Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

Veröffentlicht auf *Umwelt im Unterricht: Materialien und Service für Lehrkräfte – BMUV-Bildungsservice* (http://www.umwelt-im-unterricht.de)

26.01.2023 | Hintergrund

Die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle

Sekundarstufe, Grundschule

Beim Betrieb von Atomkraftwerken entstehen hochradioaktive Abfälle. Die energiereiche Strahlung, die von ihnen ausgeht, kann noch viele Hunderttausende Jahre Mensch und Umwelt gefährden. Bisher stehen die Abfälle verteilt über das Land in 16 Zwischenlagern. Ein Endlager muss noch gefunden werden. Die Suche nach einem Standort läuft – sie wurde 2017 per Gesetz geregelt.

Gehört zu:

Thema des Monats: Wohin mit dem hochradioaktiven Abfall?
Unterrichtsvorschlag: Auf der Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle (Variante für Fortgeschrittene) (SEK)
Unterrichtsvorschlag: Auf der Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle (Basisvariante) (SEK)
Unterrichtsvorschlag: Wohin mit dem radioaktiven Abfall? (Variante für Fortgeschrittene) (GS)
Unterrichtsvorschlag: Wohin mit dem radioaktiven Abfall? (Basisvariante) (GS)

Im April 2023 wurden die letzten drei Atomkraftwerke in Deutschland abgeschaltet. Damit endete nach mehr als 60 Jahren die Nutzung der Atomenergie in unserem Land. Doch bis zur Vollendung des Atomausstiegs ist es noch ein langer Weg. Der Atomausstieg ist erst vollendet, wenn alle Atomanlagen beseitigt und die gefährlichen atomaren Abfälle dauerhaft sicher gelagert sind.

Zurzeit stehen die hochradioaktiven Abfälle aus allen in Deutschland betriebenen Atomkraftwerken verteilt über das Land in 16 Zwischenlagern. Eine dauerhafte Sicherheit für Mensch und Umwelt ist erst erreicht, wenn diese Abfälle in ein Endlager tief unter der Erdoberfläche gebracht worden sind. Ein solches Endlager muss noch gefunden werden.

Seit 2017 regelt das Standortauswahlgesetz (StandAG) die Suche nach einem Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Wie funktioniert das Suchverfahren? Was kennzeichnet hochradioaktive Abfälle und was sind die Anforderungen an ein sicheres Endlager? Wie kann sich die Öffentlichkeit an der Entscheidungsfindung für ein Endlager beteiligen?

Bisher keine Dauerlösung für die strahlenden Abfälle

Hochradioaktive Abfälle entstehen beim Betrieb von Atomkraftwerken oder Forschungsreaktoren, bei dem Brennelemente bestrahlt werden. Auch bei der sogenannten Wiederaufarbeitung, wie sie in Frankreich oder in Großbritannien stattfindet, bleiben hochradioaktive Abfallstoffe zurück. Bestrahlte Brennelemente strahlen aufgrund der enthaltenen Spaltprodukte (sogenannte Isotope) erheblich stärker als unbestrahlte Brennelemente. Die energiereiche Strahlung, die von den Abfällen ausgeht, kann noch viele Hunderttausende Jahre Mensch und Umwelt gefährden.

Bis heute steht in Deutschland kein betriebsbereites genehmigtes Endlager für hochradioaktive Abfälle zur Verfügung. Deshalb werden hochradioaktive Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung von Atomkraftwerken und Forschungsreaktoren zeitlich begrenzt in Zwischenlagern aufbewahrt, bis sie in ein Endlager gebracht werden können.

Gleichzeitig sind Zwischenlager keine Dauerlösung, wie das Wort bereits andeutet. Mauern, Wachmannschaften und Stacheldraht können auf lange Sicht nicht den Schutz gewähren, den ein Endlager in stabilen Gesteinsschichten tief unter der Erde bietet. Zügig ein Endlager in Deutschland zu finden, das langfristig den bestmöglichen Schutz von Mensch und Umwelt vor den strahlenden Hinterlassenschaften bietet, muss daher das Ziel sein.

27.000 Kubikmeter mit hohem Gefahrenpotenzial

Die von der menschlichen Zivilisation durch die Kernspaltung in Atomkraftwerken oder Forschungsreaktoren erzeugten hochradioaktiven Abfallstoffe haben ein hohes Gefahrenpotenzial und müssen aufwendig gesichert werden, um Mensch und Umwelt nicht zu gefährden.

Vereinfacht gesagt beschreibt Radioaktivität das Phänomen, dass instabile Atomkerne zerfallen. Der Kernzerfall kann zufällig auf natürliche Weise geschehen oder künstlich durch den Menschen herbeigeführt werden. Die bei einem Zerfall entstehende Energie wird als Strahlung oder Teilchen abgegeben. Diese energiereiche Strahlung kann andere Atome ionisieren und wird daher als ionisierende oder umgangssprachlich als radioaktive Strahlung bezeichnet. Ionisierende Strahlung – egal ob natürlichen oder künstlichen Ursprungs – kann Zellen schädigen. Es kann zu einer Veränderung der Erbanlagen kommen oder es können Krebserkrankungen entstehen, abhängig davon, ob Keim- oder Körperzellen betroffen sind.

Die letzten deutschen Atomkraftwerke wurden zwar abgeschaltet, es bleiben aber rund 27.000 Kubikmeter hochradioaktiver Abfälle übrig. Das entspricht dem Inhalt von etwa 1.900 Sicherheitsbehältern, auch Castor-Behälter genannt.

Strahlung und Wärmeabgabe hochradioaktiver Abfälle werden erst nach mehreren Hunderttausend Jahren so weit abgeklungen sein, dass sie keine Gefahr mehr für Mensch und Umwelt darstellen. Die Dauer ergibt sich aus der sogenannten Halbwertszeit der eingelagerten radioaktiven Stoffe und ist prognostizierbar. Diese von der Menschheit selbst verursachten Gefahrstoffe bringen dauerhafte Verpflichtungen für viele folgende Generationen mit sich.

Wie können hochradioaktive Abfälle sicher gelagert werden?

Hochradioaktive Abfälle sind durch hohe Aktivitätskonzentrationen und damit hohe Zerfallswärmeleistungen gekennzeichnet. Zu diesen Abfällen zählen insbesondere abgebrannte Brennelemente aus Kernkraftwerken oder Forschungsanlagen. Sie machen einen Anteil von circa 5 Prozent am Gesamtvolumen der radioaktiven Abfälle in Deutschland aus, weisen jedoch circa 99 Prozent der gesamten Radioaktivität aller radioaktiven Abfälle auf.

Rund 95 Prozent des Abfallvolums besteht aus schwach- und mittelradioaktiven Abfällen (zum Beispiel kontaminierte Bauteile oder Gebrauchsgegenstände), sie enthalten jedoch nur rund 1 Prozent der gesamten Radioaktivität. Bei der Endlagersuche spielen diese Abfälle nur eine untergeordnete Rolle und werden daher in der vorliegenden Unterrichtseinheit nicht behandelt. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie auf der Infoplattform zur Endlagersuche [https://www.endlagersuche-infoplattform.de/webs/Endlagersuche/DE/Radioaktiver-Abfall/Abfallarten/abfallarten_node.html].

Seit 2017 regelt das Standortauswahlgesetz die Suche nach einem Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Das Gesetz schreibt vor, dass ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit gefunden werden soll. Dieser soll den dauerhaften Schutz von Mensch und Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleisten.

International herrscht unter Fachleuten weitgehend Einigkeit, dass hochradioaktive Abfälle in tiefen geologischen Schichten gelagert werden müssen, um diese langfristig sicher von Mensch und Umwelt zu isolieren. Der Entscheidung für ein tiefengeologisches Endlager waren in Deutschland intensive Diskussionen vorausgegangen. Sie hatten zum Ergebnis, dass aus wissenschaftlicher Sicht derzeit keine

andere Entsorgungsoption mit einem so hohen Sicherheitsniveau wie die tiefengeologische Endlagerung zur Verfügung steht. Im Sinne eines selbsthinterfragenden Verfahrens wird dieser Wissensstand regelmäßig geprüft und es werden alternative Entsorgungsoptionen bewertet.

Wie läuft die Suche nach einem Endlager ab?

Die Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle ist aufgrund der langen Dauer und des langfristigen hohen Gefahrenpotenzials der Abfälle eine gesamtgesellschaftliche und generationenübergreifende Aufgabe. Eine frühzeitige und umfassende Beteiligung der Öffentlichkeit ist eine zentrale Grundlage für eine tragfähige Entscheidung.

Beim Standortauswahlverfahren werden alle Bundesländer und Regionen Deutschlands in die Suche einbezogen. Die Gebiete werden zunächst auf Basis von vorhandenen geologischen Daten und im Weiteren mittels konkreter Erkundungen des Untergrunds auf ihre Eignung untersucht. Es wird bewertet, verglichen und ausgeschlossen, bis am Schluss der bestmögliche Standort für ein Endlager übrig bleibt. Das Verfahren läuft in drei Phasen ab:

1. Ermittlung von Teilgebieten und Standortregionen,
2. übertägige (oberirdische) Erkundung der Standortregionen und
3. untertägige (unterirdische) Erkundung von mindestens zwei Standorten.

Der aktuelle Stand

Am 28. September 2020 hat die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) einen ersten Stand ihrer Arbeiten veröffentlicht. Die BGE ist das mit der Durchführung der Endlagersuche beauftragte Unternehmen; es gehört dem Bund. In einem Zwischenbericht benennt die BGE die Gebiete, die im Verfahren weiter betrachtet werden sollen. Die BGE hat 90 sogenannte Teilgebiete ermittelt, die 54 Prozent der Fläche der Bundesrepublik ausmachen. Der Zwischenbericht wurde öffentlich auf einer Fachkonferenz diskutiert, um allen Interessierten zu ermöglichen, die fachlichen Grundlagen der Suche zu verstehen. Weitere Informationen zum Zwischenbericht und zur Fachkonferenz Teilgebiete bietet die Infoplattform zur Endlagersuche [https://www.endlagersuche-infoplattform.de/webs/Endlagersuche/DE/Beteiligung/Fachkonferenz/zwischenbericht/Zwischenbericht-Teilgebiete_inhalt.html;jsessionid=EB436E24EA00E5FA9132A58ABD2B572E.1_cid349].

Die BGE hat nun die Aufgabe, die große Fläche der Teilgebiete punktuell auf wenige Standortregionen einzuengen.

Die Akteure

Die Endlagersuche wird von mehreren Akteuren getragen, die unterschiedliche Aufgaben haben.

Die BGE [https://www.bge.de/de/] führt die einzelnen Arbeitsschritte des Suchverfahrens durch – von der Datenanalyse bis hin zur konkreten Erkundung des Gesteins.

Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) [https://www.base.bund.de/DE/home/home_node.html] beaufsichtigt den Auswahlprozess und organisiert die Öffentlichkeitsbeteiligung. Es prüft zudem in festgelegten Verfahrensschritten die Ergebnisse der Vorhabenträgerin bereits während der Suche.

Der Deutsche Bundestag beschließt nach jeder von insgesamt drei Phasen, wie die Suche weitergeht. Über den endgültigen Standort entscheidet ebenfalls das Parlament.

Zudem wurde eigens das sogenannte Nationale Begleitgremium (NBG) [https://www.nationales-begleitgremium.de/DE/Home/home_node.html] geschaffen. Es ist ein unabhängiges Gremium aus vom Bundestag und Bundesrat benannten Persönlichkeiten sowie aus Bürgerinnen und Bürgern, das den Suchprozess

begleitet.

Die Suchkriterien

In jeder Phase des Standortauswahlverfahrens wendet die BGE die im Standortauswahlgesetz (StandAG) formulierten Ausschluss- und Abwägungskriterien sowie die Mindestanforderungen an.

Gebiete, deren Untergrund beschädigt oder gefährdet ist, kommen als Endlagerstandort nicht infrage **(Ausschlusskriterien)**. Daher werden beispielsweise Gegenden, in denen Erdbeben und Vulkanismus zu erwarten sind, von der Suche ausgeschlossen. Gleiches gilt für Gebiete mit tiefreichenden Bergwerken.

Jedes der verbliebenen Gebiete muss zwingend die **Mindestanforderungen** erfüllen, damit es als Endlagerstandort infrage kommt. Beispielsweise müssen mindestens 300 Meter Gestein das Endlager von der Erdoberfläche trennen. Eine ausreichend mächtige Schicht aus einem der drei potenziellen Wirtsgesteine – Tongestein, Steinsalz oder Kristallingestein (Granit) – soll die hochradioaktiven Abfälle umgeben.

Um in den dann verbleibenden Gebieten den optimalen Endlagerstandort zu finden, werden weitere geowissenschaftliche Vor- und Nachteile einander gegenübergestellt **(geowissenschaftliche Abwägungskriterien)**. Beispielsweise wird geprüft, inwiefern Strahlung an die Erdoberfläche gelangen könnte. Auch die Fähigkeit, wie gut das vorhandene Gestein Strahlung zurückhalten kann, stellt ein Abwägungskriterium dar.

Die **planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien** dienen vorrangig der Einengung von großen, potenziell für ein Endlager geeigneten Gebieten und sind den geowissenschaftlichen Kriterien untergeordnet. So sollen zum Beispiel Naturschutzgebiete, Kulturdenkmäler oder dicht besiedelte Gebiete möglichst nicht beeinträchtigt werden. Oberste Priorität hat während der gesamten Suche, dass die geologische Beschaffenheit des Standorts die bestmögliche Sicherheit bietet.

In jeder Phase des Standortauswahlverfahrens führt die BGE zudem **vorläufige Sicherheitsuntersuchungen** durch. Das künftige Endlager für hochradioaktive Abfälle muss eine Reihe von Sicherheitsanforderungen erfüllen. Ob ein möglicher Standort diese Anforderungen erfüllen kann, wird im Verfahren mehrfach überprüft.

Bei den Sicherheitsuntersuchungen muss zum Beispiel nachgewiesen werden, dass keine nennenswerte Strahlung nach außen gelangt. Eine zusätzliche Strahlungsbelastung durch die Abfälle muss im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition geringfügig bleiben.

Welche Rolle spielen Bürger*innen bei der Endlagersuche?

Bürgerinnen und Bürger können den Auswahlprozess für ein Endlager mitgestalten und auf verschiedenen Ebenen Einfluss nehmen. Denn die betroffene Region wird den Standort nur dann tolerieren können, wenn das Verfahren transparent abläuft, Einwände gehört werden und die Entscheidung nachvollziehbar ist.

Das Gesetz sieht im Lauf des Endlagersuchverfahrens unterschiedliche Gremien und Konferenzen vor, in denen sich Bürger*innen, Fachleute sowie Vertreter*innen von Kommunen und gesellschaftlichen Gruppen in den Auswahlprozess einbringen können.

Dabei nehmen die Regionalkonferenzen eine bedeutende Rolle ein. Sie sind ein wichtiges Instrument für die umfassende und kontinuierliche Beteiligung der Öffentlichkeit in den Standortregionen. Ihre Aufgabe ist laut StandAG, die weiteren Verfahrensschritte intensiv zu begleiten und interessierte Bürgerinnen und Bürger in den betroffenen Regionen, auch aus den Nachbarstaaten, langfristig zu beteiligen.

Über die gesetzlich festgelegten Beteiligungsmöglichkeiten hinaus können das BASE und die anderen beteiligten Akteure zusätzliche Beteiligungs-, Dialog- und Informationsveranstaltungen anbieten. Die Infoplattform zur Endlagersuche kündigt auf der Seite "Aktueller Stand der Suche [https://www.endlagersuche-

infoplattform.de/webs/Endlagersuche/DE/Aktuelles/Stand-der-Suche/stand-der-suche_artikel.html]" an, welche Beteiligungsformate in der aktuellen Phase des Suchverfahrens stattfinden.

Weiterführende Links

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung: Infoplattform zur Endlagersuche
[https://www.endlagersuche-infoplattform.de]

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung: Radioaktive Abfälle
[https://www.base.bund.de/DE/themen/ne/abfaelle/abfaelle_node.html]

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung: Der Atomausstieg in Deutschland
[https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/ausstieg-atomkraft/ausstieg_node.html]

[http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/]*Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.* *[http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/]*

Sie dürfen diesen Text unter anderem ohne besondere Genehmigung verwenden und bearbeiten, z.B. kürzen oder umformulieren, sowie weiterverbreiten und vervielfältigen. Dabei müssen www.umwelt-im-unterricht.de [http://www.umwelt-im-unterricht.de/] als Quelle genannt sowie die oben genannte Creative Commons-Lizenz verwendet werden. Details zu den Bedingungen finden Sie auf der Creative Commons-Website [http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/].

[http://www.unesco.de/oer-faq.html] *Umwelt im Unterricht unterstützt die Erstellung von Bildungsmaterialien unter offenen Lizenzen im Sinne der UNESCO [http://www.unesco.de/oer-faq.html].*

Material herunterladen

Die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle - GS / SK (PDF - 0 B)

Unterrichtsvorschläge

Auf der Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle (Variante für Fortgeschrittene) - SK (PDF - 146 KB)
Auf der Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle (Basisvariante) - SK (PDF - 135 KB)
Wohin mit dem radioaktiven Abfall? (Variante für Fortgeschrittene) - GS (PDF - 133 KB)
Wohin mit dem radioaktiven Abfall? (Basisvariante) - GS (PDF - 129 KB)

Zielgruppe

Sekundarstufe | Grundschule

Fächer

Politik, SoWi, Gesellschaft | Physik | Geografie | Sachunterricht | Ethik, Philosophie, Religion

---

Schlagwörter

Radioaktivität | Kernkraft | Gorleben | Endlager | Castor | Atomenergie | Strahlung, ionisierende | Energiewende | radioaktive Abfälle | Atomkraft | Kernenergie | Partizipation | Demokratie | Beteiligung

---