bundesamt für
kerntechnische entsorgungssicherheit
zweitausendachtzehn

Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle

Sicherheit bis zur Endlagerung

IMPRESSUM

Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Ina Stelljes
Krausenstraße 17–18
10117 Berlin
Telefon: 030 187 67676 – 5000
E-Mail: info@bfe.bund.de
Internet: www.bfe.bund.de

Gestaltung: Quermedia GmbH, Kassel
Druck: Bonifatius GmbH, Paderborn
Fotos: BfE und genannte Quellen

Stand: März 2018

Inhalt

04 Einleitung

06 Warum gibt es Zwischenlager?
09 Geschichtlicher Hintergrund
09 Aufgaben des BfE
10 Radioaktive Abfallstoffe
12 Inhalt der Zwischenlager: bestrahlte Brennelemente
19 §: Abfälle in staatlicher Hand
20 Exkurs: Basiswissen Radioaktivität

22 Wie funktionieren Zwischenlager?
24 Zentrale und dezentrale Zwischenlager
26 Konstruktion der Zwischenlager
28 §: Ablauf des Genehmigungsverfahrens

30 Wie sind Zwischenlager geschützt?
32 Sicherheit und Sicherung
32 §: Voraussetzungen für die Genehmigung
33 Schutz durch Behälter
36 Schutz bei Störfällen
38 Schutz vor Terror- und Sabotageakten
40 Schutz vor den Folgen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes

42 Wie geht es weiter?
44 Genehmigungen sind befristet
44 Zwischenlager auf dem Prüfstand
45 Folgen des Atomausstiegs
46 Reparaturmöglichkeiten für Behälter
48 Exkurs: Endlagersuche

52 Glossar
54 Abkürzungsverzeichnis

Einleitung

Wolfram König, Präsident des Bundesamtes für kerntechnische Entsorgungssicherheit

Der Ausstieg aus der Energieversorgung durch Atomkraftwerke in Deutschland ist mit der Abschaltung des letzten Kraftwerks im Jahre 2022 beschlossen, die Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle festgelegt, die Zuständigkeiten für die verschiedenen Aufgaben sind neu geordnet. 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 bedeutende Rolle spielen dabei die Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle.

Neben den jeweiligen Aufsichtsbehörden in den Ländern nimmt hier das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) 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 BfE eine 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. Zweifel und Unsicherheiten bleiben notwendige Begleiter. Das BfE steht dafür, dass die Sicherheit immer wieder neu betrachtet und bewertet wird. Es hinterfragt zudem bei den Sicherheitsbehörden 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 bewusst auf 40 Jahre befristet erteilt wurden, werden voraussichtlich nicht bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers ausreichen. Das BfE sieht sich daher in der Verantwortung, rechtzeitig die Fragen zu identifizieren, die bei einer verlängerten Aufbewahrung zu stellen und von den Beteiligten zu beantworten sind.

Für die Zwischenlager standen und stehen laufend Sicherheitsfragen im Fokus. 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.

Hintergrund-informationen

Bestimmte Hintergrund-informationen sind hervorgehoben.

Themen, die Gesetze und Verfahrensfragen betreffen, haben eine grüne Färbung.

Zwischenlager am Kernkraftwerk Philippsburg
Ende 2017 sind 60 der Behälterstellplätze belegt, genehmigt sind insgesamt 152.
© picture alliance / dpa / Uli Deck

Warum gibt es Zwischenlager?

Geschichtlicher Hintergrund | Aufgaben des BfE | Radioaktive Abfallstoffe | Inhalt der Zwischenlager | §: Abfälle in staatlicher Hand | Exkurs: Basiswissen Radioaktivität

Protestaktion im Jahr 2001 gegen die Castor-Transporte mit abgebrannten Brennelementen nach Gorleben. *© picture alliance / dpa / Tim Brakemeier*

Geschichtlicher Hintergrund

Solange es in Deutschland noch kein Endlager für hochradioaktive Abfälle gibt, müssen diese Abfälle zum Schutz von Mensch und Umwelt sicher zwischengelagert werden.

Zu Beginn der Kernenergienutzung in Deutschland lag der Zwischenlagerung noch ein anderer Zweck zugrunde. So waren die zentralen Zwischenlager Ahaus und Gorleben in den 1970er Jahren als Teil eines sogenannten Kernbrennstoffkreislaufes konzipiert. Bestrahlte Brennelemente sollten in einer Wiederaufarbeitungsanlage in Deutschland in Teilen zu neuem Kernbrennstoff „recycelt“ werden. Später transportierten die Kraftwerksbetreiber die bestrahlten Brennelemente zur Wiederaufarbeitung ins Ausland. Die Abfälle, die dort entstanden, werden in den zentralen Zwischenlagern aufbewahrt. Dieses Entsorgungskonzept, das eine Vielzahl an Transporten erforderte, wurde 2002 mit der Novellierung des Atomgesetzes (AtG) grundlegend verändert. Um die Transporte der hochradioaktiven Abfälle zwischen Anlagen zur Wiederaufarbeitung, den Kraftwerken und den zentralen Zwischenlagern zu vermeiden, verpflichtete der Gesetzgeber die Kernkraftwerksbetreiber, die bestrahlten Brennelemente in der Nähe der Reaktoren zwischenzulagern. Die Aufbewahrung der Abfälle in den sogenannten Standort-Zwischenlagern wurde auf 40 Jahre befristet. Seit dem Jahr 2005 verbietet das Gesetz die Abgabe von bestrahlten Brennelementen aus kommerziellen Kernkraftwerken zur Wiederaufarbeitung.

Das seitdem verfolgte Konzept der direkten Endlagerung sieht vor, bestrahlte Brennelemente nach der Zwischenlagerung in endlagerfähige Behälter zu verpacken, diese dicht zu verschließen und in tiefen geologischen Formationen endzulagern. Dem Gesetz nach wird der Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle in Deutschland im Jahr 2031 festgelegt.

Aufgaben des BfE

Das BfE erteilt die Genehmigungen zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen in Zwischenlagern nach § 6 AtG. Für eine Genehmigung müssen Betreiber von Zwischenlagern viele Sicherheitsnachweise erbringen (siehe Kapitel 3). Das BfE informiert die Öffentlichkeit über die Genehmigungsverfahren. Es überprüft zudem wesentliche Änderungen, die beispielsweise das Inventar oder Sicherungsmaßnahmen der Anlagen betreffen.

Das BfE ist seit 2016 Regulierungs-, Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde des Bundes im Bereich der kerntechnischen Entsorgung und Sicherheit. Es 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 Schachtanlage Asse II. Das BfE initiiert und begleitet Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der nuklearen Entsorgung und führt dabei auch eigene Forschungen durch. Die Expertinnen und Experten des BfE 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 BfE ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU).

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 AtG geordnet beseitigt – also endgelagert – werden. Ein Großteil der radioaktiven Abfälle stammt aus dem Betrieb der Kernkraftwerke. 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 (siehe S. 20). 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 dicke 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)

Radioaktive Abfallstoffe

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 Kernkraftwerken 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 machen einen Anteil von ca. 5 – 10 % am Gesamtvolumen der radioaktiven Abfälle in Deutschland aus. Sie enthalten jedoch etwa 99 % der gesamten Radioaktivität aller radioaktiven Abfälle.

AKTIVITÄT

ca. 1 %
sonstige radioaktive Abfälle

ca. 99 %
Kernbrennstoffe

Bis zu 100.000 m³ ggf. zusätzlich anfallendes Abfallvolumen durch Rückstände aus der Urananreicherungs-anlage Gronau

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

Ca. 300.000 m³ Abfälle aus dem Betrieb und Rückbau von Kernkraftwerken und Forschungs-einrichtungen, aus der Industrie und zu einem geringen Teil aus der Medizin

Bestrahlte Brennelemente und hochradioaktive Rückstände aus der Wiederauf-arbeitung

VOLUMEN

ca. 27.500 m³
Kernbrennstoffe

bis zu 620.000 m³
sonstige radioaktive Abfälle

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 schwache Aktivität aufweisen. Beispiele für sonstige radioaktive Stoffe sind kontaminierte Abwässer, Schutzbekleidung oder Werkzeuge, aber auch aus-gediente Strahlungsquellen aus Industrie und Medizin. Weitere erhebliche Mengen sonstiger radioaktiver Stoffe werden aus der Räumung der Schachtanlage Asse II sowie aus der Urananreicherung erwartet.

Inhalt der Zwischenlager: bestrahlte Brennelemente

Die Zwischenlager enthalten hauptsächlich bestrahlte Kernbrennstoffe aus den Kernkraftwerken, daneben auch hochradiaoktive Abfälle 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 Teil der Anlage eines Kernkraftwerkes. Nach dem Abklingen im Nasslager werden die Brennelemente in Transport- und Lagerbehälter umgeladen und dann trocken zwischengelagert.

Auch im Zwischenlager setzen die bestrahlten Brennelemente 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 gepackt 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.

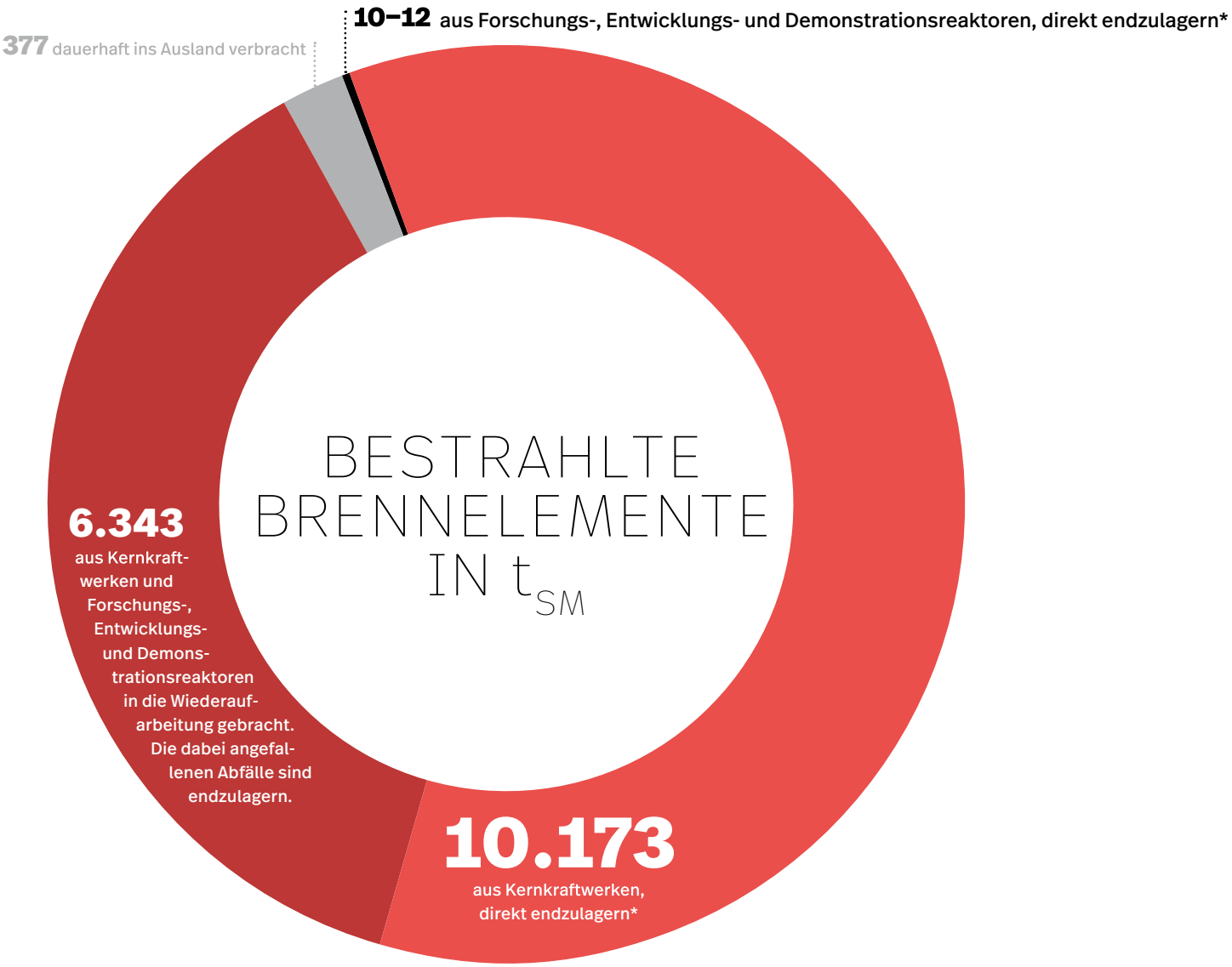
Beispiele für Halbwertszeiten

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

Abklingbecken
Im Abklingbecken des Kernkraftwerks Neckarwestheim werden die bestrahlten Brennelemente bis zur Transportfähigkeit mehrere Jahre gelagert und gekühlt.
© picture alliance / dpa / Sebastian Kahnert

Mengenprognose für Kernbrennstoffe

Die Menge der anfallenden Kernbrennstoffe in Form von bestrahlten Brennelementen aus deutschen Kernkraftwerken lässt sich aufgrund der gesetzlich festgeschriebenen Restlaufzeiten berechnen. Mit dem Abschalten des letzten Kernkraftwerks spätestens 2022 werden bestrahlte Brennelemente mit einer Schwermetallmasse von etwa 17.000 Tonnen (t_{SM}) angefallen sein.



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

Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

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

Die Rücknahme der verglasten hochradioaktiven Abfälle aus Frankreich in Kokillen wurde 2011 abgeschlossen. Sie lagern in 108 Behältern in Gorleben. Die Rückführung der übrigen Abfälle aus Frankreich sowie weiterer hochradioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in Großbritannien steht noch aus.

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. 2015 einigten sich Bundesumweltministerium, Energieversorgungsunternehmen und die betroffenen Bundesländer, die Behälter mit mittelradioaktiven Abfällen im Standort-Zwischenlager Philippsburg einzulagern und die hochradioaktiven Abfälle zwischen den Standort-Zwischenlagern Biblis, Brokdorf und Isar aufzuteilen.

Für weitere Behälter mit kompaktierten Strukturteilen (mittelradioaktive Abfälle) aus Frankreich ist der Transport zum zentralen Zwischenlager in Ahaus vorgesehen. Nach der Abschaltung der letzten Kernkraftwerke verbleiben Forschungsreaktoren als Quelle weiterer bestrahlter Brennelemente.

DIE WICHTIGSTEN ZAHLEN IN KÜRZE

Prognose von Kernbrennstoffen für die Endlagerung

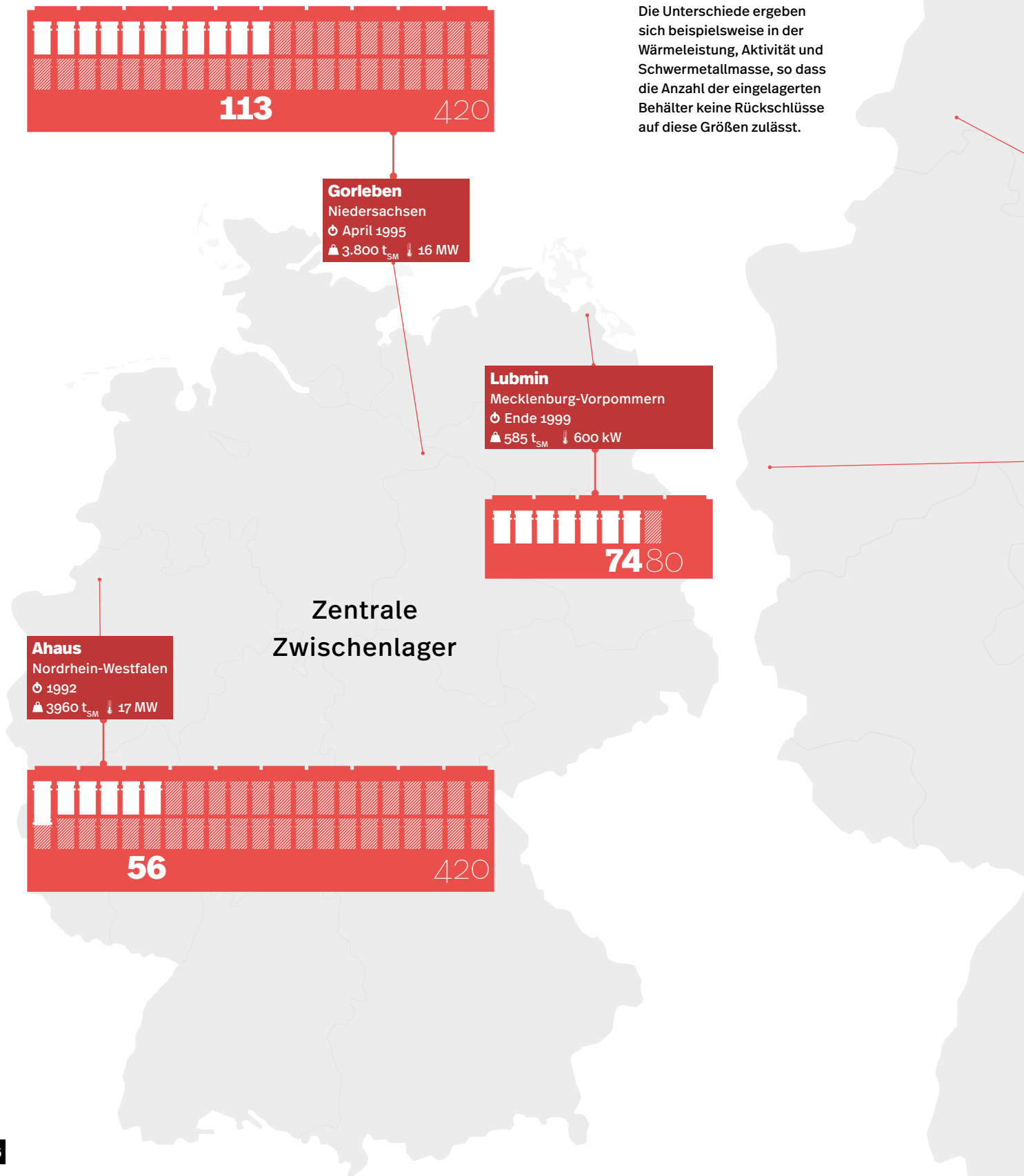
Abfallvolumen:
ca. 27.500 m^3

Angefallene Schwermetallmasse:
ca. 17.000 t_{SM}

Behälteranzahl:
bis zu 1.900

ÜBERSICHT ZWISCHENLAGER

In Deutschland wird zwischen zentralen und dezentralen Zwischenlagern unterschieden (detaillierte Informationen dazu ab Seite 24). 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.



Dezentrale Zwischenlager

Ort	Bundesland	Inbetriebnahme	Masse Schwermetall	Wärmeleistung	Behälterstellplätze Stand 31.12.2017: **belegt** | benötigt | genehmigt
Brunsbüttel*	Schleswig-Holstein	05.02.2006	200 t_{SM}	300 kw	**20** 24
Krümmel**	Schleswig-Holstein	14.11.2006	775 t_{SM}	3 MW	**41** 65
Brokdorf	Schleswig-Holstein	05.03.2007	1.000 t_{SM}	3,75 MW	**30** 75 100
Unterweser	Niedersachsen	18.06.2007	800 t_{SM}	3 MW	**35**38 80
Grohnde	Niedersachsen	27.04.2006	1.000 t_{SM}	3,75 MW	**30** 74 100
Lingen	Niedersachsen	10.12.2002	1.250 t_{SM}	4,7 MW	**43** 87 125
Jülich	Nordrhein-Westfalen	August 1993	225 kg Kernbrennstoff		**152** 158
Biblis	Hessen	18.05.2006	1.400 t_{SM}	5,3 MW	**91** 102 135
Grafenrheinfeld	Bayern	27.02.2006	800 t_{SM}	3 MW	**21** 53 88
Philippsburg	Baden-Württemberg	19.03.2007	1.600 t_{SM}	6 MW	**60** 102 152
Neckarwestheim	Baden-Württemberg	06.12.2006	1.600 t_{SM}	3,5 MW	**77** 113 151
Isar	Bayern	12.03.2007	1.500 t_{SM}	6 MW	**42** 118 152
Gundremmingen	Bayern	25.08.2006	1.850 t_{SM}	6 MW	**55** 181 192

* Ursprünglich genehmigt:
80 Behälterstellplätze, 450 t_{SM},
2 MW Wärmeleistung.
Nach Gerichtsverfahren Neugenehmigung notwendig, neu beantragt:
24 Behälterstellplätze, 200 t_{SM},
300 kW Wärmeleistung.

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

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 Kernkraftwerke 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.

Prognosen für sonstige radioaktive Abfälle

Kernkraftwerke, 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 63 % sonstigen radioaktiven Abfällen aus Kernkraftwerken und der kerntechnischen Industrie und von 37 % 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.

Zwischenlager in Karlsruhe
Endlagerfähige Container mit schwach- und mittelradioaktivem Abfall.
© picture alliance / dpa / Wolfram Kastl

Abfälle in staatlicher Hand

Die Bundesregierung hat im Zuge des Ausstiegs aus der Kernenergie 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 Kernkraftwerke 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.

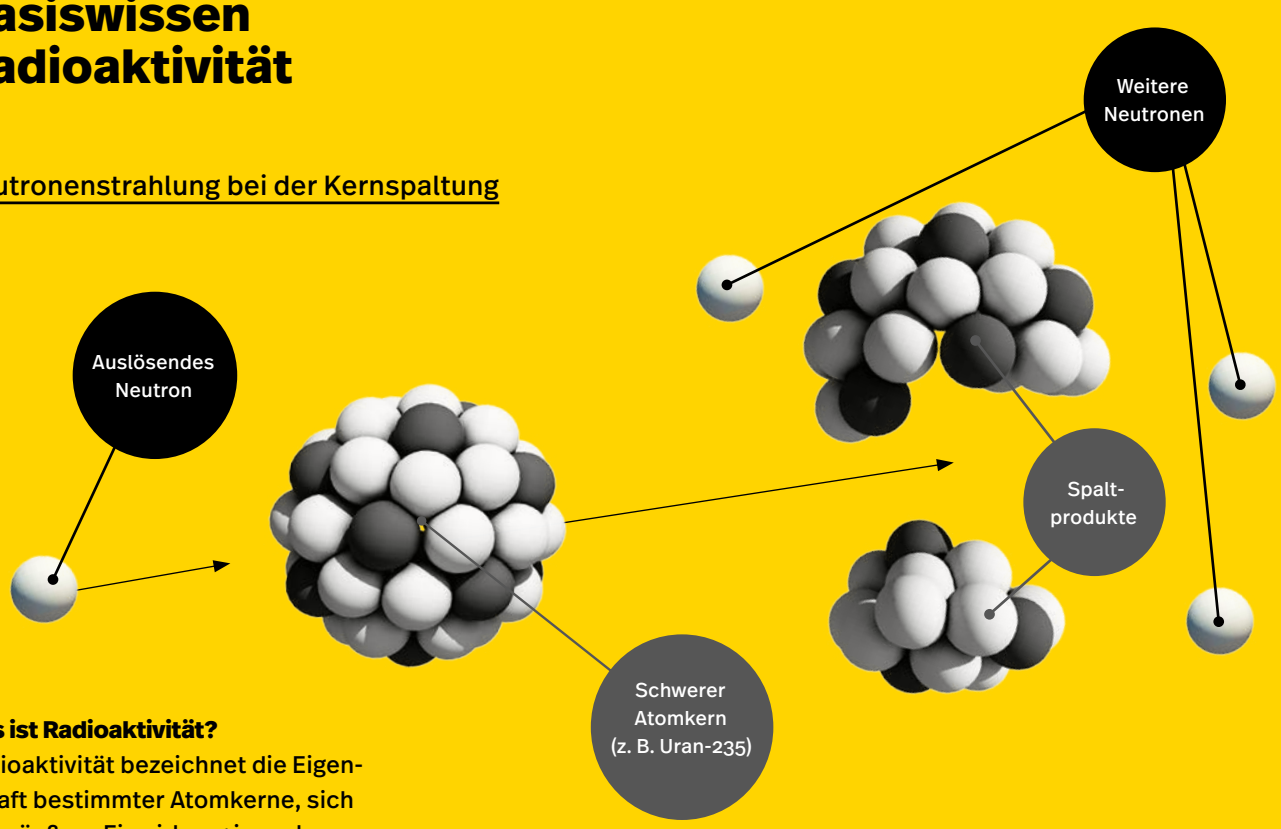
Für den Betrieb der Zwischenlager wurde im März 2017 die bundeseigene BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH gegründet. Sie hat am 1. August 2017 die Verantwortung für die Zwischenlager in Ahaus und in Gorleben übernommen. Ab 1. Januar 2019 fallen auch die zwölf Standort-Zwischenlager in die Zuständigkeit der BGZ.

Die BGZ ist außerdem verpflichtet, ab dem 1. Januar 2019 bestrahlte Brennelemente und radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland 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 Kernkraftwerksanlagen sowie die Verpackung der radioaktiven Abfälle verbleibt in Händen der Kraftwerksbetreiber. Aus dem Fonds werden sowohl die Zwischenlager als auch die mit der Endlagerung verbundenen Aufgaben finanziert.
Die BGZ kann längstens für fünf Jahre nach Erlöschen der Berechtigung zum Leistungsbetrieb eines Kernkraftwerkes den bisherigen Betreiber mit der weiteren Betriebsführung des Zwischenlagers beauftragen.

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

Exkurs: Basiswissen Radioaktivität

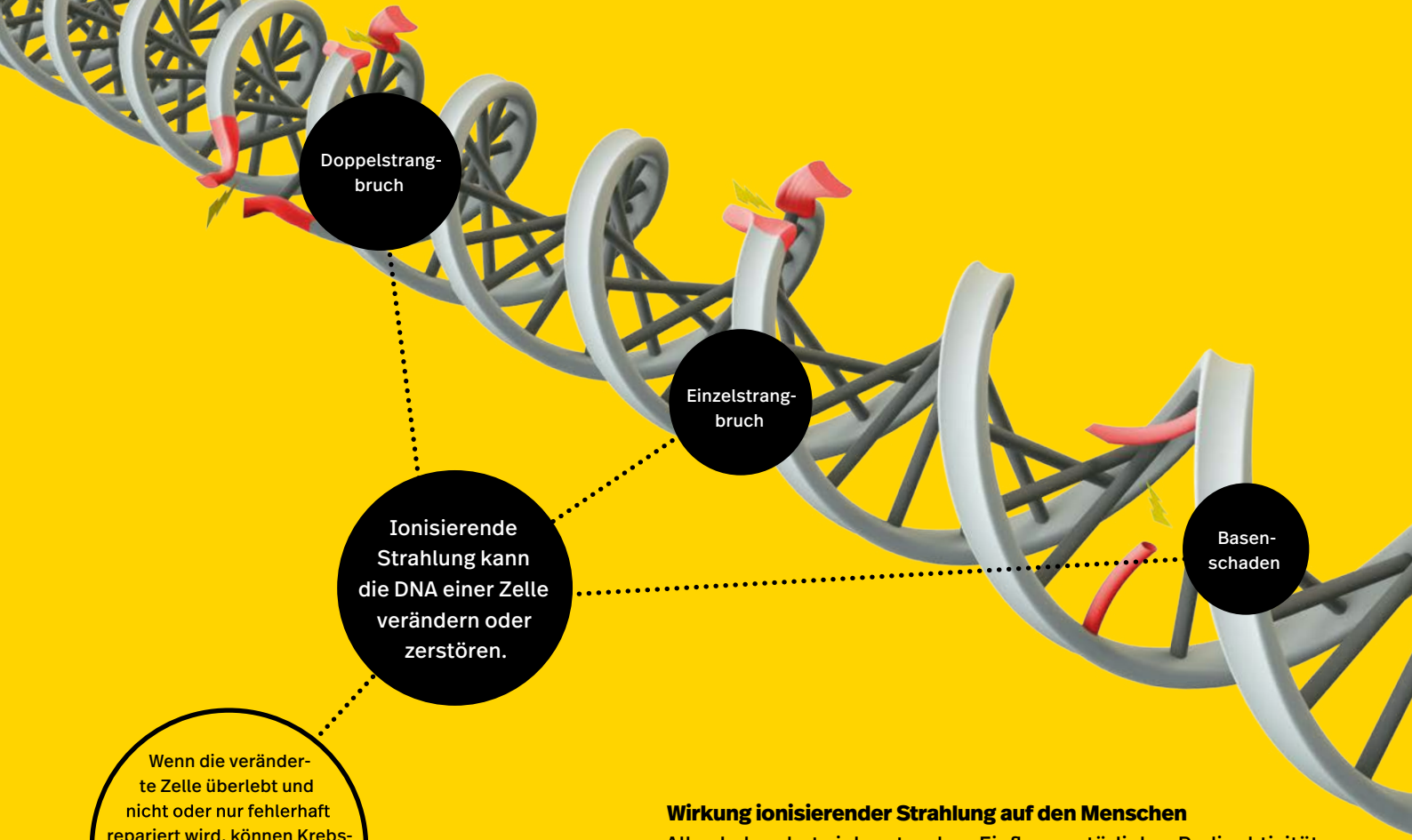
Neutronenstrahlung bei der Kernspaltung



Was ist Radioaktivität?
Radioaktivität bezeichnet die Eigenschaft bestimmter Atomkerne, sich ohne äußere Einwirkung in andere Kerne umzuwandeln und dabei energiereiche Strahlung auszusenden. Bei diesem Prozess entstehen stabile und / oder radioaktive Zerfallsprodukte, wobei radioaktive Zerfallsprodukte auch weiter zerfallen können.

Bei einem solchen Kernzerfall können verschiedene Arten sogenannter ionisierender Strahlung frei werden: Bei *Alpha- und Betastrahlung* handelt es sich um Teilchen, die leicht abgeschirmt werden können. Eine Gesundheitsgefahr besteht dann, wenn diese Strahler über die Atmung oder Nahrung in den Körper gelangen. Sie strahlen dann dort weiter. *Gammastrahlung* ist sehr energiereiche elektromagnetische Strahlung und lässt sich schwerer abschirmen als Alpha- und Betastrahlung. Für die Abschirmung werden Behälter aus vorwiegend schweren (dichten) Materialien wie Stahl, Beton oder Blei verwendet.
Neutronenstrahlung kann diese schweren Materialien durchdringen, wird aber z. B. durch Wasser, Graphit oder bestimmte Kunststoffe abgebremst (moderiert) und kann von bestimmten Materialien (oft Bor) eingefangen werden.

Durchdringungsvermögen der verschiedenen Strahlungsarten



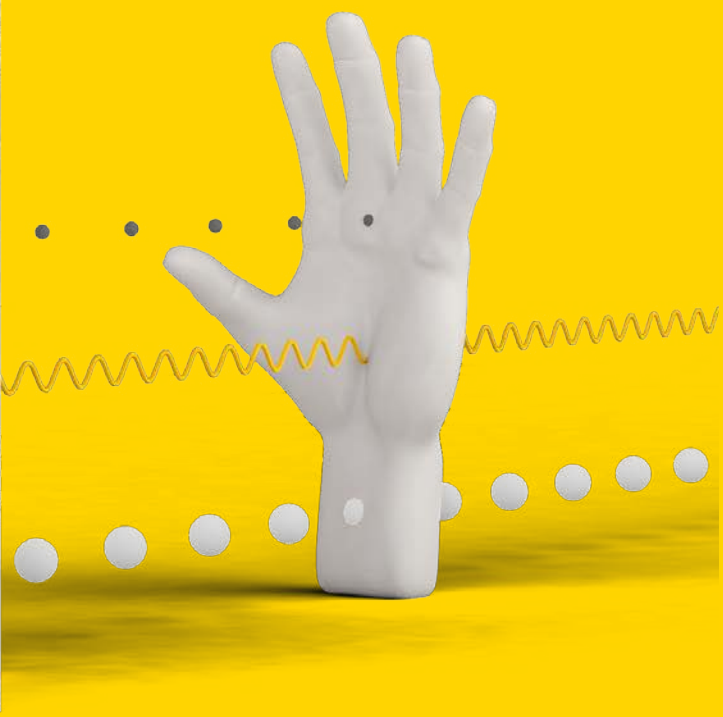
Ionisierende Strahlung kann die DNA einer Zelle verändern oder zerstören.

Wenn die veränderte Zelle überlebt und nicht oder nur fehlerhaft repariert wird, können Krebserkrankungen entstehen bzw. in Keimzellen die Erbanlagen verändert werden.

Wirkung ionisierender Strahlung auf den Menschen
Alles Leben hat sich unter dem Einfluss natürlicher Radioaktivität entwickelt. Heute wissen wir, dass ionisierende Strahlung, unabhängig davon, ob sie natürlichen oder künstlichen Ursprungs ist, eine schädigende Wirkung auf die Zelle ausüben kann, indem sie die Erbsubstanz (DNA) der lebenden Zelle verändert oder zerstört.

Der Organismus besitzt zwar die Fähigkeit, Strahlenschäden auszugleichen, die Abwehr- und Reparatursysteme können jedoch versagen oder überfordert sein.

Langfristige und kurzfristige Strahlenwirkungen
Bei einer geringen Strahlendosis treten Strahlenwirkungen mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erst Jahre oder Jahrzehnte später auf. Je nachdem, ob es sich um eine Keimzelle oder um eine Körperzelle handelt, kann es zu einer Veränderung der Erbanlagen kommen oder es können Krebserkrankungen wie z. B. Leukämie entstehen. Anhand der Strahlendosis lassen sich noch keine Aussagen zu Strahlenschäden treffen, wohl aber über die Wahrscheinlichkeit, dass Strahlenschäden auftreten.
Zur Information: Für in Deutschland lebende Personen beträgt die Strahlendosis aus natürlichen Quellen durchschnittlich 2 Millisievert pro Jahr.



Es kann jedoch auch zu Situationen kommen, in denen Menschen kurzfristig einer hohen Strahlendosis ausgesetzt sind, z. B. bei den Aufräumarbeiten in unmittelbarer Nähe der verunglückten Reaktoren von Tschernobyl und Fukushima. Gesundheitliche Schäden treten in solchen Fällen sofort oder innerhalb weniger Wochen auf. Diese Art von Schäden – Fachleute sprechen von deterministischer Strahlenwirkung – erfolgt erst bei einer hohen Strahlendosis oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes. Dieser liegt beim Menschen bei rund 500 Millisievert. Wird dieser Schwellenwert um mehr als das Zehnfache überschritten, führt das in der Regel zum Tod.

Zwischenlager am Kernkraftwerk Brunsbüttel
Der Bau umfasst 80 Stellplätze, in einem Neugenehmigungsverfahren wurden 24 Stellplätze beantragt.
© picture alliance / dpa / Ulrich Perrey

Wie funktionieren Zwischenlager?

Zentrale und dezentrale Zwischenlager | Konstruktion der Zwischenlager | §: Ablauf des Genehmigungsverfahrens

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 Kernkraftwerken errichtet wurden (siehe S. 9). Die Zwischenlager Jülich und Lubmin (Zwischenlager Nord) nehmen in dieser Einteilung eine Sonderstellung ein, da sie sich zwar wie die dezentralen Lager in unmittelbarer Nähe zu einer kerntechnischen Anlage befinden, aber älter als diese sind und nicht von einem Energieversorgungsunternehmen errichtet wurden.

Standort-Zwischenlager an den Kernkraftwerken

In den Standort-Zwischenlagern werden derzeit bestrahlte Brennelemente aus dem Betrieb des jeweiligen Kernkraftwerks aufbewahrt. Eine Ausnahme bilden die Abfälle aus dem Kernkraftwerk 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 zurückzuführenden radioaktiven Abfälle in den Standort-Zwischenlagern aufzubewahren sind. Ab 2019 sollen diese Abfälle auf die Zwischenlager Philippsburg, Biblis, Brokdorf und Isar verteilt werden. Die an diesen Standorten bereits heute erlaubten Mengen an radioaktiven Abfällen werden dadurch nicht verändert.

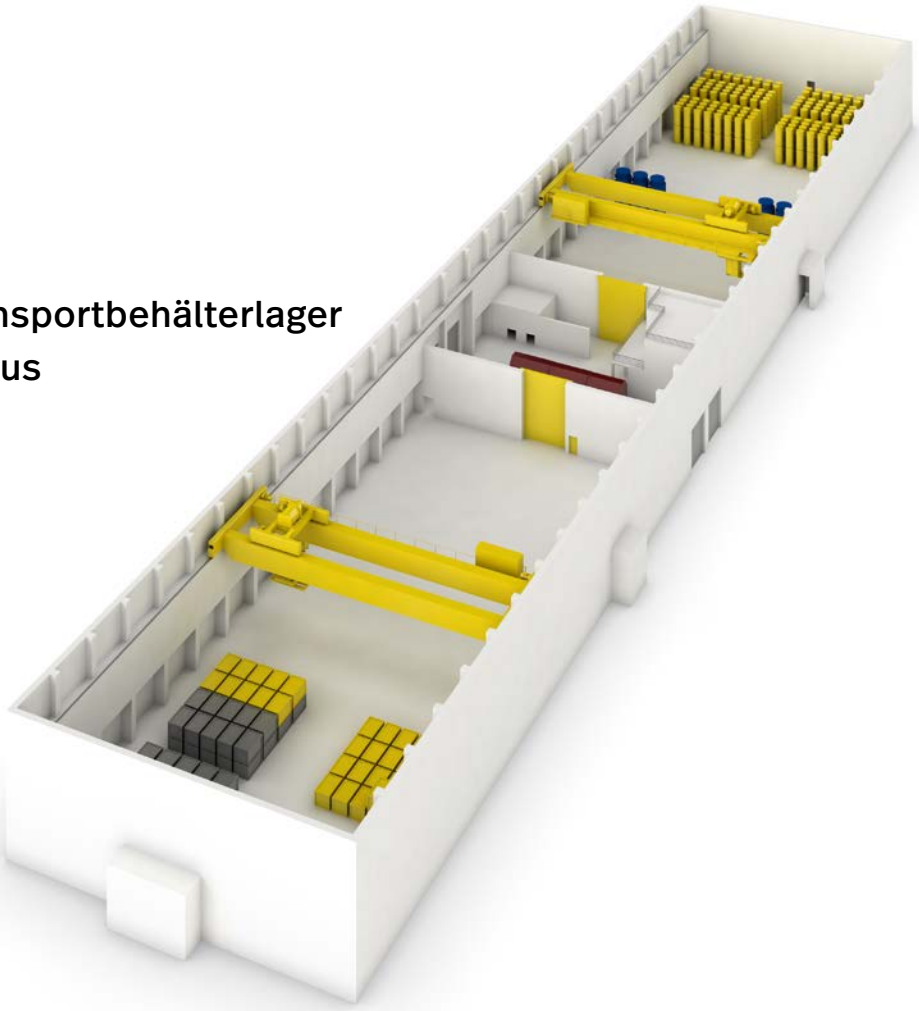
Ahaus

Das Transportbehälterlager 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 THTR-300 in Hamm-Uentrop (305 Castor-Behälter THTR/AVR), Brennelemente aus Forschungsreaktoren (18 Castor-Behälter MTR2) sowie in geringem Umfang Brennelemente aus Kernkraftwerken (jeweils drei Castor-Behälter V/19 und V/52) aufbewahrt. Lagerbereich I dient derzeit der Zwischenlagerung sonstiger radioaktiver Abfälle (sog. kombinierte Lagerung).

Gorleben

Das Transportbehälterlager 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 ein Zwischenlager für sonstige radioaktive Abfälle genutzt wird.

Transportbehälterlager Ahaus



Zwischenlager Nord

Jülich

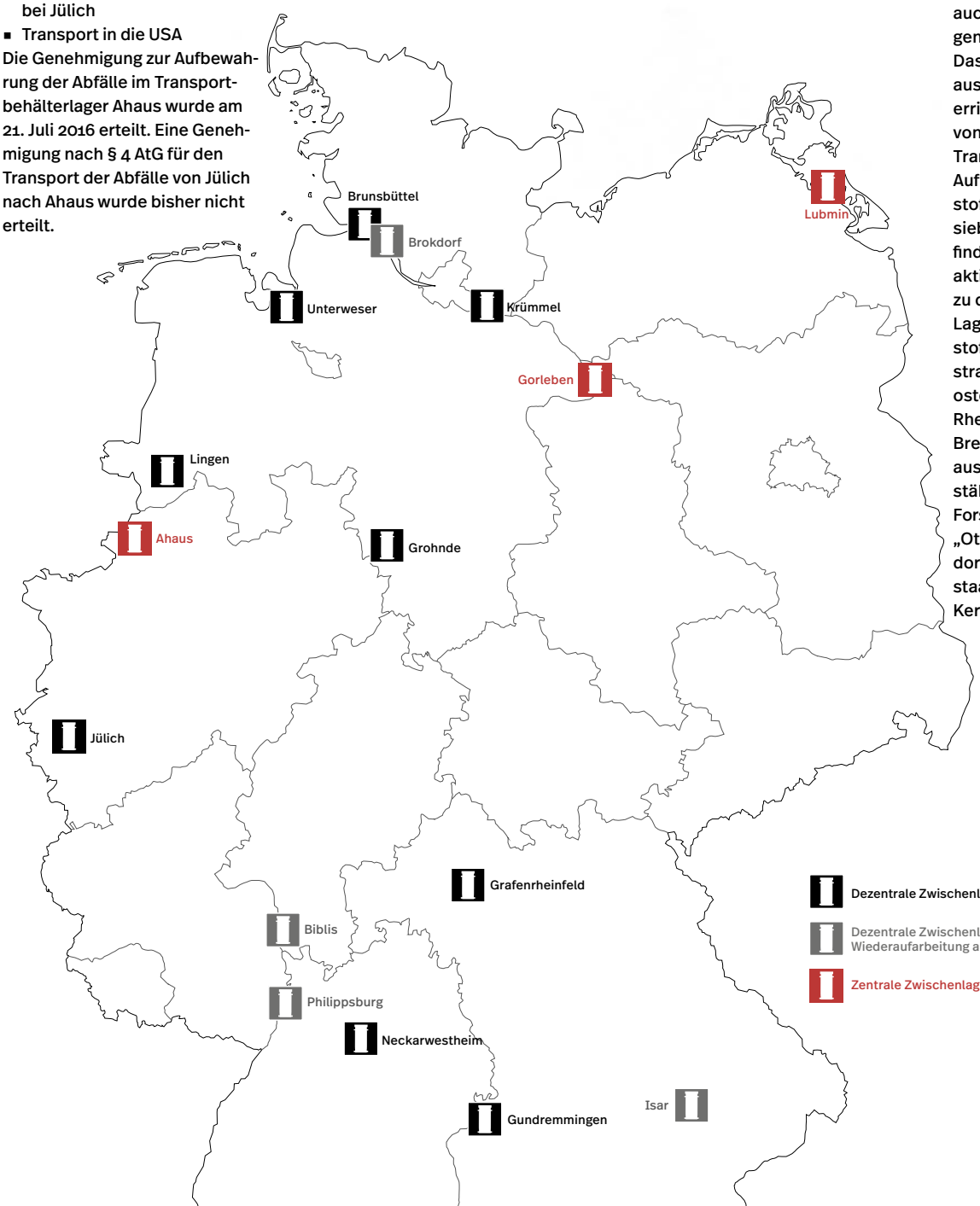
Im AVR-Behälterlager bei Jülich befinden sich gegenwärtig die Brennstoff-Kugeln des AVR-Versuchsreaktors des Forschungszentrums Jülich. Die für 20 Jahre erteilte Betriebsgenehmigung dieses Lagers ist am 30. Juni 2013 ausgelaufen. Momentan erfolgt der Betrieb des Lagers auf der Grundlage einer Anordnung nach § 19 AtG der zuständigen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde, des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung 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 drei Jahre beantragt. Mittelfristig werden drei Optionen verfolgt:

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

Die Genehmigung zur Aufbewahrung der Abfälle im Transportbehälterlager Ahaus wurde am 21. Juli 2016 erteilt. Eine Genehmigung nach § 4 AtG für den Transport der Abfälle von Jülich nach Ahaus wurde bisher nicht erteilt.

Lubmin

Das Zwischenlager Lubmin, auch Zwischenlager Nord genannt, ging 1999 in Betrieb. Das Lagergebäude besteht aus acht nebeneinander errichteten Hallenschiffen, von denen eines (Halle 8) als Transportbehälterlager zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen dient. In den anderen sieben Lagerbereichen befinden sich sonstige radioaktive Abfälle sowie Anlagen zu deren Konditionierung. Im Lagerbereich für Kernbrennstoffe befinden sich die bestrahlten Brennelemente der ostdeutschen Kernkraftwerke Rheinsberg und Greifswald, Brennstäbe und Glaskokillen aus Karlsruhe sowie Brennstäbe des nuklearbetriebenen Forschungs- und Frachtschiffes „Otto Hahn“. Außerdem wird dort Lagerkapazität für die staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen vorgehalten.



Dezentrale Zwischenlager für wärmeentwickelnde Abfälle

Dezentrale Zwischenlager, die ab 2019 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung aufnehmen

Zentrale Zwischenlager für wärmeentwickelnde Abfälle

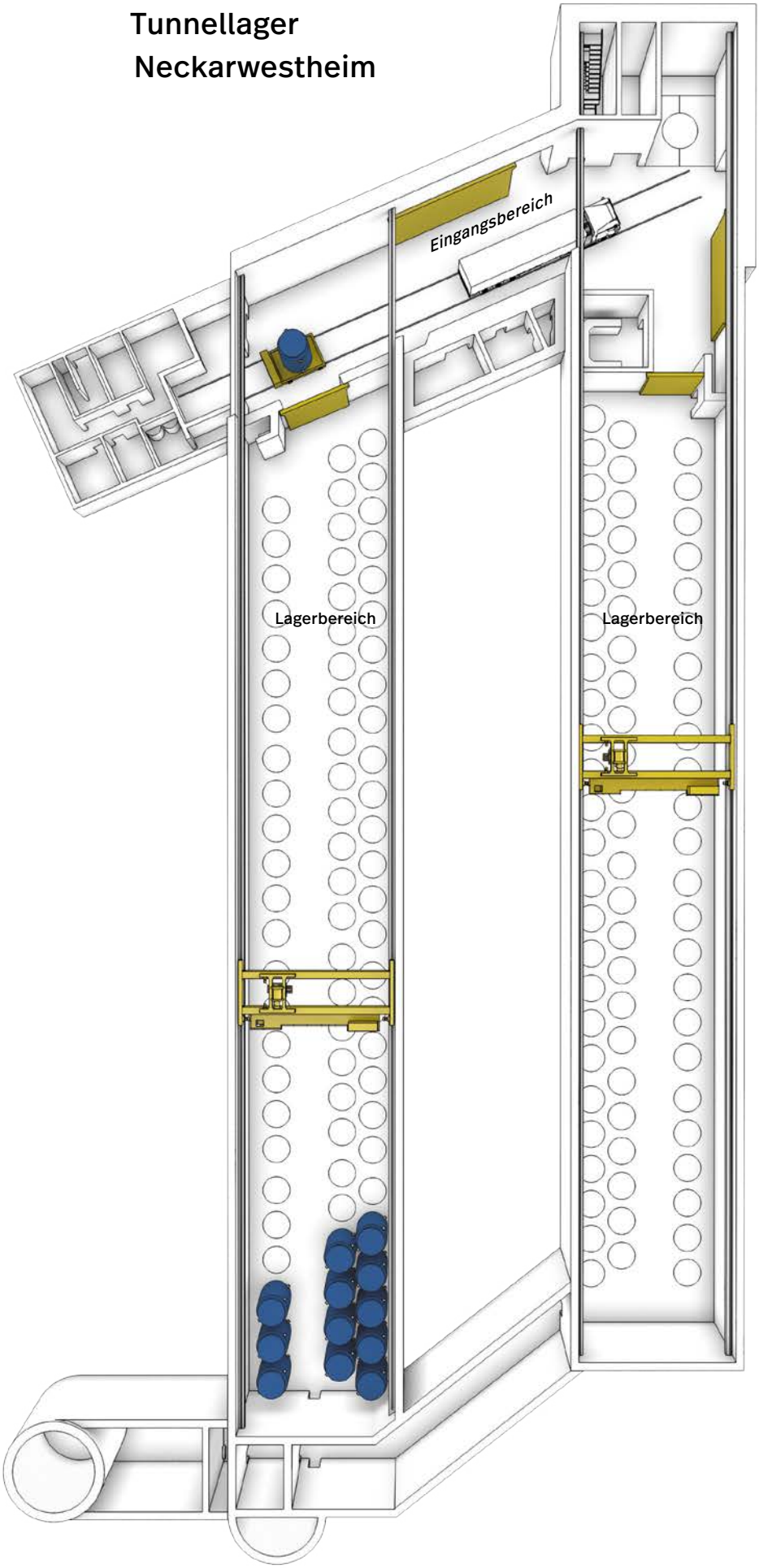
Konstruktion der Zwischenlager

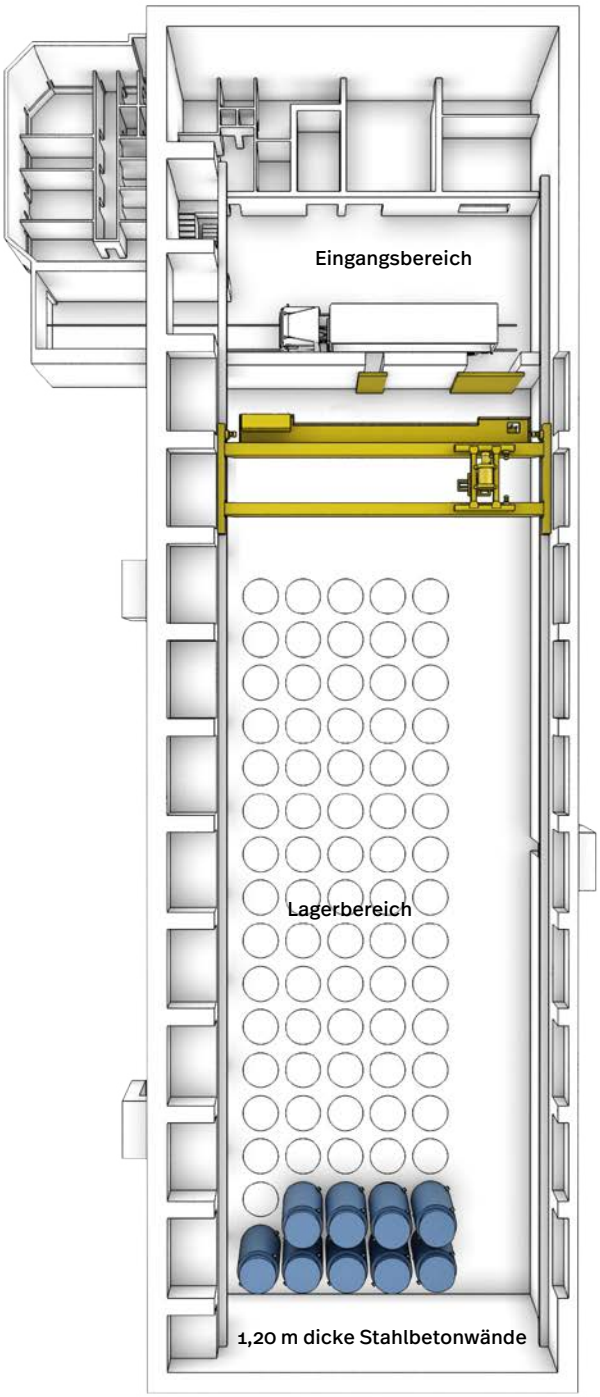
Die Standort-Zwischenlager wurden mit Ausnahme des Zwischenlagers in Neckarwestheim nach zwei grundlegenden Zwischenlagertypen errichtet (STEAG oder WTI). Trotz unterschiedlicher Bauweise erfüllen alle Zwischenlager die Anforderungen des AtG und sind auch gegen Szenarien wie den absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturz gesichert (siehe S. 40 f.).

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 fünf 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.

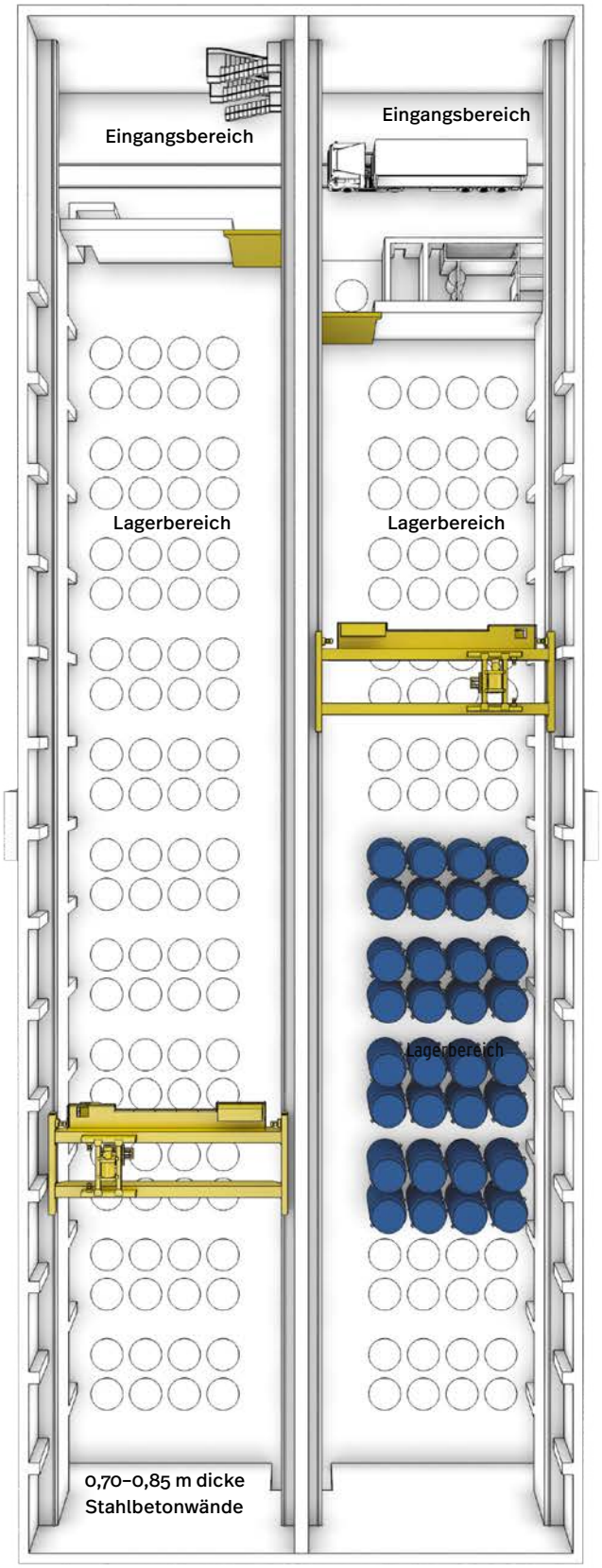
Tunnellager Neckarwestheim
Da das Kernkraftwerk Neckarwestheim in einem ehemaligen Steinbruch am Neckar errichtet wurde, war auf dem Anlagengelände kein Platz für eine große Lagerhalle. Bei der Errichtung des Zwischenlagers wurde daher das durch den Betrieb des Steinbruchs abgesenkte Bodenniveau genutzt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





STEAG-Konzept

WTI-Konzept



Ablauf des Genehmigungs-verfahrens

Ein Genehmigungsverfahren für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen beginnt, sobald dafür ein Antrag beim BfE eingegangen ist. 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 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. Außerdem hat eine UVP zu erfolgen, wenn eine Vorprüfung ergibt, dass von dem beabsichtigten Vorhaben erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen ausgehen können.

Bei UVP-pflichtigen Vorhaben ist Grundlage für ein Genehmigungsverfahren die Atomrechtliche Verfahrensverordnung (AtVfV) sowie das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Ist für ein Vorhaben eine UVP nicht erforderlich, richtet sich das Genehmigungsverfahren nach den allgemeinen Bestimmungen des Verwaltungsverfahrensgesetzes (VwVfG).

In einem Genehmigungsverfahren, das eine UVP beinhaltet, muss die Öffentlichkeit beteiligt werden. Unabhängig davon informiert das BfE umfassend über alle Zwischenlager.

Im Genehmigungsverfahren für Zwischenlager bewertet das BfE die eingereichten Antragsunterlagen daraufhin, ob alle gesetzlichen Voraussetzungen für eine Genehmigung vorliegen. Werden alle Anforderungen erfüllt, muss die Genehmigung erteilt werden. Die Behörde hat hier keinen Ermessensspielraum. Die Ergebnisse der UVP bzw. der Vorprüfung fließen in die Genehmigung ein.

Vor Erteilung der Genehmigung bindet das BfE 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 Öffentlichkeitsbeteiligung gibt das BfE das Vorhaben im Bundesanzeiger sowie in örtlichen, standortnahen Tageszeitungen bekannt,

- legt das BfE 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,
- besteht die Möglichkeit, schriftlich Einwendungen gegen das Vorhaben zu erheben sowie die Einwendungen mit dem BfE, dem Antragsteller und den Einwenderinnen und Einwendern zu erörtern.

Die ausgelegten Unterlagen zum Vorhaben können zusätzlich auf der Homepage des BfE 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 BfE einen Erörterungstermin. Er dient dazu, die von Anwohnern oder Bürgerinnen und Bürgern rechtzeitig erhobenen Einwendungen mündlich zu besprechen, soweit dies für die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen von Bedeutung sein kann. Vor dem Termin hat das BfE die Unterlagen öffentlich ausgelegt. 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.

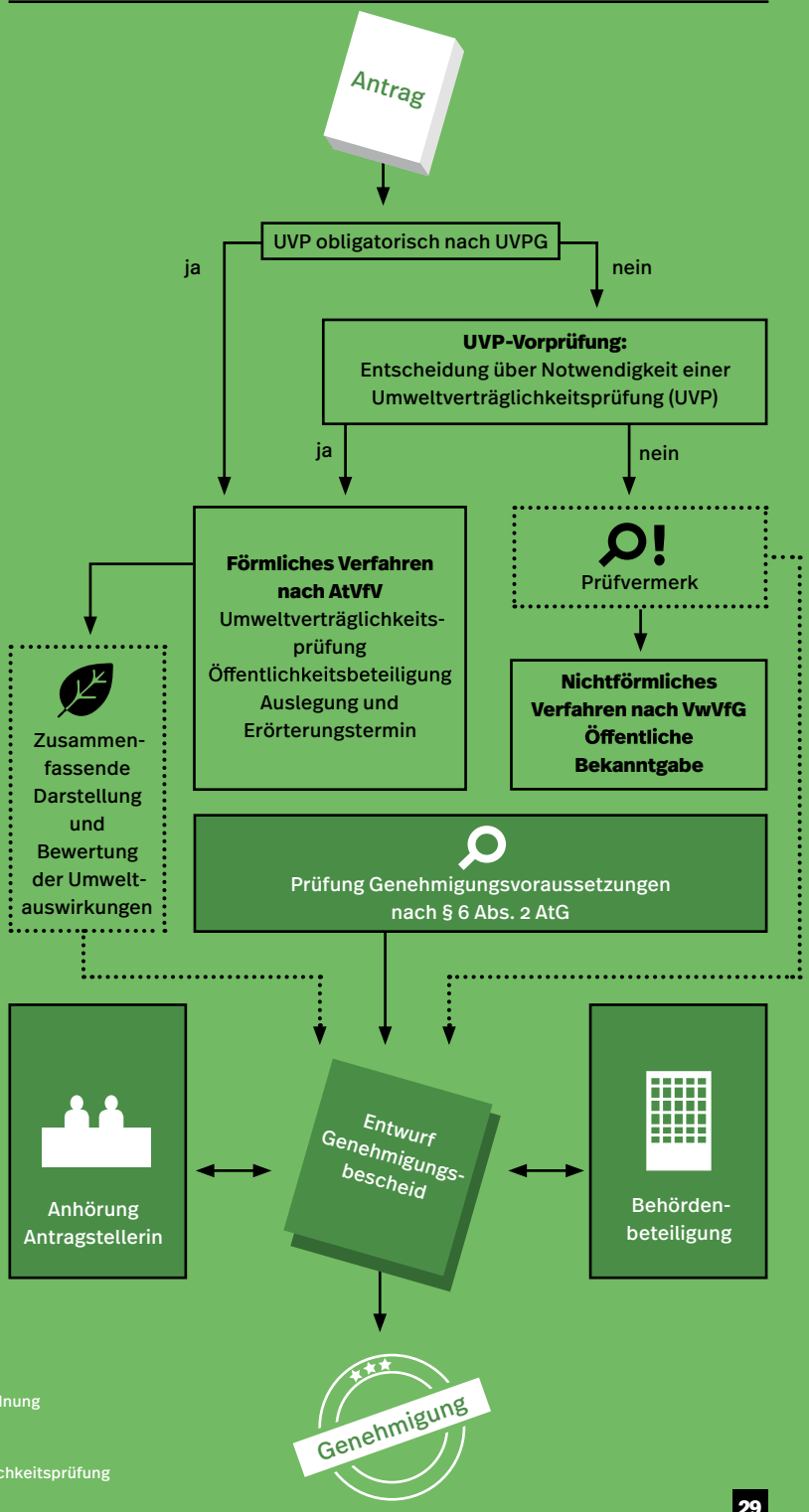
Als Grundlage für die UVP legt der Antragsteller der Genehmigungsbehörde einen Bericht zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens (UVP-Bericht) vor. Dieser Bericht muss eine Beschreibung des Vorhabens mit Angaben zum Standort, zur Art und technischen Ausgestaltung, zur Größe und zu anderen 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 in die Genehmigungsentscheidung ein.

Grenzüberschreitende UVP

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.

ABLAUF GENEHMIGUNGSVERFAHREN NACH § 6 ATG



AtVfV – Atomrechtliche Verfahrensverordnung
VwVfG – Verwaltungsverfahrensgesetz
AtG – Atomgesetz
UVPG – Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

Zwischenlager Gundremmingen
Mit 192 genehmigten Stellplätzen ist es das Standort-Zwischenlager, das die meisten Behälter aufnehmen kann.
© picture alliance / dpa / Stefan Puchner

Wie sind Zwischenlager geschützt?

Sicherheit und Sicherung | §: Voraussetzungen für die Genehmigung | Schutz durch Behälter | Schutz bei Störfällen | Schutz vor Terror- und Sabotageakten | Schutz vor den Folgen eines Flugzeugabsturzes

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 Personal so gering wie möglich gehalten werden. Zu unterscheiden sind dabei Maßnahmen gegen Schäden, die durch die Aufbewahrung der Kernbrennstoffe selbst in einem Zwischenlager entstehen könnten (Sicherheit) und Maßnahmen gegen kriminelle und terroristisch motivierte Taten (Sicherung).

Für die Aufbewahrung von hochradioaktiven Abfällen braucht es ein umfassendes Schutzkonzept. Die Gewährleistung der Sicherheit ist dabei zentrale Aufgabe des Zwischenlagerbetreibers. Bevor die Aufbewahrung hochradioaktiver Abfälle vom BfE genehmigt werden kann, muss er die Einhaltung aller notwendigen Sicherheitsanforderungen nachweisen.

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.

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 und sicherer Transport der radioaktiven Stoffe
- Auslegung gegen Störfälle

Bei der Sicherung, also dem Schutz der Bevölkerung gegen Terror- und Sabotageakte, unterstützt der Staat, insbesondere die Polizei, die Maßnahmen des Betreibers. Ein zentraler Begriff ist hier der Schutz gegen „Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter“, kurz SEWD. SEWD beschreibt den Versuch, radioaktive Stoffe zu entwenden oder eine Freisetzung radioaktiver Stoffe herbeizuführen. Mit Dritte sind dabei die jeweiligen Täter gemeint. Ziel der Maßnahmen ist es, Fälle von SEWD zu verhindern, die eine Gefahr für den Menschen und seine Gesundheit darstellen könnten (siehe S. 38 ff.).

Sicherung

ist der für alle kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen und 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 BfE. Für jede wesentliche Änderung an den Zwischenlagern oder bei der Handhabung mit dem hochradioaktiven Inventar muss er außerdem eine sogenannte Änderungsgenehmigung beantragen.

In diesen Genehmigungsverfahren müssen die jeweiligen Betreiber der Zwischenlager dem BfE 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 BfE in Genehmigungsverfahren nach § 6 AtG lassen sich die Aufsichtsbehörden bei ihrer Tätigkeit durch unabhängige Sachverständige unterstützen.

Schutz durch die Behälter

Zwischenlager müssen sicherheitstechnische Aspekte, die sogenannten Schutzziele, erfüllen. Die Behälter müssen:

- die radioaktiven Stoffe sicher einschließen
- die Zerfallswärme sicher abführen
- die Unterkritikalität sicher einhalten (Kritikalitätssicherheit)
- unnötige Strahlenbelastungen vermeiden

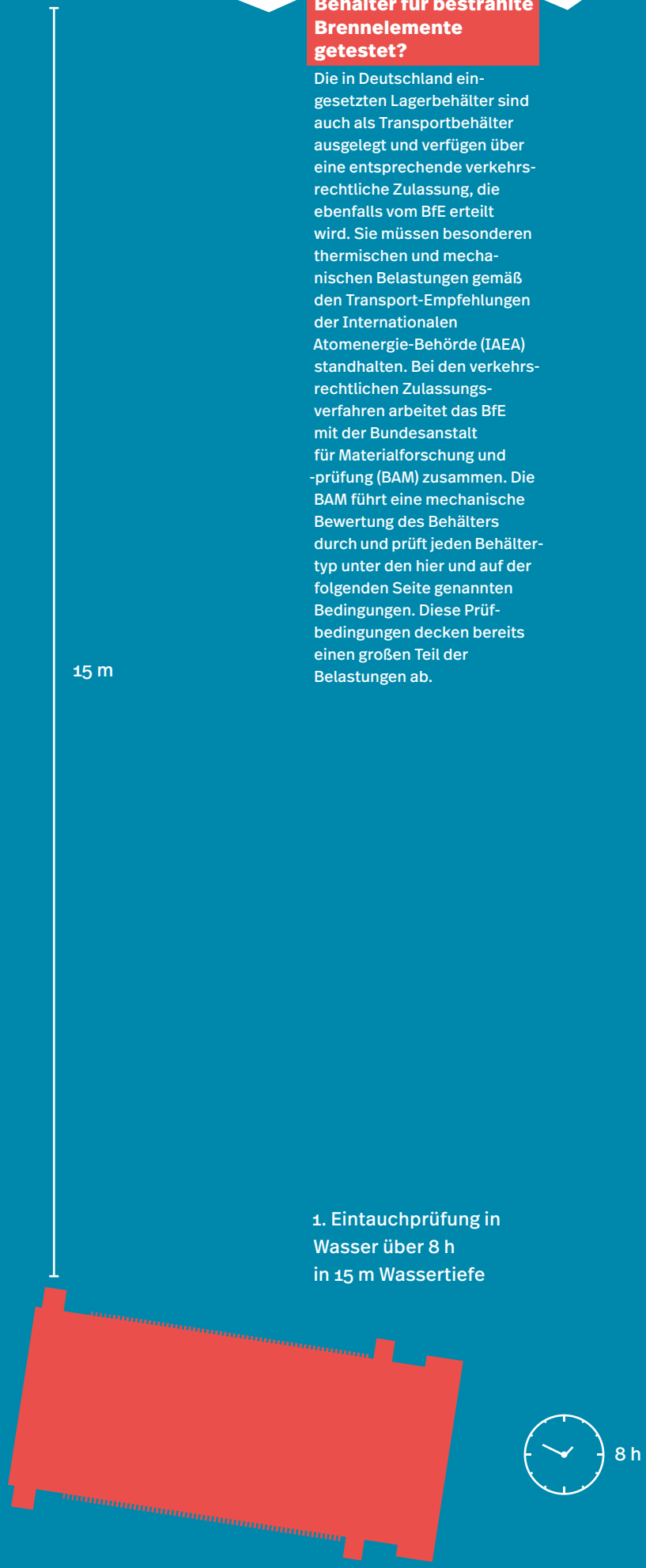
Die Sicherheit in den Zwischenlagern wird nach dem in Deutschland verfolgten Konzept hauptsächlich durch die Behälter gewährleistet. Spezifische Anforderungen an die Konstruktion der Behälter sind:

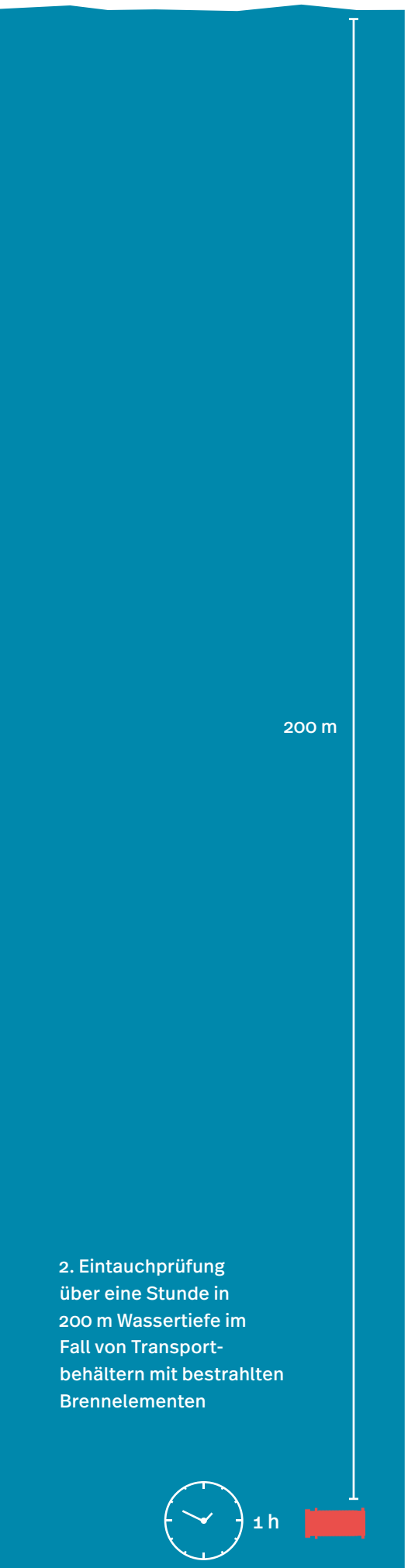
- massive metallische Behälter aus verformungsfähigem Gusseisen oder Schmiedestahl
- überwachtes Doppeldeckeldichtsystem oder ein verschweißter Deckel
- Transportierbarkeit

Ausgehend von den bisherigen Betriebserfahrungen hat sich das aus diesen Anforderungen abgeleitete System der Zwischenlagerung in den vergangenen 25 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. Es waren lediglich Instandsetzungen defekter Druckschalter notwendig. Diese Defekte wurden aufgrund der Selbstüberwachungsfunktion der jeweiligen Druckschalter erkannt.

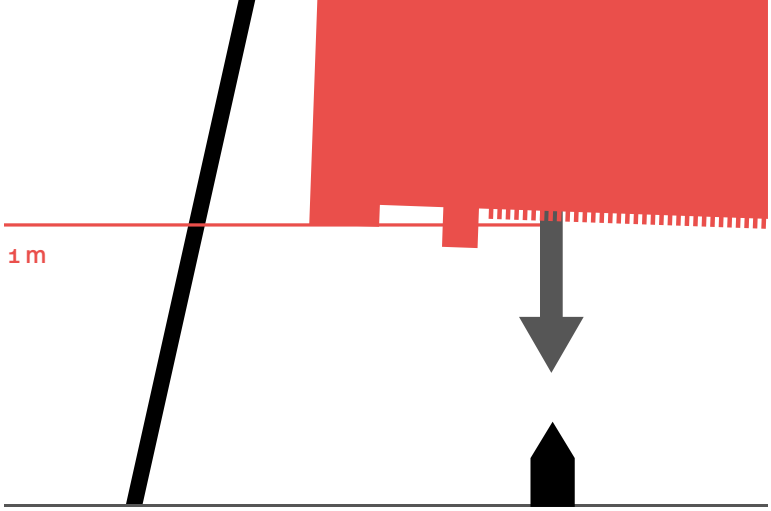
Wie werden die Behälter für bestrahlte Brennelemente getestet?

Die in Deutschland eingesetzten Lagerbehälter sind auch als Transportbehälter ausgelegt und verfügen über eine entsprechende verkehrsrechtliche Zulassung, die ebenfalls vom BfE erteilt wird. Sie müssen besonderen thermischen und mechanischen Belastungen gemäß den Transport-Empfehlungen der Internationalen Atomenergie-Behörde (IAEA) standhalten. Bei den verkehrsrechtlichen Zulassungsverfahren arbeitet das BfE mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zusammen. Die BAM führt eine mechanische Bewertung des Behälters durch und prüft jeden Behältertyp unter den hier und auf der folgenden Seite genannten Bedingungen. Diese Prüfbedingungen decken bereits einen großen Teil der Belastungen ab.

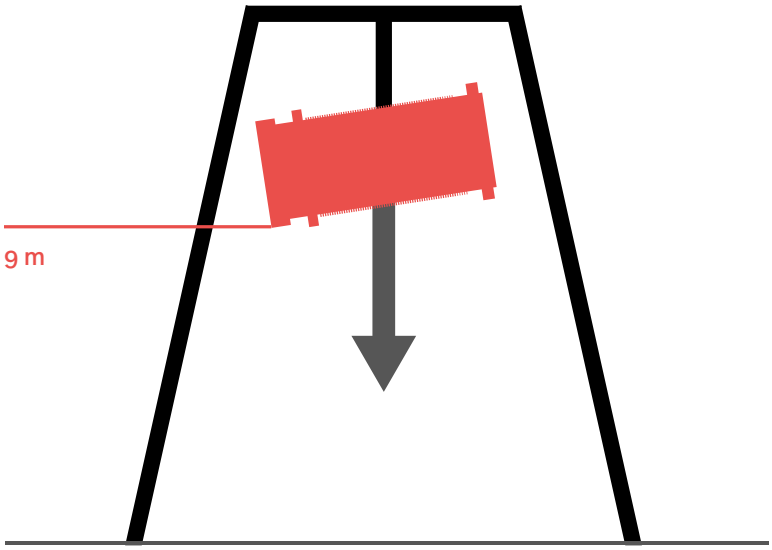




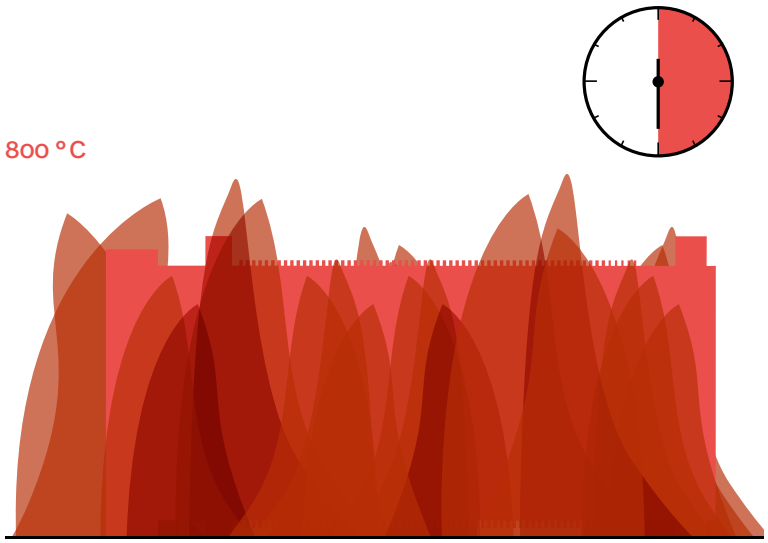
2. Eintauchprüfung über eine Stunde in 200 m Wassertiefe im Fall von Transportbehältern mit bestrahlten Brennelementen



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



4. Freier Fall aus 9 m Höhe auf ein unnachgiebiges Aufprallfundament



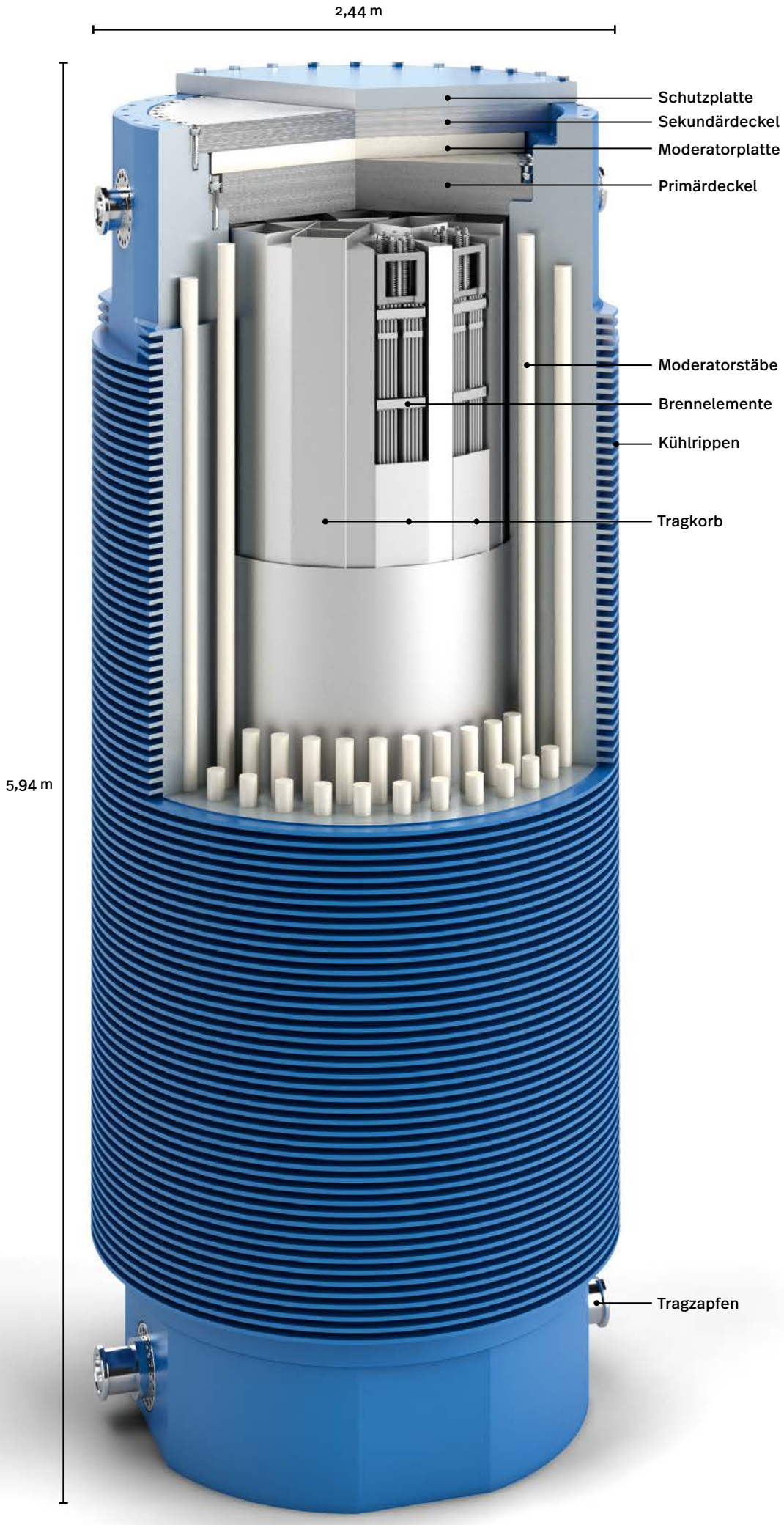
5. Feuertest in einer allseitigen Flammenumgebung mit einer Temperatur von mindestens 800 °C für die Dauer von 30 min

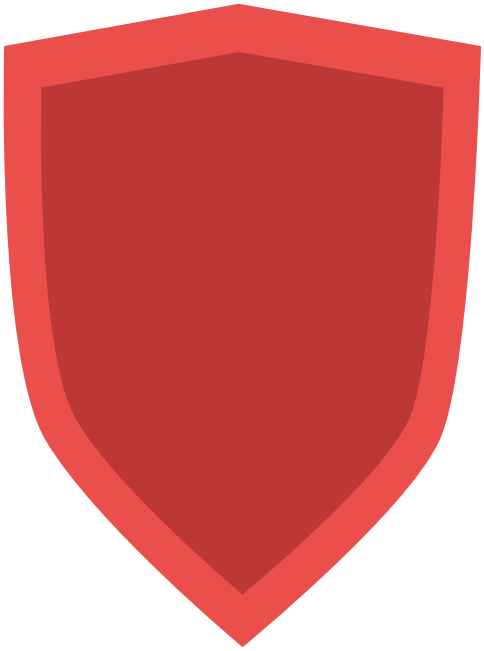
Die Konstruktion der Behälter

Die meisten in Deutschland eingesetzten Transport- und Lagerbehälter sind sogenannte Castor-Behälter (Cask for storage and transport of radioactive material). Die Modelle unterscheiden sich nach der vorgesehenen Beladung. Sie teilen aber konstruktive Grundlagen. 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 über ein überwachtes Doppeldeckeldichtsystem (Primär- und Sekundärdeckel mit drucküberwachtem Sperrraum). Die Deckel sind ebenfalls beschichtet, lackiert oder bestehen aus korrosionsbeständigem Stahl. Die Dichtungen sind langzeitbeständige Metalldichtungen. 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.

Castor-Behälter V/19

Behältergewicht, leer: 108 t
Kapazität: max. 19 Brennelemente aus Druckwasserreaktoren
Gesamtwärmeleistung: max. 39 kW
Gesamtaktivität: max. 1900 PBq (Billiarden Becquerel)





Schutz bei Störfällen

Wer eine Genehmigung für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen beantragt, muss dem BfE vollständige Nachweise zur Sicherheit vorlegen. Das BfE prüft in den Genehmigungsverfahren, ob die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Sicherheit für den gesamten Zeitraum der beantragten Aufbewahrung gewährleistet ist. Maßstab ist die Einhaltung der Schutzziele im Normalbetrieb, bei einem Störfall oder sonstigen zu betrachtenden Ereignissen. Zu den Schutzzielen 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. Zum Normalbetrieb zählen beispielsweise auch Wartungen oder Instandsetzungsarbeiten.

Störfall
Ein Störfall ist ein Ereignis, gegen das der Betreiber seine Anlage technisch und organisatorisch ausrüsten muss. Dazu erstellt er eine Störfallanalyse, die auch sehr seltene Ereignisse berücksichtigt. Zu den Störfällen, die in einem Zwischenlager auftreten können, zählen das Abstürzen oder Umfallen beladener Behälter, das Herabstürzen von Lasten auf Behälter, Brände oder auch Fehler des Personals bei der Handhabung.

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

Fukushima
14.03.2011: Satellitenaufnahme des Reaktorunfall 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 Kernkraftwerke 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 Kernkraftwerken auch, sollte untersucht werden, ob die Anlagen extremen Ereignissen widerstehen. Die Anlagen wurden zur Überprüfung einem hypothetischen Stresslevel ausgesetzt. Zum Beispiel gingen die Expertinnen und Experten bei Tide-Standorten von einem höheren Hochwasserpegel aus, 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 Dosisleistung möglich und wurde dies berücksichtigt?
Auf welcher Basis ist die Einschätzung dargelegt und ist sie plausibel und nachvollziehbar?

Als Bewertungsmaßstab für die radiologischen Auswirkungen dienten 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 Radioaktivität außerhalb der Anlage zu befürchten. Es sind keine Defizite bei den bestehenden Zwischenlagern ersichtlich geworden.

Weitere zu betrachtende Ereignisse
Über Störfälle hinaus gibt es Ereignisse, deren Eintrittswahrscheinlichkeit als sehr gering eingestuft wird. So gering, dass der Betreiber nach dem AtG keine besonderen Schutzmaßnahmen gegen diese nachweisen muss. Dazu können der zufällige Absturz einer Militärmaschine oder eine Explosionsdruckwelle zählen. Dennoch prüft das BfE, ob vom Betreiber Maßnahmen zu treffen sind, die die Strahlenbelastung bei einem solchen Ereignis reduzieren würden. Der Betreiber ist dann verpflichtet, die in der Genehmigung festgelegten Schutzmaßnahmen umzusetzen.

Schutz vor Terror und Sabotageakten

Der Schutz der Bevölkerung vor Kriminalität und Terrorismus ist grundsätzlich 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.

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 aller 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 der sogenannten 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). Die Informationen, die für den Schutz vor Angriffen gesammelt werden, unterliegen der Geheimhaltung. Das heißt: Sie dürfen aus Sicherheitsgründen nicht veröffentlicht werden.

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.

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 müssen. Dazu müssen die Zwischenlagerbetreiber 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 technische und personelle 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 von Anwohnern der Zwischenlager. Da Transparenz und Nachvollziehbarkeit wichtig für die Glaubwürdigkeit von Behörden sind, prüft das BfE 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 BfE für ein gemeinsames gesellschaftliches Verständnis darüber ein, dass bestimmte Informationen nicht preisgegeben werden können. Nur so lassen sich die Sicherheitsaufgaben bestmöglich erfüllen.

Schutz vor den Folgen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeug-absturzes

Nach den Anschlägen des 11. September 2001 hatte das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) – als damals zuständige Genehmigungsbehörde und Vorgänger des BfE – darauf aufmerksam gemacht, dass es bei den Zwischenlagern eine veränderte Sicherheitslage gibt. Das BfS hat auch gegen den Widerstand der Betreiber den Schutz aller Zwischenlager vor den Folgen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes angeordnet. Seitdem wird in Genehmigungsverfahren auch geprüft, welche Folgen ein absichtlich herbeigeführter Absturz mit einem großen Passagierflugzeug auf ein Zwischenlager haben kann. Das BfE – seit 2016 zuständige Genehmigungsbehörde – bezieht 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 lagen in den Jahren 2001 und 2002 keine oder nur wenige Erfahrungswerte vor. Expertinnen und Experten des damals zuständigen BfS führten daher in Zusammenarbeit mit Gutachterorganisationen und Ingenieurbüros Untersuchungen und Versuche durch, um ein Berechnungsmodell zu entwickeln. Das Modell simuliert die möglichen radiologischen Folgen eines absichtlich herbeigeführten Flugzeugabsturzes auf ein Zwischenlager. 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 gezielt herbeigeführten Flugzeugabsturz auf ein Zwischenlager radioaktive Stoffe nicht in erheblicher Menge freigesetzt werden und deshalb eine Gefährdung von Leben und Gesundheit der Bevölkerung ausgeschlossen ist. 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 und verhältnismäßig geringen Mengen an Kerosin kommen. Trotz thermischer und mechanischer Belastungen bleiben die eingelagerten Behälter intakt. Es kommt zu keinem relevanten Dichtheitsverlust der eingelagerten Behälter.

WTI
Bei den nach dem WTI-Konzept errichteten Zwischenlagern (Grafenrheinfeld, 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 direkt 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.

Rückbau Lubmin
Ausbau eines Dampferzeugers im stillgelegten Kernkraftwerk Lubmin.
© picture alliance / dpa / Bernd Wüstneck

Wie geht es weiter?

Genehmigungen sind befristet | Zwischenlager auf dem Prüfstand | Folgen des Atomausstiegs | Reparaturmöglichkeiten für Behälter | Exkurs: Endlagersuche | §: Ablauf des Genehmigungsverfahrens

Genehmigungen sind befristet

Ein Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle soll bis 2031 gefunden werden, bis 2050 könnte es betriebsbereit sein. Die Genehmigungen für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen sind bewusst auf maximal 40 Jahre befristet worden, gerechnet ab Einlagerung des ersten Behälters. Das Gleiche gilt für die Aufbewahrung der radioaktiven Abfälle: Auch diese dürfen ab dem Zeitpunkt der Beladung zunächst maximal 40 Jahre in den Behältern aufbewahrt werden. 2034 läuft demnach die Genehmigung für das zentrale Zwischenlager Gorleben aus, zwei Jahre später für Ahaus, 2039 für das Zwischenlager Nord in Lubmin. Die Standort-Zwischenlager an den einzelnen Atomkraftwerken folgen in den 2040er Jahren. Die ersten Behälter erreichen die 40 Jahre nach Beladung bereits 2032.

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 Zwischenlagergenehmigungen nur aus unabweisbaren Gründen und mit Zustimmung 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 BfE 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 identifizieren und ihre Auswirkungen zu überprüfen.

Angesichts des Ausstiegs aus der Kernenergie 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 BfE 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.

Folgen des Atomausstiegs für die Zwischenlager

Mit der Stilllegung und dem Abbau der Kernkraftwerke werden sich in den nächsten Jahren die Rahmenbedingungen für die Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten verändern. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt nutzen Betreiber der Standort-Zwischenlager diverse Einrichtungen der Kraftwerksanlagen und nehmen dort Dienstleistungen in Anspruch. Die Dienstleistungen reichen von Reparaturen an den Behältern bis hin zur Bereitstellung der Werksfeuerwehr. Durch die Stilllegung und den Abbau der ernkraftwerke werden diese Eirichtungen und Dienstleistungen für den Betrieb der Standort-Zwischenlager in der jetzigen Form nicht mehr zur Verfügung stehen.

Die nebenstehende Übersicht zeigt die Kernkraftwerke, die bereits außer Betrieb sind, sowie die Termine, zu denen die letzten Kraftwerksblöcke am jeweiligen Standort spätestens abgeschaltet werden müssen.

11.05.2005	Obrigheim
06.08.2011	Biblis
	Unterweser
	Brunsbüttel
	Krümmel
27.06.2015	Grafenrheinfeld
31.12.2019	Philippsburg
31.12.2021	Brokdorf
	Grohnde
	Gundremmingen
31.12.2022	Isar
	Emsland
	Neckarwestheim

Außer Betrieb

Castor-Transport Demonstration in Gorleben im Jahr 2010: Mit dem Standortauswahlgesetz drei Jahre später gibt es keine Castor-Transporte aus der Wiederaufarbeitung in das Zwischenlager im Wendland mehr.
© picture alliance / dpa / Jochen Lübke

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 Transport- und Lagerbehälter sind mit einem doppelten Deckelsystem konstruiert (Primär- und Sekundärdeckel). Ist ein Deckel nicht mehr intakt, ist die Sicherheit über einen zweiten Deckel gewährleistet. Bei Fehlern am Sekundärdeckel gibt es an jedem Standort-Zwischenlager eine Behälterwartungsstation, in der Fehler an der Sekundärdichtung oder dem Sekundärdeckel behoben werden können. Bei Fehlern am Primärdeckel 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 radioaktive Stoffe fernbedient gehandhabt werden können. In einer heißen Zelle könnte daher der Behälterinnenraum sicher geöffnet werden.

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

Heiße Zelle
Wie hier in Jülich können in einer heißen Zelle radioaktive Stoffe mit Hilfe von Industrierobotern gehandhabt werden. Das Personal beobachtet die Arbeitsvorgänge durch ein Bleiglasfenster.
© JEN Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH

Exkurs: Endlagersuche

Mit dem Inkrafttreten des neugefassten Standortauswahlgesetzes 2017 startet in Deutschland das Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Ziel ist, bis zum Jahr 2031 einen Standort zu finden. Dort sollen die hochradioaktiven Abfälle in tiefen Gesteinsschichten sicher eingeschlossen werden.

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

Von Beginn des Suchverfahrens an werden die Bürgerinnen und Bürger intensiv in den Auswahlprozess miteinbezogen. Im sogenannten Standortauswahlgesetz ist festgeschrieben, dass die Öffentlichkeit transparent und umfassend informiert sowie in die Endlagersuche mit verschiedenen Gremien und Informationsangeboten eingebunden werden soll.

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.

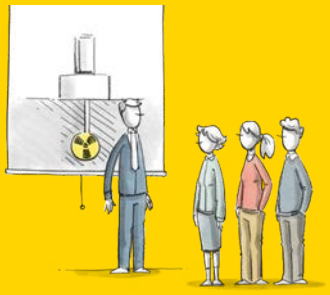
Akteure und Zuständigkeiten

Bundestag und Bundesrat
Bundestag und Bundesrat beraten und entscheiden über die Vorschläge der Bundesregierung und legen am Ende den Endlagerstandort fest.

Bundesregierung
Die Bundesregierung schlägt Bundestag und Bundesrat nach jeder Phase die eingegrenzte Standortauswahl vor. Das Bundesumweltministerium trägt als Fach- und Rechtsaufsicht die politische Gesamtverantwortung im Bereich der Endlagerung.

Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE)
Das BfE hat die Aufsicht über das Verfahren. Die Behörde prüft die Erkundungsergebnisse der BGE, ist verantwortlich für die Öffentlichkeitsbeteiligung und schlägt am Ende einen Standort für das Endlager vor.

Öffentlichkeit
Am Ende jeder Phase holt das BfE Stellungnahmen der Öffentlichkeit ein und führt in den betroffenen Regionen Erörterungstermine durch.



Regionalkonferenzen
Das BfE richtet in allen infrage kommenden Standortregionen Regionalkonferenzen ein, die alle Verfahrensschritte langfristig und intensiv begleiten. Sie können Nachprüfaufträge erteilen, wenn sie Mängel in den Vorschlägen der BGE erkennen. Scheidet eine Region aus dem Auswahlverfahren aus, löst sich die dazugehörige Regionalkonferenz auf.

Nationales Begleitgremium
Ein nationales Begleitgremium aus anerkannten Persönlichkeiten und Bürgervertretern begleitet als unabhängige Instanz das gesamte Auswahlverfahren.

Fachkonferenzen
Nach der Identifizierung von Teilgebieten beruft das BfE eine „Fachkonferenz Teilgebiete“ ein, die eine Stellungnahme zur Vorauswahl abgibt. Sind Standortregionen benannt, wird eine Fachkonferenz „Rat der Regionen“ eingerichtet, in der sich Vertreter der Regionalkonferenzen und der Gemeinden, in denen radioaktive Abfälle zwischengelagert werden, beraten können.

Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)
Die BGE ist als Vorhabenträger verantwortlich für die Anwendung der Kriterien, Durchführung der Erkundungsarbeiten und Bewertung der Ergebnisse. Die BGE schlägt dem BfE Standortregionen bzw. Standorte für die über- und untertägige Erkundung vor.

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.

2

Als nächstes werden Mindestanforderungen angewandt. Z. B. sollen 300 Meter Gestein das Endlager von der Erdoberfläche trennen. Eine 100 Meter starke Schicht aus Granit, Salz oder Ton muss das Endlager umgeben.

4

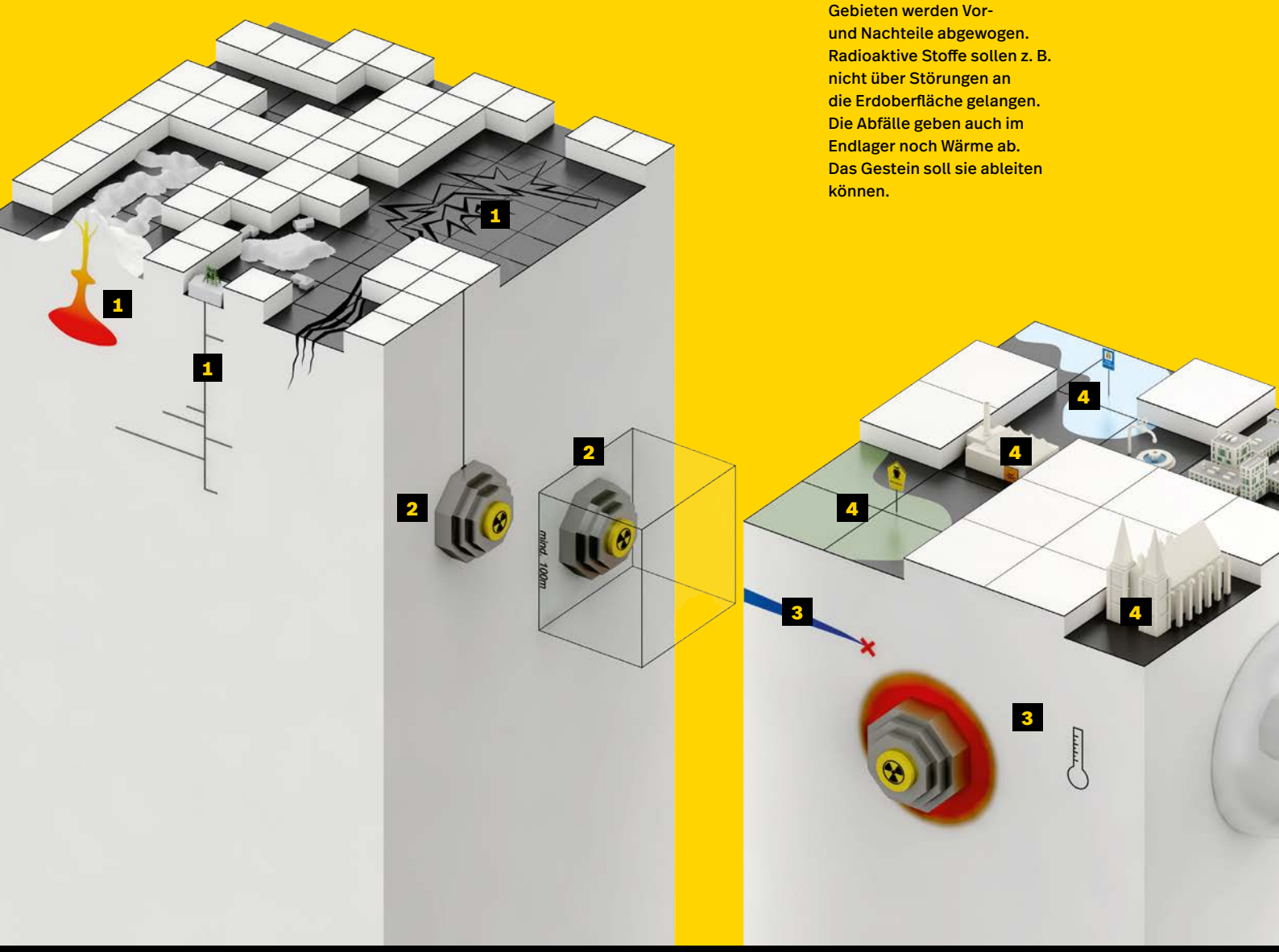
Deutschland ist überdurchschnittlich dicht besiedelt. Die Anlagen des Endlagers auf der Erdoberfläche benötigen Platz. Dicht besiedelte Gebiete, Naturschutzgebiete, Kulturdenkmäler und andere wichtige Zonen sollten nicht beeinträchtigt werden.

1

Gebiete, deren Untergrund beschädigt oder gefährdet ist, kommen nicht in Frage. Das betrifft z. B. Bergbaugebiete oder Gegenden, in denen Vulkane aktiv waren oder die Gefahr von Erdbeben besteht.

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.



PHASE 1 – Identifizierung möglicher Standortregionen aufgrund bestehender geologischer Daten

Die Erkundungen in der zweiten Phase finden nicht mehr nach Aktenlage, sondern vor Ort statt.

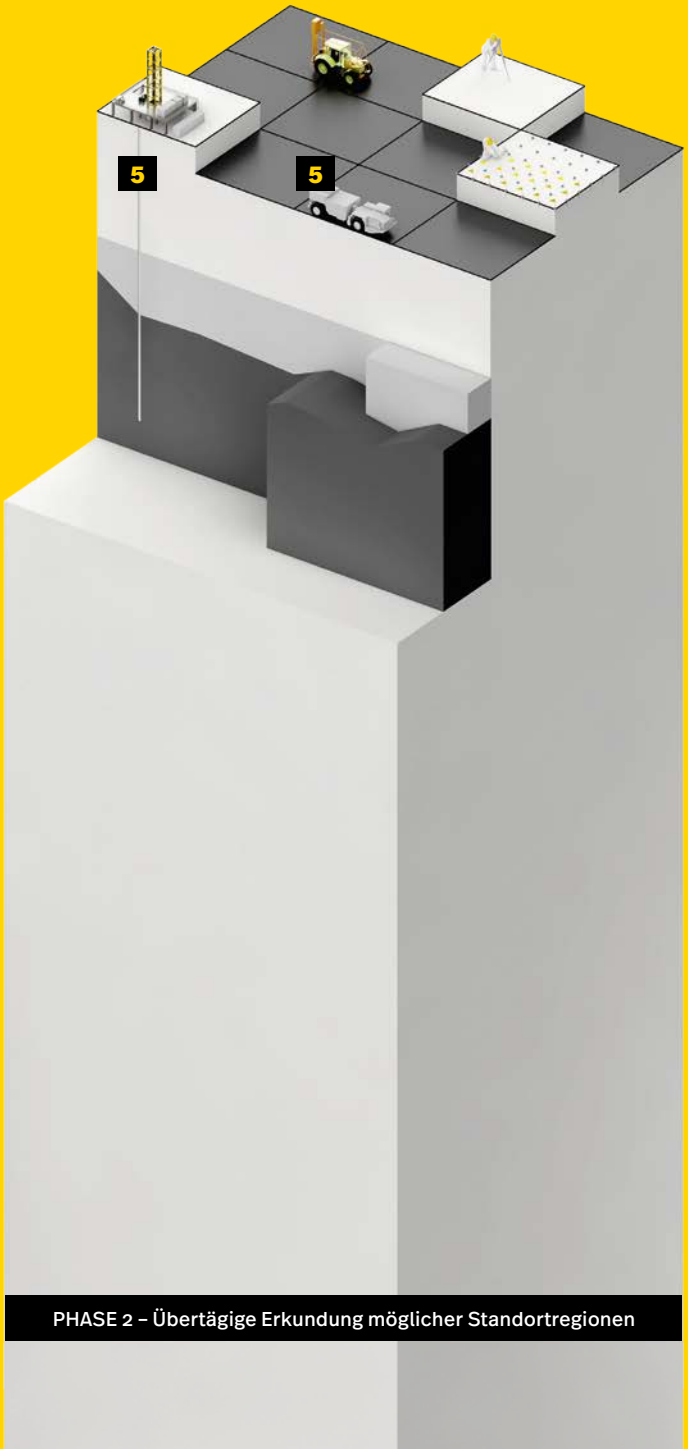
5

Durch Erkundungsbohrungen und seismische Messungen in den verbliebenen Standortregionen entsteht ein genaueres Bild der Geologie und des Untergrundes. Damit werden weitere Standorte ausgeschlossen.

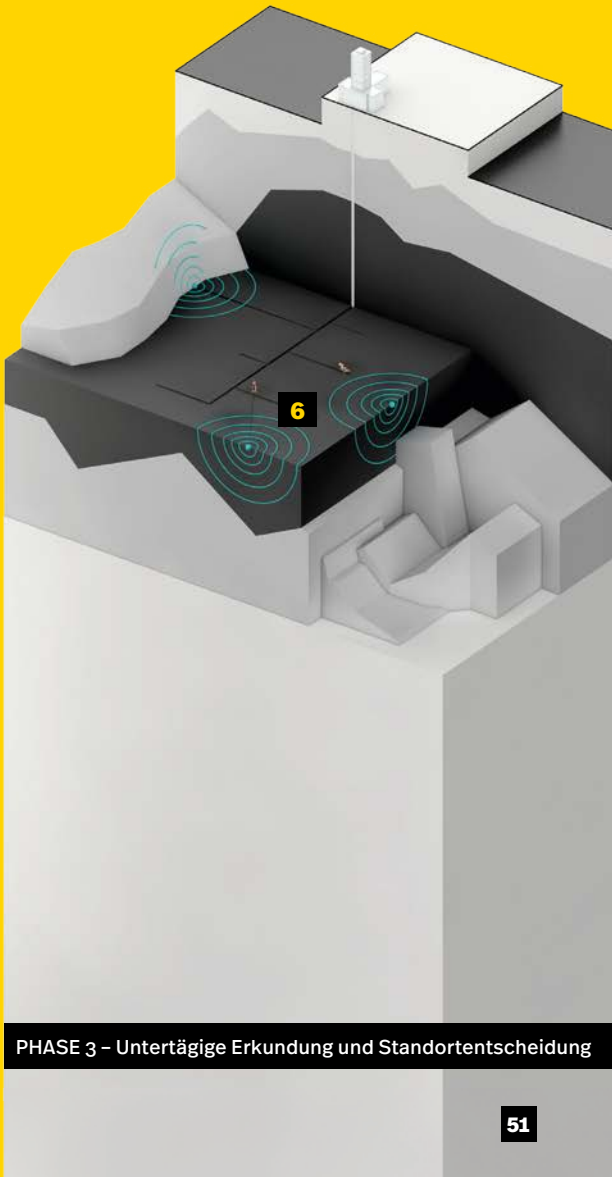
In der dritten Phase werden an mindestens zwei Standorten Erkundungsbergwerke gebaut.

6

Direkt unter Tage untersuchen Geologinnen und Geologen mit Bohrungen, Radarsonden und anderen Methoden das Gestein. Abschließend fällt nach einem Vergleich die Entscheidung für den bestmöglichen Standort.



PHASE 2 – Übertägige Erkundung möglicher Standortregionen



PHASE 3 – Untertägige Erkundung und Standortentscheidung

Glossar

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 Bq = 1/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 Britisch 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.

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 Kernkraftwerken und von hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung verwendet.

COGEMA
Compagnie Générale des Matières Nucléaires, heute Areva NC, 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 Dosiseinheit verwendet, z. B. Millisievert (mSv) und Mikrosievert (µSv).

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 Kernkraftwerk 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 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 endlagergerechte 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.

LAW-, MAW-, HAW-Abfälle
Anhand der Dosisleistung (Dosis pro Zeiteinheit, übliche Einheiten: µSv/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 abzubremsen, 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 Moderatorstäben 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 soll ein Standort in Deutschland benannt werden, der die bestmögliche Sicherheit über einen Zeitraum von einer Million Jahren bietet.

Standort-Zwischenlager oder dezentrale Zwischenlager
In Standort-Zwischenlagern werden bestrahlte Brennelemente am Standort des jeweiligen Kernkraftwerks 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.

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 mittelradioaktive 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 Kernkraftwerken 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 Kernkraftwerks. Sie werden als zentrale Zwischenlager bezeichnet.

Abkürzungsverzeichnis

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

BfE
Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit

BfS
Bundesamt für Strahlenschutz

BGZ
BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH

BMU
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

DNA
Deoxyribonucleic acid (Desoxyribonukleinsäure)

ESK
Entsorgungskommission

HAW
High-level radioactive waste (hochradioaktiver Abfall)

IAEA
International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergiebehörde)

KFK
Kommission zur Überprüfung der Finanzierung des Kernenergieausstiegs

KKW
Kernkraftwerk

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 und 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

Einheiten

Bq
Becquerel
(siehe Glossar „Aktivität“)

PBq
Billiarden Becquerel

Sv
Sievert
(siehe Glossar „Dosis, effektive“)

mSv
Millisievert

mSv/a
Millisievert pro Jahr

µSv
Mikrosievert

t_{SM}
Tonne Schwermetall

Bundesamt für
kerntechnische
Entsorgungssicherheit