

Nr. 15/August 2022

# einblicke

Das Magazin der Bundesgesellschaft für Endlagerung

Hochradioaktive Abfälle

# Raum für Experimente

Ein Besuch im Schweizer Felslabor Mont Terri

# Momentaufnahme



Der rund 175 Millionen Jahre alte Abdruck stammt vom Gehäuse eines längst ausgestorbenen Ammoniten. Die Verwandten der heutigen Tintenfische lebten in einem tropischen Flachmeer, das in der Jurazeit weite Teile Europas bedeckte. Die feinen Sedimente verfestigten sich in den Jahrmlionen zu einem soliden Gestein – dem „Opalinuston“, der seinen Namen diesem Ammoniten *Leioceras opalinum* verdankt. Die Aufnahme stammt aus dem Felslabor Mont Terri.

TITELBILD: Tunnel in die Erdgeschichte: Mehrere Hundert Meter unter der Oberfläche des Schweizer Jura haben Wissenschaftler\*innen das Felslabor Mont Terri eingerichtet. Hier erforschen sie das Verhalten des Opalinustons – eines potenziellen Wirtsgesteins für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle.

## **Liebe Leserinnen und Leser!**

An die Karte, die im September 2020 durch alle Medien ging, werden sich viele noch erinnern. Die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) hatte darauf jene Regionen ausgewiesen, die sich grundsätzlich für die Errichtung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle eignen könnten. Ungefähr die Hälfte des Landes kommt demnach potenziell dafür infrage (siehe Einblicke Nr. 10).

In den nächsten Schritten der Endlagersuche nimmt die BGE diese Regionen nun genauer unter die Lupe und prüft unter anderem, ob es dort eine ausreichend mächtige Schicht eines der drei potenziellen Wirtsgesteine gibt: Tongestein, Steinsalz oder Kristallingestein.

Weil noch niemand weiß, in welchem dieser Gesteine die hochradioaktiven Abfälle einmal lagern sollen, setzt die BGE schon jetzt alles daran, diese intensiv zu erforschen. So ist sie seit dem Sommer 2020 neue Forschungspartnerin im Mont Terri Projekt, das wir in unserer Titelgeschichte präsentieren. Unser Autor hat das Felslabor im Schweizer Jura besucht und beobachtet, wie die Expert\*innen vieler Disziplinen dort das Langzeitverhalten eines Tongesteins erforschen.

Die Wirtsgesteine bestimmen übrigens auch, auf welche Art und Weise die Abfälle eines Tages eingelagert werden. Denn es sind möglicherweise nicht die Castoren, die ins Endlager kommen. Sie dienen nach aktuellem Stand lediglich dem Transport und der Zwischenlagerung. Ob Salz, Ton oder Kristallin: Für jedes Gestein gibt es spezielle Behälter. Im zweiten Teil stellen wir einige von ihnen vor.

**Ihr Einblicke-Team**



Wie verhält sich das Gestein, nachdem ein Hohlraum geschaffen wurde? In diesem Tunnel erfassen zahlreiche Messgeräte auch winzige Bewegungen

# Ein Labor im Berg

Vor 175 Millionen Jahren lagerten sich in weiten Teilen Europas am Grund eines flachen Meeres feine Sedimente ab, die sich im Laufe der Zeit verfestigten. Diese Tongesteine finden sich heute in der Schweiz und im Süden Deutschlands, wo sie grundsätzlich als Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle infrage kommen. Im Felslabor Mont Terri wird dazu geforscht

**E**ines ist sicher: An diesem Standort wird die Schweiz ihr Endlager nicht errichten – aber das war ohnehin von Anfang an klar. „Hier gibt es zu viele tektonische Bewegungen“, sagt David Jaeggi vom Bundesamt für Landestopografie swisstopo, während er durch die Stollen im Mont Terri im Kanton Jura führt. An einem Aufschluss wird erkennbar, warum dies definitiv nur ein Forschungsstandort sein kann: „Hier sieht man deutliche Faltungen im Gebirge.“ Tektonik und Faltungen, Störungsausläufer des Oberrheingraben – „geologisch ist das ein Worst-Case-Szenario“.

Für die Forschung ist das jedoch unerheblich. Deswegen begann die Schweiz hier vor einem Vierteljahrhundert, den Opalinuston zu erforschen. Die Frage dabei: Wie verhält dieser sich als Wirtsgestein für hochradioaktiven Müll? Ursprünglich hatte die Schweiz ihre Abfälle im Granit einlagern wollen, doch in zwei Jahrzehnten intensiver Standortsuche erwiesen sich immer mehr Orte als untauglich. Am Ende blieben – weil der Alpenraum geologisch auch heute noch in

Bewegung ist – im Land keine geeigneten Granitformationen mehr. So rückte der Opalinuston ins Blickfeld der Schweizer Endlagersuche – ein vor 175 Millionen Jahren aus feinen Schlammpartikeln am Grund eines Flachmeeres der Jurazeit entstandenes Sedimentgestein.

Dieses Gestein gilt es, präzise zu untersuchen. Nahe des Bahnhofs Saint-Ursanne im Nordwesten der Schweiz befindet sich das Besucherzentrum, wo jene Schweizer Organisationen, die für die Endlagerung zuständig sind, den Kontakt zur Bevölkerung suchen. Von hier blickt man hinab auf die historische Kleinstadt im Tal des Doubs. Zur anderen Seite ragt der Mont Terri empor, mit seinen gerade einmal 800 Metern ein eher kleinerer Berg am Rande des Schweizer Jura.

Eine schmale Straße führt, an Kalksteinwänden vorbei, empor zu einer Sicherheitsschleuse, durch die man ebenerdig in das Tunnelsystem gelangt. Dieses zieht sich durch eine 150 Meter mächtige, nach Südosten abtauchende Schicht des Opalinustons. Darüber: bis zu 300 Meter Fels. Als Standort für ein Tiefenlager mit

## Von Bernward Janzing

Der Autor studierte Geografie, Geologie und Biologie und arbeitet als freier Journalist mit den Schwerpunkten Energie und Umwelt

hochradioaktiven Abfällen kam der Opalinuston am Mont Terri nie infrage. Hier werden nur die gebirgsmechanischen Eigenschaften eines potenziellen Wirtsgesteins erkundet.

Umso attraktiver aber fanden Forscher\*innen die Formation an sich, seit man in den späten 1980er-Jahren begann, den Untergrund in dieser Gegend genauer zu erkunden. Beim Bau eines Sondierstollens für die Autobahn 16, die heute in einem 4100 Meter langen Tunnel den Mont Terri durchstößt, hatte sich nämlich gezeigt, dass der Opalinuston praktisch wasserundurchlässig ist und zudem viel standfester als erwartet.

Also begannen die zuständigen Institutionen hier mit der Analyse des Gesteins aus Sicht der Endlagertauglichkeit. Erste Experimente in kleinen Nischen entlang des Rettungstollens der Autobahn begannen 1996. Zwei Jahre später legten swisstopo, das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI, die nationale Aufsichtsbehörde) und die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) eigene Forschungs-



David Jaeggi ist Leiter des Mont Terri Projektes und Herr über 50 verschiedene Experimente. Sie sollen zeigen, unter welchen Bedingungen sich der Opalinuston als Wirtsgestein für hochradioaktive Abfälle eignet

stollen an, die sich heute in einer Länge von rund 500 Metern durch den Berg ziehen.

Die Experimente sind in zahlreichen Nischen im Gestein angeordnet, in kleinen Ausbrüchen in Raumhöhe. Es sind Sensoren an und in den Wänden erkennbar, es sind Drähte gespannt, Messpunkte markiert, es hängen Kabel im Raum, die sich zu Strängen vereinigen und in Schaltschränken enden. „Hier arbeiten wir an 50 verschiedenen Experimenten“, sagt David Jaeggi, während er, vor einem Lageplan stehend, die Struktur des Labors mit seinen Verästelungen erläutert. David Jaeggi ist Leiter des Mont Terri Projektes, ein ruhiger, besonnener Wissenschaftler. Einer, der sein Wissen gerne vermittelt. Und dies auch gut zu vermitteln vermag.

Mitarbeiter\*innen sind in den Gängen nur sporadisch zu sehen, lediglich dort, wo gerade ein neuer Versuch aufgebaut oder ergänzt wird. Vielfach geht es hier vor allem darum, abzuwarten. Zu beobachten, welche Veränderungen der Fels zeigt, welche Eigenschaften das Gestein offenbart – zum Beispiel, wenn sich Feuchte oder Temperatur ändern. Von ihren Computern in ihren Büros aus können die Wissenschaftler\*innen die meisten Messungen kontinuierlich begleiten.

An zehn Experimenten ist auch die deutsche Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) beteiligt. Zudem sind aus Deutschland das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) sowie diverse Helmholtz-Forschungszentren – zum Beispiel das KIT in Karlsruhe – involviert. Denn in Tonformationen hatte

## Deutschland hatte sich seit den 1960er-Jahren auf Salz als Wirtsgestein konzentriert

Deutschland in den vergangenen Jahren kaum geforscht, hier ist die Schweiz weit voraus.

Deutschland hatte sich seit den 1960er-Jahren auf Salz als Wirtsgestein konzentriert. In Westdeutschland lagerte man Atommüll im Salzbergwerk Asse ein, in Ostdeutschland in Morsleben. Als Endlager für hochradioaktive Abfälle wurde Gorleben erkundet. Der Standort war 1977 in einem umstrittenen Verfahren bestimmt worden. Jahrzehntlang kämpften Bürgerinitiativen dagegen, weil sie geologische Mängel kritisierten und den Auswahlprozess nicht nachvollziehen konnten. Deswegen begann im Jahr 2017 ein aufwendiger und transparenter Auswahlprozess – in dessen erstem Schritt der Salzstock Gorleben aus dem Verfahren ausschied, unter anderem, weil das Deckgebirge den Sicherheitsanforderungen der neuen Endlagerung nicht standhielt.

Geforscht wird nicht nur im Felslabor Mont Terri, sondern zu unterschiedlichsten Themen. Das BASE begleitet das Verfahren zum Beispiel auch mit sozialwissenschaftlicher Forschung, um die Methoden und Instrumente der Öffentlichkeitsbeteiligung zu reflektieren. Das Bundesamt lässt aber auch zu Messmethoden für übertägige Erkundungsprogramme forschen, um die von der BGE eines Tages vorgeschlagenen Erkundungsprogramme besser bewerten zu können.

Die BGE ihrerseits hat die Aufgabe, Vorschläge für einen Standort zu erarbeiten. Dabei spielen geologische Fragen immer eine wichtige Rolle. Ein Forschungsprojekt zum Beispiel modelliert mögliche Erosionen durch zukünftige Vergletscherungen. Konkret geht es dabei um die Frage, ob Gletscher an potenziellen Standorten beim Abschmelzen den Untergrund so tief erodieren können, dass der Atommüll wieder freigelegt würde. Ein anderes Projekt erforscht die Entstehung und Bewertung von Störungen im Kristallgestein, die durch Bohrungen entstehen. Und es sucht nach Methoden, um solche Klüfte wieder naturidentisch zu verfüllen.

Hinsichtlich der drei potenziellen Wirtsgesteine – Salzgestein, Tongestein und kristallines Gestein – ist Deutschland in internationale Forschungsk Kooperationen eingebunden.

Entsprechend international sind auch die Projekte am Mont Terri, wo neben der Schweiz acht weitere Nationen in Versuche eingebunden sind. Zum Teil sind neben den Institutionen auch Firmen als Partner mit im Boot, die nicht unbedingt mit Atommüll zu tun haben, sich aber gleichwohl für die Gesteinsformationen interessieren. Etwa Firmen aus der Ölbran-

che, die Lagerstätten zur Verpressung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) suchen.

In den meisten Fällen aber steht die Lagerung hochradioaktiver Abfälle im Vordergrund des Forschungsinteresses. Zum Beispiel, wenn es um die Frage geht, wie sich das Gestein durch Erwärmung verändert. In einem Versuch hat man daher im Mont Terri einen Heizkanister eingelagert. Dieser gibt fortwährend 1500 Watt an Wärmeleistung ab, das entspricht dem Wert eines künftigen Endlagergebindes in der Schweiz. „Das Gestein darf sich nur auf 80 bis 85 Grad erwärmen“, erklärt Jaeggi. Diese Schwelle hat der Schweizer Opalinuston in der Erdgeschichte nie überschritten. Also soll er es auch künftig nicht tun, wenn er die Nachzerfallwärme aus den Atombehältern aufnimmt. Daher beobachten die Forscher\*innen nun, was die Hitze mit dem Gestein macht, hier unten im Fels, wo die Temperaturen ansonsten ganzjährig um die 13 Grad Celsius liegen.

Weiter geht die Tour von einer Nische im Fels zur nächsten, wo Buchstaben-codes die jeweiligen Projekte kennzeichnen. An einem wenige Meter in den Fels reichenden Hohlraum mit dem Kürzel CD-A bleibt Jaeggi stehen. Daneben gibt es eine zweite, identische Nische, aber die ist verschlossen. Hier wird – auch im Vergleich der beiden Areale – ermittelt, welche Rolle Feuchte auf die „Excavation Damage Zone“ hat, auf jenen Bereich des Gesteins, dessen Struktur durch das Aufbrechen der Stollen gelitten hat. Denn solche Beschädigungen sind später bei der Einlagerung unvermeidlich und deshalb höchst relevant. Die Tonformation hat da einen großen Vorteil: „Das Gestein ist zur Selbstheilung fähig“, sagt Jaeggi. Risse verschließen sich langsam wieder von alleine.

Bei diesem Versuch steckt in der Wand unter anderem ein Extensometer, das die Dehnung einer Fuge im Verlauf der Zeit registriert. Zusammenhänge mit Änderungen von Temperatur und Feuchte werden so offenbar. Ton schrumpft nämlich bei niedriger Luftfeuchte. Im Boden steckt unterdessen auch ein Erschütterungssensor. „Der ist so empfindlich, dass er unsere Schritte registriert hat“, sagt Jaeggi im Weitergehen.

So misst man hier alles, was man sich ausmalen kann. „Thermisch, hydraulisch, mechanisch, chemisch und biologisch“, sagt Jaeggi, „das sind die Einflussgrößen, die wir im Blick haben.“ Die Untersuchungen zur Mikrobiologie mögen im ersten Moment überraschen, aber auch dieses Thema spielt unter Tage eine wichtige Rolle. Mikroben, deren Eintrag bei der Einlagerung unvermeidbar ist, könnten Gase erzeugen, die wiederum die Metalle der Behälter schneller korrodieren lassen. All das muss man vorher wissen.

Wichtig sind auch Messungen der Diffusion. Der Opalinuston, der hier zu 40 bis 80 Prozent aus Tonmineralen besteht, habe eine extrem geringe hydraulische Durchlässigkeit, erklärt Jaeggi. Wasser kommt hier in einer Million Jahren nur wenige Meter im Gestein voran.

Ob diese Geschwindigkeit auch für das Eindringen von Schadstoffen gilt, speziell von Radionukliden? Das ist wichtig zu wissen, weil es am Ende das Gestein sein wird, das die Stoffe zurückhalten muss. Die Behälter, so die Kalkulationen, können nach 10 000 Jahren durchgerostet sein. Dann muss das natürliche Gestein allein die Funktion als Barriere übernehmen.

Über die Ausbreitung strahlender Stoffe im Gestein soll ein Versuch aufklären, der noch bevorsteht. Ein definierter Cocktail aus radioaktiven Substanzen wird dabei in ein Bohrloch eingebracht, später wird das umgebende Gestein herausgeschnitten und im Strahlenlabor untersucht. Dann wird sich zeigen, welche Nuklide mit welcher Geschwindigkeit in das Wirtsgestein eingedrungen sind, wie gut sie also von den Tonmineralen zurückgehalten wurden. „Auch bei diesem Experiment dürfen keine strahlenden Stoffe im Untergrund verbleiben“, erklärt der Projektleiter. In den Gängen des Mont Terri ist das stets die Auflage. Alles muss sauber zurückbleiben.

In diesem Herbst gibt die Schweiz ihre Standortregion für ein Tiefenlager bekannt. Dort wird man dann erneut ein Felslabor einrichten. Man wird prüfen, ob

der Opalinuston sich an dem ausgewählten Ort genauso verhält wie der Opalinuston am Mont Terri. Natur ist schließlich nicht immer homogen und muss daher stets aufs Neue begutachtet werden.

Etwa im Jahr 2029 oder 2030 könne es in der Schweiz ein Referendum zum Standort geben, sagt Jaeggi. Der Forscher weiß um die Verantwortung der Wissenschaft, auch in der dann wohl bevorstehenden politischen Debatte. Denn nur das Vertrauen der Bürger\*innen darauf, dass wirklich alles erforscht wurde, was in diesem herausfordernden Kontext notwendig ist, wird die nötige Akzeptanz schaffen – und so der Schweiz den Weg zu einem Endlager ebnen können. Und das wird in Deutschland nicht anders sein.

Dieses Loch führt durch eine tektonische Bruchzone im Gebirge. Regelmäßig lassen die Forscher\*innen eine Kamera hinab, deren Bilder sie zu einem dreidimensionalen Modell zusammenfügen. Es gibt Aufschluss über die Dynamik der Felsbewegungen



# Im engen Wechselspiel mit dem Wirtsgestein

Zu Hunderten stecken solche Brennstäbe im Reaktor eines Kernkraftwerkes. Ist der Kernbrennstoff verbraucht, werden sie zunächst in Castorbehältern zwischengelagert. Für die Endlagerung müssen spezielle Behälter entwickelt werden



Wer glaubt, dass die hochradioaktiven Abfälle in den berühmten Castoren endgelagert werden, könnte irren. Sie dienen wohl nur dem Transport und der Zwischenlagerung. Im Endlager kommt es auf das Wirtsgestein an. Die Sache ist kompliziert

Von Bernward Janzing

**P**ollux ist längst Geschichte – und seine Nachfolger werden vielfältig sein. Pollux, das war jener Behälter, der in Deutschland einst für die Endlagerung von hochradioaktivem Müll im Steinsalz vorgesehen war.

Doch die Anforderungen an die Endlagerbehälter haben sich erheblich verändert, seit man 1986 das erste Konzept des Pollux entwickelte. Inzwischen ist gesetzlich festgelegt, dass die Gebinde mit dem strahlenden Müll bis zum Ende der Einlagerungsphase rückholbar sein müssen. Zudem müssen sie anschließend für weitere 500 Jahre noch zu bergen sein. All diese Ansprüche hatte man an den Pollux einst nicht gestellt.

Außerdem war dieser Behälter nur für das Wirtsgestein Salz konzipiert. Gebinde für Kristallin- und Tongestein schienen unnötig, weil man sich mit dem Standort Gorleben in den 1970er-Jahren auf das Salz festgelegt hatte. Erst als diese Entscheidung im Jahr 2013 revidiert wurde und die Standortauswahl neu begann, rückten in Deutschland auch Lagerbehälter für alternative geologische Formationen ins Blickfeld.

Jedes Gestein erfordert nämlich einen individuellen Endlagerbehälter, weil dessen Charakteristika eng auf die Eigenschaften des umgebenden Gebirges abgestimmt sein müssen. Der Behälter ist also stets nur ein Teil eines ganzheitlichen und standortspezifischen Endlagerkonzeptes. Etwa weil die Wärmeableitung – ein wichtiger Aspekt bei der Endlagerung – vom Wirtsgestein abhängt. Weil man mit der Behälterentwicklung aber nicht warten kann, bis in Deutschland die Entscheidung über das Wirtsgestein gefallen ist, geschieht diese nun bereits parallel.

Wie viele unterschiedliche Varianten an Behältern man am Ende entwickeln wird, ist noch offen. Aber es werden einige sein, auch weil es sehr unterschiedliche Abfälle gibt, die aufgrund ihrer individuellen Eigenschaften spezielle Anforderungen stellen. Neben den Brennelementen von den westdeutschen Druck- und Siedewasserreaktoren gibt es auch die aus den DDR-Reaktoren vom Typ WWER. Es gibt

ferner solche aus diversen Forschungsreaktoren, etwa die thoriumhaltigen Graphitkugeln aus dem Hochtemperaturreaktor Hamm-Uentrop. Unter den Brennelementen gibt es neben denen, die aus Uranoxid bestehen, auch andere aus Mischoxiden (kurz: MOX), also mit Plutonium. Und die Kokillen, in denen die hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung verglast sind, sowie – als einen Sonderfall – den Atomtrieb des Forschungsschiffes „Otto Hahn“.

## Jedes Gestein erfordert einen individuellen Endlagerbehälter

Die grundsätzlichen Anforderungen an die Behälter sind jeweils gleich definiert. Ganz wichtig: Im Behälter muss unter allen Umständen eine nukleare Kettenreaktion – der Zustand der „Kritikalität“ – ausgeschlossen sein. Dann sind die Temperaturen zu berücksichtigen, die aus der Nachzerfallwärme resultieren: Die Gebinde dürfen auf der Außenseite maximal 100 Grad Celsius heiß werden. Das ist eine vorläufig definierte Grenze, die im Verlauf der Behälterentwicklung auf Basis neuer Erkenntnisse oder Vorgaben angepasst werden kann. Je nach radioaktivem Inventar können diese Anforderungen unterschiedliche Behälter nötig machen. So geben zum Beispiel die Kokillen anfangs besonders viel Wärme ab.

Abhängig vom Wirtsgestein kann der Behälter selbst für eine Übergangszeit von bis zu mehreren Tausend Jahren lang für die Radionuklide als Barriere wirken. Anschließend muss das umgebende Gestein dann für den gesetzten Zeitraum von einer Million Jahre die Barriere bilden. Das setzt voraus, dass das Gestein, das

durch die Einlagerung der Behälter in seiner Struktur gestört wurde, zwischenzeitlich ausheilt. Die meisten Wirtsgesteine sind zu einer solchen Ausheilung fähig – es entsteht ein „einschlusswirksamer Gebirgsbereich“.

Besonders komplex wird die Behälterentwicklung, weil sich die technischen Lösungen der vielfältigen Anforderungen mitunter gegenseitig zuwiderlaufen. Zum Beispiel sollten die Behälter, um mechanisch möglichst belastbar und langlebig zu sein, eher dicke Wände haben. Das kann aber zu erhöhter Gasbildung im Zusammenhang mit Korrosionsvorgängen führen. Und Behälter, die für tiefe Lagen konzipiert sind – was im Hinblick auf die Abschirmung von der Biosphäre grundsätzlich von Vorteil sein kann –, leiden außerdem unter der geothermisch bedingten höheren Umgebungstemperatur.

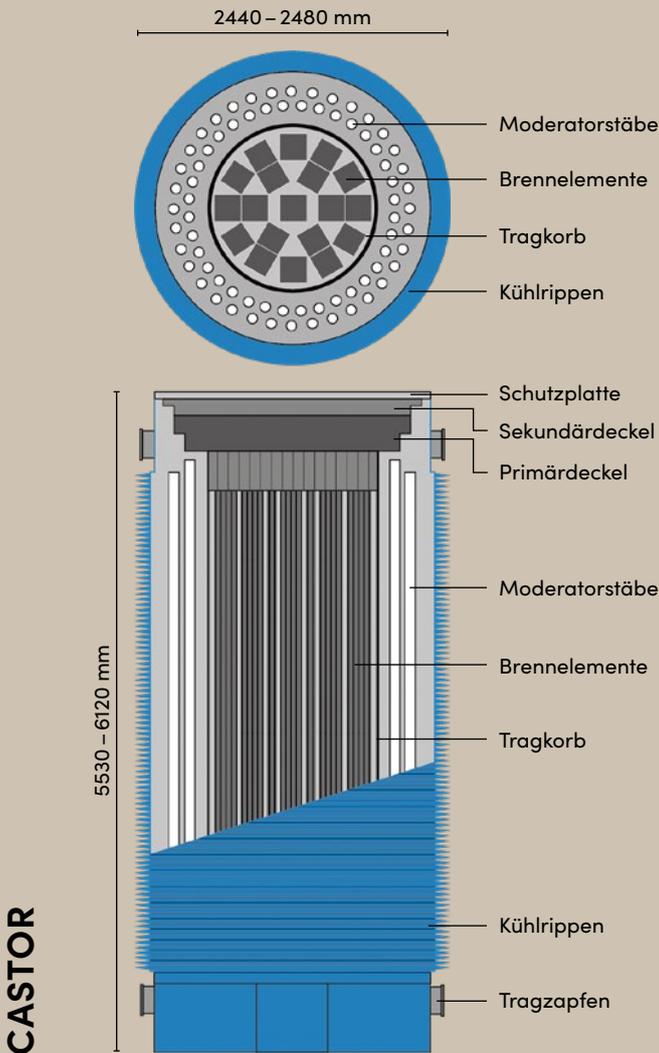
Bevorzugte Materialien der Behälter könnten Metalle sein – speziell wohl Stahle oder Kupfer –, weil man mit diesen über Jahrhunderte Erfahrungen gesammelt hat. Behälter aus Keramik oder auch aus modernen Werkstoffen auf Basis von Nanomaterialien sind ebenfalls denkbar, aber die dafür notwendige technische Reife ist noch nicht industriell verfügbar. Denn hinzukommt, dass man in der Lage sein muss, die Behälter eines Tages in bis zu fünfstelliger Stückzahl industriell und qualitätsgesichert zu fertigen.

Die Entwicklung der Behälter wird von der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) durchgeführt, unterstützt von Industriekonsortien nach einer internationalen Ausschreibung. Für das Kristallingestein hat die Gesellschaft für Nuklear-Service (GNS) zusammen mit der BGE-Tochter BGE TEC bereits den Zuschlag erhalten. Für Tongestein startet die Ausschreibung demnächst, für Salzgestein folgt sie anschließend. So dürfte am Ende wohl auch mancher Aspekt des alten Pollux-Konzeptes dann doch in die Entwicklung einfließen – denn die Standortauswahl ist als ein lernendes Verfahren angelegt, das sich stets fortentwickelt und auch aus gescheiterten Ansätzen wertvolle Erkenntnisse mitnimmt.

# Immer sicher verpackt

Auf dem Weg vom Kernkraftwerk ins Zwischen- und schließlich ins Endlager müssen die ausgedienten Brennstäbe stets sicher aufbewahrt werden. Das ist vor allem eine Frage der Behälter

## Zwischenlager

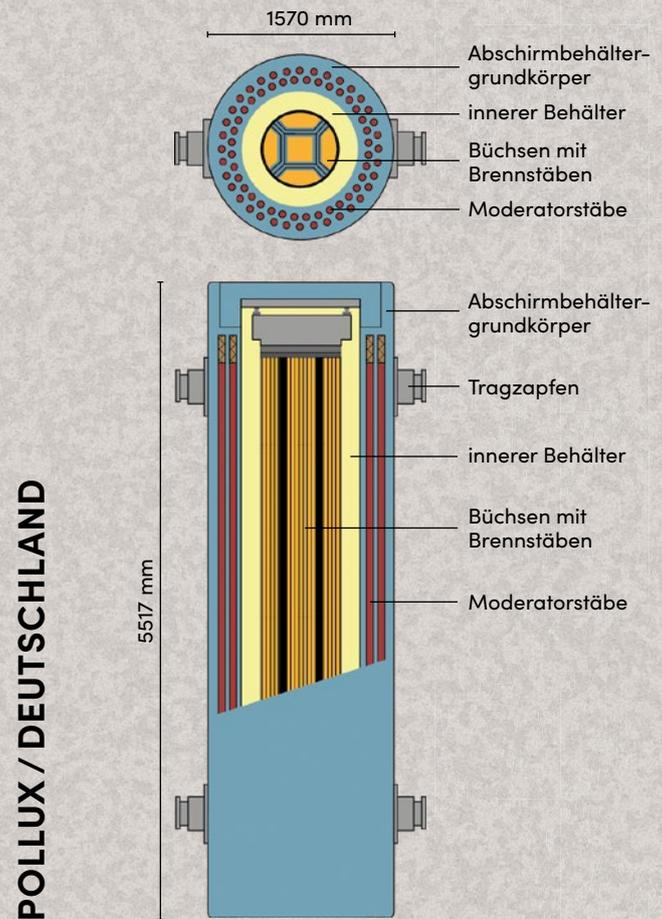


Quelle: GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH

Die Castoren dienen dem Transport und der Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle. Sie sind so ausgelegt, dass sie eine nukleare Kettenreaktion im Inneren verhindern und einen Großteil der Gamma- und Neutronenstrahlung abschirmen. Über die Kühlrippen leiten sie die Nachzerfallswärme nach außen ab. Und sie schützen die Brennelemente bei schweren Unfällen oder auch terroristischen Anschlägen. Die Außenwände haben eine Stärke von etwa 40 Zentimetern.

Die Sicherheit der Behälter bleibt trotzdem ein Thema. Denn ihre Genehmigungen laufen nach 40 Jahren aus – also bevor das geplante Endlager zur Verfügung steht. Deshalb wird weiterhin an der Eignung als Zwischenlagerbehälter geforscht. Dabei geht es etwa um die Haltbarkeit der Brennelemente und etwaige Probleme bei der Entnahme.

## Steinsalz



Quelle: BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

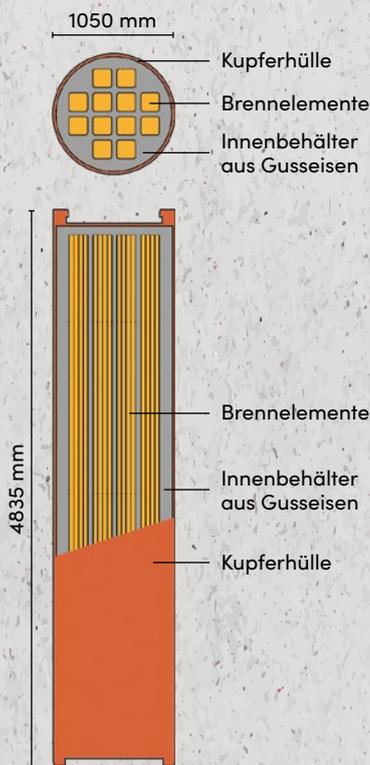
Der Pollux-Behälter sollte sich sowohl für den Transport und die Zwischenlagerung eignen als auch für die Endlagerung in Salzformationen. Er besteht aus einem stählernen Innenbehälter, der die Büchsen mit den Brennstäben aufnimmt. Verschluss wird dieser mit einem verschraubten Primär- und einem verschweißten Sekundärdeckel. Ein äußerer Abschirmbehälter aus Gusseisen mit Kugelgraphit sowie Moderatorstäben aus Polyethylen bewirkt eine Reduzierung der Strahlungsleistung und wird mit einem verschraubten Deckel verschlossen. Im Gegensatz zu anderen Konzepten sollten nicht die kompletten Brennelemente, sondern nur die gezogenen Brennstäbe in die Behälter gelegt werden.

Die Anforderung einer Bergbarkeit der Behälter für 500 Jahre nach Verschluss des Endlagerbergwerkes gab es zum Zeitpunkt der Entwicklung des Pollux noch nicht. Deshalb müsste der Pollux weiterentwickelt werden – bis er die heutigen Anforderungen erfüllt.

# Endlager

## Kristallingestein

KBS-3 / SCHWEDEN



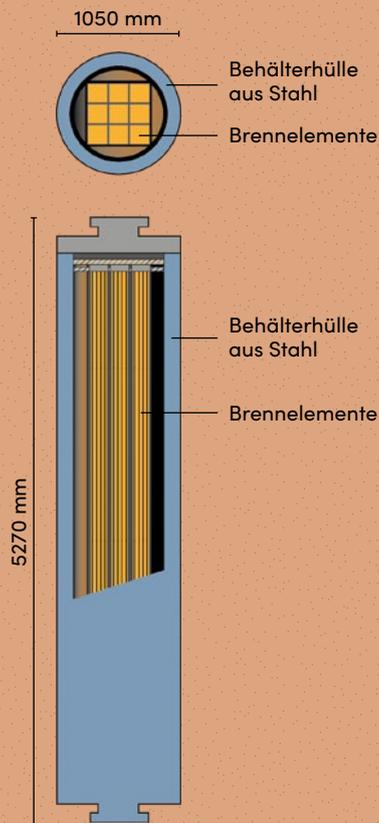
Quelle: SKB Svensk Kärnbränslehantering AB

Schweden plant ein Endlager im Kristallingestein. Die befüllten Kupferbehälter sind etwa fünf Meter lang und 25 Tonnen schwer. Sie sollen in entsprechende Bohrlöcher eingesetzt werden. Dabei ist eine Ummantelung aus Bentonit geplant. Sollte es Risse im Behälter geben, verhindert diese Tonmineralmischung den Eintritt von Wasser und den Austritt von Radioaktivität.

Sollte Deutschlands Endlager in einem Kristallingestein errichtet werden, müssen die hochradioaktiven Abfälle für bis zu eine Million Jahre sicher sein. Außerdem müssen sie bis zu 500 Jahre nach Verschluss des Endlagerbergwerkes bergbar sein. Für diese speziellen Anforderungen braucht es spezielle Behälter – an deren Entwicklung derzeit gearbeitet wird.

## Tonstein

BE-BWR NAGRA 2012 / SCHWEIZ



Quelle: Nagra Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle

Das Schweizer Endlagerkonzept sieht Behälter aus geschmiedetem Karbonstahl vor. Deren Wandstärke beträgt 14 Zentimeter. Sie sind auf eine Lebensdauer von 10 000 Jahren ausgelegt. Das geologische Tiefenlager der Schweiz wird in einer wasserundurchlässigen Tonsteinschicht gebaut. Eine noch längere Lebensdauer wie in den Konzepten mit kristallinen Gesteinen ist daher unnötig. Gleichwohl werden die Behälter weiter optimiert – etwa durch Kupferbeschichtungen.

Bei der Materialauswahl sind viele Aspekte zu berücksichtigen: Wie haltbar ist das Material, wie anfällig für Korrosion? Wie gut lässt sich das Material bearbeiten, damit die Behälter wie geplant gebaut werden können? Nur wenn alle Anforderungen erfüllt werden, dürfen die Behälter zur Endlagerung eingesetzt werden.

# UNSER INFOANGEBOT

## Geplante Veranstaltungen

**13. September und 11. Oktober:**  
Endlagersuche – wie geht das?  
Onlineveranstaltung für Einsteiger\*innen  
Weitere Termine online unter:  
[www.bge.de/veranstaltungen](http://www.bge.de/veranstaltungen)

## Newsletter Auf Endlagersuche

Der kostenlose Newsletter informiert Sie  
regelmäßig per E-Mail über Fortschritte,  
Termine und neue Veröffentlichungen zur  
Endlagersuche.

Anmeldung unter: [www.bge.de/newsletter](http://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.

**Bundesgesellschaft für Endlagerung:**  
[www.bge.de](http://www.bge.de)

**Auf der Homepage des Magazins bieten wir aktuelle Informationen  
und Berichte sowie barrierefreie PDFs aller Ausgaben.**  
[www.einblicke.de](http://www.einblicke.de)

## Impressum

**Herausgeber:** Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine, [www.bge.de](http://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, 4, 6, 7: Stefan Sobotta; S. 8: Friso Gentsch/dpa;  
S.10-11: Susanne Kluge/Studio ZX **Druck:** Krögerdruck GmbH, Wedel

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:** 18.8.2022 **Vertrieb:** Diese Ausgabe erscheint zeitnah als Bei-/Auslage in folgenden  
Medien: Der Tagesspiegel, DIE ZEIT, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Süddeutsche Zeitung, taz, WELT,  
ICE-Züge der Deutschen Bahn

Haben Sie Fragen?  
Dann schreiben Sie uns:  
[dialog@einblicke.de](mailto:dialog@einblicke.de)



## Hinweis für Menschen mit Sehbehinderung

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



[www.blauer-engel.de/uz195](http://www.blauer-engel.de/uz195)