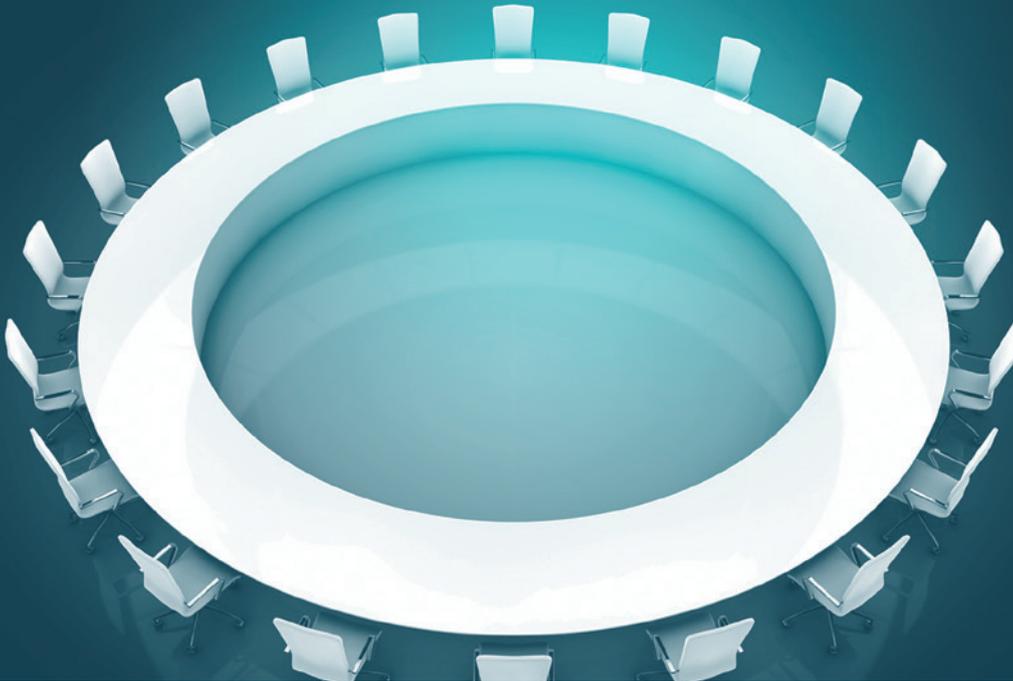




DAtF | Kernenergie  
im Dialog



# Endlagerung hochradioaktiver Abfälle



## Inhalt

Einführung . . . . .	3
1 Wie entstehen hochradioaktive Abfälle? . . . . .	4
2 Wie groß sind die Abfallmengen? . . . . .	6
3 Was geschieht bisher mit den Abfällen? . . . . .	8
4 Wie soll die Entsorgung gelöst werden? . . . . .	10
5 Der Weg zu einem neuen Verfahren . . . . .	12
6 Das neue Standortauswahlverfahren . . . . .	15
7 Kriterien und Anforderungen . . . . .	24
8 Wirtsgesteine im Vergleich. . . . .	33
9 Wer ist zuständig und wer kommt für die Kosten auf? . . . . .	36
10 Endlagerung hochradioaktiver Abfälle weltweit . . . . .	40
Quellen und weiterführende Informationen . . . . .	43
Geschichte der Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland . . . . .	2 bis 35

## Einführung

Beim Betrieb und Rückbau von Kernkraftwerken, in Forschung und Medizin sowie in industriellen Anwendungen entstehen radioaktive Abfälle. Für die langfristig sichere Entsorgung dieser Abfälle, insbesondere der hochradioaktiven sind nach dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik Endlager, in denen Reststoffe dauerhaft eingeschlossen und von den Stoffkreisläufen nahe der Oberfläche sicher isoliert werden können, die beste Entsorgungsoption.

Standortauswahl, Erkundung, Errichtung, Betrieb und Verschluss von Endlagern sind in Deutschland staatliche Aufgaben. Deutschland hat sich frühzeitig dafür entschieden, alle Arten radioaktiver Abfälle in stabilen geologischen Formationen tief unter der Erdoberfläche einzulagern. Für schwach- und mittelradioaktive Abfälle wurde das ehemalige Eisenerzbergwerk Schacht Konrad bei Salzgitter ausgewählt und seine Umrüstung zum Endlager genehmigt; es befindet sich derzeit in Bau und wird voraussichtlich im Jahr 2027 in Betrieb genommen.

Für hochradioaktive Abfälle ist noch kein Endlager gefunden. Der Bund und das Land Niedersachsen hatten den Salzstock Gorleben als Endlagerstandort ausgewählt mit der Bedingung, dass bei seiner Erkundung nichts gegen die Eignung als Endlager spricht. Bis zur Beendigung der Erkundung 2012 wurden keine Erkenntnisse gewonnen, die gegen eine Eignung sprächen. Das Projekt wurde jedoch zu einem Schwerpunkt von Kontroversen um die Nutzung der Kernenergie. Im Juli 2013 hat der Deutsche Bundestag mit dem Standortauswahlgesetz (StandAG) eine neue Standortsuche beschlossen, in die auch der Standort Gorleben einbezogen werden soll. Mit dem Gesetz wurde ebenso eine Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe (Endlagerkommission) zur Evaluierung des Gesetzes eingerichtet, die im Juli 2016 ihren Bericht übergeben hat. Nach der Novelle des StandAG im März 2017 findet nun ein mehrstufiges, wissenschaftsbasiertes Auswahlverfahren statt, in dem ein Standort mit der sogenannten bestmöglichen Sicherheit für ein Endlager gefunden und als Endlagerstandort bestimmt werden soll.

**1957**

Die Deutsche Atomkommission weist auf die Notwendigkeit hin, radioaktive Abfälle sicher beseitigen zu können.

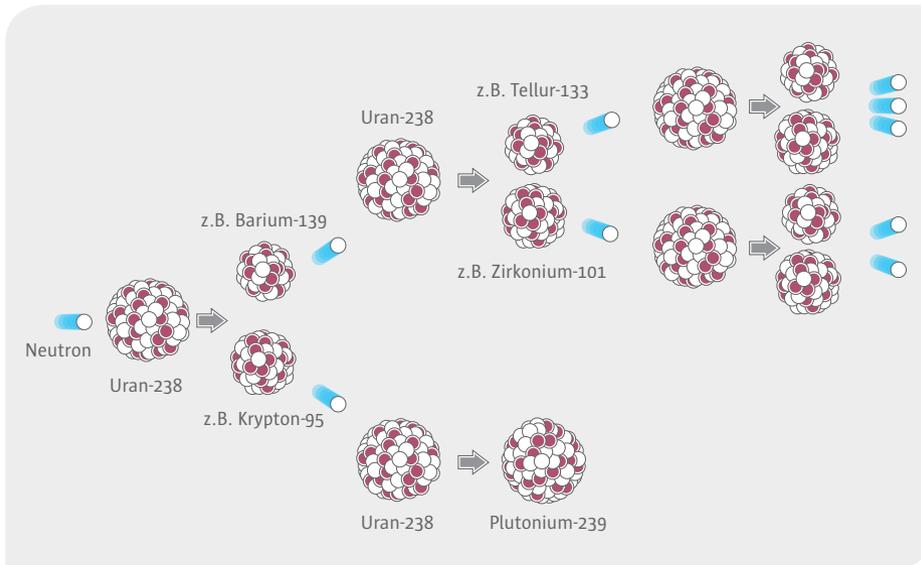
# 1 Wie entstehen hochradioaktive Abfälle?

Beim Betrieb von Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren entstehen hochradioaktive, wärmeentwickelnde Abfälle. Schwere Atomkerne wie Uran und Plutonium werden bei der Kernspaltung in zwei (selten drei) entsprechend leichtere Atomkerne aufgespalten. Diese sogenannten Spaltprodukte enthalten gegenüber den stabilen Isotopen dieser

chemischen Elemente einen Überschuss an Neutronen und sind deswegen instabil. Das heißt: Sie wandeln sich unter Aussendung von ionisierender Strahlung in andere chemische Elemente um, sie sind radioaktiv. Bei dem Umwandlungsprozess wird zugleich Wärme freigesetzt. Je nach Isotop können unterschiedlich viele Umwandschritte erforderlich sein, bis ein stabiler Atomkern erreicht ist. Diese Umwandlung erfolgt naturgesetzlich und zufallsgesteuert, wobei jedes Isotop seine eigene charakteristische Strahlung und Halbwertszeit hat, die von Bruchteilen einer Sekunde bis zu vielen Jahrtausenden oder länger reichen kann. Dabei gilt, dass die Strahlungsintensität und die Halbwertszeit umgekehrt proportional sind: Je kürzer die Halbwertszeit desto intensiver die Strahlung bei gleicher Menge (Anzahl an Atomen) eines radioaktiven Stoffs, je länger die Halbwertszeit desto schwächer die Strahlung.

**Abb. 1**

*Kernprozesse bei der Nutzung der Kernenergie*



**1963**

Die Bundesanstalt für Bodenforschung empfiehlt, alle Arten von radioaktiven Abfällen in Steinsalzformationen endzulagern.

**1964**

Die Bundesregierung erwirbt das Salzbergwerk Asse II und überträgt es auf die bundeseigene Gesellschaft für Strahlenforschung (GSF) zur Endlagerforschung.

## Abfallarten

Die radioaktiven Abfälle werden in Deutschland in zwei Kategorien eingeteilt: hochradioaktive Abfälle, die wärmeentwickelnd sind, sowie schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung. Bei den hochradioaktiven Abfällen gibt es zum einen die Brennelemente, die direkt (d. h. ohne Wiederaufarbeitung) zu entsorgen sind, zum anderen die aus der Wiederaufarbeitung resultierenden Abfälle in Form von verglasten Spaltprodukten. Darüber hinaus sollen die übrigen Wiederaufarbeitungsabfälle, die mittelradioaktiven verglasten Spaltproduktlösungen sowie die mittelradioaktiven kompaktierten (zusammengepressten) Brennelement-Strukturteile aus Metall, ebenfalls im Endlager für hochradioaktive Abfälle eingelagert werden.

Die radioaktiven Spaltprodukte bilden zusammen mit dem im Reaktor nicht verbrauchten Uran den Großteil der hochradioaktiven Abfälle. Während des Einsatzes im Reaktor wird parallel zur Kernspaltung ein kleiner Teil des Urans durch Einfang von Neutronen in Plutonium und andere Transurane (Elemente mit Atomkernen schwerer als Uran)

umgewandelt. Ein Teil davon ist spaltbar, trägt im Reaktor durch Kernspaltung zur Energieerzeugung bei und wird somit verbraucht; der Rest findet sich in den verbrauchten (abgebrannten) Brennelementen wieder.

Bei der Wiederaufarbeitung werden das nicht verbrauchte Uran und das entstandene Plutonium abgetrennt und können erneut zur Energieerzeugung verwendet werden. Bei diesem Prozess wird das Volumen der endzulagernden hochradioaktiven Abfälle verringert. Zur weiteren Entsorgung verbleiben die Spaltprodukte und die übrigen Transurane, die zusammen etwa 4 – 5 % des aus dem Reaktor entladenen Kernbrennstoffs ausmachen. In Deutschland war die Wiederaufarbeitung bis 1994 gesetzlich vorgeschrieben und bis 2005 als Alternative zu einer direkten Endlagerung der abgebrannten Brennelemente wählbar. Seit 2005 ist die direkte Endlagerung der einzige zugelassene Entsorgungsweg in Deutschland.

### 1974

Das Bundesforschungsministerium legt sein Konzept eines Nuklearen Entsorgungszentrums (NEZ) vor, mit Wiederaufarbeitung, Konditionierung und Endlagerung an einem Standort.

## 2 Wie groß sind die Abfallmengen?

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) erfasst periodisch den Bestand an endzulagernden radioaktiven Abfällen und führt hierzu Abfragen bei den Abfallverursachern und den Landessammelstellen durch. Weiterhin wird das noch zu erwartende Abfallaufkommen bis zum Jahr 2080 prognostiziert. Aus solchen Erhebungen wurde unter anderem das „Verzeichnis radioaktiver Abfälle – Bestand zum 31. Dezember 2014 und Prognose“ erstellt. Es ist Bestandteil des „Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm)“, das erstmals im August 2015 an die Europäische Kommission übermittelt worden ist. Damit erfüllte die Bundesregierung ihre Verpflichtung aus der Richtlinie 2011/70/Euratom. Die Nationalen Entsorgungsprogramme (NaPro) müssen alle drei Jahre aktualisiert werden.

### Abfallmengen

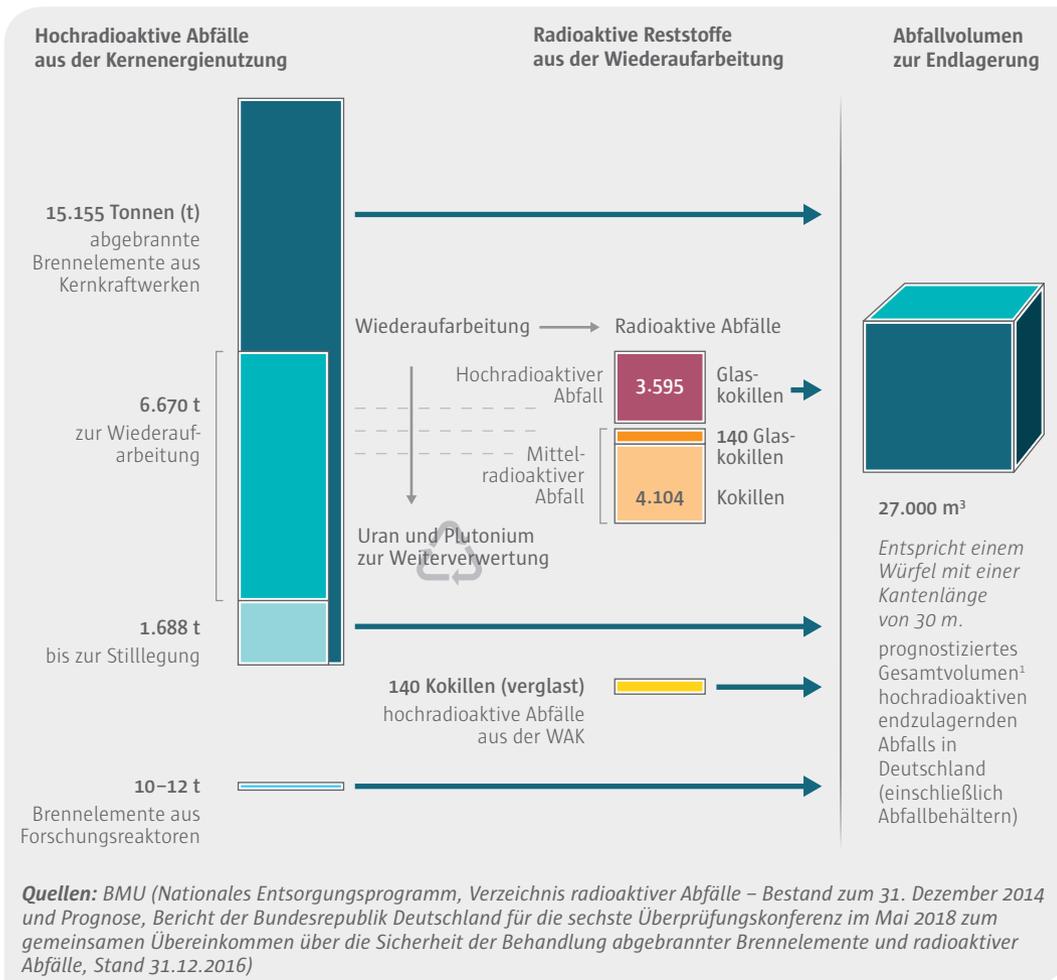
Hochradioaktive Abfälle machen lediglich einen Anteil von rund 10 Prozent<sup>1</sup> des Abfallvolumens aus, enthalten jedoch mehr als 99 Prozent des gesamten Radioaktivitätsinventars. Rund 90 Prozent des in Deutschland anfallenden radioaktiven Abfallvolumens sind schwach- und mittelradioaktiv.

---

<sup>1)</sup> bezogen auf die bislang in Deutschland entwickelten Endlager- und Behälterkonzepte

**1974** Die Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungs-Gesellschaft mbH (KEWA) schlägt in ihrer Studie zur Standortauswahl vier Standorte vor; Gorleben ist nicht darunter, weil es in einem ausgewiesenen Ferien- und Naherholungsgebiet und nahe der innerdeutschen Grenze liegt.

Vorangegangen ist ein mehrstufiger Auswahlprozess für Standorte im gesamten Bundesgebiet anhand eines Kriterienkatalogs, der Umwelt-, Sicherheits- und Infrastrukturkriterien umfasste.



**Abb. 2**

Mengen hochradioaktiver und assoziierter Abfälle

- Abgebrannte Brennelemente aus Kernkraftwerken (Schwermetall, d. h. Uran und Plutonium), die bis Ende 2016 angefallen sind.
- Davon bis 2005 zur Wiederaufarbeitung nach Frankreich oder Großbritannien gebracht.
- Werden bis zur Stilllegung aller Kernkraftwerke in Deutschland noch anfallen.
- Brennelemente aus Forschungsreaktoren sowie Kugelbrennelemente aus den Hochtemperaturreaktoren AVR Jülich und THTR-300 in Hamm-Uentrop, die direkt endgelagert werden sollen.
- Hochradioaktive Abfälle, die von 1971 bis 1990 in der WAK aufgearbeitet wurden.

Aus der Wiederaufarbeitung im Ausland resultieren:

- Verfestigte hochradioaktive Abfälle
- Verfestigte mittelradioaktive Abfälle
- Kompaktierte mittelradioaktive Metallabfälle (Brennstab-Hülsen und Brennelement-Strukturteile)

## 1976

Das Niedersächsische Wirtschaftsministerium hat Einwände gegen mehrere KEWA-Standorte und schlägt Alternativen vor, darunter Gorleben.

Der Interministerielle Arbeitskreis (IMAK) der niedersächsischen Landesregierung führt einen breiten Auswahlprozess mit anfangs 140 Salzstrukturen durch, an dessen Ende vier Standorte stehen, darunter Gorleben.

### 3 Was geschieht bisher mit den Abfällen?

Abgebrannte Brennelemente haben eine hohe spezifische Radioaktivität und damit auch eine hohe Wärmeproduktion. Daher werden die Brennelemente zunächst in einem mit Wasser gefüllten Becken innerhalb des Kernkraftwerks gelagert. In den ersten 12 Monaten gehen die Radioaktivität und die Wärmeproduktion auf etwa 0,1 % der Anfangswerte zurück. Nach einer mehrjährigen Abklingphase werden die Brennelemente in Transport- und Lagerbehälter verpackt und zwischengelagert. Bis 1994 war die Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente vorgeschrieben. Einige wurden zu Forschungs- und Erprobungszwecken an die Pilot-Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) abgegeben, deren Betrieb 1990 beendet wurde. In größerem Umfang wurden nach dem Verzicht auf die Errichtung einer Wiederaufarbeitungsanlage in Deutschland die abgebrannten Brennelemente zur Wiederaufarbeitung nach Frankreich oder Großbritannien transportiert.

Die dabei anfallenden radioaktiven Abfälle in Form von Glaskokillen mit verfestigten Spaltproduktlösungen und Behältern mit kompakten Brennelement-Strukturteilen mussten bzw. müssen von Deutschland zurückgenommen werden und werden zwischengelagert, bis ein Endlager für hochradioaktive Abfälle zur Verfügung steht.

In Gorleben steht seit 1995 ein zentrales Zwischenlager für Transport- und Lagerbehälter für hochradioaktive Abfälle mit 420 Stellplätzen zur Verfügung. Es wird seit dem 1. August 2017 von der neu gegründeten BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH im Eigentum des Bundes betrieben. Dort sind 113 Großbehälter eingelagert.

Ein weiteres zentrales Zwischenlager betreibt die BGZ in Ahaus. Dort sind 329 Behälter mit abgebrannten Brennelementen gelagert. Zuvor wurden diese beiden Zwischenlager von der GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, einem Unternehmen der in Deutschland Kernkraftwerke

**1977**

Die niedersächsische Landesregierung entscheidet sich am 22. Februar für Gorleben.

Der betroffene Landkreis Lüchow-Dannenberg begrüßt das Vorhaben und richtet die „Gorleben-Kommission“ ein als Forum für die am Vorhaben beteiligten Institutionen, Lokalpolitiker und die Öffentlichkeit.

Am 5. Juli akzeptiert ein Kabinettsausschuss der Bundesregierung die Standortentscheidung der Landesregierung trotz ihrer Bedenken wegen der Nähe zur innerdeutschen Grenze.



betreibenden Unternehmen geführt. Der Übergang erfolgte im Zusammenhang mit der gesetzlichen Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung. Im Zwischenlager Nord, das vom bundeseigenen EWN Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH in Lubmin betrieben wird, werden im Bereich der wärmeentwickelnden Abfälle überwiegend abgebrannte Brennelemente aus den Kernkraftwerken der DDR sowie Brennelemente der KNK (Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage Karlsruhe) und Kokillen mit verfestigter hochradioaktiver Spaltproduktlösung aus der WAK gelagert. Für deren Stilllegung und Rückbau ist ein Unternehmen der EWN-Gruppe, die KTE (Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH)

im Auftrag der öffentlichen Hand verantwortlich. Im Zwischenlager des Forschungszentrums Jülich werden von einem anderen EWN-Tochterunternehmen, der JEN (Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH) 152 Behälter mit Brennelementkugeln des AVR gelagert und der Rückbau der Forschungs- und Prototypenreaktoren am Standort durchgeführt.

Mit der Atomgesetznovelle von 2002 wurden die Kernkraftwerksbetreiber verpflichtet, an ihren Anlagen standortnahe Zwischenlager für Transport- und Lagerbehälter zu errichten, um Transporte abgebrannter Brennelemente zu vermeiden. Ab 2005 war die Abgabe von Brennelementen zur Wiederaufarbeitung verboten. Die Standortzwischenlager sind bis 2007 in Betrieb gegangen und wie die zentralen Zwischenlager für jeweils 40 Jahre ab dem Zeitpunkt der Einlagerung des ersten Behälters genehmigt. Die abgebrannten Brennelemente aus den Kernkraftwerken sollen dort gelagert werden bis ein Endlager zur Verfügung steht oder ein sogenanntes Eingangslager an einem im neuen Auswahlverfahren zu bestimmenden Endlagerstandort errichtet ist. Gemäß dem

**Abb. 3**

*Zwischenlager Gorleben*

*Quelle: GNS*

## 1979

Angesichts der Widerstände gegen das Nukleare Entsorgungszentrum (NEZ) veranstaltet unter Teilnahme der Öffentlichkeit die niedersächsische Landesregierung von 28. März bis 3. April das internationale Gorleben-Hearing; Ergebnis des Hearings ist, dass ein Entsorgungszentrum an einem Standort sinnvoll ist.

Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung von 2017 werden zum 1. Januar 2019 auch die Standortzwischenlager an die BGZ übergehen. Zum 1. Januar 2020 erfolgt der Verantwortungsübergang für die Abfalllager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle an den Standorten an die BGZ, in denen Betriebs- und Rückbauabfälle aufbewahrt werden, bis Sie nach dessen Fertigstellung sukzessive ins Endlager Konrad gebracht werden können.

Die Betreiber der Zwischenlager wurden im Zusammenhang mit dem StandAG von 2013 durch eine Änderung des Atomgesetzes

verpflichtet, auch die restlichen aus dem Ausland zurückzunehmenden Behälter mit verfestigten Spaltproduktlösungen in standortnahen Zwischenlagern aufzubewahren. Damit wird der Forderung des Landes Niedersachsen entsprochen, keine weiteren Behälter mit Glaskokillen im Transportbehälterlager Gorleben zwischenzulagern. Ende 2015 haben sich Bund und Länder geeinigt, dass je sieben Behälter mit hochradioaktiven Abfällen in die Zwischenlager Biblis (Hessen), Brokdorf (Schleswig-Holstein) und Isar (Bayern) gebracht werden sowie fünf Behälter mit mittelradioaktiven Abfällen ins Zwischenlager Philippsburg (Baden-Württemberg).

## 4 Wie soll die Entsorgung gelöst werden?

In den politischen Institutionen und in der Wissenschaft besteht weltweit weitgehend Einigkeit, dass hochradioaktive Abfälle tief unter der Erdoberfläche endgelagert werden sollten. Die geologische Tiefenlagerung soll auf Dauer wirksam gegen unbeabsichtigte Freisetzung radioaktiver Stoffe in die

Stoffkreisläufe der Erdoberfläche und den Trinkwasserkreislauf sowie den unbefugten Zugriff auf die Abfälle schützen. Für die Tiefenlagerung hochradioaktiver Abfälle werden international insbesondere Salzgestein, Tongestein und kristalline Gesteine (Granit/Gneis) untersucht.

**1979** Der Bau der Wiederaufarbeitungsanlage wird als „politisch nicht durchsetzbar“ abgelehnt, Gorleben kommt nur noch als Zwischen- und Endlagerstandort in Betracht.

Die übertägige Erkundung des Salzstocks Gorleben beginnt.

Weit fortgeschrittene Endlagerprojekte im Ausland, so insbesondere in Finnland und Schweden, zeigen, dass für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle technische Lösungen bestehen. In Deutschland, das sich im Rahmen seiner wissenschaftlichen Arbeiten zur Entsorgungsvorsorge bereits vor Jahrzehnten für Steinsalz als Wirtsgestein entschieden hatte, wurde der 1977 vom Land Niedersachsen mit Zustimmung des Bundes ausgewählte Salzstock Gorleben als Endlagerstandort erkundet. Im Jahr 2000 wurde die Erkundung im Rahmen der Vereinbarung zwischen der

Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen zur Beendigung der Nutzung der Kernenergie unterbrochen (Moratorium). Dabei wurde die sogenannte Eignungshöflichkeit bestätigt, also die Einschätzung, dass für die Feststellung der Eignung eine gute Prognose besteht, da bis dahin keine Erkenntnisse gewonnen wurden, die gegen eine Eignung sprechen.

Nach erfolgreicher Klärung zentraler wissenschaftlich-technischer Fragestellungen und nach Ablauf des Moratoriums wurde die Erkundung im Jahr 2010 wieder aufgenommen, jedoch 2012 im Zuge der politischen Kompromissfindung über einen Neubeginn einer Standortsuche erneut gestoppt. Im März 2013 wurde die von der Bundesregierung in Auftrag gegebene Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben (VSG) mit einem Synthesebericht abgeschlossen. Ausgeführt unter Federführung der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH mit acht Projektpartnern aus Wissenschaft, Staat und Privatwirtschaft bestanden nach der VSG keine Erkenntnisse, die eine Eignung des Salzstocks Gorleben als

### **Geologische Tiefenlagerung**

Die tiefengeologische Endlagerung ist keine neue Technik, sondern bereits seit langem Praxis im In- und Ausland bei der Entsorgung hochgiftiger Abfälle der Industrie, wie zum Beispiel arsen-, cyanid- und quecksilberhaltiger Abfälle. In Deutschland werden u.a. geeignete ehemalige Kalisalzbergwerke als Endlager für solche Substanzen genutzt. Auf diese Weise wurden in Deutschland bereits mehr als 2,5 Millionen Kubikmeter hochgiftiger Abfälle entsorgt.

**1983**

Das Bundesinnenministerium stellt „Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk“ auf.

Endlager für hochradioaktive Abfälle in Frage stellen. Mit Inkrafttreten des StandAG im Juli 2013 ist die Erkundung auch gesetzlich eingestellt worden. Im StandAG ist vorgesehen,

dass der Standort Gorleben offen gehalten und im neuen Standortauswahlverfahren in jeder Phase als möglicher Kandidat entsprechend der Auswahlkriterien behandelt wird.

## 5 Der Weg zu einem neuen Verfahren

Nach dem Unfall im japanischen Kernkraftwerk Fukushima Daiichi im März 2011 suchte die damalige Bundesregierung mit der Opposition eine gemeinsame Linie in der Energiepolitik, deren zentraler Punkt ein beschleunigter Ausstieg aus der Kernenergienutzung war. Auch in der Frage der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle wurde seit November 2011 ein Kompromiss mit der Opposition gesucht und kurz vor Ende der Legislaturperiode gefunden: Am 28. Juni 2013 verabschiedete der Bundestag mit großer Mehrheit das „Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG)“. Der Bundesrat stimmte am 5. Juli 2013 zu.

Dem Standortauswahlverfahren wurde eine Kommission aus Vertretern der Gesellschaft, der Wissenschaft und der Politik zur Evaluierung des Gesetzes vorangestellt. Die Endlagerkommission hat von Mai 2014 bis Juli 2016 getagt. Ihr Auftrag war es, Grundsatzfragen zu beantworten und Anforderungen festzulegen, so z.B.

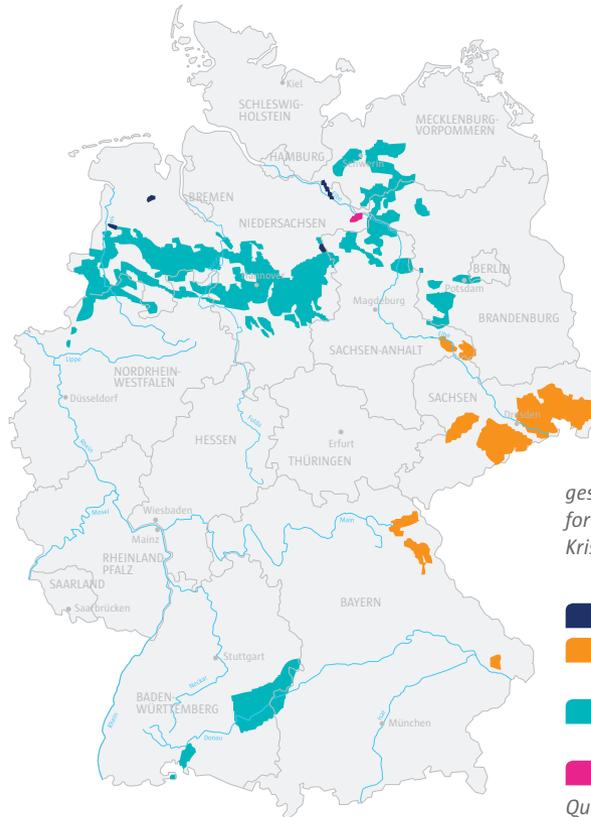
- ob anstelle der Endlagerung in tiefen geologischen Formationen andere Möglichkeiten der Entsorgung untersucht werden sollen
- die allgemeinen Sicherheitsanforderungen an die Lagerung, geowissenschaftliche, wasserwirtschaftliche und raumplanerische Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen bzgl. der Eignung von Standorten

**1983** Auf der Basis eines Zwischenberichts der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) über die positiven Ergebnisse der übertägigen Erkundung beschließt die Bundesregierung die untertägige Erkundung des Salzstocks Gorleben.

- wirtsgesteinsspezifische Ausschluss- und Auswahlkriterien für die möglichen Wirtsgesteine Salz, Ton und Kristallin (Granit)
- und welche Anforderungen an die Organisation und das Verfahren des Auswahlprozesses sowie an die Beteiligung und Information der Öffentlichkeit gestellt werden sollen.

Am 5. Juli 2016 wurde der Abschlussbericht der Endlagerkommission mit den Empfehlungen für den Entsorgungspfad, für die Kriterien und für den Ablauf des Standortauswahlverfahrens sowie für Gremien und Abläufe der Beteiligung der Öffentlichkeit an Bundestag und Bundesrat übergeben. Auch Veränderungen bei den Rechtsschutzmöglichkeiten, bei Datenerhebung, bei Transparenz und Dokumentation sowie zur Standortsicherung wurden empfohlen. Bereits zuvor hat die Kommission Vorschläge zur Behördenstruktur bei der kerntechnischen Entsorgung gemacht, die parallel zur Erstellung des Abschlussberichtes gesetzlich geregelt wurden. Die Empfehlungen des Kommissionsberichts wurden in einer Novelle des StandAG umgesetzt, die am 23. März

2017 vom Bundestag sowie am 30. März 2017 vom Bundesrat beschlossen wurde und am 6. Mai 2017 in Kraft trat.



**Abb. 4**

Nach bisherigem Kenntnisstand untersuchungswürdige Wirtsgesteine (ohne flach lagernde Salzformationen und nicht anstehende Kristallinforma-tionen)

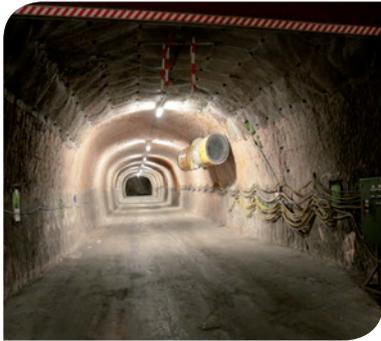
Untersuchungswürdige

- Salzstöcke (nach BGR 1995)
- Kristalline Gesteinsformationen (nach BGR 1994)
- Tonsteinformationen (nach BGR 2007)
- Bergwerk Gorleben (Salzstock)

Quelle: In Anlehnung an BGR, 2014

## 1986

Beginn der Abteufung von Schacht 1; Schacht 2 folgt im Jahr 1987; in einer Tiefe von 840 m werden die beiden Schächte 1996 verbunden.



**Abb. 5**

*Das Bergwerk Gorleben als Beispiel für einen Erkundungsstandort (Salz)*

### Was wird aus dem Erkundungsstandort Gorleben?

Bei den Verhandlungen über das StandAG im Jahr 2013 war ein besonderer Streitpunkt, wie mit dem Erkundungsbergwerk Gorleben umgegangen werden sollte. Das Land Niedersachsen forderte, Gorleben endgültig auszuschließen. Man einigte sich schließlich auf die Regelung in § 29 (alt) bzw. § 36 (neu) des Gesetzes: Gorleben wird wie jeder andere in Betracht kommende Standort in das Auswahlverfahren einbezogen; er dient aber nicht als Referenzstandort für andere zu erkundende Standorte. Die Endlagerkommission hat an dieser Regelung festgehalten.

Die bergmännische Erkundung des Salzstocks Gorleben wurde mit Inkrafttreten des Gesetzes auch formell beendet. Das Erkundungsbergwerk wird bis zur Standortentscheidung nach dem StandAG „unter Gewährleistung aller rechtlichen Erfordernisse und der notwendigen Erhaltungsarbeiten offen gehalten“, solange der Salzstock Gorleben nicht im Laufe des Verfahrens ausgeschlossen wird.

Im Einvernehmen mit dem Land Niedersachsen hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) für das Erkundungsbergwerk Gorleben einen neuen Hauptbetriebsplan vorgelegt. Mit ihm wird das Grubengebäude auf ein Minimum reduziert. Der bisherige Erkundungsbereich 1 wird außer Betrieb genommen. Alle Anlagen, Komponenten und

Systeme werden aus dem Erkundungsbereich entfernt, der Bereich abgesperrt.

Im Offenhaltungsbetrieb werden lediglich die beiden Schächte sowie die aus bergbaulichen Anforderungen notwendigen Teile des Infrastrukturbereichs für Frischluft und Fluchtwege weiterbetrieben. Damit werden auch die über viele Jahre durchgeführten Messungen unterbrochen und es gehen zukünftig möglicherweise wertvolle sicherheitsrelevante Langzeitinformationen über das geologische Verhalten des Salzstocks verloren. Die Sicherungsanlagen des Geländes werden auf den Stand einer „normalen industriellen Anlage“ zurückgebaut. Der Besucherverkehr wird eingestellt. Das 1977 eingeleitete Planfeststellungsverfahren wurde für erledigt erklärt.

Die Gorleben-Veränderungssperren-Verordnung, die Veränderungen im Bereich des Salzstocks Gorleben unterhalb von 50 Meter unter der Oberfläche verbietet, wurde durch eine gesetzliche Regelung im StandAG ersetzt. Dort ist vorgesehen, das untertägige Vorhaben mit einer Tiefe von mehr als 100 Metern in potentiellen Standortregionen nur im Benehmen mit dem Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit zugelassen werden dürfen. Damit soll sicher gestellt werden, dass alle potentiellen Standorte für ein Endlager gleichermaßen geschützt sind.

### 1995

Der erste Transport eines CASTOR®-Behälters ins Transportbehälterlager Gorleben wird von großen Protestaktionen durch Kernenergiegegner begleitet.

## 6 Das neue Standortauswahlverfahren

Mit dem Standortauswahlverfahren ist ein Neubeginn beabsichtigt. Die bisherigen Arbeiten für die Entsorgung hochradioaktiver Abfallstoffe sollen kein Präjudiz darstellen. Dementsprechend hat die Endlagerkommission zunächst auch die Frage der prinzipiell zur Verfügung stehenden Entsorgungspfade erörtert und teilweise mit externen Gutachten geprüft. Dabei wurden die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen mit und ohne Rückholbarkeit, die Endlagerung in mehrere Kilometer tiefen Bohrlöchern sowie die dauerhafte Lagerung in Zwischenlagern betrachtet. Auch Optionen, die in den vergangenen Jahrzehnten verschiedentlich untersucht und verworfen wurden, wie die Versenkung im ewigen Eis an Nord- oder Südpol, die Versenkung in Sedimentschichten des Meeresbodens oder in Subduktionszonen sowie die „Verdünnung“ im Meer und eine Entsorgung im Weltraum, wurden betrachtet. Ebenfalls erörtert wurde die Möglichkeit der Partitionierung und Transmutation (P&T). Da nach einer solchen Behandlung der Abfälle immer noch ein

Endlager erforderlich wäre, hat die Kommission P&T als eine Methode der Abfallkonditionierung nicht aber als Entsorgungspfad eingestuft. Am Ende der Prüfung hat die Kommission die Endlagerung in einem tiefen Bergwerk mit der Option der Rückholbarkeit und Bergbarkeit als einzige aktiv zu verfolgende Lösung empfohlen. Eine Rückholung oder Bergung ist dabei aber nicht beabsichtigt. Auf dieser Empfehlung beruhen die weiteren Arbeiten der Kommission und auch das gesetzlich beschlossene Auswahlverfahren. Gleichwohl empfiehlt die Kommission, die Weiterentwicklung einiger Entsorgungsoptionen wie die Entsorgung in tiefen Bohrlöchern oder die Langzeitzwischenlagerung zu beobachten.

### Ziel des Standortauswahlverfahrens

Das im StandAG erklärte Ziel des Standortauswahlverfahrens ist es, „in einem partizipativen, wissenschaftsbasierten, transparenten, selbsthinterfragenden und lernenden Verfahren für

die im Inland verursachten hochradioaktiven Abfälle einen Standort mit der bestmöglichen Sicherheit“ für ein Endlager zu finden. Als Standort mit der bestmöglichen Sicherheit wird dort der Standort definiert, „der im Zuge eines vergleichenden Verfahrens aus den in der jeweiligen Phase nach den hierfür maßgeblichen Anforderungen dieses Gesetzes geeigneten Standorten bestimmt wird und die

bestmögliche Sicherheit für den dauerhaften Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleistet.“ Ziel der Endlagerung ist ebenfalls die Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen.

**Tab. 1**

Gremien der Öffentlichkeitsbeteiligung  
Quelle: GNS, Endlagerkommission

2017

2031

	Phase 1		Phase 2		Phase 3	
	Teilgebiete	Vorschlag für übertägig zu erkundende Standortregionen	Erkundungsphase	Vorschlag für zu erkundende Standorte	Erkundungsphase	Standortvorschlag und Standortvereinbarung
<b>National</b>	Nationales Begleitgremium	Nationales Begleitgremium	Nationales Begleitgremium	Nationales Begleitgremium	Nationales Begleitgremium	Nationales Begleitgremium
<b>Überregional</b>	Fachkonferenz Teilgebiete	Fachkonferenz „Rat der Regionen“	Fachkonferenz „Rat der Regionen“	Fachkonferenz „Rat der Regionen“	Fachkonferenz „Rat der Regionen“	-
<b>Regional</b>	-	Vielzahl von Regionalkonferenzen	Vielzahl von Regionalkonferenzen	mehrere Regionalkonferenzen	mehrere Regionalkonferenzen	eine Regionalkonferenz

1999

Das Bundesumweltministerium setzt eine Expertenkommission ein, den „Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd)“, der ein Verfahren für die Suche und die Auswahl von Standorten zur Endlagerung aller Arten von radioaktiven Abfällen in Deutschland entwickeln soll.

## Grundzüge des Standortauswahlverfahrens

Die eigentliche Standortauswahl wird von der neuen Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) als Vorhabenträger durchgeführt. Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde ist das ebenfalls neue Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE). Das Auswahlverfahren wird im Gesetz in drei Phasen aufgeteilt: die Ermittlung von Standorten bzw. Standortregionen für die übertägige Erkundung als Phase 1, die übertägige Erkundung und die Auswahl von Standorten für eine untertägige Erkundung als Phase 2, die untertägige Erkundung und die Bestimmung des Endlagerstandortes als Phase 3. Die jeweiligen Entscheidungen als Abschluss der Phasen des Auswahlverfahrens werden nach einer Vorlage des BMU von Bundestag und Bundesrat per Gesetz getroffen. Die Entscheidungsgrundlage bildet dabei der Bericht der BGE als Vorhabenträger mit den Ergebnissen der Öffentlichkeitsbeteiligung sowie der Stellungnahme des BfE als Aufsichtsbehörde.

## Phase 1 – Bestimmung von Teilgebieten

Die Phase 1 wiederum lässt sich in zwei Teile gliedern, die Ermittlung von Teilgebieten und die Ermittlung von Standorten/Standortregionen. Zur Ermittlung von Teilgebieten werden zunächst die verfügbaren geologischen Daten für das gesamte Bundesgebiet von den geologischen Landesämtern, der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) sowie privaten Unternehmen gesammelt und mit den im StandAG (§ 22) vorgegebenen Ausschlusskriterien bewertet. Damit werden die geologisch ungeeigneten Gebiete aus dem weiteren Verfahren aussortiert. Auf das verbleibende Gebiet werden zur weiteren Einengung die Mindestanforderungen an einen Standort angewendet wie sie im StandAG (§ 23) festgelegt sind. Schließlich werden mittels der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24) die Teilgebiete identifiziert. Darüber wird von der BGE ein Zwischenbericht an das BfE übermittelt. Der Bericht soll ggf. auch eine Empfehlung zum Umgang mit Gebieten enthalten, die wegen ungenügender geologischer Daten nicht eingeordnet werden können.

### 2000

Die Erkundung des Salzstocks Gorleben wird am 1. Oktober für mindestens 3, höchstens 10 Jahre zur Klärung von konzeptionellen und sicherheitstechnischen Zweifelsfragen ausgesetzt (Moratorium).

### **Öffentlichkeitsbeteiligung – Nationales Begleitgremium**

Das Nationale Begleitgremium (NBG) gemäß StandAG (§ 8) wird als Teil der erweiterten Öffentlichkeitsbeteiligung im Standortauswahlverfahren seine Beratungsergebnisse zur Phase 1 beisteuern. Es wurde bereits vor dem Beginn des Verfahrens mit der Hälfte seiner Mitglieder eingerichtet, soll das gesamte Verfahren unabhängig begleiten und so Vertrauen in das Verfahren herstellen. Es besteht insgesamt aus zwölf sogenannten Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens, die von Bundestag und Bundesrat gewählt werden sowie sechs sogenannten Zufallsbürgern, die vom BMU nach einem Auswahlverfahren benannt werden. Das NBG hat sich im Dezember 2016 mit der Hälfte seiner Mitglieder konstituiert und wird von Mitte 2018 an vollständig besetzt sein.

Im Zusammenhang mit dem Zwischenbericht der BGE zur Bestimmung von Teilgebieten tritt die Fachkonferenz Teilgebiete (§ 9) als gesondertes Format der Öffentlichkeitsbeteiligung zusammen, um eine Stellungnahme abzugeben.

### **Phase 1 – Bestimmung von Standortregionen**

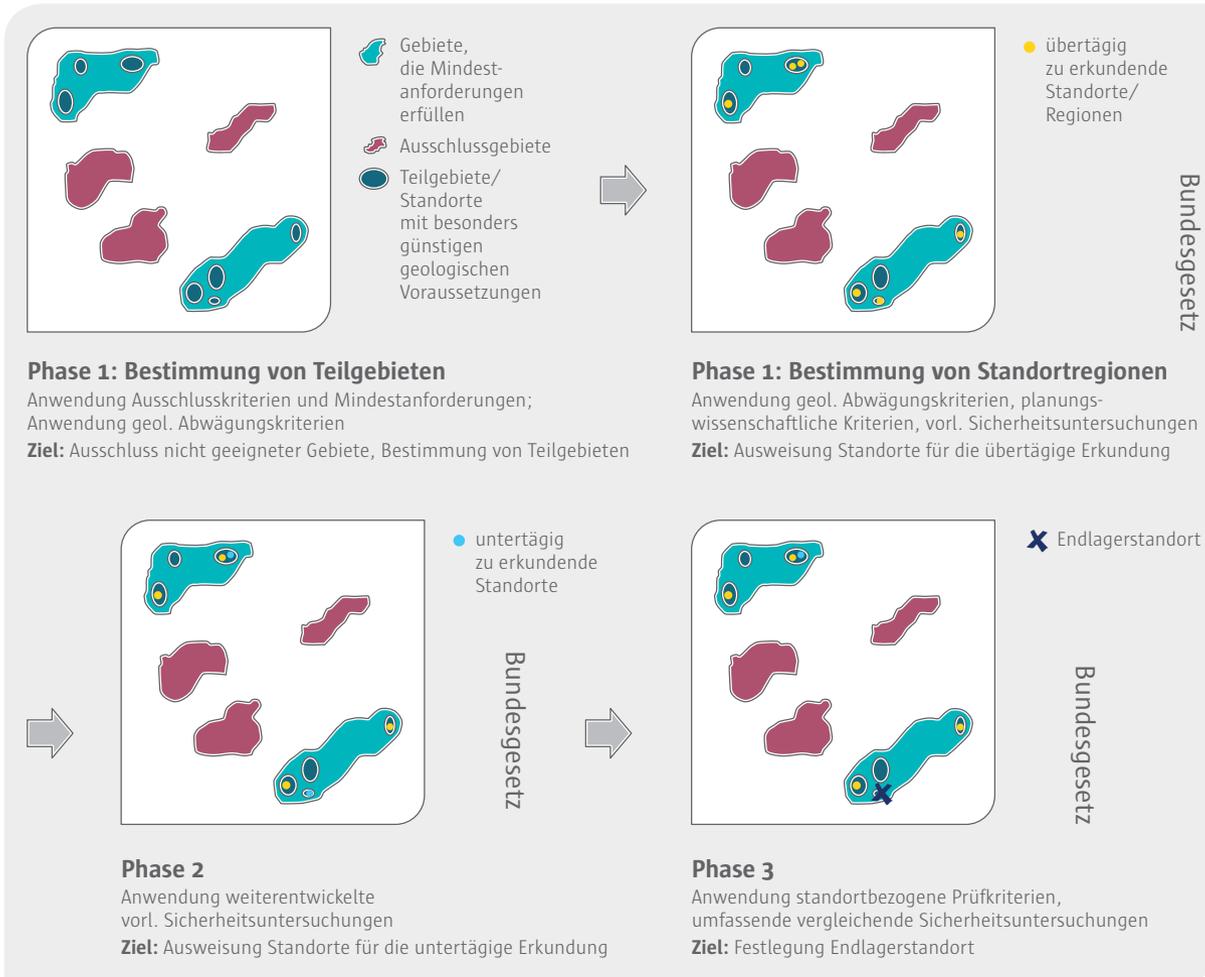
Um aus den Teilgebieten letztlich die Standortregionen (Ton, Kristallin, Salz in flacher Lagerung) bzw. Standorte (Salzstöcke) für die übertägige Erkundung in Phase 2 zu ermitteln, führt die BGE als Vorhabenträger repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen gemäß (§ 27) des StandAG durch. Danach werden auf die dabei ermittelten Ergebnisse noch einmal die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien angewendet sowie zusätzlich aber nachrangig die planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 25). Schließlich müssen für den Bericht über die Standortvorschläge standortbezogene Erkundungsprogramme entsprechend der geowissenschaftlichen Anforderungen und Kriterien für die nächste Phase des Verfahrens entwickelt werden.

### **Phase 2 – übertägige Erkundung, Bestimmung von Standorten für untertägige Erkundung**

Nach der gesetzlichen Festlegung der Standortregionen für die obertägige Erkundung sowie

#### **2002**

In seinem Abschlussbericht konzipiert der AkEnd ein Verfahren für eine neue Standortsuche.



**Abb. 6**  
 Phasen des Standortauswahlverfahrens  
 Quelle: GNS, DATF

**2005**

Das BFS legt seinen Synthesebericht „Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle – Wirtsgesteine im Vergleich“ vor und kommt zu dem Ergebnis, dass es kein Wirtsgestein gibt, das grundsätzlich immer eine größte Endlagersicherheit gewährleistet; die Zweifelsfragen bzgl. der konzeptionellen Grundfragen der Endlagerung und der generellen Eignung von Salz sind ausgeräumt.

### Öffentlichkeitsbeteiligung – Regionalkonferenzen

Nach dem Vorschlag der Standorte/Standortregionen für die übertägige Erkundung durch die BGE werden vom BfE die Regionalkonferenzen für die Standortregionen eingerichtet, die das zentrale Gremium der erweiterten Öffentlichkeitsbeteiligung darstellen. Sie bestehen aus einer Vollversammlung aller gemeldeten Einwohner der jeweiligen Region über 16 Jahren sowie einem Vertreterkreis, der die operativen Aufgaben der Regionalkonferenzen wahrnimmt. Der Vertreterkreis mit bis zu 30 Mitgliedern setzt sich zu je einem Drittel aus Bürgerinnen und Bürgern aus der Vollversammlung, Vertretern der kommunalen Gebietskörperschaften sowie Vertretern gesellschaftlicher Gruppen zusammen. Die Regionalkonferenz kann insbesondere im Stimmverfahren gemäß StandAG (§ 7) zu den Vorschlägen von Standorten für die übertägige Erkundung, für die untertägige Erkundung und zur Standortbestimmung Stellung nehmen. Darüber hinaus verfügt jede Regionalkonferenz über das Recht vom BfE einmal im Verfahren begründet eine Nachprüfung des Vorschlags der BGE zu fordern. Zusätzlich richtet das BfE eine Fachkonferenz „Rat der Regionen“ ein, in der Vertreter der Regionalkonferenzen sowie von Regionen in denen radioaktive Abfälle zwischengelagert werden in überregionalen Belangen zusammenarbeiten sollen.

#### Abb. 7

Beispiel für 3D-seismische Messung mit Vibrationsmaschinen in der Schweiz

Quelle: Beat Müller

ggf. zum Umgang mit Gebieten ohne hinreichende Datengrundlage wird die BGE die standortbezogenen Erkundungsprogramme abarbeiten, z. B. durch 3D-seismische Verfahren oder durch Bohrungen. Auf diese Ergebnisse ist wiederum eine weiterentwickelte vorläufige

Sicherheitsuntersuchung anzuwenden sowie die geowissenschaftlichen Kriteriensätze und die nachrangigen planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien.

### 3D-Seismik

Bei der 3D-Seismik wird der geologische Untergrund von der Erdoberfläche aus mit Hilfe von Schallwellen und der Analyse ihrer Reflexionen erkundet. Die Schallwellen können durch Vibrationsmaschinen oder durch Sprengungen erzeugt werden. 3D-seismische Verfahren sind seit Jahrzehnten insbesondere bei der Suche nach Öl- und Gasvorkommen, aber auch anderen geologischen Projekten einschließlich der Standorterkundung für Endlager bewährt.



### 2010

Der Bundestag setzt einen Untersuchungsausschuss ein, der Vorwürfe prüfen soll, der Zwischenbericht der PTB von 1983 sei auf politischen Druck geändert worden.

Schließlich müssen auf dieser Grundlage die standortbezogenen Erkundungsprogramme für die untertägige Erkundung entwickelt werden. Auch die Prüfkriterien für die Erkundung gemäß den geowissenschaftlichen Kriterienansätzen und die Prüfkriterien für die Durchführung der umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen in Phase 3 müssen erarbeitet werden.

Der so erstellte Gesamtbericht ist der Vorschlag der BGE an das BfE für die Auswahl der Standorte der untertägigen Erkundung, über den wieder Bundestag und Bundesrat auf Vorschlag des BMU nach Empfehlung des BfE und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Öffentlichkeitsbeteiligung entscheiden.

### Phase 3 – untertägige Erkundung und Standortauswahl

Nach der gesetzlichen Entscheidung über die Standorte für die untertägige Erkundung führt die BGE die untertägige Erkundung gemäß der standortbezogenen Erkundungsprogramme

durch. Dies wird voraussichtlich in Form von Untertagelaboren erfolgen, die im Fall großflächiger Wirtsgesteinsformationen nicht mit den zur Auswahl stehenden konkreten Standorten eines Endlagers identisch sein müssen, aber wohl in räumlicher Nähe liegen werden. Untertagelabore in ausgewählten Salzstöcken müssen direkt am Standort errichtet werden.



**Abb. 8**  
Erkundungsbohrung  
Quelle: Nagra



**Abb. 9**

*FE-Experiment zum Wärmeeintrag  
im Schweizer Felslabor Mont Terri (Ton)*

*Quelle: © Comet Photoshopping,  
Dieter Enz*

## Standortvorschlag

Auf Grundlage der Erkundungsergebnisse wird die BGE umfassende vorläufige Sicherheitsuntersuchungen und einen Umweltverträglichkeitsbericht erstellen. Auf die Ergebnisse werden die in Phase 2 ermittelten Prüfkriterien sowie erneut die geowissenschaftlichen Kriteriensätze angewendet um geeignete Standorte zu finden. Auch die planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien werden berücksichtigt. Hieraus ergibt sich ein Standortvorschlag der BGE an das BfE

in dem eine vergleichende Bewertung der Standorte enthalten ist.

## Standortentscheidung

Das BfE führt auf dieser Grundlage eine Umweltverträglichkeitsprüfung durch. Der Standortvorschlag muss auf einem Vergleich von mindestens zwei Standorten beruhen. Die abschließende Bewertung des Standortvorschlages erfolgt durch das BfE, das den Vorschlag dann dem BMU übermittelt. Dabei wird geprüft, ob es der Standort mit der bestmöglichen Sicherheit ist und dort die erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers nach dem Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet ist. Die Bundesregierung legt Bundestag und Bundesrat den Standortvorschlag einschließlich des Berichts über das Standortauswahlverfahren und die Ergebnisse der Öffentlichkeitsbeteiligung in Form eines Gesetzentwurfs vor. Bundestag und Bundesrat entscheiden schließlich über die Annahme durch Bundesgesetz und damit über den Standort.

### 2012

Im Zuge des beschleunigten Ausstiegs aus der Kernenergie sucht die Bundesregierung auch in der Endlagerfrage einen Kompromiss mit der Opposition. Die zwei Jahre zuvor wieder aufgenommene Erkundung von Gorleben wird gestoppt.

## Weitere Schritte

Für das anschließende atomrechtliche Genehmigungsverfahren ist die gesetzliche Standortentscheidung verbindlich. Gleichwohl muss die Eignung des Vorhabens im Genehmigungsverfahren vollumfänglich geprüft werden. Diese Prüfung wird vermutlich eine vertiefte untertägige Standorterkundung einschließen. Ein Raumordnungsverfahren für das Endlager ist demgegenüber nach Abschluss des Standortauswahlverfahrens nicht mehr erforderlich.

Für den gesamten Auswahlprozess ist neben den klassischen Beteiligungsformen im Verwaltungsverfahren – Stellungnahmeverfahren und Erörterungstermine – eine erweiterte Öffentlichkeitsbeteiligung auf regionaler und nationaler Ebene vorgesehen wie oben beschrieben. Darüber hinaus bestehen umfangreiche Rechtsschutzmöglichkeiten im Verfahren.

Die Standortauswahl ist die erste Etappe der Endlagerung, an die sich weitere Etappen anschließen: die Genehmigung und bergtechnische Erschließung, die Errichtung, der Betrieb mit der



**Abb. 10**

Untertagelabor Onkalo, Finnland (Granit)

Quelle: Posiva Oy ©.

Einlagerung der radioaktiven Abfälle, die Beobachtung vor Verschluss des Endlagerbergwerks und der Verschluss sowie schließlich der Zustand des verschlossenen Endlagerbergwerks.

Gegenüber dem früher vorgesehenen Vorgehen mit dem Abschluss der Erkundung des Standorts Gorleben wird sich die Bereitstellung eines Endlagers infolge der neuen Standortsuche um mindestens 20 Jahre verschieben. Im StandAG wird für eine Standortauswahl das Jahr 2031 genannt, für die Bereitstellung des Endlagers das Jahr 2050. Diese Angaben werden von Experten bezweifelt. Nach Schätzungen auf Grundlage des beschlossenen Verfahrens ist mit Bereitstellung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle eher am Ende des Jahrhunderts oder in den ersten Jahrzehnten des 22. Jahrhunderts zu rechnen.

### 2013

Die GRS veröffentlicht den Synthesebericht zur Vorläufigen Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben.

## 7 Kriterien und Anforderungen

Für das Standortauswahlverfahren sind im Gesetz geowissenschaftliche Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen und geowissenschaftliche sowie planungswissenschaftliche Abwägungskriterien vorgesehen, die in allen Phasen entsprechend anzuwenden sind. Diese Kriterien wurden im Gesetz wesentlich so übernommen, wie von der Endlagerkommission in ihrem Abschlussbericht vorgeschlagen. Sie beruhen auf Vorarbeiten des Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) aus den Jahren 1999 bis 2002 und wurden durch die Kommission modifiziert. Darüber hinaus werden Grundlagen für Sicherheitsanforderungen und vorläufige Sicherheitsuntersuchungen definiert, die durch Rechtsverordnungen zu präzisieren sind.

Die grundlegenden Schutzziele, die ein Endlager verwirklichen soll, haben sich nicht geändert:

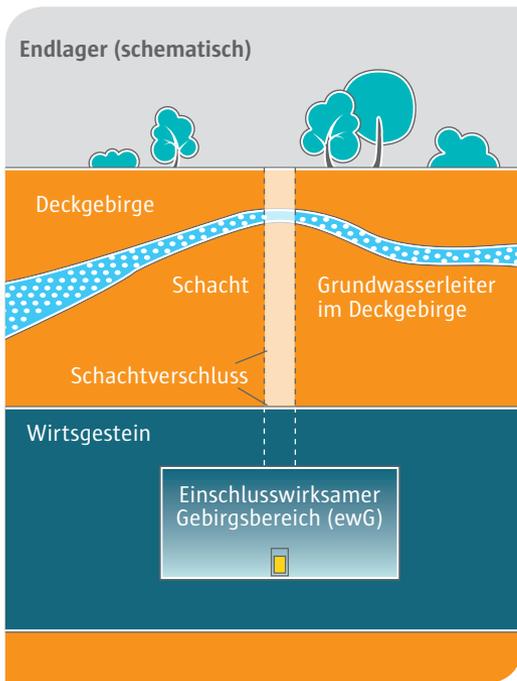
- Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle

- Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen

Das Grundkonzept bleibt die Isolierung der radioaktiven Stoffe gegenüber den Stoffkreisläufen der Erdoberfläche und verbundener Wasserkreisläufe in einer tiefen geologischen Formation mit hohem Einschlussvermögen für einen möglichst langen Zeitraum. Der Bemessungszeitraum für den Sicherheitsnachweis beträgt eine Million Jahre, wobei im Laufe der Zeit die Radioaktivität der Abfälle stark abnimmt. Die Endlagerung muss sicherstellen, dass mögliche Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager langfristig die aus der natürlichen Radioaktivität resultierende Strahlenexposition nicht bzw. nur sehr wenig, also vernachlässigbar erhöhen.

Entsprechend den Überlegungen des AkEnd wird am Konzept des einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) in Tongestein oder einer Salzformation als für die Langzeitsicherheit entscheidender Barriere festgehalten.

**2013** Der Gorleben-Untersuchungsausschuss des Bundestags legt seinen Abschlussbericht vor und stellt u. a. fest, dass die Entscheidung von 1983 zur untertägigen Erkundung des Salzstocks allein auf der Grundlage fachlicher Bewertungen getroffen wurde; das Minderheitsvotum widerspricht dem.



## Geologische Ausschlusskriterien gemäß StandAG

Ein Gebiet ist nicht als geeigneter Standort für ein Endlager zu betrachten, wenn eines der folgenden Ausschlusskriterien erfüllt ist. In diesem Fall wird der Standort vom weiteren Verfahren ausgeschlossen.

- **Großräumige Vertikalbewegungen**

Es ist eine großräumige Hebung von im Mittel mehr als 1 mm pro Jahr über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahren zu erwarten.

- **Aktive Störungszonen**

Im für das Endlager in Betracht kommenden Bereich sind geologisch aktive Störungszonen vorhanden, die das Endlagersystem beeinträchtigen können; darunter werden etwa Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung verstanden, an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre Bewegungen stattgefunden haben.

**Abb. 11**

*Schematische Darstellung der Barrieren eines verschlossenen Endlagers mit beispielhaftem Konzept eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*

Um aber – anderes als beim AKEnd – auch Kristallingesteinsformationen als Wirtsgestein berücksichtigen zu können, wurden die Anforderungen in Richtung von Endlagerkonzepten geöffnet, in denen technische und geotechnische Barrieren eine wesentliche Funktion für die Langzeitsicherheit haben.

Am 27. Juli (teils 1.1.2014) tritt das Standortauswahlgesetz (StandAG) in Kraft, mit dem eine neue Standortauswahl ermöglicht werden soll.

- **Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit**

Das Gebirge ist durch bergbauliche Tätigkeit so geschädigt, dass Gebirgsspannungen und Durchlässigkeit im Bereich eines vorgesehenen ewG oder vorgesehenen Endlagerbereichs zu befürchten sind.

- **Seismische Aktivität**

Die örtliche seismische Gefährdung ist größer als in Erdbebenzone 1, d. h. in einem Zeitraum von 475 Jahren ist ein Erdbeben mit Intensität höher als 7,0 nach der Europäischen Makroseismischen Skala (EMS) mit einer Bodenbeschleunigung jenseits des Bereichs  $0,4 \text{ m/s}^2$  zu erwarten.

- **Vulkanische Aktivität**

Es liegt Vulkanismus im Erdzeitalter Quartär (Zeitraum vor 2,6 Millionen Jahren bis heute) vor oder es ist zukünftig vulkanische Aktivität zu erwarten.

- **Grundwasseralter**

In den Gebirgsbereichen, die als ewG oder Einlagerungsbereich in Betracht kommen, sind junge Grundwässer nachgewiesen worden.

## **Geologische Mindestanforderungen gemäß StandAG**

Für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle kommen die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht. Für das Wirtsgestein Kristallingestein ist für den sicheren Einschluss ein alternatives Konzept zu einem ewG möglich, das deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Behälters stellt. Voraussetzung dafür ist, dass sich das jeweilige Gebiet für ein wesentlich auf technischen oder geotechnischen Barrieren beruhendes Endlagersystem eignet. Anstelle der Mindestanforderung muss dafür der Nachweis geführt werden, dass die technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss der Radionuklide für eine Million Jahre gewährleisten können.

Die Mindestanforderungen im Einzelnen:

- **Gebirgsdurchlässigkeit**

In einem ewG muss das Gestein nahezu völlig undurchlässig sein; sofern ein direkter Nachweis in den Begründungen für die Vorschläge zur übertägigen und untertägigen Erkundung noch nicht möglich ist, muss

### **2014**

Am 22. Mai nimmt die Kommission „Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ ihre Arbeit auf.

Bund und Land Niedersachsen einigen sich auf einen stark reduzierten Offenhaltungsbetrieb für das ehemalige Erkundungsbergwerk Gorleben.

nachgewiesen werden, dass der ewG aus Gesteinstypen besteht, denen eine entsprechend niedrige Gebirgsdurchlässigkeit zugeordnet werden kann; das Kriterium kann auch durch Schichten erfüllt werden, die den Einlagerungsbereich überlagern.

- **Mächtigkeit des ewG**

Der Bereich, der den ewG aufnehmen soll, muss mindestens 100 Meter mächtig sein; bei Gesteinskörpern des Wirtsgesteins Kristallin mit geringerer Mächtigkeit kann der Nachweis des sicheren Einschlusses für den betroffenen Gebirgsbereich bei Vorliegen geringer Gebirgsdurchlässigkeit auch über das Zusammenwirken des Wirtsgesteins mit geotechnischen und technischen Barrieren geführt werden; eine Unterteilung in mehrere solcher Gebirgsbereiche innerhalb eines Endlagersystems ist zulässig.

- **Minimale Tiefe des ewG**

Die Oberfläche eines ewG muss mindestens 300 Meter unter der Geländeoberfläche liegen. In Gebieten, in denen innerhalb der kommenden eine Million Jahre mit intensiver Erosion durch Gletscherbildung in

einer Eiszeit zu rechnen ist, welche die Integrität eines ewG beeinträchtigen könnte, muss die Oberfläche des ewG tiefer als die zu erwartenden Auswirkungen solcher Prozesse liegen; im Fall eines Salzstocks muss die Salzschwebe über dem ewG mindestens 300 Meter mächtig sein; bei einem Endlager in Tongestein muss zu erwarten sein, dass das Deckgebirge auch nach dem Eintreten äußerlicher Prozesse ausreichend mächtig ist, um eine Beeinträchtigung der Integrität des ewG durch Auflockerung ausschließen zu können.

- **Fläche des Endlagers**

Ein ewG muss über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht.

- **Erhalt der Barrierewirkung**

Es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des ewG, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des ewG über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen.

## 2015

Entsprechend den Vorgaben der Richtlinie 2011/70/ Euratom (Nuclear Waste Directive) und nach einer Strategischen Umweltprüfung (SVP) beschließt das Bundeskabinett am 12. August das erste Nationale Entsorgungsprogramm (NaPro).

## Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß StandAG

Mit den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien soll bewertet werden, ob in einem

Gebiet eine günstige geologische Gesamtsituation vorliegt. Dafür ist eine auf die Sicherheit gerichtete Abwägung der Ergebnisse zu allen Abwägungskriterien ohne Gewichtung maßgeblich. Im Fall von Kristallingestein tritt

Sechs Ausschlusskriterien					
Großräumige Vertikalbewegungen	Aktive Störungszonen	Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit	Seismische Aktivität	Vulkanische Aktivität	Grundwasseralter
Fünf Mindestanforderungen					
Gebirgsdurchlässigkeit	Mächtigkeit des einflusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG)	Minimale Tiefe des ewG	Fläche des Endlagers	Erhalt der Barrierewirkung	
Elf Abwägungskriterien in drei Gruppen (keine Festlegung einer Wichtung)					
<b>Gruppe 1: Güte des Einschussvermögens und Zuverlässigkeit des Nachweises</b>	Kein oder langsamer Transport durch Grundwasser im ewG	Günstige Konfiguration der Gesteinskörper, insbesondere von Wirtsgestein und ewG	Gute räumliche Charakterisierbarkeit	Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse	
<b>Gruppe 2: Absicherung des Einschussvermögens</b>	Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen		Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten im Wirtsgesteinskörper und im ewG		
<b>Gruppe 3: Robustheit des Endlagersystems</b>	Schützender Aufbau des Deckgebirges	Gute Bedingungen zur Vermeidung bzw. Minimierung der Gasbildung	Gute Temperaturverträglichkeit	Hohes Rückhaltevermögen des ewG gegenüber Radionukliden	Günstige hydrochemische Verhältnisse

Tab. 2

Geowissenschaftliche Kriterien

Quelle: GNS, Endlagerkommission, StandAG

**2015** Das Bundeskabinett setzt am 14. Oktober die Kommission zur Überprüfung der Finanzierung des Kernenergieausstiegs (KfK) ein, die Empfehlungen zur Sicherstellung der Finanzierung von Stilllegung, Rückbau und Entsorgung erarbeiten soll.

an die Stelle des Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper die rechnerische Ableitung, welches Einschlussvermögen die technischen und geotechnischen Barrieren voraussichtlich erreichen. Soweit sich die übrigen geowissenschaftlichen Abwägungskriterien auf einen ewG beziehen, sind sie in diesem Fall auf den Einlagerungsbereich entsprechend anzuwenden. Die Abwägungskriterien im Einzelnen, siehe Tabelle 2.

### **Planungswissenschaftliche Kriterien gemäß StandAG**

Die planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien dienen der Einengung von größeren Gebieten im Auswahlverfahren, soweit sich die Einengung nicht bereits aus Anwendung der geowissenschaftlichen Kriterien bzw. durch Ergebnisse der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ergibt. Sie können auch für einen Vergleich zwischen Gebieten herangezogen werden, die unter Sicherheitsaspekten als gleichwertig zu betrachten sind. Die planungswissenschaftlichen

Abwägungskriterien werden in einem Abwägungsprozess in drei Gewichtungsgruppen unterteilt, die unterschiedlich stark (erste Gruppe am stärksten usw.) zu werten sind. Es findet keine Abwägung der planungswissenschaftlichen mit den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien statt.

Gewichtungsgruppe 1:

- Abstand zu vorhandener bebauter Fläche von Wohngebieten und Mischgebieten
- Emissionen (zum Beispiel Lärm, Schadstoffe)
- Oberflächennahe Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung
- Überschwemmungsgebiete

Gewichtungsgruppe 2:

- Naturschutz- und Schutzgebiete nach §§ 23 und 32 Bundesnaturschutzgesetz
- Bedeutende Kulturgüter
- Tiefe Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung

#### **2016**

Am 27. April übergibt die KFK ihre einstimmig beschlossenen Handlungsempfehlungen an den Staatssekretärsausschuss Kernenergie.

Gewichtungsgruppe 3:

- Anlagen, die der zwölften Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes unterliegen (Störfallverordnung für Anlagen in denen mit Gefahrstoffen umgegangen wird)
- Abbau von Bodenschätzen, einschließlich Fracking
- Geothermische Nutzung des Untergrundes
- Nutzung des geologischen Untergrundes als Erdspeicher (Druckluft, CO<sub>2</sub>-Verpressung, Gas)

### Sicherheitsanforderungen gemäß StandAG

Mit den Sicherheitsanforderungen soll gewährleistet werden, dass Errichtung, Betrieb und Stilllegung eines Endlagers gemäß Atomgesetz dem Stand von Wissenschaft und Technik bei der erforderlichen Vorsorge gegen Schäden genügen. Mit ihnen wird das Schutzniveau festgelegt, dass beim Endlager erreicht werden muss. Sie bilden die wesentliche Grundlage der Bewertungen im Rahmen der vorläufigen

Sicherheitsuntersuchungen und für die abschließende Bewertung, ob an einem Standort in Verbindung mit dem vorgesehenen Endlagerkonzept der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle erwartet werden kann.

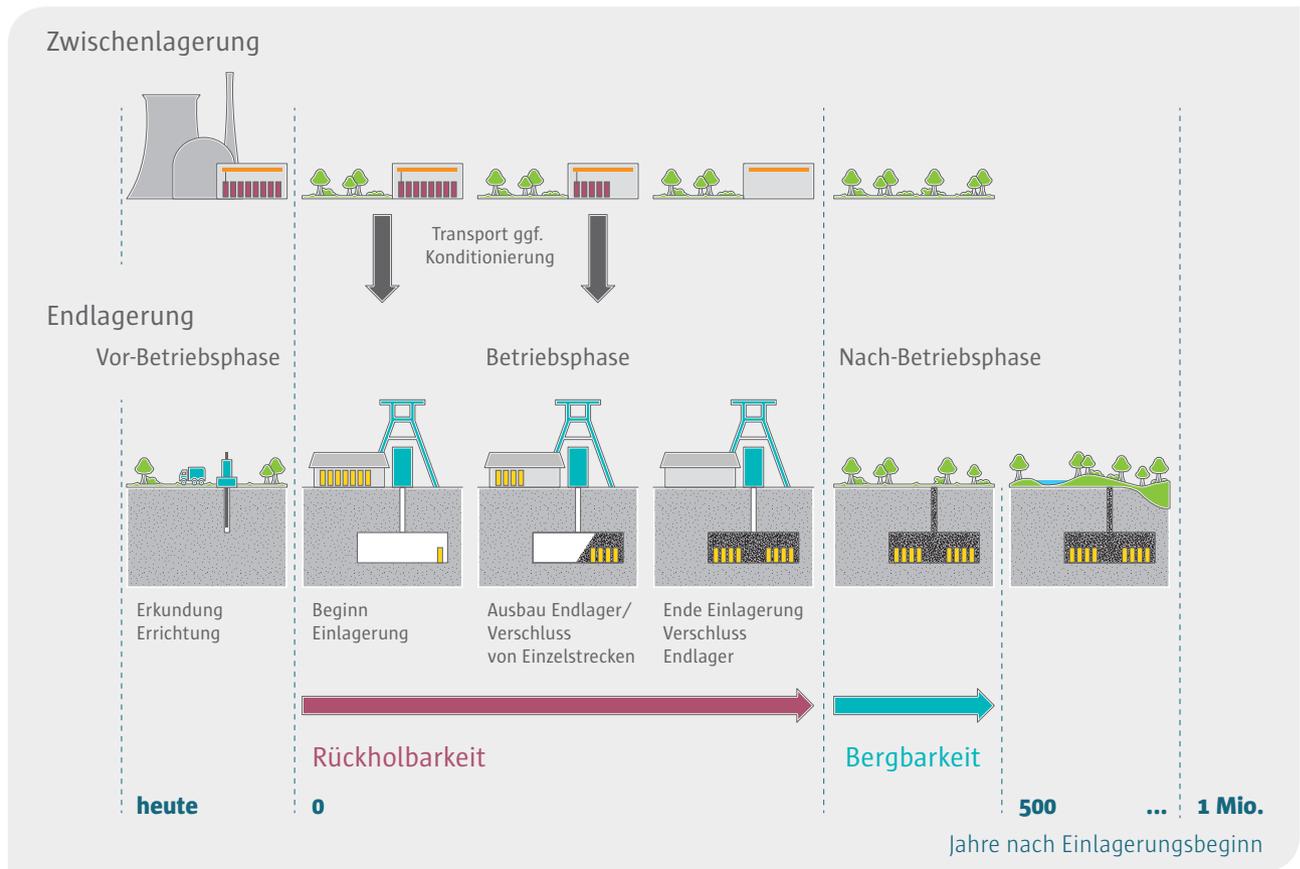
Für die Sicherheitsanforderungen sind folgende Schutzziele und allgemeine Sicherheitsprinzipien verbindlich:

- Die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen müssen in einem ewG oder im Fall von Kristallingestein bei wesentlich auf technischen und geotechnischen Barrieren beruhenden Endlagerkonzepten innerhalb dieser Barrieren konzentriert und eingeschlossen werden mit dem Ziel, diese Stoffe von der Biosphäre fernzuhalten. Für einen Zeitraum von einer Million Jahren muss zum Schutz des Menschen und, soweit Bezug zum Schutz der menschlichen Gesundheit besteht, der Umwelt sichergestellt werden, dass Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager nur zu geringfügigen Expositionen im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition führen können.

- Die Auswirkungen der Endlagerung auf Mensch und Umwelt im Ausland dürfen nicht größer als im Inland sein.
- Für die eingelagerten Abfälle muss die Möglichkeit der Rückholung während der Betriebsphase bestehen. Für eine mögliche Bergung der Abfälle müssen für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers ausreichende Vorkehrungen vorgesehen werden.
- Das Endlager muss so errichtet und betrieben werden, dass für den zuverlässigen langfristigen Einschluss der radioaktiven Abfälle nach dem Verschluss keine Eingriffe oder Wartungsarbeiten erforderlich werden.

der Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung, die Rückholbarkeit und die Ermöglichung einer Bergung sowie das Sicherheitskonzept des Endlagers für die Betriebs- und die Nachverschlussphase einschließlich einer schrittweisen Optimierung berücksichtigt werden. Die Verordnung muss alle zehn Jahre geprüft und ggf. an den Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden.

Auf Basis der oben genannten Sicherheitsprinzipien wird das BMU für die erste Phase des Auswahlverfahrens mit einer Verordnung noch detaillierte Sicherheitsanforderungen festlegen. Soweit erforderlich, sollen dabei wirtsgesteinsabhängige Anforderungen für jedes zu betrachtende Wirtsgestein festgelegt werden. Bei den Anforderungen müssen



**Abb. 12**

Rückholbarkeit und Bergbarkeit

Quelle: GNS

Grundlage der geowissenschaftlichen Kriterien und Sicherheitsanforderungen bilden die jahrzehntelangen internationalen Forschungen zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Dabei werden international hauptsächlich drei Wirtsgesteine auf ihre Eignung hin untersucht: Salz, Ton und kristalline Wirtsgesteine, z. B. Granit. In Deutschland wurde seit den 1960er-Jahren Salz als Wirtsgestein favorisiert. Die wesentlichen Gründe dafür sind die gute Wärmeleitfähigkeit und die Isolationsfähigkeit des Steinsalzes aufgrund der Plastizität, d. h. der Eigenschaft des Gesteins die Abfälle dicht zu umschließen. Diese Festlegung wurde nach einigen Jahrzehnten von der Bundesregierung bezweifelt, die die konzeptionellen Grundlagen der Endlagerung, u. a. die generelle Eignung von Salz als Wirtsgestein im Vergleich zu Tongestein oder Granit klären wollte. Zu diesem Zweck vergab das BfS zwölf Studien an einschlägige wissenschaftliche Einrichtungen

und fasste die Ergebnisse Ende 2005 in einem Synthesebericht zusammen. Der Synthesebericht stellt fest, dass es kein Wirtsgestein gibt, das grundsätzlich immer die größte Endlager-sicherheit aufweist und für alle in Deutschland relevanten Wirtsgesteinsformationen angepasste Endlagerkonzepte entwickelt werden können. Die Reaktorsicherheitskommission (RSK), die im Auftrag des BMU den Synthesebericht des BfS begutachtete, stimmte mit den Bewertungen des BfS im Wesentlichen überein.

Die generischen Eigenschaften der drei betrachteten Wirtsgesteine sind in einer tabellarischen Gegenüberstellung der BGR aufgeführt (Tab. 3).

### 2017

Der Deutsche Bundestag beschließt am 23. März das „Gesetz zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze“; mit Zustimmung des Bundesrates am 31. März sind die gesetzlichen Grundlagen für eine neue Standortauswahl gelegt.

Günstige Eigenschaft ■  
 Ungünstige Eigenschaft ■  
 Mittel ■

**Tab. 3**  
**Endlagerrelevante Eigenschaften**  
**potentieller Wirtsgesteine**

Quelle: BGR: „Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland. Untersuchung und Bewertung von Regionen mit potenziell geeigneten Wirtsgesteinsformationen“, April 2007

<sup>1</sup> Einwirkung des Gebirgsdrucks aus allen Richtungen gleichmäßig und spannungsfrei

<sup>2</sup> Hier, richtungsabhängige mechanische Eigenschaften, die zu Spannungen im Gestein führen können

<sup>3</sup> Hier, Aufnahme und Einschluss von Stoffen im Gestein im Sinne der Rückhaltefähigkeit

**Tab. 4**  
**Endlagerkonzepte in unterschiedlichen**  
**Wirtsgesteinen**

Quelle: BGR, DBE TECHNOLOGY: „Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten für Endlager in tiefen geologischen Formationen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (EUGENIA) Synthesebericht“, November 2011

\* Wird an das jeweilige Wirtsgestein angepasst

		Steinsalz	Ton/Tonstein	Kristallingestein (z.B. Granit)
Eigenschaften der Wirtsgesteine	Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
	Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig	sehr gering bis gering	sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (geklüftet)
	Festigkeit	mittel	gering bis mittel	hoch
	Verformungsverhalten	viskos (Kriechen)	plastisch bis spröde	spröde
	Hohlraumstabilität	Eigenstabilität	Ausbau notwendig	hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)
	In-situ Spannungen	lithostatisch isotrop <sup>1</sup>	anisotrop <sup>2</sup>	anisotrop <sup>2</sup>
	Lösungsverhalten	hoch	sehr gering	sehr gering
	Sorptionsverhalten <sup>3</sup>	sehr gering	sehr hoch	mittel bis hoch
	Temperaturbelastbarkeit	hoch	gering	hoch
Komponenten des Endlagersystems	Einlagerungssohle	ca. 900 m	ca. 500 m	500 - 1.200 m
	Lagerungstechnik*	Strecken und tiefe Bohrlöcher	Strecken bzw. kurze Bohrlöcher	Bohrlöcher oder Strecken
	Auslegungstemperatur	max. 200° C	max. 100° C	max. 100° C (Bentonitversatz)
	Versatzmaterial*	Salzgrus	Bentonit	Bentonit
	Zwischenlagerzeit (BE und HAW-Kokillen)	min. 15 Jahre	min. 30 - 40 Jahre	min. 30 - 40 Jahre
	Streckenausbau	nicht erforderlich	erforderlich, ggf. sehr aufwendig	in stark geklüfteten Bereichen erforderlich
	Behälterkonzept	vorhanden	für Deutschland neu zu entwickeln	für Deutschland neu zu entwickeln
	Bergbauerfahrung	sehr groß (Salzbergbau)	kaum	groß (Erzbergbau)

2017

Am 25. April wird die BGE Vorhabenträger der Standortauswahl.

Der Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung wird am 19. Juni errichtet.

Anfang Juli überweisen die Betreiber der Kernkraftwerke in Deutschland 24,1 Milliarden Euro an den Bund für den Entsorgungsfonds.

## Wirtsgesteine und ihre Eigenschaften im Vergleich

### Salz

- Deutschland verfügt über eine große Zahl von Steinsalz-Lagerstätten
- Steinsalz verhält sich bei Druck plastisch, Klüfte und Spalten werden weitestgehend verhindert bzw. in kurzer Zeit wieder verschlossen
- Es weist eine sehr geringe Durchlässigkeit auf, d. h. es ist für Radionuklide und andere Stoffe praktisch undurchlässig
- Die Auffahrung großer Hohlräume ist aufgrund der positiven gebirgsmechanischen Eigenschaften ohne speziellen Ausbau möglich
- Steinsalz weist eine hohe Temperaturleitfähigkeit auf, die Ableitung der Zerfallswärme bei hochradioaktiven Abfällen wird begünstigt
- Steinsalz kann thermisch bis zu über 200 °C belastet werden
- Deutschland hat mehr als 150 Jahre Erfahrung im Salzbergbau

### Ton

- Ton weist aufgrund seiner typischen Plastizität und chemischen Eigenschaften eine geringe bis sehr geringe Durchlässigkeit auf
- Aufgrund seines hohen Sorptionsvermögens kann Tongestein freigesetzte radioaktive Stoffe gut zurückhalten
- Die thermische Belastungsgrenze liegt bei rund 100 °C
- Im Vergleich zu Steinsalz sind daher für die Endlagerung derselben Mengen hochradioaktiver Abfälle eine größere Fläche zur Endlagerung und generell eine längere Zwischenlagerdauer zum Abklingen nötig
- In Ton ist für die Standsicherheit ein bergmännischer Ausbau notwendig, der bei der Langzeitsicherheitsbetrachtung zu berücksichtigen ist
- Erfahrungen mit dem bergmännischen Ausbau im Tonstein liegen in Deutschland nur sehr begrenzt vor

### Kristallin

- Kristalline magmatische Gesteine wie beispielsweise Granit weisen eine sehr gute Standfestigkeit auf
- Durch die nicht auszuschließende Klüftigkeit (Rissbildung) des Gesteins müssen Abfallbehälter bzw. das Endlagersystem die sonst vom Wirtsgestein mitgebrachte Barrierefunktion übernehmen
- Die Anforderungen an Endlagerkonzept und spezifisch dafür entwickelte Behälter sind entsprechend höher
- Im Vergleich zu Steinsalz ist generell eine längere Zwischenlagerdauer zum Abklingen nötig
- Für die thermische Belastbarkeit sind beispielsweise im schwedisch/finnischen Endlagerkonzept für das Puffermaterial Bentonit begrenzend weniger als 100°C angesetzt

Quelle: In Anlehnung an BGR, Endlagerkommission

Die neu gegründete BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung übernimmt am 1. August die zentralen Zwischenlager in Ahaus und Gorleben.

Am 4. August beginnt mit einer Anfrage der BGE zur Datenerhebung an die zuständigen Behörden der Bundesländer das Standortauswahlverfahren.

...

## 9 Wer ist zuständig und wer kommt für die Kosten auf?

### **Verantwortung von Staat und Abfallverursacher**

Nach § 9a Atomgesetz gibt es eine klare Aufgabenteilung zwischen dem Staat und den sogenannten Ablieferungspflichtigen, bei denen radioaktive Abfälle anfallen. Der Ablieferungspflichtige „hat dafür zu sorgen, dass anfallende Reststoffe sowie ausgebaute oder abgebaute radioaktive Anlagenteile [...] schadlos verwertet werden oder als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden“. Und: „Wer radioaktive Abfälle besitzt, hat diese [...] abzuliefern“. Das erklärte Ziel ist es, radioaktive Abfälle aus Deutschland hierzulande endzulagern. Zum Verantwortungsbe- reich der Ablieferungspflichtigen gehören die Behandlung sowie die Verpackung der Abfälle (Konditionierung). Die Zwischenlagerung bis zur Verfügbarkeit eines geeigneten Endlagers sowie der Transport zum Endlager und damit die Ablieferung sind dagegen seit Inkrafttreten des Gesetzes zur Neuordnung der Verant- wortung in der kerntechnischen Entsorgung für die hochradioaktiven Abfälle aus dem Betrieb von Kernkraftwerken Aufgabe des Bundes

geworden. Zur Wahrnehmung dieser Aufgaben hat der Bund ein privatrechtlich organisiertes Unternehmen im Besitz des Bundes beauftragt, die BGZ.

Bereits zuvor musste der Bund „Anlagen zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle“ einrichten. Das umfasst die Standortsuche, die Errichtung und den Betrieb von Endlagern sowie deren Stilllegung, zu der vor allem der dauerhafte Verschluss der End- lager gehört.

Von 1989 bis 2017 war das BfS als nach- geordnete Behörde des BMU mit der Durch- führung dieser Aufgaben betraut. Zuvor nahm die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) diese Aufgaben wahr. Nach der Neu- organisation der Strukturen in der Entsorgung im Zusammenhang mit dem Standortauswahl- gesetz und seiner Novellierung wurden die Aufgaben des Vorhabenträgers, der Standort- suche, Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Endlagern durchführt sowie die Aufgaben der Regulierung, Genehmigung und Aufsicht bei der Endlagerung getrennt.

Der Vorhabenträger ist die 2016 gegründete BGE, die aus Teilen des BfS, der DBE sowie der Asse GmbH gebildet wurde. Die BGE führt nicht nur das Standortauswahlverfahren mit allen Erkundungsmaßnahmen durch, sondern hat auch die Endlagerprojekte Konrad und Morsleben sowie die Zuständigkeit für die Asse übernommen. Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens muss die BGE die Teilgebiete ermitteln, Vorschläge für die Auswahl der Standortregionen und der zu erkundenden Standorte machen, Erkundungsprogramme und Prüfkriterien erarbeiten, übertägige und untertägige Erkundungen durchführen, die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen erstellen und dem BfE einen Standort für ein Endlager vorschlagen.

### **Wer kommt für die Kosten auf?**

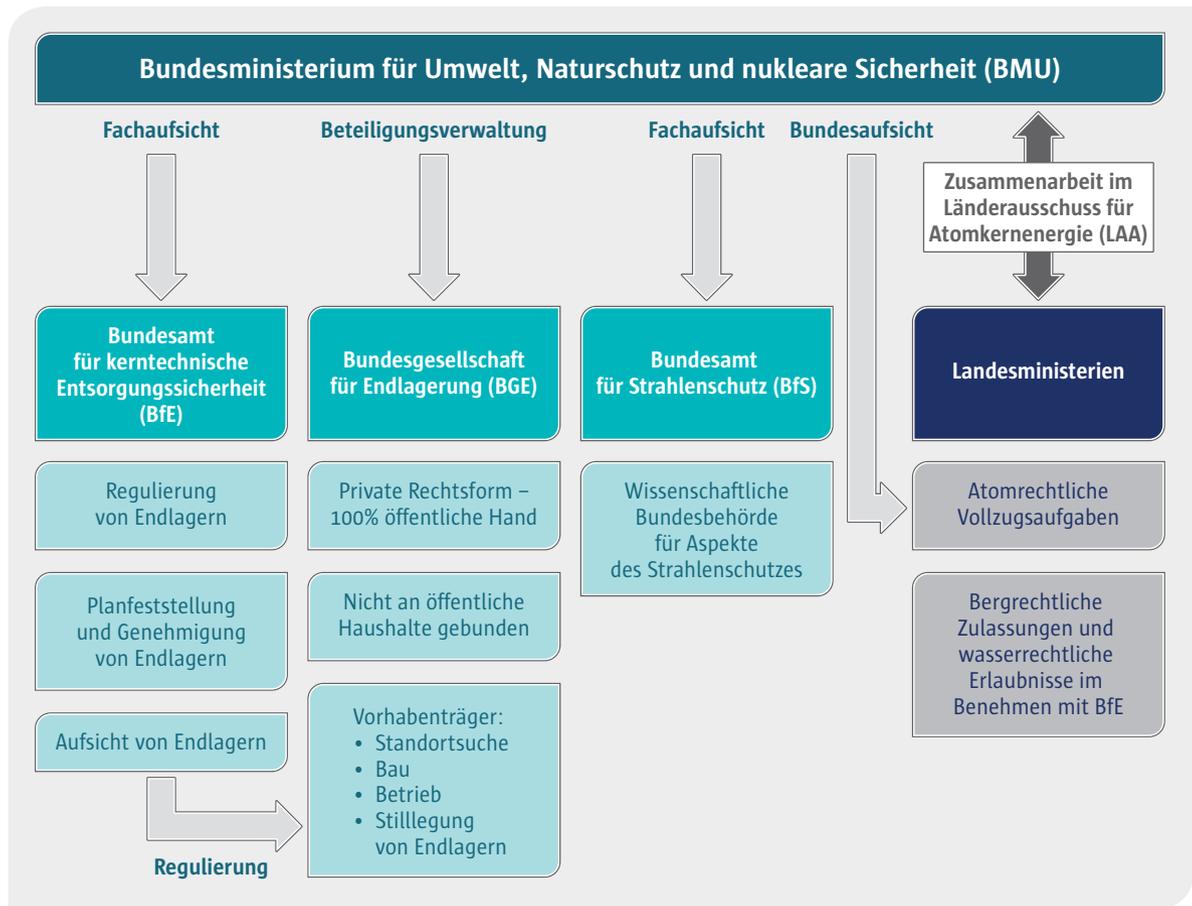
Die Finanzierung der Endlagerung sowie der Zwischenlagerung radioaktiver Abfallstoffe wird in erster Linie durch die bundeseigene Stiftung „Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung“ gewährleistet, die die Mittel verwaltet und ihre Verwendung kontrolliert. Die Stiftung wurde durch das

Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung geschaffen. Sie ist Anfang Juli 2017 durch eine Einzahlung der Betreiber von Kernkraftwerken in Höhe von 24,1 Milliarden Euro mit Mitteln für diese Aufgabe ausgestattet worden. Mit dieser Einzahlung, die sich aus den vormaligen für die Zwischen- und Endlagerung der radioaktiven Abfälle aus dem Bereich der Betreiber von Kernkraftwerken gebildeten Rückstellungen sowie einem Risikozuschlag zusammensetzt, sind die atomrechtlichen Zahlungsverpflichtungen der Betreiber in diesen Bereichen abschließend abgegolten. Damit liegen die Verantwortung für Ausführung und Finanzierung der Entsorgungsaufgaben in einer Hand. Mit dieser Regelung werden die Empfehlungen der Kommission zur Überprüfung der Finanzierung des Kernenergieausstiegs (KFK) vom April 2016 umgesetzt.

Weitere finanzielle Mittel für die Aufgaben der Endlagerung werden den Einlagerungsgebühren von Landessammelstellen bzw. sonstiger Institutionen oder Unternehmen im Bereich der öffentlichen Hand entstammen, die radioaktive Abfälle an Endlager des Bundes abgeben müssen. Darüber hinaus gibt es noch

Unternehmen und Organisationen, die Vorausleistungen bzw. Umlagen für die Endlagerung entrichten müssen.

Private oder öffentliche Organisationen, die radioaktive Abfälle an Landessammelstellen abgeben, müssen dafür Gebühren entrichten,



**Abb. 13**

Organigramm der Behördenstruktur

Quelle: DATF in Anlehnung an Endlagerkommission

die abschließenden Charakter haben. Die Abfälle gehen damit in das Eigentum und die Verantwortung der Landessammelstellen über, die dann für Zwischenlagerung und endlagergerechte Konditionierung sowie den Transport zu Endlagern des Bundes verantwortlich sind.

Die radioaktiven Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung von Kernkraftwerken werden künftig an die Standortzwischenlager und Abfalllager abgegeben, die künftig ebenfalls dem Bund gehören. Sie gehen damit in das Eigentum und die Verantwortung des Bundes über. Die Aufgaben der Stilllegung und des Rückbaus der Kernkraftwerke, der Konditionierung und Verpackung radioaktiver Abfälle verbleiben bei den Betreibern, die diese ausführen und selbständig aus den dafür während des Betriebs gebildeten Rückstellungen finanzieren.

Die Höhe der für Rückbau und Konditionierung benötigten Rückstellungen wird von den Betreibern auf Basis bestehender Verträge sowie externer Expertisen und Gutachten ermittelt, von unabhängigen Wirtschaftsprüfern testiert sowie von den Finanzbehörden geprüft. Die Rückstellungen werden jährlich überprüft und aktualisiert.

## Genehmigungsbehörden

Als Regulierungs-, Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde prüft das BfE die Vorschläge der BGE im Standortauswahlverfahren und übermittelt diese mit den Ergebnissen der Öffentlichkeitsbeteiligung und seiner Empfehlung an das BMU. Das BfE legt auch die Erkundungsprogramme und die Prüfkriterien fest und ist die atomrechtliche Aufsichtsbehörde für das Standortauswahlverfahren. Das BfE ist auch Aufsichtsbehörde für Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Endlagern sowie u. a. für den Transport von Kernbrennstoffen und Großquellen sowie die Zwischenlagerung von Kernbrennstoffen einschließlich abgebrannter Brennelemente und verglaster Abfälle aus der Wiederaufarbeitung. Es ist auch Genehmigungsbehörde für (künftige) Endlager. Das BfE erteilt die bergrechtlichen Zulassungen und die wasserrechtlichen Erlaubnisse oder Bewilligungen im Zusammenhang mit Endlagern jeweils im Benehmen mit den Berg- bzw. Wasserbehörden der betroffenen Länder. Für die Projekte Konrad, Morsleben und Asse gelten jeweils Übergangsregelungen.

## 10 Endlagerung hochradioaktiver Abfälle weltweit



*Eine Übersicht über die Programme zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in verschiedenen Ländern finden Sie online unter:*

*[http://www.kernenergie.de/kernenergie/themen/Entsorgung/03\\_index.php](http://www.kernenergie.de/kernenergie/themen/Entsorgung/03_index.php)*



Während Deutschland beim Projekt der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle wieder bei Null anfängt, sind andere Länder deutlich weiter. Einige Länder haben für Endlager für hochradioaktive Abfälle schon Standortentscheidungen getroffen oder stehen kurz davor. Finnland ist am weitesten fortgeschritten: dort wurde im November 2015 die Errichtungsgenehmigung erteilt und die Errichtung der obertägigen Einrichtungen und des Endlagerbergwerkes am Standort Olkiluoto haben begonnen. In Schweden ist das Genehmigungsverfahren für das Endlager am Standort Forsmark im Gange und in Frankreich wurden im Juli 2016 das Konzept und die Standortregion im Département Meuse für das Endlager gesetzlich bestimmt.

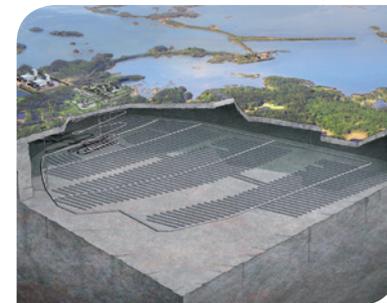
Forschungs- und Entwicklungsprogramme zur Untertagelagerung von radioaktiven Abfällen sind in großem Umfang seit Jahrzehnten im Gange. Auf diesem Gebiet gibt es eine enge internationale Zusammenarbeit. In zahlreichen Ländern sind Untertagelaboratorien geschaffen worden, die der Gewinnung von Grundlagenwissen wie auch von Standortdaten für Planung, Betrieb und Stilllegung von Endlagern dienen.

### Beispiel Schweden: Das Endlager soll nach 2030 betriebsbereit sein

In Schweden sind acht Kernkraftwerkseinheiten in Betrieb, vier davon am Standort Ringhals, drei in Forsmark und eine Oskarshamn; zwei Blöcke in Oskarshamn wurden 2016 bzw. 2017 abgeschaltet, zwei Blöcke in Barsebäck in 1999 bzw. 2005. Schweden deckt rund 40 % seines Strombedarfs mit Kernkraft. In Schweden ist aufgrund der geologischen Gegebenheiten die Endlagerung in Granit vorgesehen. Die Betreiber der Kernkraftwerke sind für die Entsorgung verantwortlich.

Mehrere Gemeinden hatten sich um das Endlager beworben. Nach Untersuchungen sowie Erkundungsbohrungen an zwei potentiellen Standorten fiel 2009 die Standortentscheidung zugunsten von Östhammar bei Forsmark. Die Gemeinde Oskarshamn wurde aufgrund der Ablehnung als Endlagerstandort finanziell entschädigt. Die Anträge auf Errichtung für das Endlager bei Forsmark wurde im Jahr 2011 bei den zuständigen Behörden eingereicht. Im Januar 2018 hat die schwedische Atomaufsichtsbehörde die Bewilligung der Anträge empfohlen. Gleichzeitig hat das Bezirksgericht für Land und Umwelt von Nacka die Anträge als stichhaltig

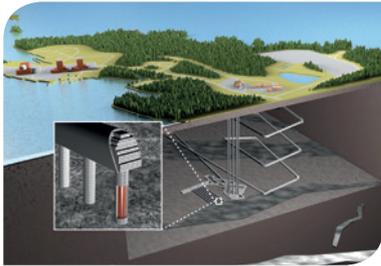
und umfassend bewertet und in weiten Teilen akzeptiert. Allerdings wurden für eine Bewilligung weitere Informationen hinsichtlich der Schutzfunktion der Kupferbehälter im Hinblick auf die Langzeitsicherheit gefordert. Diese Informationen werden derzeit im Rahmen des schrittweisen atomrechtlichen Genehmigungsprozesses erarbeitet. Der Beginn des Baus des Endlagers ist für die 2020er-Jahre geplant, die Bauzeit wird mit ca. 10 Jahren kalkuliert.



**Abb. 14**

*Geplantes Endlager am Standort Forsmark. (schematische visuelle Anmutung)*

*Quelle: Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB)*



**Abb. 15**

*Illustration des Endlagers  
in Olkiluoto in Betrieb*

*Quelle. Posiva Oy*

### Beispiel Finnland: Errichtung hat begonnen

In Finnland sind die Kernkraftwerke Loviisa 1 und 2 sowie Olkiluoto 1 und 2 in Betrieb, Olkiluoto 3 befindet sich in der Inbetriebsetzung, ein vierter Block ist beabsichtigt. Für den Bau eines weiteren Kernkraftwerks am Standort Hanhikivi laufen Vorbereitungsarbeiten. Kernkraft deckt derzeit ein Drittel des finnischen Strombedarfs. Die Betreiber sind für Schaffung und Betrieb von Endlagern selbst verantwortlich. An den Standorten Loviisa und Olkiluoto sind bereits Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in Betrieb. Für das Endlager für abgebrannte Brennelemente – Finnland hat sich von Anfang an für direkte Endlagerung entschieden – gründeten die Betreiber im Jahr 1995 ein gemeinsames Unternehmen.

Aufgrund eines Regierungsbeschlusses von 1983 wurden von 1986 bis 2000 in unterschiedlichen Regionen vier mögliche Standorte, darunter die beiden Kraftwerksstandorte, obertägig und mit Tiefbohrungen erkundet.

Alle vier sind Granitstandorte, die dominierende tiefengeologische Formation in Finnland. Nachdem sich alle vier Standorte als geeignet erwiesen haben, wurde der Standort Olkiluoto ausgewählt. Mit großer Mehrheit unterstützten der Gemeinderat, auf dessen Gebiet der

Standort liegt, und die ansässige Bevölkerung diese Entscheidung. Die Regierung billigte die Standortwahl im Dezember 2000. Das Parlament ratifizierte die Regierungsentscheidung im Mai 2001 nahezu einstimmig.

Seit Baubeginn 2004 liefert das Untertagelabor Onkalo die für die Genehmigung und den Bau des Endlagers erforderlichen Daten. Ende 2012 wurde bei der atomrechtlichen Genehmigungsbehörde die Baugenehmigung beantragt, die Aufsichtsbehörde Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) gab im Januar 2015 eine positive Sicherheitsbewertung im Genehmigungsverfahren ab. Die finnische Regierung hat am 12. November 2015 die Genehmigung für den Bau erteilt, der sich in Errichtung befindet. Der Antrag auf Betriebsgenehmigung soll im Jahr 2020 eingereicht werden. Die Einlagerung in 400 – 450 m Tiefe soll noch in den 2020er-Jahren beginnen. Der Einlagerungsbetrieb soll rund 100 Jahre dauern.

Nach derzeitigem Planungsstand könnte Finnland als erstes Land ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Betrieb nehmen.

## Quellen und weiterführende Informationen

### Organisationen

- Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) | [www.bfe.bund.de](http://www.bfe.bund.de)
- Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) | [www.bge.de](http://www.bge.de)
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) | [www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de)
- BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH | [www.bgz.de](http://www.bgz.de)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) | [www.bmu.de](http://www.bmu.de)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) | [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)
- DATF | [www.kernenergie.de](http://www.kernenergie.de)
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH | [www.grs.de](http://www.grs.de)

### Dokumente und Links

- Abschlussbericht des Gorleben-Untersuchungsausschusses des Deutschen Bundestags, Bundestagsdrucksache 17/13700 vom 23. Mai 2013 | <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/17/137/1713700.pdf>
- Auswahlverfahren für Endlagerstandorte – Empfehlungen des Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd), Dezember 2002 | [https://www.bundestag.de/blob/281906/c1fb3860506631de51b9f1f689b7664c/empfehlung\\_akend-pdf-data.pdf](https://www.bundestag.de/blob/281906/c1fb3860506631de51b9f1f689b7664c/empfehlung_akend-pdf-data.pdf)
- Bericht der Bundesrepublik Deutschland für die sechste Überprüfungs-konferenz im Mai 2018 zum gemeinsamen Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle
- Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland - Das Endlagerprojekt Gorleben. Oktober 2008
- Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten für Endlager in tiefen geologischen Formationen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (EUGENIA-Studie, Synthesebericht), BGR und DBE TECHNOLOGY GmbH (DBETEC), November 2011 | [https://www.dbe-technology.de/fileadmin/user\\_upload/unterlagen/vortrag/EUGENIA\\_Abschlussbericht.pdf](https://www.dbe-technology.de/fileadmin/user_upload/unterlagen/vortrag/EUGENIA_Abschlussbericht.pdf)
- Finnland: <http://www.posiva.fi/en>
- Frankreich: <http://www.andra.fr/international/>
- Gesetz zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze vom 5. Mai 2017 | [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBL#\\_bgbl\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl117s1074.pdf%27%5D\\_\\_1511983563075](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL#_bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s1074.pdf%27%5D__1511983563075)
- Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung vom 27. Januar 2017 | [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBL#\\_bgbl\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl117s0114.pdf%27%5D\\_\\_1511984207843](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL#_bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s0114.pdf%27%5D__1511984207843)
- Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle: Wirtsgesteine im Vergleich – Synthesebericht. 04.11.2005 | [http://www.acamedia.info/sciences/\\_J\\_G/sichtF/bfs/synthesebericht\\_endfassung.pdf](http://www.acamedia.info/sciences/_J_G/sichtF/bfs/synthesebericht_endfassung.pdf)
- Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm) | [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Nukleare\\_Sicherheit/nationales\\_entsorgungsprogramm\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/nationales_entsorgungsprogramm_bf.pdf)
- Schweden: <http://www.skb.com/>
- Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestand zum 31. Dezember 2014 und Prognose) | [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Nukleare\\_Sicherheit/jc\\_6\\_bericht\\_deutschland\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/jc_6_bericht_deutschland_bf.pdf)
- Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben (VSG) – Synthesebericht | <http://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-290.pdf>  
Linkliste der Berichte zur VSG | <http://www.grs.de/node/1647>



**DAAtF** | Kernenergie  
im Dialog

Herausgeber:

**DAAtF**

Deutsches Atomforum e.V.

Robert-Koch-Platz 4

10115 Berlin

info@

www. kernenergie.de

April 2018

Alle Rechte vorbehalten.

