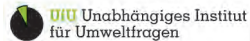




Infokarten
Strahlende Abfälle:

Entsorgungsexpertinnen und Entsorgungsexperten
wühlen im hochradioaktiven Müll



Müll ist nicht gleich Müll

Radioaktive Abfälle erfordern eine differenzierte Handhabung

Je größer die Radioaktivität von Abfällen und je größer die Konzentration, desto mehr Wärme entwickeln sie. Wichtig für die Lagerung ist außerdem ihre Langlebigkeit. Aus stofflicher Zusammensetzung, Strahlungsart, Halbwertszeit und Aktivität des radioaktiven Abfalls lassen sich Schlüsse über Umgang wie Verpackung, Abschirmungsnotwendigkeit usw. ziehen.

Im genehmigten Endlager Konrad ist eine Bedingung, dass im Bergwerk keine wesentlichen Temperaturerhöhungen auftreten dürfen. Die Temperatur im umgebenden Wirtsgestein darf sich nur um 3°C erhöhen. Aus dieser Vorgabe ergibt sich die zulässige Wärmeleistung des atomaren Abfalls, der eingelagert werden darf.



Bild: Öko-Institut e.V.

Arten radioaktiver Abfälle nach ihrer Aktivität im Vergleich:

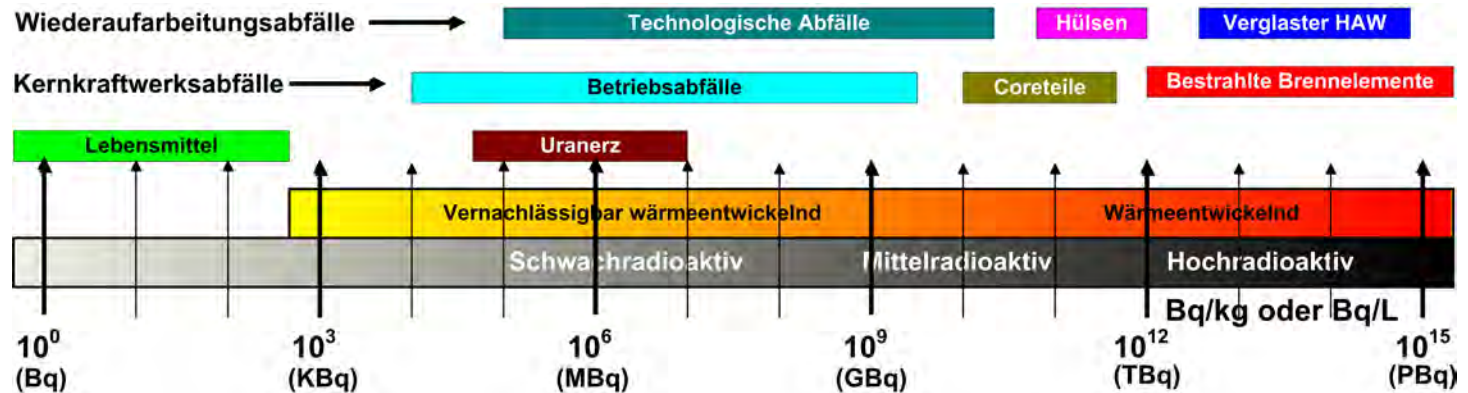


Bild: Öko-Institut e.V.

Umgang mit atomaren Abfällen

Wärmeentwickelnde Abfälle

werden in Castor- oder vergleichbare Behälter verpackt und in Zwischenlagern am Kraftwerksstandort oder zentralen Zwischenlagern (Gorleben, Ahaus, Jülich, Greifswald) gelagert.

Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

werden meistens konditioniert, d. h. verpresst, getrocknet, verbrannt, zementiert ... mit dem Ziel, ein chemisch stabiles Abfallprodukt und ein geringeres Volumen zu erreichen. Sie werden anschließend ebenfalls verpackt und zwischengelagert.

Derzeit werden alle in Deutschland anfallenden radioaktiven Abfälle früher oder später in Zwischenlagern gelagert.



Was gibt's und wohin soll's?

Deutschland klassifiziert Abfälle in solche, die Wärme entwickeln und solche, die dies nicht tun. Für letztere soll Schacht Konrad als Endlager ausgebaut werden, für die ersten gibt es das Standortauswahlgesetz – also alle Fragen geklärt?

Die Europäische Union hat alle Länder aufgefordert, bis Mitte 2015 zu erklären, welche radioaktiven Abfälle sie haben und wie sie mit ihnen verfahren werden. Länder, die kein Konzept haben, werden mit Geldbußen bestraft werden.

Nicht nur bei den Wärme entwickelnden Abfällen gibt es noch viele ungeklärte Fragen. Ein Experte beschreibt folgende Probleme: „Es gibt mehr schwach- und mittelradioaktive Abfälle, als in Konrad gelagert werden dürfen. Sie haben zwar nicht das Problem der Wärmeentwicklung, aber andere. Außerdem gibt es Stoffe, die als Wertstoffe deklariert sind, faktisch aber endgelagert werden müssen“



Bild: Rudolpho Duba / pixelio.de

**Viele Fragen sind noch offen. Unbestritten ist:
Wir brauchen ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland!**

Beispiel Konrad: Grundlage waren Sicherheits- und Störfalluntersuchungen, der Langzeitsicherheitsnachweis und technische Randbedingungen. Herausgekommen sind neben der Begrenzung der Wärmeentwicklung, die Begrenzung bestimmter Radionuklide, Anforderungen an die Festigkeit und die chemische Stabilität des Abfalls, Anforderungen an Abfallverpackungen und einiges mehr.



Bild: Morsleben / Öko-Institut e.V.

Für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle werden dann eigene Anforderungen gelten. Aber auch da ergeben sich die Randbedingungen aus Sicherheitsnachweisen, Strahlenschutz und Arbeitsschutz, Handhabbarkeit, Störfällen und Dokumentationsfragen.

Spielregeln für Endlager

Die Abfälle müssen bestimmten Anforderungen, so genannten Endlagerbedingungen, genügen.

Diese Anforderungen dienen dazu

- die Schutzprinzipien für heutige und zukünftige Generationen einzuhalten,
- nur Abfälle zu erhalten, die zu transportieren, zu stapeln und zu heben u.s.w. sind,
- den Arbeitsschutz des Personals zu gewährleisten,
- im Störfall (Bsp. Brand oder Behälterabsturz) die radioaktive Belastung zu begrenzen.

Entstehung von Abfällen in Kernkraftwerken

Radioaktive Abfälle entstehen überwiegend in Kernkraftwerken, aber auch in der Forschung, der Medizin und der Industrie.

Abfälle aus Kernkraftwerken:

- Bei der Kernspaltung entstehen Spaltprodukte und Aktiniden. Diese verbleiben überwiegend im Brennelement.
- Neutronen aus der Kernspaltung aktivieren die Umgebungsmaterialien. Atome des umgebenden Wassers, Betons, Stahls, usw. lagern Neutronen an und werden zu radioaktiven Isotopen. Stahleinbauten, Reaktordruckbehälter, usw. werden zu Abfall.
- Beim Umgang mit diesen Materialien entstehen außerdem Abfälle: bei der Reinigung des Kühlwassers, beim Austausch von Bauteilen, bei Reparatur und Wartung (Werkzeug, Wischlappen).
- Beim Rückbau entstehen Rückbauabfälle, die das ganze radioaktive Spektrum umfassen.

Bild: Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich / Öko-Institut e.V.

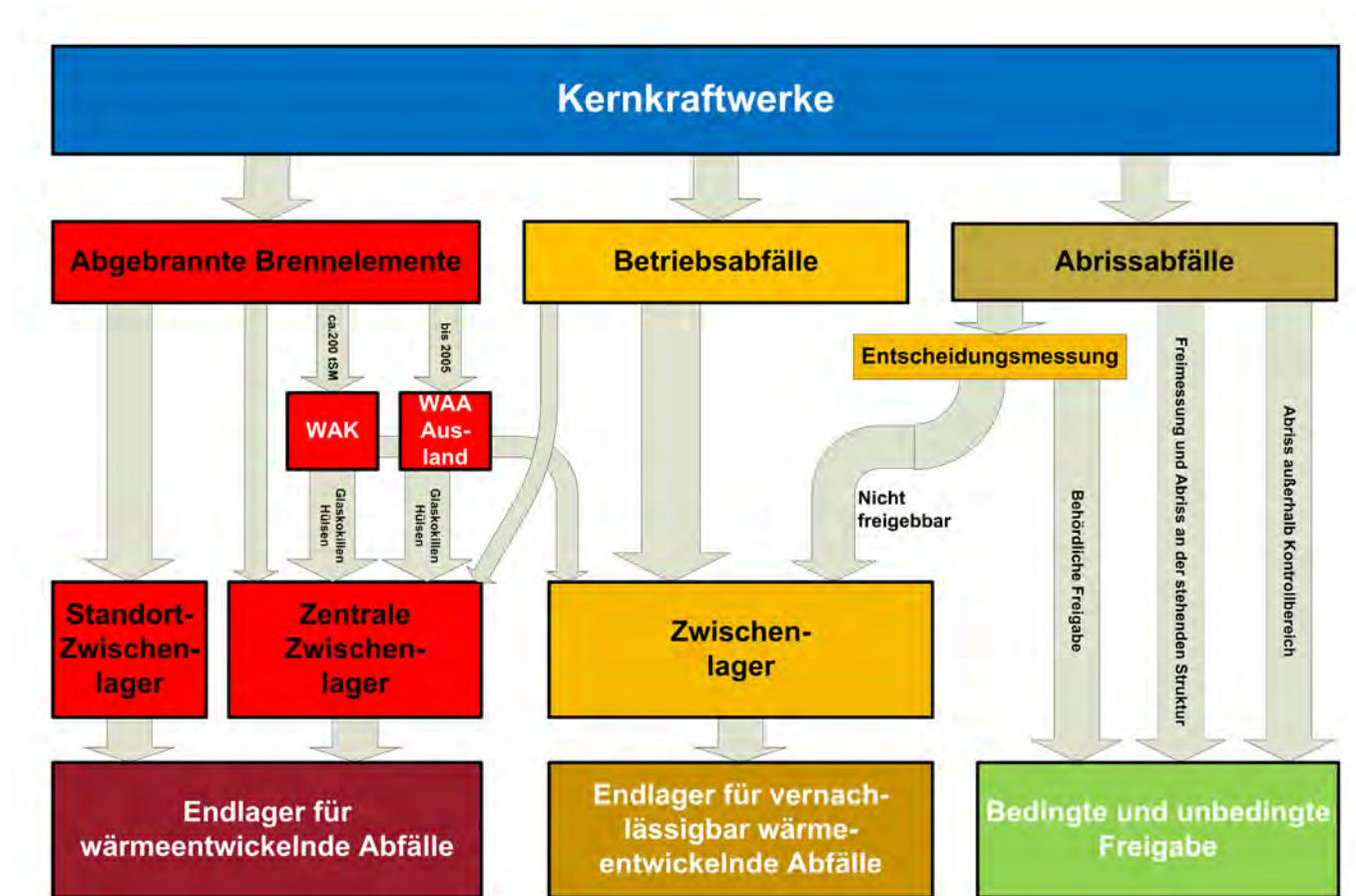


Bild: Öko-Institut e.V.

Entstehung hochradioaktiver Abfälle in der Wiederaufarbeitung

„Der Einsatz des aus der Wiederaufarbeitung zurückgewonnenen Plutoniums und Urans ist technisch schwierig und wirtschaftlich unattraktiv.“
(Neles/Pistner 2012, S. 169)

Die Betreiber mehrerer deutscher Kernkraftwerke lieferten ihre abgebrannten Brennelemente nach Frankreich (LaHague) oder England (Sellafield). Seit 2005 ist der Transport von abgebrannten Brennelementen ins Ausland gesetzlich verboten (Atomgesetz von 2002). Deutschland ist vertraglich verpflichtet, seine eigenen Abfälle zurückzunehmen. Die Rückführung erfolgt über die so genannten „Castor-Transporte“.

Die Wiederaufarbeitung trennt das im Brennelement entstandene Plutonium und das noch vorhandene Uran für eine weitere Nutzung ab. Dabei entstehen folgende radioaktive Abfälle:

- Der aufgelöste Rest des Brennstoffs als hochradioaktive Spaltproduktlösung, die verglast und in Kokillen verpackt wird.
- Die Brennstabhülsen, Tragteile des Brennelements etc. werden als Hülsen- und Strukturteile verpresst und verpackt.
- Bei Betrieb und später dem Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage entstehen Betriebs- und Rückbauabfälle (z.B. verglaste Konzentrate aus der Wasseraufbereitung).



Bild: Castor-Transport / Simon
Mario Avenia / PubliXview/
.ausgestrahlt

Wie viele abgebrannte Brennelemente sind zu entsorgen?

Bis Ende 2012 sind in Deutschland etwa 53.000 abgebrannte Brennelemente angefallen. Darin enthalten sind rund 14.700 Mg Uran (U) und Plutonium (Pu). Bis zur endgültigen Stilllegung aller Atomkraftwerke im Jahr 2022 werden weitere rund 2.500 Mg in abgebrannten Brennelementen anfallen. Insgesamt werden also ca. 17.200 Mg abgebrannte Brennelemente entstehen, von denen 10.500 Mg direkt als Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle zu entsorgen sind. 6.700 Mg sind in die Wiederaufarbeitung gegangen.

Beispiel Kernkraftwerk Biblis B:
von 1976 bis 2011 sind 1.824 abgebrannte Brennelemente mit 976 Mg Uran und Plutonium angefallen.

Mit der Maßeinheit Tonne oder Mg Schwermetall (= U und Pu) wird die Menge abgebrannter Brennelemente gemessen. Mg ist die offizielle ISO Bezeichnung.



Bild: Modell eines Druckwasserreaktor Brennelementes / Öko-Institut e.V.

Wie viele wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle gibt es hierzulande insgesamt? nun mal konkret...



Bild: Verglaste Abfälle in Glaskokille / GNS

Neben den abgebrannten Brennelementen sind die Wärme entwickelnden Abfälle aus den Wiederaufarbeitungsanlagen zu entsorgen.

Aus der Wiederaufarbeitung fallen insgesamt folgende wärmeentwickelnde Abfälle an:
670 m³ verglaste Spaltproduktlösung,
25 m³ Verglasungsprodukte mittlerer Radioaktivität,
740 m³ verpresste Hülsen- und Strukturteile.

Wie groß ist die gesamte Menge strahlender und wärmeentwickelnder Abfälle aus der Stromerzeugung, die wir in einem Endlager entsorgen müssen?

**Aktuelle Schätzung (Stand 2014)
bis zum Ende der Stromerzeugung
aus Kernkraft: ca. 28.100 m³.**

Was bedeutet eigentlich wärmeentwickelnd?

Die Kerne radioaktiver Substanzen wandeln sich unter Abgabe von Strahlung und Wärme um. Dies geschieht in einer für jeden Stoff festgelegten Zeit. In der Abbildung seht ihr die Wärmeleistung über die Zeit für die wichtigsten Radionuklide des Abfalls, einer Mischung aus direkt endgelagerten Brennelementen und Wiederaufarbeitungsabfällen.

Zum Verständnis dieser Grafik ist ein Periodensystem von Vorteil! Die einzelnen Verläufe zeigen Elemente, bzw. die Isotope bestimmter Elemente, deren durch radioaktiven Zerfall erzeugte Wärme sich mit der Zeit ändert. Die Skalierung ist logarithmisch!

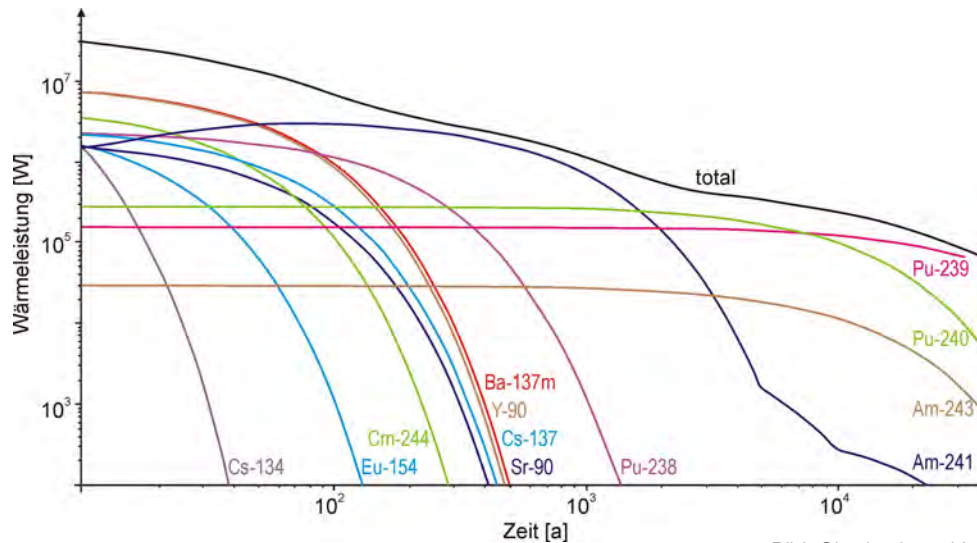


Bild: Oeko-Institut e.V.

Seht Euch die Grafik genau an: Welche Wärmeleistung hat das Abfallgemisch nach 100, welche nach 1000 Jahren? Vergleicht mit der Wärmeleistung eines Wasserkochers (der hat ca. 2000 W)! Wir lagern die ersten 100 Jahre ca. 5000 angeschaltete Wasserkocher, nach 1000 Jahren immer noch 500 Wasserkocher ein.

Ist Zwischenlagerung sinnvoll?

Auch um die Zwischenlager wird gestritten. Die Genehmigung des Zwischenlagers in Brunsbüttel wurde beklagt, weil das Risiko eines Flugzeugabsturzes nicht ausreichend berücksichtigt wurde. Dem Kläger wurde Recht gegeben.

Wenn wir uns auf keinen Endlagerstandort einigen können, besteht die Gefahr, dass sie viele Jahrzehnte in einem Zwischenlager bleiben müssen. Wie lange sind sie dort sicher?



Bild: Zwischenlager Gorleben / GNS

Die Zwischenlagerung ist in Deutschland als befristete Lösung angelegt. Auch hier gilt: sicherer Einschluss der Abfälle, Schutz der Menschen und der Umwelt vor Radioaktivität. Diese Aufgabe übernimmt im Wesentlichen der Behälter, der ständig überwacht wird. Alle Zwischenlager wurden für einen befristeten Zeitraum von 40 Jahren genehmigt, damit sie nicht schleichend zu Endlagerstandorten werden können – das ist eine große Sorge der Standortgemeinden! **Wie lange kann zwischengelagert werden?** Über 20 – 30 Jahre ist die oberirdische Zwischenlagerung sinnvoll, da in dieser Zeit die Wärmeleistung der Abfälle nachlässt und so der Wärmeeintrag in das Endlager reduziert wird. Das Mindesthaltbarkeitsdatum für einen Behälter beträgt 40 Jahre. Halten wird er sicherlich einige Jahrzehnte länger. Doch irgendwann werden Schäden auftreten. Keiner weiß, wie es dann im Inneren des Behälters aussehen wird. Der Behälter muss immer noch transportiert werden können. Das Know How darf nicht vergessen werden, z.B. wenn etwas repariert werden soll. Und wenn der Zeitraum immer länger wird: wer bezahlt das? Was passiert, wenn es Krieg gibt? Naturkatastrophen? Klimawandel? Die Zwischenlagerung ist keine Langzeitoption.

Gründe für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Schichten

Alle und insbesondere die hochradioaktiven Abfälle müssen über einen sehr langen Zeitraum von der belebten Umwelt ferngehalten werden. Lediglich ein Endlager in tiefen geologischen Schichten

- ermöglicht langfristig die Isolierung der radioaktiven Abfälle,
- ist mit vertretbarem Aufwand zeitnah realisierbar,
- ist ethisch vertretbar (Risikominimierung, Verursacherprinzip, Generationengerechtigkeit).

Andere Entsorgungsalternativen wurden in der Vergangenheit geprüft, ihre Realisierung ist nicht absehbar.

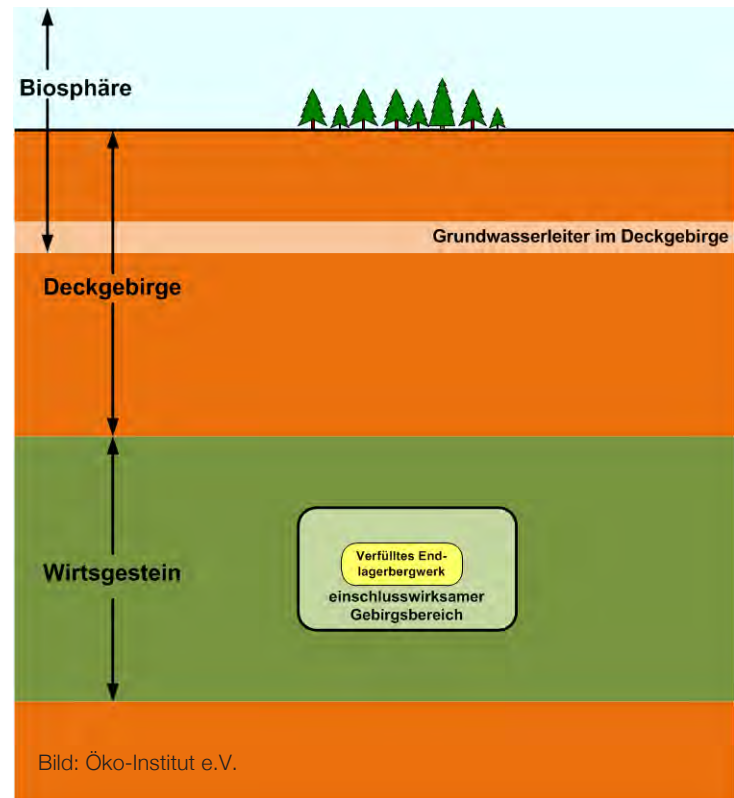


Bild: Öko-Institut e.V.

Ein Hindernis, welches Räume trennt oder abgrenzt, ist eine Barriere

Schutz vor Strahlung bieten Barrieren

Die Radionuklide, die im Brennelement entstanden sind, werden durch mehrere Barrieren eingeschlossen. Das sind die Brennstoffmatrix, das Hüllrohr und nach Verpackung der Behälter. Die Brennstoffmatrix bindet feste Stoffe ein, das Hüllrohr ist gasdicht und der Behälter bietet als wichtigste Barriere Schutz vor Strahlung und Zerstörung des Brennelements. Bei der Wiederaufarbeitung werden allerdings die Barrieren Matrix und Hüllrohr entfernt. Entsprechend sind neue Barrieren erforderlich. Die Spaltproduktlösung wird verglast und in die Kokille verfüllt. Die Kokillen werden in Behälter eingestellt (z.B. Castor). Der Behälter bietet wiederum den Schutz vor Strahlung und Zerstörung. Von diesen Barrieren profitiert auch die Zwischenlagerung. Das Zwischenlagergebäude selbst bietet auch noch einen gewissen Schutz, z.B. Abschirmung oder Witterungsschutz. Für die Endlagerung wird gegebenenfalls umgepackt. Je nach Behälterkonzept müssen Brennelemente zerlegt oder auch zerschnitten werden (Brennelemente können 5 m lang sein). Das Konzept ist aber noch offen. Sicher ist, dass auch dann Barrieren benötigt werden, um Mensch und Umwelt zu schützen. In der Einlagerungsphase wird das ein Behälter sein. Auf lange Sicht stellt das Gestein des Endlagers die Barriere dar.

Ich bin eine Glaskokille

Was bin ich?

Verglaste Spaltprodukte und Aktiniden. Genauer: hochradioaktiver Flüssigabfall, vermischt mit Borosilikatglas, gefüllt in Behälter aus Edelstahl, nach dem Abkühlen mit einem Edelstahldeckel verschweißt.

Was ist in mir?

Nicht verwertbarer Abfall aus der Kernspaltung aus ca. 1,3 t abgebranntem Kernbrennstoff.

Wo komme ich her?

Verglasungsanlagen bei den Wiederaufarbeitungsanlagen.



Bild: Verglaste Abfälle in Glaskokille / GNS

Meine Maße?

Ich bin schlank und zylinderförmig! Ich habe einen Durchmesser von 43 Zentimetern und eine Höhe von 1,34 Metern und kann ca. 400 Kilogramm (150 Liter) Glasprodukt aufnehmen. Das entspricht der Menge an Spaltprodukten aus drei bis vier wiederaufgearbeiteten Druckwasserreaktor-Brennelementen.

Was macht mich so wichtig?

Sowohl das Glas als auch die Stahlummantelung haben eine Barrierewirkung.

Fass mich nicht an!

Ich strahle und bin heiß! Ich bin wegen meiner radioaktiven Strahlung nur abgeschirmt oder ferngesteuert handhabbar.

Ich bin ein Castorbehälter

Was bin ich?

Ich bin ein Transport- und Lagerbehälter für hochradioaktive Abfälle.

Meine Kleidung ist das beste an mir!

Ein ca. 40 Zentimeter dicker Mantel aus Gusseisen umgibt das hochradioaktive Material. So genannte „Moderatorstäbe“ schirmen gegen Neutronen ab. So wird der gesetzliche Grenzwert für die Strahlenbelastung an der Behälteroberfläche unterschritten.

Was ist in mir?

Glaskokillen (auf dem Bild sind vier zu sehen) oder abgebrannte Brennelemente

Wo komme ich her?

Ich komme aus den Wiederaufarbeitungsanlagen in Frankreich und England sowie direkt aus den Kernkraftwerken in Deutschland.

Fass mich nicht an! Ich strahle!

Im Inneren des Castorbehälters herrschen Temperaturen von mehreren Hundert Grad Celsius, an der Oberfläche bis zu 80 Grad. Würde jemand auf die Idee kommen, den Castorbehälter zu öffnen, wäre er durch die Brennelemente einer so hohen direkten Strahlung ausgesetzt, dass durch verbrennungsähnliche Schäden schließlich der Tod eintreten würde.

Wie alt kann ich werden?

Eine Mindesthaltbarkeit von 40 Jahren ist für die Castorbehälter garantiert. Danach ist eine erneute Prüfung und Genehmigung erforderlich.



Bild: Castorbehälter
im Schnitt / GNS

Endlagerbehälter – nochmal ein neues Kleid?

In den 1980er Jahren wurden verschiedene Behälterkonzepte für die Endlagerung entwickelt. Ein Beispiel ist das Umpacken in den kleineren Polluxbehälter. Die Castorbehälter waren damals für die Bergbautechnik zu schwer. Alternativ wurde auch das Umpacken in einfache Brennstabkokillen (noch kleiner, keine Abschirmung) entwickelt, die im Endlager in Bohrlöcher gestellt werden. Als dritte Variante ist das Einlagern von Behältern wie dem Castor angedacht worden. In Schweden werden die Brennelemente für die Einlagerung in Granit in Kupferbehälter verpackt.

Mit dem Standortauswahlprozess sind aber jetzt erstmal die Randbedingungen, die sich aus dem Standort ergeben und die darüber hinaus festgelegt werden, zu klären. Erst dann kann u. a. das Behälterkonzept entwickelt werden.

*„Das Referenzkonzept zur direkten Endlagerung ausgedienter Brennelemente sieht vor, aus den Brennelementen in einer übertägigen Anlage die Brennstäbe zu entfernen, die Brennstäbe in selbstabschirmenden dickwandigen und dicht verschlossenen Behältern für die Endlagerung zu verpacken und diese Behälter in tiefen geologischen Formationen endzulagern. Es ist nach dem verwendeten Behältertyp auch als Referenzkonzept Pollux benannt.“
(BMU 2011, S. 66)*



Wie groß die Panik vor Transporten ist, könnt ihr häufig in der Presse finden. „Angst vor den Castor-Transporten“ und STRAHLENDE ABFÄLLE „Große Gefahr für Anwohner“ titelte die WAZ anlässlich der Durchfahrt eines Castortransports zum Zwischenlager Ahaus 2012.

Transporte von hochradioaktiven Abfällen

Habt Ihr eine Idee, wie der Abfall so wenig wie möglich transportiert werden kann? Achtung: Die Menschen in Gorleben befürchten, dass ihre Region zum Endlagerstandort gemacht wird, weil immer mehr Abfälle dorthin transportiert werden.

Die Akzeptanz solcher Transporte ist gering und die Sorge vor Strahlenbelastung hoch. Es könnten beim Auf- und Umladen oder bei der Fahrt Unfälle passieren. Um die Behälter gab es einige Skandale, bei denen heraus kam, dass sie aufgrund von Verschmutzungen mehr strahlten, als sie dürfen. Je mehr Transporte durchgeführt werden, desto höher ist das Risiko von Unfällen. Daher wird versucht, so wenig Transporte wie möglich stattfinden zu lassen.

Transporte von abgebrannten Brennelementen aus kommerziellen Kernkraftwerken finden nicht mehr statt. Transporte zur Wiederaufarbeitung wurden 2005 verboten. Stattdessen wurden die Zwischenlager an den Kraftwerksstandorten errichtet.

Was wir noch transportieren sind Abfälle aus abgebrannten Brennelementen deutscher Kernkraftwerke, die bereits in die Wiederaufarbeitung nach Frankreich und Großbritannien geliefert wurden. Diese müssen wir zurück nehmen.

Wenn ein Endlager in Betrieb geht, werden Transporte nochmal erforderlich. Und zwar so lange bis der ganze Abfall im Endlager verschwunden ist.

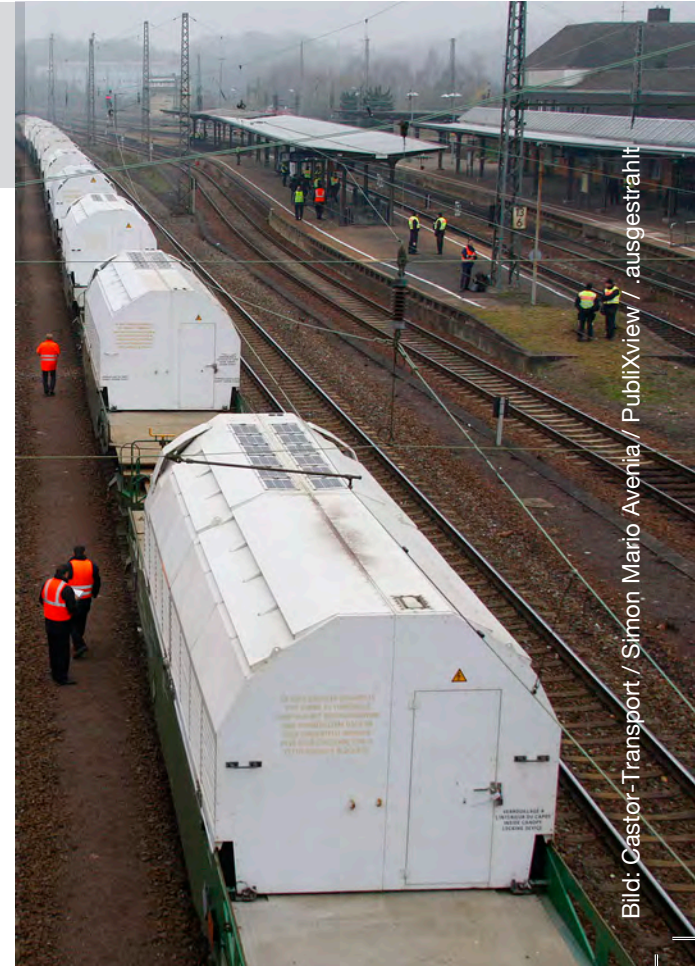


Bild: Castor-Transport / Simon Mario Avenia / PubliXview / ausgestrahlt



Kann man das nicht doch noch gebrauchen?

Viele hoffen, dass uns irgendetwas einfällt, wozu wir diese Abfälle gebrauchen können. Leider ist uns in den letzten 60 Jahre nichts Umsetzbares eingefallen. Und 60 Jahre sind für technische Entwicklungen eine lange Zeit, denkt an die Entwicklung des Autos oder der Computer! Noch brauchen wir ca. 100 Jahre, bis wir das Endlager gefunden, ausreichend untersucht, ausgebaut und befüllt haben. Wenn uns bis dahin nichts eingefallen ist, wird's wahrscheinlich auch nichts mehr.

Wenn ein Endlager dauerhaft rückholbar gestaltet wird, kann es Probleme geben: Das Endlager muss offen gehalten werden. Das bedeutet keine völlige Isolation von der belebten Umwelt, hoher Aufwand für die Offenhaltung, Risiken von Diebstahl, Terroranschlägen, Sabotage, Risiken für Störfälle, z.B. kann Wasser viel leichter eindringen.

Und dann? Während der Betriebsphase (ca. 50 bis 100 Jahre) ist der Abfall rückholbar, d.h. er kann herausgeholt werden. Danach wird alles fest verfüllt. Als Notfallmaßnahme ist der Abfall z.B. 500 Jahre lang bergbar, das bedeutet, ein neuer Schacht wird gegraben und so weit intakte Behälter werden geborgen.

Und was passiert alles, bis der strahlende Abfall sicher unten gelagert wird?



Bild: Zwischenlager Gorleben / GNS

