

einblicke

Das Magazin der Bundesgesellschaft für Endlagerung

Radioaktive Abfälle

Warten aufs Endlager

Ein Besuch im Zwischenlager des
ehemaligen Kernkraftwerkes Unterweser



Momentaufnahme



Einen zuverlässigeren Zufallsgenerator gibt es nicht: Mit diesem Würfel entscheidet ein Mitarbeiter im Zwischenlager Unterweser, ob ein*e Besucher*in im Rahmen der obligatorischen Sicherheitskontrolle einer weiteren Überprüfung unterzogen wird. Diese Stichprobe bietet weitere Sicherheit, damit nichts durch die Schleuse geht, was hier nicht rein- oder rausdarf.

Liebe Leserinnen und Leser!

Wenn man von der Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle spricht, denkt man sofort an Strahlenschutz. Das ist auch richtig. Deshalb stecken ausgebrannte Brennstäbe in knapp sechs Meter hohen und mehr als 100 Tonnen schweren Behältern. Diese Castoren schirmen die Strahlung so weit ab, dass sie keine Gefahr für die Umwelt darstellt.

Im Zwischenlager stellt sich zusätzlich eine ganz andere Herausforderung: die Hitze. Denn in den Brennelementen, die einst im Reaktor Wärme erzeugten, die ihrerseits Turbinen und Generatoren antrieb, steckt noch immer Energie. Deshalb muss Stephan Thode, der uns als Strahlenschutzbeauftragter ins Zwischenlager Unterweser einlud, vor allem auf eine gute Wärmeableitung achten.

In der von der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung betriebenen Anlage warten in einer weiteren Halle neben den hoch- auch schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Für diese gibt es bereits eine sichere Lösung: Wenn 2027 das Endlager Konrad in Salzgitter fertiggestellt wird, werden sie sicher verpackt im tiefen Untergrund eingelagert. Die von ihnen ausgehende Gefahr ist dann gebannt.

Die hochradioaktiven Abfälle hingegen warten darauf, dass sie in ein Endlager kommen. Weil bis dahin noch Jahrzehnte vergehen werden, erforscht die BGZ bereits, wie die Abfälle, Behälter und Gebäude die Zeiten überdauern. Die Zwischenlagerung ist eine sichere Lösung für die Gegenwart und die nahe Zukunft, aber sie ist eben keine Dauerlösung.

Ihr Einblicke-Team

TITELBILD: Yvonne Lohmann von der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung ist im Zwischenlager Unterweser unter anderem für die routinemäßigen Strahlungsmessungen zuständig.

Warm hier drin

Die ausgebrannten Brennstäbe eines Kernkraftwerkes sind hochradioaktiv. Für sie gelten aufgrund ihrer hohen Aktivität strengere Sicherheitsanforderungen als für schwach- und mittelradioaktive Stoffe – Abfälle aus dem Rückbau der Atomkraftwerke wie kontaminierte Putzlappen, Schutzkleidung und Werkzeuge

In der Halle, in der die Castoren stehen, zieht es. 40 tiefblaue stählerne Sicherheitsbehälter stehen aufgereiht in der hinteren Hälfte des Raumes. Sie sind knapp sechs Meter hoch und haben einen Außendurchmesser von fast 2,5 Metern. Schon im leeren Zustand wiegt jeder einzelne von ihnen über 100 Tonnen. Ein nummeriertes Raster auf dem Boden zeigt an, wo sie hingestellt werden dürfen. 40 Plätze sind noch frei.

Die Halle gehört zum Brennelemente-Zwischenlager Unterweser. In den Castoren befinden sich 720 hochradioaktive Brennelemente. Auch Jahre nach ihrem Einsatz im benachbarten Kernkraftwerk geben sie noch Wärme ab. Sie entsteht infolge weiter ablaufender radioaktiver Zerfallsprozesse im Inneren der Behälter.

Radioaktiver Abfall ist nicht gleich radioaktiver Abfall, das wird bei einem Besuch in Unterweser klar. Welche Unterschiede es gibt, wie die verschiedenen Abfälle gelagert werden, was beim Umgang mit ihnen beachtet werden muss und wie weit der Weg bis zur Endlagerung teilweise noch ist: Davon bekommt man hier einen Eindruck.

Der Standort ist einer von insgesamt 16 auf dem Gebiet der früheren Bundesrepublik, an denen die BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung radioaktive Abfälle so lange einlagert, bis ein Endlager für sie zur Verfügung steht. Daneben gibt es an verschiedenen Standorten weitere Zwischenlager für den Atommüll der ehemaligen DDR und von Kernforschungszentren der gesamten Bundesrepublik. Am BGZ-Standort Unterweser wird schwach-, mittel- und hochradioaktiver Abfall aufbewahrt. Was in den Castoren steckt, ist hochradioaktiv. Solche Abfälle müssen unter besonders strengen Sicherheitsvorkehrungen aufbewahrt werden.

Stephan Thode, stellvertretender Leiter und Strahlenschutzbeauftragter des

Von Alexandra Endres

Die Autorin ist freie Journalistin mit einem Schwerpunkt auf Klima, Energie und Umwelt

Standortes, zeigt nach oben zur Hallendecke, wo schräg gestellte Lüftungsklappen zu erkennen sind. Sie lassen die aufsteigende Wärme entweichen. „Über den Castoren müssen die Klappen immer offen stehen“, sagt Thode. Mithilfe von Seilzügen lässt sich die Öffnung der Luken regulieren. Messgeräte unter der Decke überprüfen ständig die Temperatur in der Halle. Routinemäßig wird außerdem die radioaktive Strahlung im Brennelementelager überprüft, um so nachzuweisen, dass sie unter den gesetzlichen Grenzwerten bleibt.

In den beiden Abfall-Zwischenlagern Unterweser 1 und 2 (AZU 1 und AZU 2) befinden sich schwach- und mittelradioaktive Stoffe aus dem benachbarten Kernkraftwerk, das 2011, kurz nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima, vom Netz genommen wurde. Das können Filter, Putzlappen, Schutzkleidung oder Werkzeuge und Abfälle aus dem Rückbau des Kernkraftwerkes sein.

Auch sie müssen kühl, trocken und von der Umwelt abgeschirmt aufbewahrt werden. Zu diesem Zweck werden sie ebenfalls in besondere Behälter gefüllt. Aber es sind keine Castoren. Im AZU 2 lagern die Abfälle in rund 200 „Mosaik“-Behältern, sonnengelben Fässern aus Gusseisen und Kugelgraphit, und grauen, quaderförmigen Konrad-Containern in unterschiedlichen Größen. Manche von ihnen müssen noch mit Bauschutt oder Beton aufgefüllt werden. Aber abgesehen davon könnten sie so, wie sie hier stehen, bereits in ein Endlager



Kühl und trocken: Säuberlich
aufgereiht stehen im Zwischenlager
Unterweser 40 Castorbehälter
mit ausgebrannten Brennstäben.
Sie erzeugen noch immer viel Wärme

Allein der Transport der Abfälle zu einem zentralen Endlager wird mindestens 20 Jahre dauern

gebracht werden. Voraussetzung dafür ist, dass für jedes einzelne Gebinde eine entsprechende Genehmigung der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) vorliegt.

Fachleute sagen: Sie sind bereits fürs Endlager konditioniert. Die knapp 2000 Fässer im älteren AZU 1 hingegen sind das noch nicht. Sie müssen unter anderem in endlagerfähige Behälter umgehoben werden, die dann ebenfalls mit Beton aufgefüllt werden.

Derzeit wird das ehemalige Eisenerzbergwerk Konrad in Niedersachsen zum Endlager für die schwach- und mittelradioaktiven Stoffe umgebaut (siehe Seite 8). Andere Länder unterscheiden zum Teil zwischen kurz- und langlebigen Abfällen. Kurzlebiger Abfall wird dort anders als bei uns oberflächennah gelagert. „Man hat sich in Deutschland schon früh entschieden, für alle Arten von radioaktiven Abfällen Endlager in tiefen geologischen Schichten einzurichten“, sagt Kai Möller, Abteilungsleiter Abfalldaten und Abrufoorbereitung bei der BGE. „Der Grund dafür war die größere Sicherheit.“ Dass die Endlagerung damit auch teurer und aufwendiger werde, nehme man in Kauf.

Daraus ergibt sich, dass in Deutschland der radioaktive Abfall vor allem nach einem einzigen Kriterium getrennt wird: Entwickelt er viel Wärme oder nicht?

„International ist die Klassifizierung teilweise deutlich komplizierter“, erklärt Möller. „Frankreich beispielsweise plant verschiedene Arten von oberflächennahen Endlagereinrichtungen. Da muss man den Müll ganz anders sortieren.“ In Deutschland gilt: Schwach- und mittelradioaktive Abfälle entwickeln nur noch in einem vernachlässigbaren Ausmaß Wärme. Hochradioaktiver Abfall hingegen entwickelt so viel Wärme, dass das Endlagergestein beeinflusst werden kann. Dafür muss das Endlager ausgelegt sein.

„Auch im Brennelemente-Zwischenlager Unterweser ist alles darauf ausgerichtet, die von den Castoren ausgehende Wärmeleistung zu begrenzen“, sagt Stephan Thode. Das beginnt schon in den Behältern selbst. In ihnen werden die Brennelemente in einem Tragekorb eingelegt, der so konstruiert ist, dass die einzelnen Brennelemente einander nicht zu nahe kommen. Welches Brennelement an welcher Stelle kommt, richtet sich nach seiner noch verbleibenden Aktivität, und die hat unter anderem mit seiner früheren Position im Reaktor zu tun. Zugleich sollen die Brennelemente möglichst platzsparend auf die Castoren verteilt werden. Der Strahlenschutzingenieur Thode vergleicht die Aufgabe, die Castoren zu bestücken, mit dem Spiel Tetris.



„Die Temperaturen der Castoren haben wir permanent im Blick“, sagt der Strahlenschutzingenieur Stephan Thode. Die Behälter werden entsprechend ihrer Wärmeentwicklung in der Halle positioniert. Diese ist deshalb gut durchlüftet

Dabei hat er selbst damit nichts zu tun – das ist Aufgabe des Energieversorgers PreussenElektra, der den Reaktor nebenan betrieben hat und jetzt zurückbaut. Erst wenn die Castoren voll und dicht verschlossen sind, werden sie über Schienen ein paar Hundert Meter weiter ins Zwischenlager transportiert. Ab dann ist die BGZ verantwortlich.

Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) geht davon aus, dass nach dem Abschalten aller Kernkraftwerke in Deutschland 27 000 Kubikmeter hochradioaktiver Abfälle in rund 1900 Behältern übrig bleiben werden. Volumenmäßig ist das wenig im Vergleich zu den schwach- und mittelradioaktiven Abfällen. Doch auf die hochradioaktiven Stoffe entfallen 99 Prozent der gesamten Radioaktivität des deutschen Atommülls – Strahlung, die noch für Hunderttausende von Jahren Mensch und Umwelt gefährden kann.

Das sind kaum vorstellbare Zeiträume, und ein Endlager für den hochradioaktiven Abfall ist noch nicht gefunden. Die Endlagersuche wurde 2017 neu gestartet – bis ein Endlager gebaut und betriebsbereit ist, werden noch Jahrzehnte vergehen. Doch die Zwischenlager der BGZ sind nur für jeweils 40 Jahre genehmigt. Die Genehmigung für das Zwischenlager in Gorleben läuft bereits im Jahr 2034 aus.

Was dann? Allein der Transport der Abfälle zu einem zentralen Endlager werde mindestens 20 Jahre dauern, sagt Michael Hoffmann, Bereichsleiter Betrieb bei der BGZ. „Das ist nicht mehr zu schaffen, bevor die aktuellen Genehmigungen der Zwischenlager auslaufen.“ Deshalb arbeitet die BGZ daran, ihre Genehmigungen verlängern zu lassen. Zu diesem Zweck erforscht sie, wie ihre Zwischenlager und die Abfälle selbst altern: die Gebäude, die Behälter für die Abfälle, deren Dichtungen und Inhalt. Die hochradioaktiven Abfälle zu untersuchen, sei die größte Herausforderung, sagt Hoffmann – schließlich wolle man die Castoren für die Analysen nicht ohne zwingenden Grund öffnen. „Reinzuschauen setzt den, der das tut, einer Strahlendosis aus“, sagt Hoffmann. „Das wollen wir gerne vermeiden.“

Julia Neles vom Öko-Institut stellt fest, dass es bislang noch keine klaren Richtlinien gibt, nach denen die Genehmigungen für die Zwischenlager verlängert werden können. Rein technisch geht sie davon aus, dass die Abfälle auch über die ursprüngliche Genehmigungsdauer hinaus gelagert werden können – aber eben nicht unbegrenzt lange. „Spätestens wenn man die Behälter wieder anhebt, umhebt und abtransportiert, um sie ins Endlager zu bringen, sollte man genau wissen, was sich in ihnen befindet, wie der Inhalt sich über



die Jahre hinweg verhalten hat und was in Bewegung mit ihnen passieren kann.“

Wie lange es bis dahin noch dauern wird, wissen auch die Zwischenlager- und Endlagergesellschaften des Bundes noch nicht. Die BGZ forscht deshalb, etwa zur Haltbarkeit der Brennelemente und zu möglichen Problemen bei ihrer Entnahme aus den Castoren. Und die BGE verfolgt deshalb nicht nur die Aufgabe der Endlagersuche. Sie stellt auch alle bekannten Daten zu den Abfällen zusammen, um eine Datenbank damit zu befüllen.

Zunächst müssen die häufig noch auf Papier festgehaltenen Dokumentationen digitalisiert werden. Die Abfalldatenbank ist eine wichtige Voraussetzung für die Langzeitsicherheitsbetrachtungen für das geplante Endlager, das die bestmögliche Sicherheit für eine Million Jahre bieten soll. Nur wer im Detail weiß, welche Abfälle eingelagert werden sollen, kann berechnen, wie sie sich über Jahrtausende verändern werden. Und entscheiden, in welche Behälter sie verpackt werden müssen, um endlagerfähig zu sein. Das hängt auch ganz stark davon ab, in welchem Wirtsgestein das Endlager sein wird: Tongestein, Steinsalz, Kristallingestein? Für jede Variante entwickelt die BGE gerade ein Endlagerkonzept.

Die sonnengelben „Mosaik“-Fässer und die grauen Container enthalten schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Diese Behälter sind für die Endlagerung konditioniert und werden eines Tages ins Endlager Konrad gebracht



Unter Kontrolle

Der Geologe Christian Islinger ist Mitarbeiter der Infostelle Konrad. Unter Tage zeigt er, wo der radioaktive Abfall später eingelagert werden soll

Schwach- und mittlerradioaktive Abfälle sollen bald im Endlager Konrad endgelagert werden. Dafür muss ihre Verpackung besonderen Anforderungen genügen. Ob sie endlagerfähig sind, entscheidet die BGE-Produktkontrolle

Von Alexandra Endres

Der Platz im Endlager Konrad ist begrenzt. Bis zu 303 000 Kubikmeter schwach- und mittelradioaktive Abfälle sollen hier in nicht allzu ferner Zukunft tief unter der Erde endgelagert werden. Zu einem großen Teil handelt es sich dabei um strahlende Überbleibsel aus dem Betrieb von Kernkraftwerken wie Lappen, Pumpen, Rohre, Schutzkleidung, Filter, verstrahltes Abbruchmaterial oder Werkzeuge. Ein anderer Teil der Abfälle kommt aus Medizin, Forschung und Industrie.

Sie alle eint eine Eigenschaft: Anders als hochradioaktiver Müll geben die Abfälle, die im Endlager Konrad gelagert werden sollen, kaum Zerfallswärme ab. Die Energie, die sie noch abstrahlen, darf die Temperaturverhältnisse unter Tage somit nur unwesentlich beeinflussen. Rechtlich ist der Grenzwert genau festgelegt: Die Abfälle, die in Konrad endgelagert werden, dürfen die Temperatur des umgebenden Wirtsgesteins im Bergwerk im Mittel nicht um mehr als drei Grad erhöhen.

Der Ausbau des ehemaligen Eisen-erzbergwerkes im niedersächsischen Salzgitter ist aufwendig. Schließlich soll es höchsten Sicherheitsanforderungen genügen. Umweltschutzverbände wie der BUND befürchten, dass radioaktive Substanzen aus dem Endlager ins Grundwasser gelangen könnten. Doch aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass in den kommenden 300 000 Jahren nicht mit einer Freisetzung von Substanzen in die Biosphäre zu rechnen ist.

Im Jahr 2027 soll das Endlager in Betrieb gehen. Um eingelagert werden zu können, müssen die Abfälle dann „endlagerfähig“ sein – ob sie das sind, entscheidet die Produktkontrolle der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE). Die wichtigsten Kriterien: die Stabilität der Behälter und die Zusammensetzung der Abfälle. Die Container, in denen die Abfälle eingelagert werden, müssen eine bestimmte Größe haben, nicht zu groß und nicht zu klein. Sie müssen zum Strahlungsverhalten, der chemischen Zusammensetzung der Abfälle und ihrer Größe passen.

Vor der Entscheidung durchlaufen die radioaktiven Stoffe ein Prüfverfahren. „Die Verursacher, das sind zum Beispiel die Energieversorgungsunternehmen, müssen schon vorab darlegen, wie sie ihre Abfälle endlagerfähig konditionieren möchten, damit das Gebinde später den Anforderungen genügt“, sagt Monika Kreienmeyer, Bereichsleiterin Produktkontrolle bei der BGE in Peine. „Wir prüfen ihre Anträge

Ein Endlager im tiefen Gestein ist sicherer als jedes oberirdische Zwischenlager

dann auf der Basis von Prüfberichten, die externe Sachverständigenorganisationen wie etwa der TÜV Süd für uns erstellen. Wenn sie alle Anforderungen erfüllen, genehmigen wir das Verfahren.“

Dann werden die Abfälle konditioniert. Je nachdem, um welche Stoffe es sich dabei handelt, werden sie verpresst, eingeschmolzen oder verbrannt. Am Ende landet alles in Behältern, die ihrerseits in graue Container verpackt und dann mit Beton ausgegossen werden. Für jede Art des Abfalls gibt es einen passenden Container. Erst die richtige Kombination aus Abfall und Behältnis bringt Sicherheit.

Die Schritte werden wieder von Sachverständigen und den Aufsichtsbehörden der Länder begleitet und dokumentiert. Je weniger das Verfahren erprobt sei, umso genauer schauen sie hin, sagt Kreienmeyer. Am Ende prüft die BGE erneut sämtliche Unterlagen zur Strahlungsintensität der Abfälle. „Und erst wenn alles in Ordnung ist und tatsächlich den Anforderungen genügt, dann erstellen wir einen Bescheid, in dem bestätigt wird: Dieses Gebinde ist endlagerfähig für das Endlager Konrad.“

In manchen Zwischenlagern ist der schwach- und mittelradioaktive Abfall bereits „konradgängig“ verpackt, in anderen nicht. Im AZU 1 in Unterweser beispielsweise lagert Atommüll, der noch konditioniert werden muss. Wie lange er dort bleibt, hängt davon ab, wann Konrad in Betrieb geht. Spätestens drei Jahre nach Inbetriebnahme des Endlagers läuft die Genehmigung für das AZU 1 aus. Drei Jahre, um die Fässer zu konditionieren und abzutransportieren: Das ist wenig Zeit.

Denn die Abfälle können erst dann in Konrad eingelagert werden, wenn dort ein passender Platz verfügbar ist. Das ist nicht einfach. Weil auch unter Tage gewisse

Anforderungen an die Reihenfolge der Gebinde gestellt werden, können Behälter nicht beliebig hintereinander ins Bergwerk gebracht werden. „Auch kann es logistisch günstiger sein, gleichartige Container hintereinander einzulagern und nicht so oft zu wechseln“, sagt BGE-Fachfrau Kreienmeyer. So stellt die BGE unter Tage Sicherheit und Ordnung her.

Zugleich soll die Endlagerung der Abfälle im Schacht Konrad möglichst zügig erfolgen. Doch Sicherheit und Ordnung mit Schnelligkeit unter einen Hut zu bringen, ist eine Herausforderung. Um die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle möglichst schnell aus ihren Zwischenlagern zu holen, plant die BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung, die Abfälle aus dem ganzen Bundesgebiet zunächst in ein Logistikzentrum nach Würzburg zu holen und dort zu sortieren.

Dass das Endlager Konrad auch ohne Logistikzentrum betrieben werden könnte, daran hatte auch das Bundesumweltministerium (BMUV) zunächst keine Zweifel. Sonst hätte das Umweltministerium in Niedersachsen den Planfeststellungsbeschluss nicht in dieser Form erlassen dürfen. Vielmehr solle das Logistikzentrum einen Beitrag dazu leisten, die bestehenden Zwischenlager schneller zu räumen und die Abfallgebände schneller in das Endlager Konrad zu bringen, sagt ein Sprecher des BMUV. Aufgrund von Protesten in der Region hat das BMUV bereits im Frühjahr 2022 bekannt gegeben, dass es die Standortauswahl für das Logistikzentrum Konrad noch einmal prüfen und bewerten werde. Dabei wird es auch ein Gutachten im Auftrag der Landesregierungen in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen berücksichtigen, das zu dem Schluss kommt, das Logistikzentrum sei nicht nötig.

Sollte das Logistikzentrum Konrad nicht verwirklicht werden, kann die BGE die Abfälle dennoch sicher einlagern. Dafür hat sie eine Software zur Einlagerungsplanung entwickelt, mit der sich der Abruf der Abfälle auch aus den einzelnen Zwischenlagern realisieren lässt.

„Die Anlage ist nicht unverzichtbar“, sagt auch Michael Hoffmann, Bereichsleiter Betrieb bei der BGZ. „Aber sie ermöglicht einen zügigen Einlagerungsbetrieb und dadurch eine höhere Sicherheit für alle Bürgerinnen und Bürger.“ Denn eine Endlagerung in tiefengeologischen Gesteinsschichten bietet mehr Schutz als die Zwischenlagerung in durch Schutzwände, Zäune und Wachpersonal gesicherten Anlagen.

Vom Brennstoff zum Abfall

Bei der Stromerzeugung in Kernkraftwerken entsteht Atommüll. Die hochradioaktiven Abfälle werden in speziellen Behältern verpackt und warten in Zwischenlagern auf ihre endgültige Lagerung in tiefen geologischen Schichten. Ein Blick auf die radioaktiven Prozesse

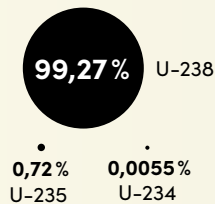


Kernkraftwerk

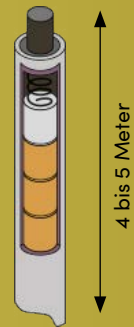
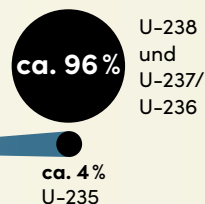


DER BRENNSTOFF

Natürliches Uran (U) besteht aus unterschiedlich schweren Atomen. Diese „Isotope“ unterscheiden sich in der Zahl der Neutronen in ihrem Atomkern:



In Brennstäben befindet sich angereichertes Uran mit einem höheren U-235-Anteil. In einem Reaktor befinden sich mehrere Zehntausend Brennstäbe:



Brennstab



Zwischenlager

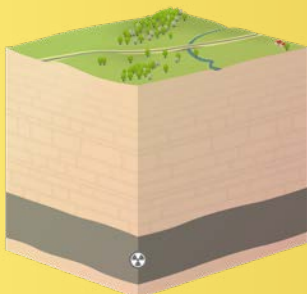


ABGEBRANNTEN BRENNSTÄBE

Nach ihrem Einsatz im Kernkraftwerk bestehen die Brennelemente aus vielen verschiedenen Stoffen:



Castor



Endlager

LANGZEITSICHERHEIT

Im Endlager zerfallen die radioaktiven Stoffe in den Abfallbehältern weiter und geben Wärme an das umgebende Gestein ab. Zunächst zerfallen die kurzlebigen Stoffe und geben dabei radioaktive Strahlung ab. Nach einigen **Hundert bis Tausend** Jahren sind die kurzlebigen Stoffe mehrheitlich zerfallen. Die Radioaktivität im Endlager sinkt jetzt nicht mehr so schnell, sondern bleibt für **sehr lange** Zeiträume beinahe konstant. Zurück bleiben unterschiedliche Stoffe, von denen einige **sehr giftig** sind.

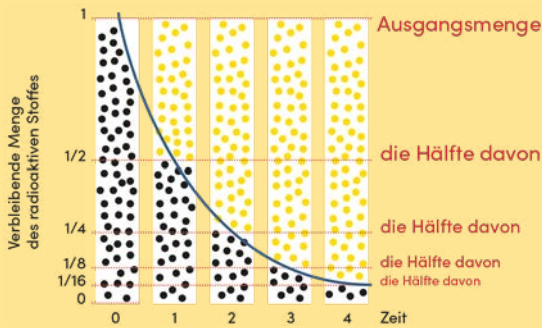


Endlagerbehälter*

*Endlagerbehälter befinden sich derzeit in der Entwicklung.

HALBWERTSZEIT

Zeit, innerhalb derer sich die Menge eines radioaktiv zerfallenden Stoffes halbiert



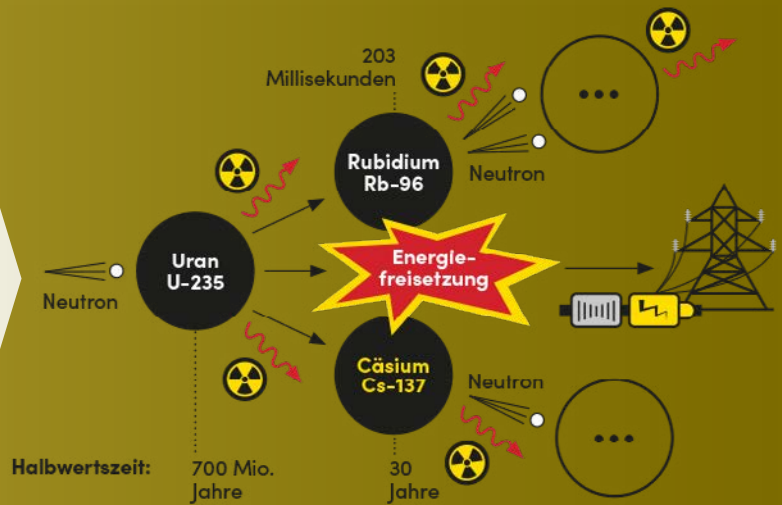
Der Zerfall radioaktiver Elemente erfolgt exponentiell (Zerfallsgesetz). Dabei entstehen meist instabile Zwischenstufen, die ihrerseits mehr oder weniger schnell zerfallen.

Cäsium-137 etwa hat eine Halbwertszeit von rund 30 Jahren. Nach 300 Jahren ist nur noch rund 0,1 Prozent der ursprünglichen Menge Cäsium-137 übrig.

Die Halbwertszeit von Plutonium-239 liegt hingegen bei 24 110 Jahren. Nach 300 Jahren sind somit noch mehr als 99 Prozent der Ausgangsmenge übrig.

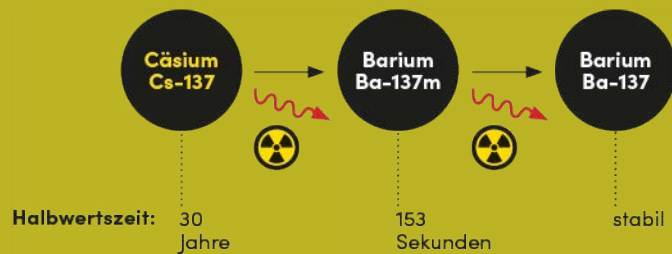
DIE ENERGIEERZEUGUNG

U-235 lässt sich durch den Beschuss mit Neutronen spalten. Es entstehen neue, leichtere Kerne. Dabei werden erneut Neutronen freigesetzt, die weitere U-235-Atome spalten können. Die Folge ist eine **Kettenreaktion**, die in einem Atomkraftwerk kontrolliert abläuft: Die dabei freigesetzte Wärme dient der **Stromerzeugung**. Überdies entstehen zahlreiche radioaktive Stoffe, deren **Halbwertszeiten** von Millisekunden bis zu Jahrtausenden dauern können.



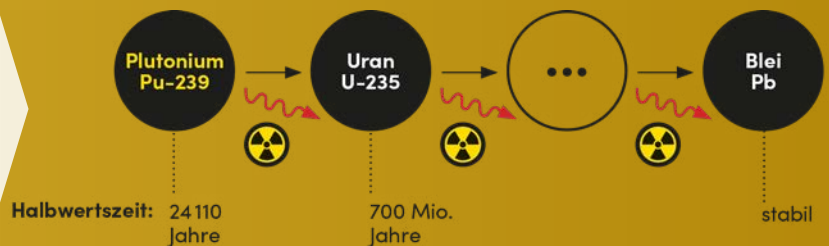
BEISPIEL: KURZE HALBWERTSZEIT

Das radioaktive Isotop **Cäsium-137** gehört zu den kurzlebigen Zerfallsprodukten. Mit einer **Halbwertszeit von 30 Jahren** verursacht es nur in den ersten Jahrzehnten und Jahrhunderten nach der Nutzung der Brennelemente einen relevanten Teil der Strahlung, die von den Abfällen ausgeht. Schon während der **Zwischenlagerung** verringert sich seine Konzentration deutlich. Für die **Langzeitsicherheit** eines Endlagers ist Cäsium-137 irrelevant.



BEISPIEL: LANGE HALBWERTSZEIT

Im Reaktor eines Kernkraftwerkes entsteht auch **Plutonium-239** – ein besonders gefährliches Isotop, weil sich daraus Atombomben bauen lassen. Es ist zudem hochgiftig. Aufgrund seiner langen **Halbwertszeit von über 24 000 Jahren** ist es – neben anderen Stoffen – für die Langzeitsicherheit eines Endlagers sehr relevant. Auch weil Plutonium-239 zu **Uran-235** zerfällt, das eine Halbwertszeit von gut **700 Millionen Jahren** hat. Am Ende der Zerfallsreihe entsteht Blei.



UNSER INFOANGEBOT

Infoplattform zur Endlagersuche

Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung stellt im Internet das zentrale Informationsangebot des Bundes zur Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle bereit:

www.endlagersuche-infoplattform.de

Einblicke online

Atommüll, Zwischenlager, Endlagersuche – zu diesen und anderen Themen gibt es auf der Website Reportagen und Informationen aus unterschiedlichen Perspektiven:

www.einblicke.de

Newsletter

Wie weit ist die Endlagersuche? Was sind die nächsten Schritte im Standortauswahlverfahren? Gibt es neue Termine? Welche Dokumente wurden neu veröffentlicht? Antworten darauf liefert der **BGE-Newsletter zur Endlagersuche**, der bis zu sechsmal im Jahr erscheint:

www.bge.de/newsletter

Wir über uns

Die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) sucht den Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle, der die bestmögliche Sicherheit für eine Million Jahre gewährleistet. Außerdem betreibt die BGE die Endlager Konrad und Morsleben sowie die Schachanlage Asse II und das Bergwerk Gorleben.

www.bge.de

Impressum

Herausgeber: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine, www.bge.de.
V. i. S. d. P.: Manuel Wilmanns; Einblicke-Team: Dagmar Dehmer, Frank Ehrlich, Helge Essert, Katharina Kiefer, Klaus Wild
Verlag: Studio ZX GmbH, Alt-Moabit 94, 10559 Berlin; Redaktionsleitung: Dr. Joachim Schüring; Gestaltung: Susanne Kluge; Bildredaktion: Sima Ebrahimi-Yazdi; Lektorat: Dr. Katrin Weiden; Herstellung: Tim Paulsen
Bildnachweise: Titel, S. 2, 5, 6, 7; Michael Kohls; S. 8: Verena Brüning; S. 10–11: Susanne Kluge/Studio ZX
Druck: Bonifatius GmbH, Paderborn

Die Einblicke sind auf einem FSC-zertifizierten Papier unter Verwendung von Altpapier und wiederaufforstbaren Rohstoffen gedruckt und klimaneutral. Die durch die Herstellung verursachten Treibhausgasemissionen wurden durch Investition in ein Klimaschutzprojekt kompensiert.

Erscheinungsdatum: 8.12.2022
Vertrieb: Diese Ausgabe erscheint zeitnah als Bei-/Auslage in folgenden Medien: Der Tagesspiegel, DIE ZEIT, Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, Süddeutsche Zeitung, taz, DIE WELT, ICE-Züge der Deutschen Bahn

Haben Sie Fragen?
Dann schreiben Sie uns:
dialog@einblicke.de



Hinweis für Menschen mit Sehbehinderung

Dieses Magazin gibt es auch als barrierefreies PDF-Dokument:
<https://einblicke.de/magazine>



Dieses Druckerzeugnis wurde mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

