen und Bürgern rechtzeitig erhobenen Einwendungen zu besprechen, soweit dies für die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen von Bedeutung sein kann. Ziel der Erörterung ist es, sich gemeinsam mit den Bürgerinnen und Bürgern und dem Antragsteller über die in den Einwendungen schriftlich erhobenen Anmerkungen, Hinweise und Befürchtungen im direkten Gespräch auseinanderzusetzen.

Umweltverträglichkeitsprüfung

Die UVP ist ein Instrument, mit dem die Umweltauswirkungen geplanter Vorhaben frühzeitig, systematisch und umfassend ermittelt, beschrieben und bewertet werden.

Als Grundlage für die UVP legt der Antragsteller der Genehmigungsbehörde einen Bericht zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens (UVP-Bericht) vor. Dieser Bericht muss eine Beschreibung des Vorhabens mit Angaben zum Standort, zur Art und technischen Ausgestaltung, zur Größe und zu anderen wesentlichen Merkmalen des Vorhabens sowie eine Beschreibung der Umwelt und ihrer Bestandteile im Einwirkungsbereich des Vorhabens enthalten.

Die Genehmigungsbehörde prüft und bewertet die Auswirkungen des Vorhabens auf Menschen, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt. Sie betrachtet ebenfalls Auswirkungen auf Fläche, Boden, Wasser, Luft und Klima. Auch mögliche Einflüsse auf Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern müssen untersucht werden. Die Ergebnisse der UVP fließen anschließend nach Maßgabe der Rechts- und Verwaltungsvorschriften in die Genehmigungsentscheidung ein.

Wenn ein Vorhaben erhebliche grenzüberschreitende Umweltauswirkungen haben kann, werden die potentiell betroffenen Nachbarstaaten über das Vorhaben unterrichtet. Wünscht ein Nachbarstaat eine Beteiligung im Verfahren, so ist eine grenzüberschreitende UVP durchzuführen. In diesem Rahmen findet auch im Nachbarstaat eine Beteiligung der Öffentlichkeit statt.



Wie sind Zwischenlager geschützt?



Zwischenlager in
Gorleben, um das
Lager herum ist
Stacheldraht
gelegt
© picture alliance /
photothek | Thomas
Imo

Sicherheit und Sicherung

Der Schutz von Mensch und Umwelt hat bei der Lagerung hochradioaktiver Stoffe in den Zwischenlagern höchste Priorität, die Strahlenbelastung muss für die Anwohner und das Betriebspersonal so gering wie möglich gehalten werden. Zu unterscheiden sind dabei Maßnahmen gegen Schäden, die durch die Aufbewahrung der Kernbrennstoffe selbst entstehen können (Sicherheit), und Maßnahmen, die Schäden aufgrund von kriminellen und terroristisch motivierten Taten verhindern sollen (Sicherung).

Für die Aufbewahrung von hochradioaktiven Abfällen braucht es umfassende Sicherheits- und Schutzkonzepte.

Die Gewährleistung der Sicherheit ist dabei zentrale Aufgabe des Zwischenlagerbetreibers. Bevor die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle vom BASE genehmigt werden kann, muss er die Einhaltung aller notwendigen Sicherheitsanforderungen nachweisen.

Zwischenlager müssen u. a. folgende sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen:

- Abschirmung der ionisierenden Strahlung vor allem durch die Behälter
- sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Betriebes
- sichere Handhabung der radioaktiven Stoffe
- Auslegung gegen Störfälle

Sicherung bezieht sich dagegen auf den Schutz der Bevölkerung vor den Auswirkungen von Terror- und Sabotageakten, z. B. auf ein Zwischenlager. Die Abwehr terroristischer Gefahren ist vorrangig eine staatliche Aufgabe, insbesondere der Polizei. Diese staatliche Aufgabe wird bei Zwischenlagern ergänzt durch die Verpflichtung des Betreibers zur Umsetzung von Maßnahmen zum erforderlichen Schutz des Zwischenlagers gegen „Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter“, kurz SEWD. SEWD umfasst dabei kriminelle Handlungen zum Zwecke der Entwendung von radioaktiven Stoffen oder einer Freisetzung radioaktiver Stoffe. Mit Dritte sind potentielle Täter gemeint. Ziel der Sicherungsmaßnahmen des Betreibers ist es, bis zum wirksamen Eingreifen staatlicher Schutzkräfte den erforderlichen Schutz des Zwischenlagers gegen SEWD zu gewährleisten (siehe S. 42 ff).

Sicherheit

umfasst die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden, die durch die Aufbewahrung von hochradioaktiven Abfällen in einem Zwischenlager entstehen können.

Sicherung

ist der für alle kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD). Als solche kommen kriminelle und terroristisch motivierte Taten in Betracht.

Voraussetzungen für die Genehmigung

Um Kernbrennstoffe in einem Zwischenlager aufbewahren zu dürfen, benötigt der Betreiber eine Genehmigung des BASE. Für jede wesentliche Änderung an den Zwischenlagern oder bei der Handhabung mit dem hochradioaktiven Inventar muss er außerdem eine sogenannte Änderungs-genehmigung beantragen.

In diesen Genehmigungsverfahren müssen die jeweiligen Betreiber der Zwischenlager dem BASE gemäß § 6 AtG nachweisen, dass

- die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Maßnahmen zur Schadensvorsorge getroffen sind (Sicherheit),
- die Kernbrennstoffe ausreichend gegen SEWD geschützt sind, z. B. gegen terroristische Angriffe (Sicherung),
- das Personal über Fachkunde verfügt und zuverlässig ist und
- die erforderliche Vorsorge für die Erfüllung gesetzlicher Schadenersatzverpflichtungen getroffen ist.

Sind alle Voraussetzungen erfüllt, hat der Antragsteller einen Rechtsanspruch darauf, dass die Genehmigung erteilt wird. Man spricht dabei von einer gebundenen Entscheidung. Nach Erteilung einer Genehmigung ist die staatliche Aufsicht zuständig für die Überwachung der Sicherheit und Sicherung der Zwischenlager. Die staatliche Aufsicht wird durch eine zuständige Landesbehörde wahrgenommen, in den meisten Bundesländern ist dies das jeweilige Umweltministerium.

Aufgabe der Aufsicht ist insbesondere die Überwachung der Einhaltung der Bestimmungen und Auflagen der Genehmigungen sowie die Einhaltung des AtG und der atomrechtlichen Verordnungen. Wie das BASE in Genehmigungsverfahren nach § 6 AtG lassen sich die Aufsichtsbehörden bei ihrer Tätigkeit durch unabhängige Sachverständige unterstützen.

Die Konstruktion der Behälter

Die meisten Behälter, die in Deutschland für den Transport und die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle in Zwischenlagern zum Einsatz kommen, sind sogenannte Castor-Behälter (cask for storage and transport of radioactive material). Die Modelle verfügen über eine ähnliche Grundkonstruktion, unterscheiden sich jedoch je nach vorgesehener Beladung. Bei der Darstellung rechts handelt es sich um ein Modell zur Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus Kernkraftwerken.

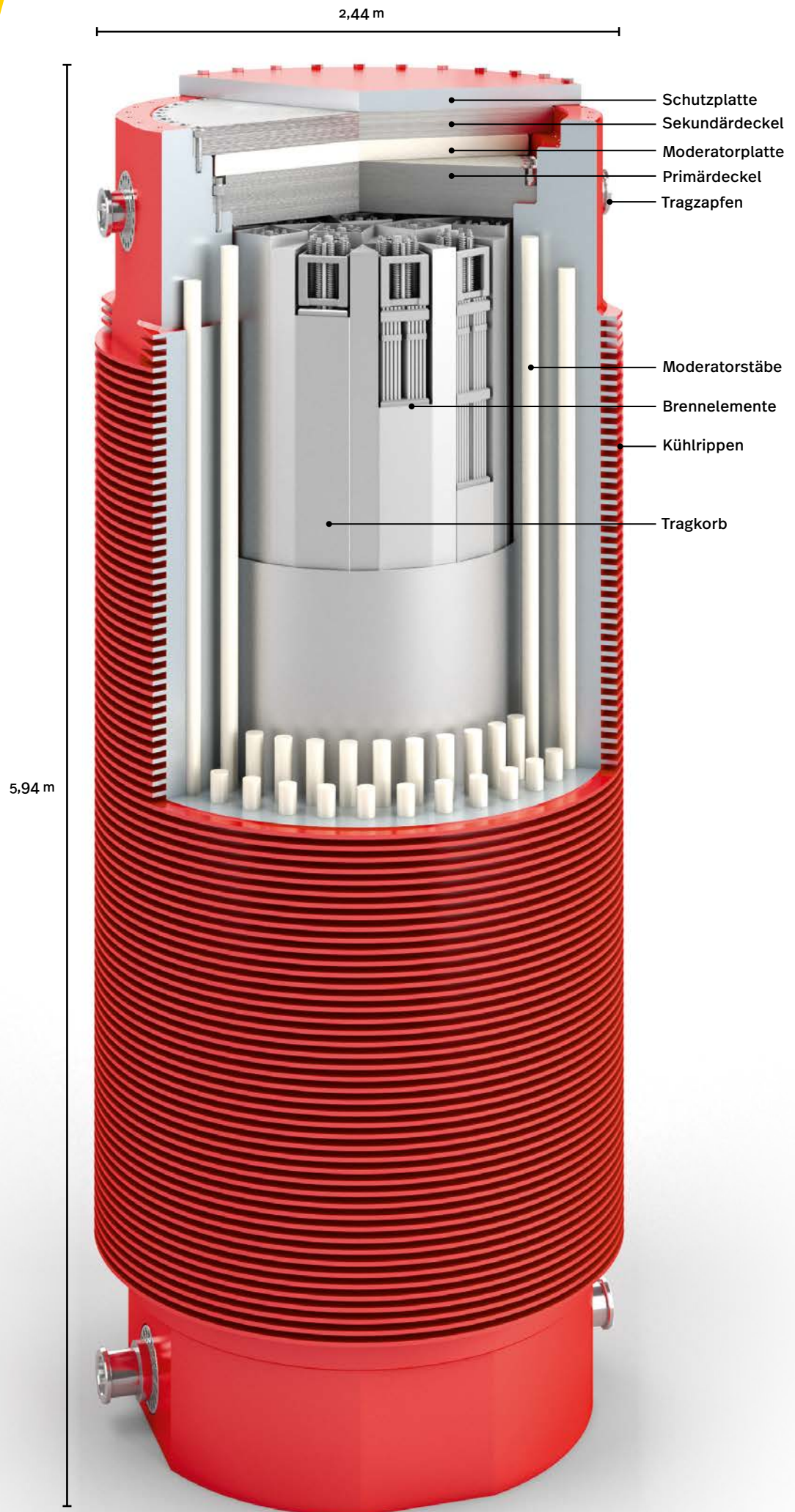
Der monolithische Behälterkörper besteht aus ca. 40 Zentimeter dickem Gusseisen mit Kugelgraphit und ist außen mit Kühlrippen zur Wärmeabfuhr versehen. In die Wand der Behälter sind axiale Bohrungen eingebracht, die mit Kunststoff aufgefüllt werden. Der Kunststoff wirkt als Moderator und erhöht die Abschirmung der Neutronenstrahlung. Die Oberfläche des Behälters ist mit einem mehrschichtigen Anstrich versehen, der gut gereinigt (dekontaminiert) werden kann.

Die Behälter verfügen im Zwischenlager über ein überwachtes Doppeldeckeldichtungssystem (Primär- und Sekundärdeckel mit drucküberwachtem Sperrraum). Die Deckel sind ebenfalls beschichtet, lackiert oder bestehen aus korrosionsbeständigem Stahl. Die Dichtungen sind langzeitbeständige Metaldichtungen. Neben den Castor-Behältern kommen in geringem Umfang auch TN-Behälter eines französischen Herstellers zum Einsatz. TN-Behälter sind in ihrer Auslegung mit den Castor-Behältern vergleichbar. Sie unterscheiden sich aber in der Konstruktion.

Der Behälterkörper besteht aus zwei geschmiedeten Stahlteilen (Mantel und Boden), die miteinander verschweißt werden. Der Moderator ist ein anderer Kunststoff, der den Behälter als zusätzliche Abschirmschicht umgibt und dabei in einer Außenhülle mit äußeren Kühlrippen eingeschlossen ist. Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr sind Mantel und Außenhülle zusätzlich über wärmeleitende Metallstrukturen verbunden. Die Behälteroberfläche ist ebenfalls mit einem gut dekontaminierbaren Anstrich versehen.

Behälter der Bauart CASTOR® V/19

Behältergewicht, leer: 108 t
Kapazität: max. 19 Brennelemente aus Druckwasserreaktoren
Gesamtwärmeleistung: max. 39 kW
Gesamtaktivität: max. 1.900 PBq (Billiarden Becquerel)



Schutz durch die Behälter

Zwischenlager müssen sicherheitstechnische Aspekte, die sogenannten Schutzziele, erfüllen. Nach dem in Deutschland verfolgten Konzept werden diese Schutzziele hauptsächlich durch die Behälter gewährleistet. Die Behälter müssen:

- die radioaktiven Stoffe sicher einschließen,
- die Zerfallswärme sicher abführen,
- die Unterkritikalität sicher gewährleisten (Kritikalitätssicherheit) sowie
- die emittierte Strahlung ausreichend abschirmen.

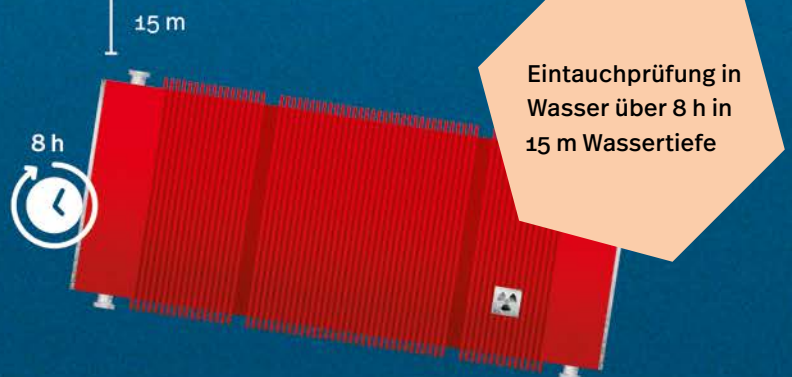
Die spezifischen Anforderungen an die Behälter erfordern eine Konstruktion, die widerstandsfähig gegen äußere mechanische und thermische Einwirkungen ist, ein überwachtetes Dichtsystem aufweist und die Transportierbarkeit der Behälter sicherstellt.

Ausgehend von den bisherigen Betriebserfahrungen hat sich das aus diesen Anforderungen abgeleitete System der Zwischenlagerung in den vergangenen 30 Jahren bewährt. Die Behälter werden kontinuierlich mit Messgeräten überwacht. Ein Versagen eines der Deckeldichtsysteme und damit ein Dichtheitsverlust in einem der beiden Schutzsysteme wurde bislang nicht festgestellt. Bisher waren lediglich Instandsetzungen defekter Druckschalter notwendig. Diese Defekte wurden aufgrund der Selbstüberwachungsfunktion der jeweiligen Druckschalter erkannt.

Wie werden die Behälter für bestrahlte Brennelemente getestet?

Die in Deutschland eingesetzten Lagerbehälter sind auch als Transportbehälter ausgelegt und verfügen über eine entsprechende verkehrsrechtliche Zulassung, die ebenfalls vom BASE erteilt wird. Sie müssen besonderen thermischen und mechanischen Belastungen gemäß den Sicherheitsanforderungen der Internationalen Atomenergie-Behörde (IAEA) standhalten. Bei den verkehrsrechtlichen Zulassungsverfahren arbeitet das BASE mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zusammen.

Die BAM führt eine mechanische und thermische Bewertung des Behälters durch und prüft jeden Behältertyp unter den hier und auf der folgenden Seite genannten Bedingungen. Im Anschluss an diese Prüfungen dürfen die Behälter nur sehr geringe Undichtigkeiten und minimale Verluste der Abschirmwirkung aufweisen. Dies soll gewährleisten, dass bei einem Unfall die verunglückten sowie die an der Bergung beteiligten Personen keiner unzulässig hohen Strahlungsbelastung ausgesetzt sind.

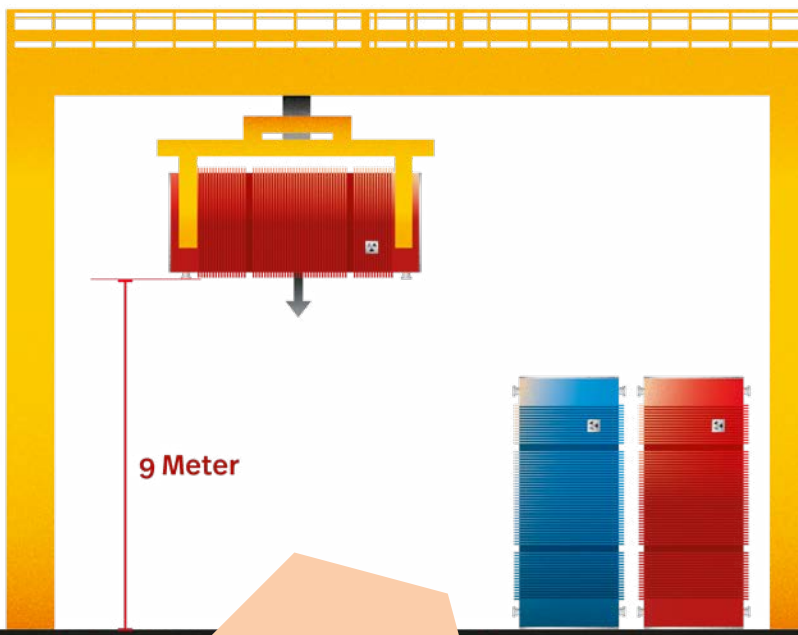


Freier Fall aus 1 m Höhe auf einen Stahldorn von 15 cm Durchmesser



1 Meter

Stahldorn



9 Meter

Freier Fall aus 9 m Höhe auf ein unnachgiebiges Aufprallfundament

800 °C

Feuertest in einer allseitigen Flammenumgebung mit einer Temperatur von mindestens 800 °C für die Dauer von 30 min

Eintauchprüfung über eine Stunde in 200 m Wassertiefe

200 m



1 h

Schutz bei Störfällen

Wer eine Genehmigung für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen beantragt, muss dem BASE u. a. vollständige Nachweise zur Sicherheit vorlegen. Das BASE prüft in den Genehmigungsverfahren, ob die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Aufbewahrung der Kernbrennstoffe für den gesamten Zeitraum der beantragten Aufbewahrung getroffen ist. Maßstab ist die Einhaltung der Schutzziele im Normalbetrieb, anomalem Betrieb, bei Auslegungsstörfällen und auslegungsüberschreitenden Ereignissen. Zu den Schutzziele gehört insbesondere die Vermeidung einer unzulässigen Strahlenbelastung.

Normalbetrieb

Der normale Betrieb ist der Grundzustand eines Zwischenlagers, in dem es sich im Idealfall während seines gesamten Genehmigungszeitraums befindet.

Anomaler Betrieb

Als anomaler Betrieb werden Abweichungen zum Normalbetrieb bezeichnet, die im Zeitraum der Aufbewahrung zu erwarten sind. Hierzu zählen insbesondere Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen, die den normalen Betrieb wiederherstellen.

Auslegungsstörfall

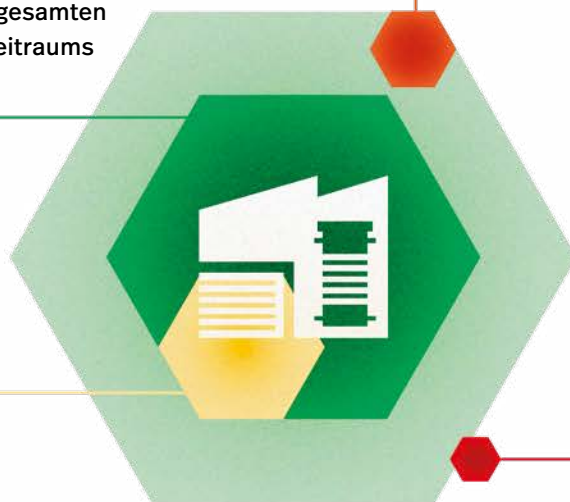
Ein Auslegungsstörfall ist ein Ereignis, gegen das der Betreiber seine Anlage technisch und organisatorisch auslegen muss. Dazu erstellt er eine Störfallanalyse, die alle relevanten Ereignisse, die aus Einwirkungen von innen und außen entstehen können, berücksichtigt.

Typische Störfallszenarien aus Einwirkungen von innen sind z. B. das Abstürzen von Behältern, das Herabstürzen von Lasten auf Behälter, Brände oder auch Fehler des Personals bei der Handhabung.

Die Zwischenlager müssen auch gegen Einwirkungen von außen wie Blitzschlag, Hochwasser, Erdbeben, Brände und Störfälle in benachbarten Anlagen geschützt sein. Bei einem Auslegungsstörfall darf die Strahlenbelastung für die Bevölkerung den Grenzwert von 50 Millisievert nicht überschreiten. Die in Deutschland genehmigten Zwischenlager unterschreiten diesen Wert für alle zu unterstellenden Auslegungsstörfälle deutlich.

Auslegungsüberschreitende Ereignisse

Über Auslegungsstörfälle hinaus gibt es Ereignisse, deren Eintrittswahrscheinlichkeit noch wesentlich geringer ist. Dazu können der zufällige Absturz einer Militärmaschine oder eine Explosionsdruckwelle zählen. Für diese Ereignisse wird geprüft, ob vom Betreiber Maßnahmen zu treffen sind, die die Strahlenbelastung bei einem solchen Ereignis reduzieren würden.





Satellitenaufnahme der Nuklearkatastrophe von Fukushima nach Erdbeben und Tsunami mit teilweiser Kernschmelze in mehreren Reaktoren
© Digital Globe

Stresstests nach Fukushima bestanden

Nach den Ereignissen von Fukushima im Frühjahr 2011 wurde die Zuverlässigkeit und Robustheit der europäischen Atomkraftwerke in sogenannten Stresstests überprüft. Zusätzlich beauftragte Mitte 2011 das Bundesumweltministerium die Entsorgungskommission (ESK) auch die Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle einem Stresstest zu unterziehen.

Wie bei den Atomkraftwerken auch, sollte untersucht werden, ob die Anlagen extremen Ereignissen widerstehen. Die Anlagen wurden zur Überprüfung einem hypothetischen Stresslevel ausgesetzt. Zum Beispiel wurde bei Standorten im Einflussbereich von Ebbe und Flut von einem höheren Hochwasserpegel ausgegangen, als bisher unterstellt wurde (2 Meter höher). Bewertungskriterien waren folgende Fragen: Bleiben die wichtigen Funktionen zur Aufrechterhaltung der Sicherheit erhalten? Welche maximalen Auswirkungen sind realistisch denkbar? Ist ein sprunghafter Anstieg der Strahlenbelastung möglich und wurde dies berücksichtigt? Auf welcher Basis ist die Einschätzung dargelegt und ist sie plausibel und nachvollziehbar?

Als Bewertungsmaßstab für die radiologischen Auswirkungen dienen die Eingreifrichtwerte nach den Rahmenempfehlungen des Katastrophenschutzes. Im Ergebnis sieht die ESK die deutschen Zwischenlager auf einem sehr hohen Sicherheitsniveau. Bei keiner der betrachteten Anlagen war ein Versagen von Komponenten oder ein sprunghafter Anstieg der Strahlenbelastung außerhalb der Anlage zu befürchten. Es sind keine Defizite bei den bestehenden Zwischenlagern ersichtlich geworden.

Schutz vor Terror- und Sabotageakten

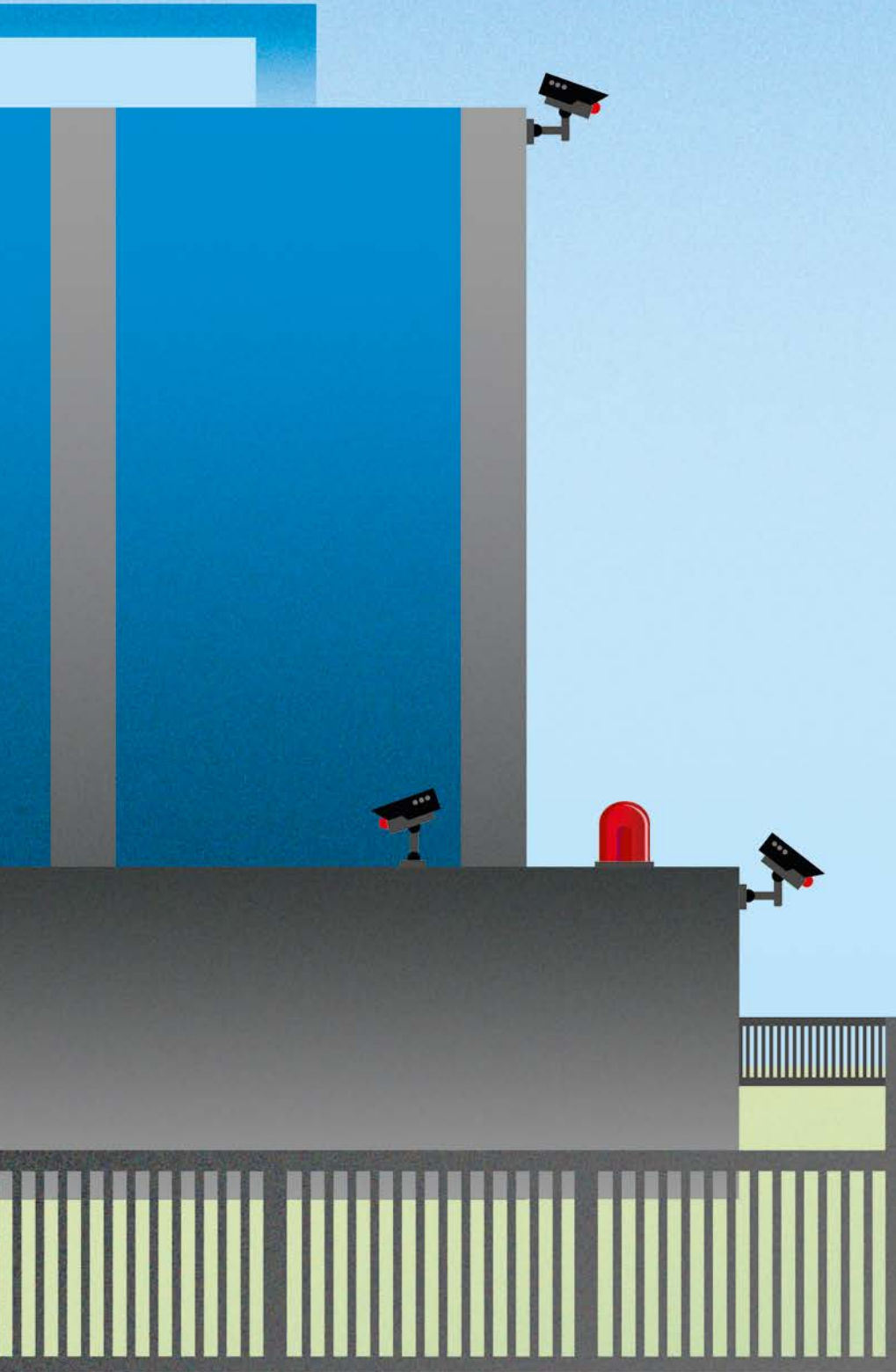
Der Schutz der Bevölkerung vor Kriminalität und Terrorismus ist eine Kernaufgabe des Staates. Da von den aufbewahrten Kernbrennstoffen im Falle von terroristischen oder kriminellen Akten jedoch besondere Gefahren ausgehen können, nimmt der Staat die Betreiber der Zwischenlager mit in die Pflicht. So dürfen Kernbrennstoffe nur dann in einem Zwischenlager aufbewahrt werden, wenn der Antragsteller nachgewiesen hat, dass der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen und sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) gewährleistet ist.

Schutz im Kriegsfall

Der Schutz gegen SEWD beinhaltet jedoch nicht den Schutz des Zwischenlagers gegen kriegerische und militärische Auseinandersetzung. Der militärische Angriff Russlands auf die Ukraine stellt in dieser Hinsicht einen Präzedenzfall dar. Atomrechtliche Behörden und Betreiber bleiben soweit möglich arbeitsfähig.

Eine umfassende Sicherheit kann jedoch nur in einem funktionierenden Staat und bei gegebener innerer Sicherheit gewährleistet werden.

Grundsätzlich bieten aber auch die vorhandenen Sicherheits- und Sicherungsmaßnahmen einen gewissen Schutz bei kriegerischen Auseinandersetzungen. Einen vollständigen Schutz gegen jeglichen denkbaren Angriff mit Kriegswaffen durch die Streitkräfte eines anderen Staates können diese allerdings nicht gewährleisten.



Integriertes Sicherungs- und Schutzkonzept

Der Schutz der Bevölkerung vor terroristischen Angriffen, z. B. einem absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturz auf ein Zwischenlager oder dem Beschuss der darin eingelagerten Behälter, wird durch ein Zusammenwirken der Maßnahmen des Staates und des Zwischenlagerbetreibers erreicht. Man spricht dabei von dem sogenannten integrierten Sicherungs- und Schutzkonzept. Nach diesem Konzept ist der Betreiber eines Zwischenlagers nicht allein für die Sicherung seines Lagers gegen SEWD verantwortlich. Vielmehr werden Schutzmaßnahmen des Staates, insbesondere diejenigen der Polizei, durch Sicherungsmaßnahmen des Betreibers so miteinander verzahnt, dass sie sich gegenseitig ergänzen.

Terroristische oder kriminelle Taten können im Zusammenhang mit Zwischenlagern nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Deshalb muss der Betreiber den Nachweis führen, dass der erforderliche Schutz gegen SEWD gewährleistet ist.

Der erforderliche Schutz eines Zwischenlagers gegen Terror- und Sabotageakte ist gewährleistet, wenn

- eine Gefährdung von Leben und Gesundheit infolge der Freisetzung einer erheblichen Menge von radioaktiven Stoffen oder erheblicher Strahlung ausgeschlossen ist und
- die einmalige oder wiederholte Entwendung von Kernbrennstoff, z. B. mit dem Ziel der Herstellung einer nuklearen Waffe, verhindert werden kann.

Nach dem Atomgesetz und der sog. SEWD-Berechnungsgrundlage ist eine Gefährdung von Leben und Gesundheit ausgeschlossen, wenn die potentielle Dosis infolge von SEWD 100 Millisievert in sieben Tagen nicht übersteigt.

Sicherungstechnisches Regelwerk

Von welchen Terror- und Sabotageakten auszugehen ist, ist in den sogenannten Lastannahmen festgelegt. Die Lastannahmen ergeben sich aus einer Gefährdungsbewertung der Sicherheitsbehörden und einer daraus resultierenden Bedrohungsanalyse. Die Lastannahmen beschreiben mögliche Tatmuster, Art und Anzahl von Waffen, Tätern und Hilfsmitteln (sog. SEWD-Szenarien). Diese Informationen unterliegen der Geheimhaltung. Das heißt: Sie dürfen nicht veröffentlicht werden, um zu verhindern, dass ein Täter auf Basis dieser Informationen sein Tatvorgehen optimiert.

Ausgehend von den ermittelten SEWD-Szenarien werden in einer separaten Richtlinie die baulichen, technischen, organisatorischen und personellen Sicherungsmaßnahmen festgelegt, die vom Betreiber eines Zwischenlagers zu ergreifen sind. Diese Richtlinie wird von Expertinnen und Experten des Bundesumweltministeriums, von den atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden, den Innenbehörden des Bundes und der Länder, den Sicherheitsbehörden des Bundes sowie Gutachtern entwickelt.

Die hier dargestellten praxisbewährten sicherungstechnischen Grundsätze insbesondere das Zusammenwirken von Betreiber und staatlichen Stellen, die oben genannten Kriterien für den ausreichenden Schutz (sog. Schutzziele) sowie die Festlegung von Lastannahmen wurden schließlich 2021 im Rahmen einer Änderung des Atomgesetzes festgeschrieben.

Sicherungstechnische Nachrüstung

Die SEWD-Szenarien und damit auch die festgelegten Sicherungsmaßnahmen werden mindestens alle drei Jahre überprüft. Eine Änderung oder Ergänzung kann erforderlich werden, wenn sich die Gefährdungsbewertung durch die Sicherheitsbehörden ändert oder wenn sich neue Erkenntnisse, insbesondere zu den Auswirkungen der unterstellten SEWD-Szenarien ergeben. Zu bestimmten Angriffsszenarien im Nahbereich der Transport- und Lagerbehälter hat sich in der Vergangenheit die Bewertung und Erkenntnislage derart verändert, dass die Sicherungsmaßnahmen optimiert werden mussten. Dazu müssen die Zwischenlagerbetreiber u. a. baulich nachrüsten. Solange diese Nachrüstungen noch nicht vollständig umgesetzt sind, wird der erforderliche Schutz gegen Terror- und Sabotageakte durch sogenannte ausreichende temporäre Maßnahmen gewährleistet. Dabei handelt es sich vordergründig um personelle und organisatorische Maßnahmen, die die bestehenden Sicherungsmaßnahmen ergänzen.

Sicherheit versus Transparenz

Die SEWD-Szenarien und Sicherungsmaßnahmen unterliegen der Geheimhaltung und sind daher nicht öffentlich zugänglich.

Würde man Sicherungsanforderungen an die Zwischenlager offenlegen, könnten diese von potentiellen Tätern genutzt werden, um Sicherungsmaßnahmen vor Terror- und Sabotageakten gezielt zu unterlaufen. Die Geheimhaltung dient damit auch dem Schutz der Bevölkerung.

Da Transparenz und Nachvollziehbarkeit wichtig für die Glaubwürdigkeit von Behörden sind, prüft das BASE grundsätzlich, inwieweit eine Offenlegung von bestimmten Informationen möglich ist.

Beispielsweise werden Genehmigungsbescheide zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen im Internet veröffentlicht, damit Bürgerinnen und Bürger gerade bei Sicherheitsfragen die behördlichen Entscheidungen nachvollziehen können.

Darüber hinaus setzt sich das BASE für ein gemeinsames gesellschaftliches Verständnis darüber ein, dass bestimmte Informationen nicht preisgegeben werden können. Nur so kann den sicherungstechnischen Aspekten effektiv Rechnung getragen werden.

Schutz vor den Folgen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes



Seit den Anschlägen des 11. September 2001 ist auch ein absichtlich herbeigeführter Flugzeugabsturz auf Zwischenlager Bestandteil der Genehmigungsverfahren. Die Genehmigungsbehörde hatte als Konsequenz die Prüfung dieses Szenarios für alle Zwischenlager festgeschrieben. Das BASE prüft dabei, welche potentiellen radiologischen Folgen ein absichtlich herbeigeführter Absturz mit einem großen Passagierflugzeug haben kann. Das BASE bezieht dabei in seine Prüfungen alle gängigen Flugzeugtypen, wie z. B. die Boeing 747, den Airbus A 340 und A 380, ein.

Sicherheit für die Bevölkerung

Für die Untersuchung eines solchen Ereignisses wurde in einem Expertenkreis ein Berechnungsmodell entwickelt, das die möglichen radiologischen Folgen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes auf ein Zwischenlager simuliert. Es ist so konzipiert, dass es von ungünstigen Annahmen ausgeht und die radiologischen Auswirkungen keinesfalls unterschätzt werden.

Die Untersuchungsergebnisse

Im Ergebnis konnte nachgewiesen werden, dass durch einen absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturz auf ein Zwischenlager radioaktive Stoffe nicht in erheblicher Menge freigesetzt werden und deshalb eine Gefährdung von Leben und Gesundheit der Bevölkerung ausgeschlossen werden kann. Dabei unterscheiden sich die Detailergebnisse je nach Zwischenlagertyp:

STEAG

Bei den nach dem STEAG-Konzept errichteten Zwischenlagern (Lingen, Grohnde, Brokdorf, Unterweser, Krümmel und Brunsbüttel) führt ein Aufprall nicht dazu, dass das Bauwerk einstürzt. Es kann zu lokalen Schäden und einem Eindringen von Flugzeugteilen sowie verhältnismäßig geringen Mengen an Kerosin kommen. Trotz thermischer und mechanischer Belastungen bleiben die eingelagerten Behälter intakt. Es kommt zu keinem relevanten Dichteverlust der eingelagerten Behälter.

WTI

Bei den nach dem WTI-Konzept errichteten Zwischenlagern (Grafenhainfeld, Biblis, Grundremmingen, Isar und Philippsburg) kann es unter ungünstigen Bedingungen dazu kommen, dass Wände und Dach des Lagergebäudes einstürzen. Größere Mengen an Kerosin könnten in das Gebäude gelangen. Der Brennstoff kann jedoch über sog. Kerosinabflussöffnungen abfließen. Untersuchungen der thermischen und mechanischen Belastungen zeigen, dass die Dichtheit der Behälter auch bei Lagern nach dem WTI-Konzept entsprechend den Anforderungen erhalten bleibt.

Tunnel

Das Tunnellager Neckarwestheim stellt einen Sonderfall dar. Trotz des Aufpralls bleiben bei diesem Lager sowohl die Standsicherheit des oberirdisch angelegten Eingangsgebäudes als auch die der unterirdischen Tunnelröhren erhalten. Im Tunnellager würden durch einen absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturz die Behälter mechanisch nicht wesentlich belastet werden. Zudem kann Kerosin nur in begrenztem Umfang über bestehende Öffnungen (z. B. für die Lüftung) eindringen.

Zentrale Zwischenlager

Die zentralen Zwischenlager in Ahaus, Gorleben und Lubmin verhalten sich grundsätzlich ähnlich wie Lager nach dem WTI-Konzept.



Wie geht es weiter?





Reaktor-
gebäude des
Atomkraft-
werks
Würgassen,
große Teile
des Sicher-
heitsbehälters
sind bereits
entfernt
© Bernhard
Ludewig

Folgen des Atomausstiegs für die Zwischenlager

Mit der Stilllegung und dem Abbau der Atomkraftwerke werden sich in den nächsten Jahren die Rahmenbedingungen für die Zwischenlager an den Atomkraftwerksstandorten verändern.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt nutzen Betreiber der Standort-Zwischenlager diverse Einrichtungen der Kraftwerksanlagen und nehmen dort Dienstleistungen in Anspruch. Die Dienstleistungen reichen von Zugangskontrollen bis hin zur Bereitstellung der Werkfeuerwehr. Durch die Stilllegung und den Abbau der Atomkraftwerke werden diese Einrichtungen und Dienstleistungen für den Betrieb der Standort-Zwischenlager in der jetzigen Form nicht mehr zur Verfügung stehen. Hieraus werden sich Änderungen in den Abläufen ergeben, die beim BASE beantragt werden müssen.



Genehmigungen sind befristet

Die atomrechtlichen Genehmigungen für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in den Zwischenlagern an den Standorten der Atomkraftwerke sind Anfang der 2000er Jahre bewusst auf 40 Jahre begrenzt worden, gerechnet ab Einlagerung des ersten Behälters. Die Befristung basierte auf dem damals verfolgten Fahrplan, nach dem bis zum Jahre 2030 ein betriebsbereites Endlager errichtet werden sollte. Die Zwischenlager sollten somit innerhalb der 40 Jahre sämtlich geräumt werden.

2034 läuft die Genehmigung für das zentrale Zwischenlager Gorleben aus, zwei Jahre später für Ahaus, 2039 für das Zwischenlager Lubmin. Die Standort-Zwischenlager an den einzelnen Atomkraftwerken folgen in den 2040er Jahren.

Nach dem Standortauswahlgesetz wird angestrebt, bis 2031 den Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle zu finden. Ein betriebsbereites Endlager muss in der Folge noch errichtet werden. Somit ist klar, dass die derzeitigen Zwischenlagergenehmigungen vor Inbetriebnahme eines Endlagers auslaufen werden. Bei einer Verlängerung der Zwischenlagerung ist ein neues Genehmigungsverfahren erforderlich, in dem das BASE alle Sicherheitsanforderungen überprüfen wird.



Zwischenlager auf dem Prüfstand

Zwischenlager sind, wie das Wort andeutet, eine Übergangslösung. Auf lange Sicht können sie nicht den gleichen Schutz gewährleisten, wie ihn ein Endlager in stabilen Gesteinsschichten tief unter der Erde bietet. Der Gesetzgeber sieht deshalb eine Verlängerung der Zwischenlagereignisungen nur aus unabwiesbaren Gründen und mit Befassung des Bundestages vor.

Bereits frühzeitig müssen die Fragen identifiziert werden, die mit einer längeren Laufzeit der Zwischenlager verbunden sind bzw. sein können. Ist die Sicherheit der Behälter und der Zwischenlager auch bei längeren Betriebszeiten auf gleich hohem Niveau wie aktuell gewährleistet? Was muss technisch berücksichtigt werden? Das BASE sieht nach vielen Jahren Genehmigungspraxis derzeit keine Anzeichen für Sicherheitsdefizite. Allerdings ist es kontinuierlich notwendig, weitere wissenschaftlich-technische Fragen auf diesem Gebiet zu klären, mögliche neue Erkenntnisse zu gewinnen und ihre Auswirkungen zu prüfen.

Angesichts des Ausstiegs aus der Atomenergie stellen sich auch organisatorische Fragen zum Kompetenz- und Wissenserhalt: Sowohl Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden, Sachverständige als auch Betreiber von Zwischenlagern werden weiterhin qualifiziertes Fachpersonal benötigen. Auch Informationen zu den Eigenschaften des Inventars müssen zumindest bis zur Einlagerung in ein Endlager verfügbar und nutzbar sein.

Das BASE sieht sich in der Verantwortung, diesen offenen Fragen in den kommenden Jahren zusammen mit allen Akteuren im Bereich der Zwischenlagerung nachzugehen und gemeinsam das bestehende Sicherheitskonzept der Zwischenlager fortlaufend auf neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik zu prüfen. In seiner Forschungsstrategie und -agenda hat das BASE deshalb einen zeitlichen und thematischen Rahmen festgelegt, in dem konkrete Forschungsvorhaben zu den oben genannten Fragestellungen durchgeführt werden. Informationen zu den Forschungsprojekten des BASE finden Sie auf der Webseite unter www.base.bund.de/forschung.







Reparatur- möglichkeiten für die Behälter

Zu den Genehmigungsvoraussetzungen für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in Zwischenlagern gehören auch Reparaturkonzepte für die Behälter, falls an einem Deckel Dichtheitsverluste festgestellt werden sollten.

Die Behälter sind mit einem doppelten Deckeldichtsystem konstruiert (Primär- und Sekundärdeckel). Ist ein Dichtsystem nicht mehr intakt, ist die Sicherheit über das zweite Dichtsystem gewährleistet. Bei Fehlern am Dichtsystem des Sekundärdeckels gibt es an jedem Standort-Zwischenlager eine Behälterwartungsstation, in der Fehler an der Sekundärdichtung oder dem Sekundärdeckel behoben werden können. Bei Fehlern am Dichtsystem des Primärdeckels kann an allen Standorten ein Fügedeckel aufgeschweißt werden, um die doppelte Barriere wiederherzustellen.

Im Zusammenhang mit den Zwischenlagern wird immer wieder die Frage nach einer „heißen Zelle“ gestellt. Eine heiße Zelle ist ein abgeschirmter und dichter Bereich, in dem offene radioaktive Stoffe fernbedient gehandhabt werden können. In einer heißen Zelle könnte daher auch der Primärdeckel sicher geöffnet werden.

Da es bei Fehlern am Primärdeckel grundsätzlich an allen Standorten möglich ist, Fügedeckel aufzuschweißen, benötigen Zwischenlager keine heißen Zellen. Bisher gab es keinen Fall, in dem das Aufbringen eines Fügedeckels oder die Öffnung eines Behälters notwendig gewesen wäre.

Exkurs Endlagersuche

Mit Inkrafttreten des Standortauswahlgesetzes 2017 begann in Deutschland die Suche für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Ziel ist es, einen Standort mit der bestmöglichen Sicherheit zu finden. Dort sollen die hochradioaktiven Abfälle in tiefen Gesteinsschichten eingeschlossen werden.

So ist die Suche gesetzlich geregelt: Ausgangspunkt ist eine „weiße Landkarte“ Deutschlands. Das bedeutet, dass es keine Vorfestlegungen auf einen bestimmten Ort gibt. In drei Phasen wird anhand von wissenschaftsbasierten Kriterien immer weiter eingegrenzt, welche Standorte die günstigsten geologischen Eigenschaften und die bestmögliche Sicherheit für Mensch und Umwelt bieten.

Seit Beginn des Suchverfahrens wird die Öffentlichkeit transparent und umfassend informiert. Die Bürger:innen haben die Möglichkeit, sich über verschiedene Veranstaltungen, Gruppen und Gremien an der Endlagersuche zu beteiligen.

Darüber hinaus sollen für künftige Generationen Handlungsmöglichkeiten offen gehalten werden. Dazu gehört, dass der Abfall während der Betriebsphase des Endlagers zurückgeholt werden kann. Nach Verschließen des Bergwerkes soll die Bergbarkeit der Abfälle für 500 Jahre möglich sein.

Informationen zum aktuellen Stand der Endlagersuche finden Sie hier:

www.endlagersuche-infoplattform.de



Akteure und Zuständigkeiten

Bundestag

Der Deutsche Bundestag beschließt nach jeder Phase, wie die Suche weitergeht. Über den endgültigen Standort entscheidet ebenfalls das Parlament.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

Die politische Verantwortung für das Suchverfahren liegt beim BMUV. Es ist Fach- und Rechtsaufsicht gegenüber dem BASE sowie Träger der Beteiligungsverwaltung der BGE mbH. Letzteres bedeutet u. a., dass das BMUV im Aufsichtsrat der BGE mbH die Bundesrepublik Deutschland vertritt sowie zum jährlichen Beteiligungsbericht des Bundes zuarbeitet.

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE)

Das BASE überwacht das Auswahlverfahren. Es bewertet die Erkundungsergebnisse, beteiligt die Öffentlichkeit und legt dem Bundestag über die Bundesregierung Entscheidungsvorschläge vor.

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE mbH)

Die BGE mbH ist mit der Endlagersuche beauftragt. Das Unternehmen setzt alle operativen Schritte zum Suchverfahren um, wie z. B. die Erkundungsarbeiten.

Nationales Begleitgremium

Das Gremium begleitet das Suchverfahren und vermittelt zwischen den Akteuren der Suche und der Öffentlichkeit. Es setzt sich zusammen aus Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens sowie aus Bürger:innen, die nach einem Zufallsprinzip ausgewählt wurden.

Dialog und Beteiligung

Fachkonferenz Teilgebiete

Von Oktober 2020 bis August 2021 konnten alle Interessierten einen ersten Zwischenstand der Arbeit der BGE mbH im Standortauswahlverfahren diskutieren. Hierzu hatte das BASE die Fachkonferenz Teilgebiete organisiert, an der über 1000 Menschen teilnahmen. Im September 2021 übergaben die Teilnehmer:innen ihre Diskussionsergebnisse an die BGE mbH. Das Unternehmen muss die vielen hundert Fragen und fachlichen Hinweise bei der weiteren Arbeit berücksichtigen.

Regionalkonferenzen

Das BASE richtet in allen Regionen, welche die BGE mbH für die überträgige Erkundung vorschlägt, Regionalkonferenzen ein. Die Regionalkonferenzen vertreten die Interessen ihrer Region im Standortauswahlverfahren und begleiten alle Verfahrensschritte langfristig und intensiv. Sie können u. a. Nachprüfaufträge an das BASE richten, wenn sie Mängel in den Vorschlägen der BGE mbH sehen. Scheidet eine Region aus dem Auswahlverfahren aus, löst sich die dazugehörige Regionalkonferenz auf.

Fachkonferenz Rat der Regionen

Die Regionalkonferenzen entsenden Mitglieder in den Rat der Regionen. Dort sind auch Gemeinden aus den Gebieten Deutschlands vertreten, in denen sich heute Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle befinden. Als Vermittler begleitet der Rat der Regionen das Suchverfahren bis an dessen Ende.

Stellungnahmeverfahren und Erörterungstermine

Bürger:innen, betroffene Behörden und Verbände können im Rahmen des Standortauswahlverfahrens Einwände erheben. Diese werden auf Erörterungsterminen behandelt.

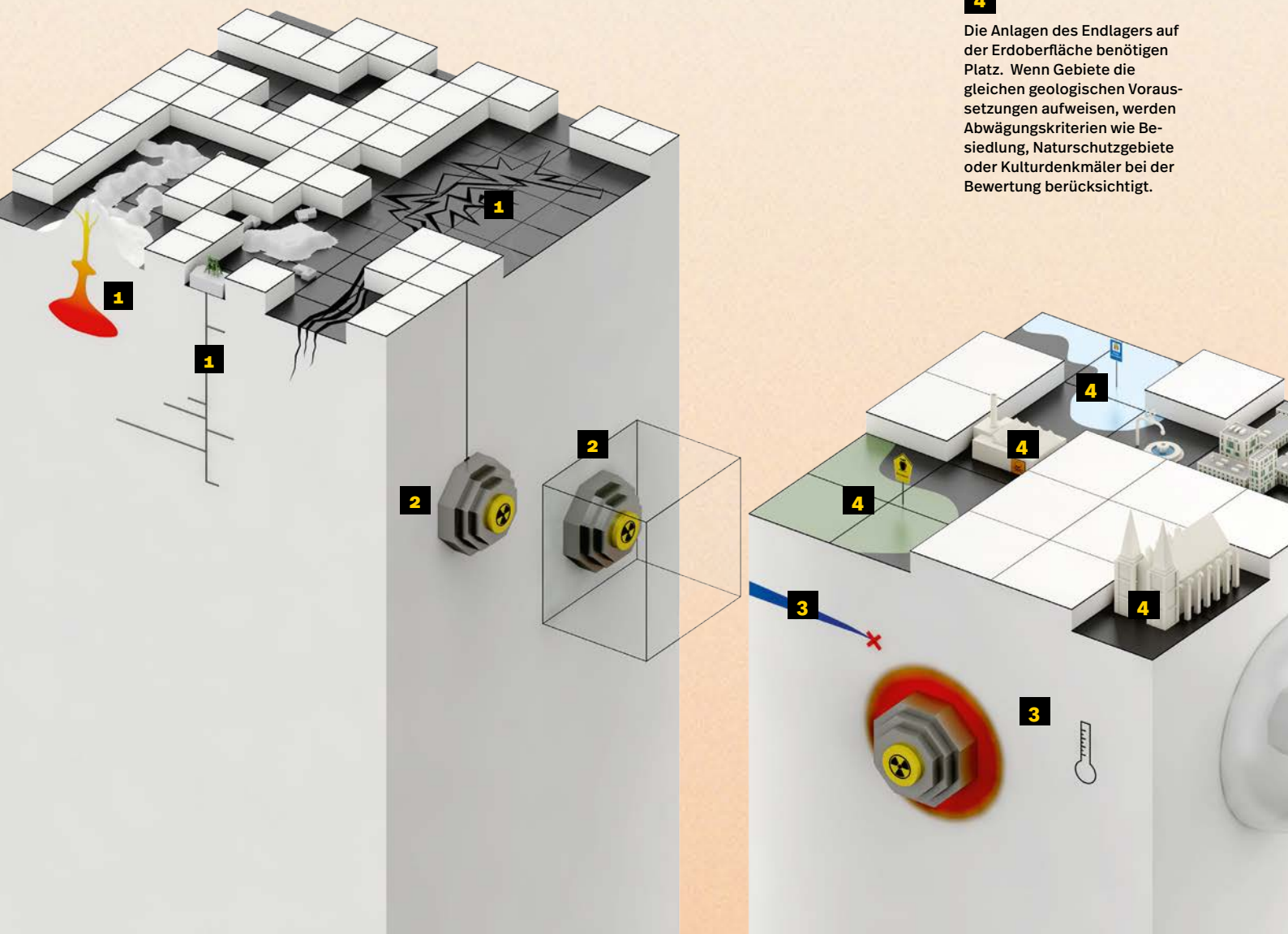
In Deutschland gibt es für alle Regionen umfangreiche Daten darüber, wie es unter der Erde aussieht. Damit wird in der ersten Suchphase festgestellt, welche Gebiete überhaupt in Betracht kommen.

1
Gebiete, deren Untergrund beschädigt oder gefährdet ist, kommen nicht in Frage. Das betrifft z. B. Gegenden mit tief reichenden Bergwerken und Regionen, in denen Vulkane aktiv waren oder die Gefahr von Erdbeben besteht.

2
Als nächstes werden Mindestanforderungen angewandt. Z. B. sollen 300 Meter Gestein das Endlager von der Erdoberfläche trennen. Eine ausreichend starke Schicht aus Kristallin, Steinsalz oder Tongestein muss das Endlager umgeben.

3
Zwischen den verbleibenden Gebieten werden Vor- und Nachteile abgewogen. Radioaktive Stoffe sollen z. B. nicht über Störungen an die Erdoberfläche gelangen. Die Abfälle geben auch im Endlager noch Wärme ab. Das Gestein soll sie ableiten können.

4
Die Anlagen des Endlagers auf der Erdoberfläche benötigen Platz. Wenn Gebiete die gleichen geologischen Voraussetzungen aufweisen, werden Abwägungskriterien wie Besiedlung, Naturschutzgebiete oder Kulturdenkmäler bei der Bewertung berücksichtigt.



PHASE 1 – Identifizierung möglicher Standortregionen aufgrund bestehender geologischer Daten

In der zweiten Phase stehen im Suchverfahren Erkundungsarbeiten in den Regionen im Mittelpunkt.

5

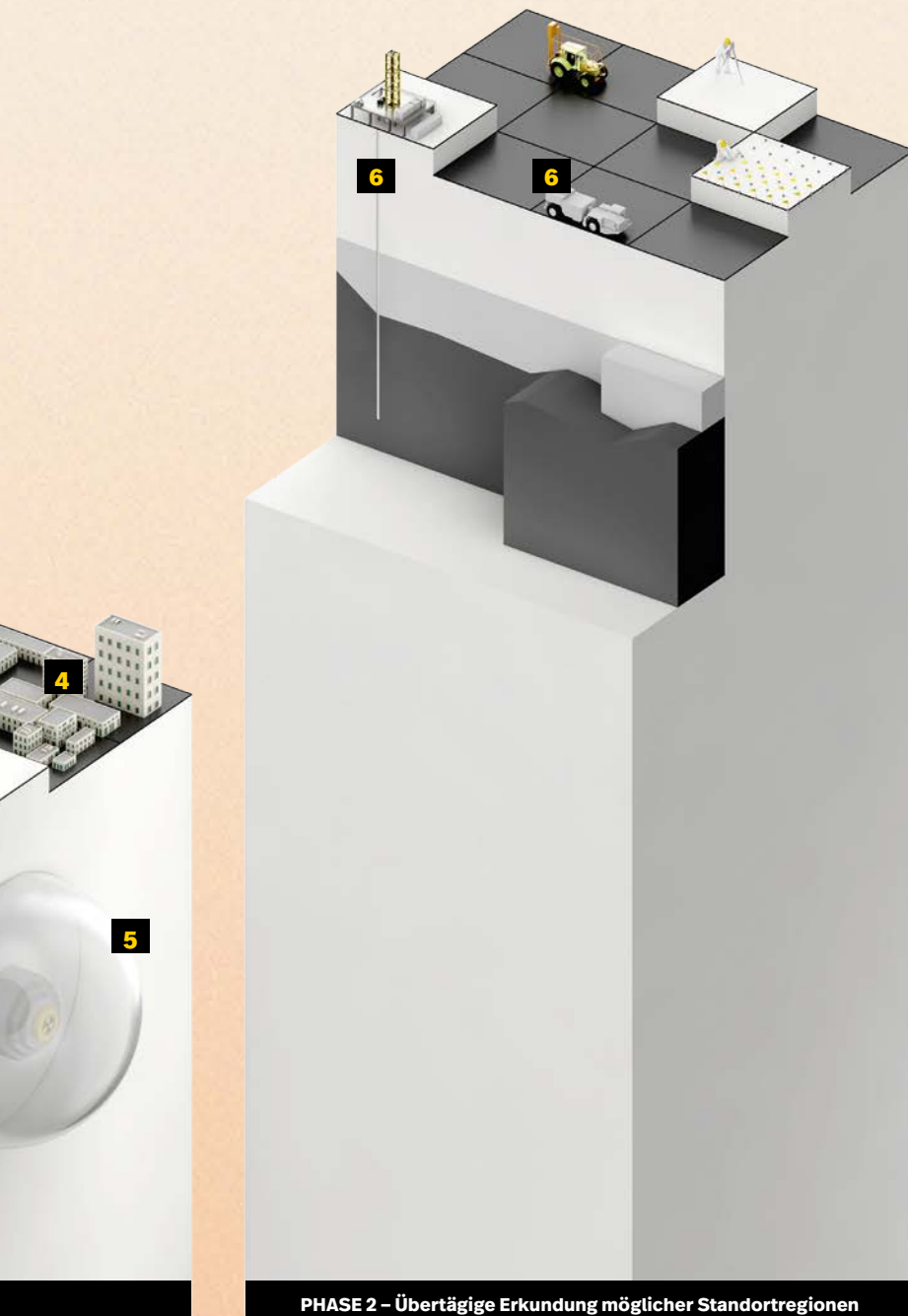
Vorläufige Sicherheitsuntersuchungen analysieren positive und negative Auswirkungen des Standorts auf die Sicherheit des Endlagersystems (geologische Barrieren, Endlagerbauwerke und Behälter). Im Laufe des Verfahrens werden die Analysen durch mehr Informationen immer aussagekräftiger.

6

In der dritten Phase werden mindestens zwei Standorte untertägig erkundet.

7

Aufgrund der Untersuchungen unter Tage und einem Vergleich der Ergebnisse fällt abschließend die Entscheidung über den bestmöglichen Standort. Die Entscheidung für einen Standort fällt der Bundestag.



PHASE 2 – Übertägige Erkundung möglicher Standortregionen



PHASE 3 – Untertägige Erkundung und Standortentscheidung

Cäsium-137

Cäsium-137 ist ein instabiles Isotop des Cäsiums und entsteht in Kernreaktoren entweder direkt bei der Kernspaltung oder aus instabilen Zerfallsprodukten. Die Halbwertszeit beträgt ca. 30 Jahre.

Castor-Behälter

Castor ist die Abkürzung der englischen Bezeichnung „Cask for storage and transport of radioactive material“ und kennzeichnet verschiedene Behälterbauarten. Die Behälter werden für den Transport und die Lagerung von bestrahlten Brennelementen aus Atomkraftwerken und von hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung verwendet.

COGEMA

Compagnie Générale des Matières Nucléaires, heute Orano SA, französische Unternehmensgruppe für die Kernbrennstoffver- und -entsorgung, betreibt u. a. die Wiederaufarbeitungsanlage La Hague.

Dosis, effektive

Die effektive Dosis ist ein Maß für die Belastung aus einer Exposition mit radioaktiver Strahlung. Dabei werden die Art der Strahlung und die unterschiedliche Empfindlichkeit verschiedener Organe berücksichtigt. Die Einheit der effektiven Dosis ist das Sievert (Sv). In der Praxis des Strahlenschutzes werden in der Regel Bruchteile der Doseinheit verwendet, z. B. Millisievert (mSv) und Mikrosievert (μ Sv).

Endlager

Als Endlager wird der Ort bezeichnet, an dem eine dauerhafte und unbefristete Lagerung radioaktiver Abfälle erfolgt. In Deutschland gibt es bislang kein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Ziel des Standortauswahlverfahrens ist es, bis zum Jahr 2031 einen Standort für den Bau eines solchen Endlagers zu finden.

Endlagerung, direkte

Endlagerung ist die auf unbefristete Zeit angelegte Lagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen, abgetrennt von der Biosphäre. Bei der direkten Endlagerung werden die bestrahlten Brennelemente nach ihrem Einsatz im Atomkraftwerk zunächst zwischen- und später endgelagert, ohne noch einmal der Wiederaufarbeitung zugeführt zu werden.

Gemischte Lagerung

Unter gemischter Lagerung versteht man die Aufbewahrung sonstiger radioaktiver Abfälle in einem Lager mit einer Genehmigung für die Aufbewahrung von bestrahlten Kernbrennstoffen nach § 6 AtG, wobei zwischen Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Abfällen keine bauliche Trennung besteht.

Halbwertszeit

Die Halbwertszeit ist das Zeitintervall, in dem die Hälfte der Kerne eines Radionuklids zerfallen ist. Kürzere Halbwertszeiten führen bei jeweils gleicher Anzahl an radioaktiven Kernen zu einer höheren Aktivität und umgekehrt.

Heiße Zelle

Eine sog. „heiße Zelle“ ist ein abgeschirmtes, dichtes Gehäuse, in dem radioaktive Stoffe fernbedient gehandhabt und Arbeitsvorgänge durch ein Bleiglasfenster beobachtet werden können, so dass für das Personal keine Gefahr besteht.

Ionisierende Strahlung

Ionisierende Strahlung ist so energiereich, dass sie aus Atomen oder Molekülen Elektronen entfernen kann. Das zurückbleibende Atom oder Molekül ist dann (zumindest kurzzeitig) elektrisch positiv geladen. Elektrisch geladene Teilchen nennt man Ionen. Wenn ionisierende Strahlung auf lebende Zellen oder Organismen trifft, kann sie Schäden an den Zellen und Organismen hervorrufen. Radioaktive Strahlung (Alpha-, Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung) zählt grundsätzlich zu ionisierender Strahlung.

Isotope

Atome desselben chemischen Elements mit gleicher Anzahl von Protonen (gleiche Ordnungszahl) und Elektronen, jedoch unterschiedlicher Anzahl von Neutronen (unterschiedliche Massenzahl) werden als Isotope bezeichnet. Isotope weisen grundsätzlich die gleichen chemischen, jedoch unterschiedliche kernphysikalische Eigenschaften auf.

Kernspaltung

Kernspaltung meint in der Regel die Spaltung bestimmter Atomkerne durch Beschuss mit Neutronen, bei der große Energiemengen freigesetzt werden. Bei der Kernspaltung entstehen meist jeweils zwei mittelgroße Kerne, die radioaktiven Spaltprodukte. Außerdem werden wiederum Neutronen frei, die weitere Kernspaltungen auslösen können. Eine Kernspaltung kann jedoch auch spontan, d. h. ohne Anregung (Neutronenbeschuss) von außen auftreten.

Kokille

Kokille ist in der Kerntechnik die Bezeichnung für einen in der Regel eingeschmolzenen, verglasten Block radioaktiven Abfalls, einschließlich seiner gasdicht verschweißten Metallumhüllung aus korrosionsbeständigem Stahl.

Kombinierte Nutzung

Unter kombinierter Nutzung versteht man die Aufbewahrung sonstiger radioaktiver Abfälle in einem Lager mit einer Genehmigung für die Aufbewahrung von bestrahlten Kernbrennstoffen nach § 6 AtG, wobei die Lagerbereiche von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Abfällen baulich voneinander getrennt sind.

Kompaktierte Strukturteile

Bei der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente ist einer der ersten Schritte, den eigentlichen Kernbrennstoff aufzulösen. Dabei bleiben Strukturteile der Brennelemente (z. B. Brennstabhüllrohre) zurück, die ebenfalls entsorgt werden müssen. Um das effektive Volumen der Strukturteile zu verkleinern, werden diese kompaktiert (verpresst).

Konditionierung

Unter Konditionierung versteht man die zwischen- und/oder endlagerechte Behandlung und Verpackung von radioaktiven Abfällen.

Kritikalität

Der Zustand einer Anordnung spaltbaren Materials, in dem eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion abläuft. Unterkritikalität ist der Zustand, in dem keine Kettenreaktion aufrechterhalten werden kann.

Kritikalitätssicherheit

Sicherheit gegen das Auftreten einer sich selbst erhaltenden Kettenreaktion. Die Kritikalitätssicherheit im Transport- und Lagerbehälter wird von der Zusammensetzung und der räumlichen Anordnung der Brennelemente sowie sonstiger Materialien (Moderator, Neutronenabsorber, Tragkorb, Behälter an sich) bestimmt.

Aktivität

Aktivität ist die Anzahl der pro Zeiteinheit auftretenden Kernumwandlungen. Die Maßeinheit der Aktivität ist das Becquerel (Kurzzeichen: Bq), mit der die Anzahl der Kernumwandlungen pro Sekunde angegeben wird ($1 \text{ Bq} = 1/\text{s}$). Die Aktivität kann auf eine Masse (Bq/g) oder ein Volumen (Bq/l, Bq/m³) bezogen werden. Die alleinige Angabe der Aktivität ohne Kenntnis des Radionuklids lässt keine Aussage über die Strahlenbelastung zu.

BNFL

Das ehemalige staatliche Unternehmen British Nuclear Fuels Limited betrieb in Großbritannien u. a. die Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield. Im Rahmen der Auflösung von BNFL wurde dieser Bereich in die Sellafield Ltd. ausgelagert.

Brennelement, bestrahlt

Brennelemente enthalten den Kernbrennstoff eines Reaktors. Sie können aus mehreren Brennstäben bestehen, die mit dem eigentlichen Kernbrennstoff, meist mit Uranoxid-Pellets, gefüllt sind. Ein Brennelement, das sich während einer kontrollierten Kettenreaktion im Reaktor befand, wird als „bestrahlt“ oder umgangssprachlich „abgebrannt“ bezeichnet. Da während des Betriebs in den Brennelementen zahlreiche neue radioaktive Stoffe entstehen, strahlen bestrahlte Brennelemente auch nach ihrem Einsatz im Reaktorkern intensiv und es entsteht Nachzerfallswärme.

LAW-, MAW-, HAW-Abfälle

Anhand der Dosisleistung (Dosis pro Zeiteinheit, übliche Einheiten: $\mu\text{Sv/h}$, mSv/a) können radioaktive Abfälle in LAW-, MAW-, HAW-Abfälle (low-, intermediate-, high-level radioactive waste; schwach-, mittel-, hochradioaktive Abfälle) eingeteilt werden. HAW- und ein Teil der MAW-Abfälle sind wärmeentwickelnde Abfälle.

Moderator

Ein Moderator hat die Aufgabe, freie Neutronen abzubremesen, die z. B. bei einer Kernspaltung produziert werden: Ähnlich wie Billardkugeln stoßen Neutronen mit den Atomkernen des Moderators zusammen und verlieren so einen Teil ihrer Bewegungsenergie. Als Moderator werden meistens leichte Atome wie z. B. Wasserstoff (in Form von Wasser oder Polyethylen) und Kohlenstoff (in Form von Graphit) verwendet. In den Transport- und Lagerbehältern hat der Moderator eine wichtige Funktion bei der Abschirmung der Neutronenstrahlung, beispielsweise sind Castor-Behälter mit Moderatorstaben aus Kunststoff in der Behälterwand ausgestattet.

Nachzerfallswärme

Nachzerfallswärme bezeichnet die Wärme, die von dem bestrahlten Brennelement nach dessen Einsatz im Reaktorkern durch den weiter stattfindenden radioaktiven Zerfall ausgeht.

Nasslager

Ein mit Wasser gefülltes Becken, in dem bestrahlte Brennelemente gelagert werden, um sie einerseits abzuschirmen und andererseits ihre Nachzerfallswärme abzuführen. Nach der Entladung aus dem Reaktor werden bestrahlte Brennelemente zunächst mehrere Jahre nass gelagert, bevor sie mit dann erheblich geringerer Aktivität und Wärmeleistung in die Transport- und Lagerbehälter geladen werden (trockene Lagerung).

Plutonium

Radioaktives Element mit der Ordnungszahl 94. Das bekannteste Isotop ist Pu-239 (Halbwertszeit 24.110 Jahre) das durch Neutroneneinfang aus Uran-238 und zwei darauf folgende Beta-Zerfälle gebildet wird. In der Natur kommt Plutonium nur in verschwindend kleinen Mengen vor. Pu-239 und Pu-241 gelten per Gesetz als Kernbrennstoffe.

Radioaktivität

Eigenschaft bestimmter Atomkerne (Radionuklide), sich spontan in andere Atomkerne umzuwandeln und dabei ionisierende Strahlung auszusenden. Messgröße bezüglich der Anzahl der Kernumwandlungen pro Zeit ist die Aktivität. Radionuklide können sowohl in der Natur durch natürliche Prozesse entstehen als auch künstlich vom Menschen erzeugt werden. Kennzeichnend für jedes Radionuklid ist u. a. seine Halbwertszeit.

Radionuklid

Ein Radionuklid ist ein instabiles Nuklid, das spontan unter Aussendung energiereicher (ionisierender) Strahlung in ein anderes Nuklid zerfällt. Es sind über 3.300 verschiedene Nuklide bekannt, die sich auf die 118 derzeit bekannten Elemente verteilen. Von diesen Nukliden sind über 3.000 Nuklide instabil und somit Radionuklide.

SEWD

Der Terminus „Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter“ – kurz SEWD – ist ein Begriff aus der Anlagensicherung. SEWD beschreibt dabei den Versuch, radioaktive Stoffe zu entwenden bzw. eine Freisetzung radioaktiver Stoffe herbeizuführen. Mit Dritte sind dabei die jeweiligen Täter gemeint. Ziel der Maßnahmen der Anlagensicherung ist die Verhinderung der Entwendung oder Freisetzung von radioaktiven Stoffen, um eine Gefahr für den Menschen und seine Gesundheit auszuschließen.

Sicherheit

Der Begriff Sicherheit im Zusammenhang mit Zwischenlagerung steht für die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen, die in Genehmigungsverfahren gemäß § 6 Abs. 2 Nr. 2 des AtG nachzuweisen ist.

Sicherung

Der Begriff Sicherung im Zusammenhang mit Zwischenlagerung umfasst den erforderlichen Schutz gegen SEWD, der in den Genehmigungsverfahren für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen gemäß § 6 Abs. 2 Nr. 4 des AtG nachzuweisen ist.

Sievert

Physikalische Maßeinheit von Strahlendosen (Einheitenzeichen: Sv). Sie wird zur Bewertung von Strahlenbelastungen auf biologische Organismen verwendet und dient als Einheit für verschiedene Dosisangaben (Äquivalentdosis, Organdosis, effektive Dosis).

Standortauswahlgesetz

Grundlage der Suche nach einem Endlager für radioaktive Abfälle ist das Standortauswahlgesetz (StandAG), das in einer novellierten Fassung im Mai 2017 in Kraft trat. Das Gesetz regelt auf Basis von fachlichen Kriterien und unter Beteiligung der Öffentlichkeit die Endlagersuche. Bis 2031 wird angestrebt, einen Standort zu benennen, der die bestmögliche Sicherheit für einen Zeitraum von einer Million Jahre bietet.

Standort-Zwischenlager oder dezentrale Zwischenlager

In Standort-Zwischenlagern werden bestrahlte Brennelemente am Standort des jeweiligen Atomkraftwerks bis zur endlagergerechten Konditionierung in geeigneten Transport- und Lagerbehältern aufbewahrt. Die Lagerdauer ist befristet auf maximal 40 Jahre ab Beladung des ersten Behälters. In Deutschland gibt es insgesamt zwölf Standort-Zwischenlager zuzüglich des Zwischenlagers Jülich. In Abgrenzung zu den drei zentralen Zwischenlagern (Gorleben, Ahaus, Lubmin) werden sie auch als dezentrale Zwischenlager bezeichnet.

Schwermetallmasse

Die Schwermetallmasse ist eine Masseangabe für Kernbrennstoffe und gibt die insgesamt enthaltene Masse an Uran-, Plutonium- und Thoriumisotopen vor dem Einsatz im Reaktor in Tonnen (tSM) an. Eine Angabe der Schwermetallmasse nach Einsatz im Reaktor ist nicht möglich, da diese von den Einsatzparametern - wie dem Abbrand der Kernbrennstoffe - abhängig ist.

Strahlenexposition

Als Strahlenexposition bezeichnet man die Einwirkung von Strahlung auf den menschlichen Körper oder Teile des Körpers. Man unterscheidet zwischen einer Ganzkörperexposition, also einer Einwirkung auf den ganzen Körper, und einer Teilkörperexposition, also einer Einwirkung auf einzelne Organe, Gewebe oder Körperteile. Bei der äußeren Strahlenexposition wirkt die Strahlung von außen auf den Körper ein. Bei der inneren Strahlenexposition wirkt die Strahlung von Radionukliden durch deren Aufnahme in den Körper mit der Atemluft (Inhalation) oder mit der Nahrung (Ingestion).

Uran

Natürliches radioaktives Element mit der Ordnungszahl 92. Das in der Natur vorkommende Isotop Uran-235 ist mit thermischen Neutronen spaltbar und wird in angereicherter Form für die Herstellung von Kernbrennstoffen verwendet. Bei der Anreicherung wird der in natürlich vorkommendem Uran geringe Anteil an Uran-235 erhöht.

Wärmeentwickelnde Abfälle

Wärmeentwickelnde Abfälle umfassen hochradioaktive sowie teilweise mittlradioaktive Abfälle. Zu ihnen zählen insbesondere die verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente sowie die bestrahlten Brennelemente selbst. Diese Kategorie Abfall zeichnet sich zum einen durch eine hohe Aktivitätskonzentration, zum anderen durch hohe Wärmeabgabe aus.

Wiederaufarbeitung

Kombination physikalischer und chemischer Trennverfahren, durch welche die Stoffe Uran und Plutonium aus bestrahlten Brennelementen gewonnen und hochradioaktive Abfälle abgetrennt werden. In der Bundesrepublik Deutschland wurden von 1971 bis 1990 in einer Pilotanlage bestrahlte Brennelemente zu Versuchszwecken wiederaufgearbeitet (Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe, WAK). Der Wiederaufarbeitungsbetrieb wurde Ende 1990 eingestellt und die Anlage stillgelegt. Sie wird momentan zurückgebaut. Die Wiederaufarbeitung von bestrahltem Kernbrennstoff aus deutschen Atomkraftwerken wurde überwiegend in Frankreich und Großbritannien durchgeführt. Seit 2005 sind in Deutschland Transporte zur Wiederaufarbeitung ins Ausland gesetzlich verboten.

Zentrale Zwischenlager

Die Zwischenlager Gorleben und Ahaus waren ursprünglich als Teil des sogenannten Kernbrennstoffkreislaufs gedacht und befinden sich nicht in der Nähe eines Atomkraftwerks. Sie werden als zentrale Zwischenlager bezeichnet.

AtG

Atomgesetz (Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren)

AtVfV

Atomrechtliche Verfahrensverordnung (Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des AtG)

AVR

Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor

BAM

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

BASE

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung

BfS

Bundesamt für Strahlenschutz

BGE mbH

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH

BGZ

BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH

BMUV

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

DNA

Deoxyribonucleic acid (Desoxyribonukleinsäure)

ESK

Entsorgungskommission

EWN

Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH

HAW

High-level radioactive waste (hochradioaktiver Abfall)

IAEA

International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergiebehörde)

JEN

Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH

KFK

Kommission zur Überprüfung der Finanzierung des Kernenergieausstiegs

LAW

Low-level radioactive waste (schwachradioaktiver Abfall)

MAW

Intermediate-level radioactive waste (mittelradioaktiver Abfall)

MWIDE

Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

SEWD

Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter

StandAG

Standortauswahlgesetz (Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle)

STEAG

heute Eigenname der STEAG GmbH, ursprünglich Abkürzung für Steinkohlen-Elektrizität AG

StrlSchV

Strahlenschutzverordnung (Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen)

THTR

Thorium-Hoch-Temperatur-Reaktor

UVP

Umweltverträglichkeitsprüfung

UVPG

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

VwVfG

Verwaltungsverfahrensgesetz

WTI

Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH

Bq

Becquerel (siehe Glossar „Aktivität“)

kW

Kilowatt

PBq

Billiarden Becquerel

Sv

Sievert (siehe Glossar „Dosis, effektive“)

mSv

Millisievert

mSv/a

Millisievert pro Jahr

μSv

Mikrosievert

MW

Megawatt

t_{SM}

Tonne Schwermetall

