



Wohin mit dem hochradioaktiven Abfall? – Materialien für die Grundschule



Inhaltsverzeichnis

Einführung	3
Didaktischer Kommentar	4
Hintergrundtext	6
Unterrichtsvorschlag	10
Wohin mit dem radioaktiven Abfall? (Basisvariante)	10
Wohin mit dem radioaktiven Abfall? (Variante für Fortgeschrittene)	13
Bilderserie	17

Einführung

Im April 2023 wurden die letzten drei Atomkraftwerke in Deutschland abgeschaltet. Den Ausstieg aus der Atomenergie hatte der Bundestag 2011 beschlossen. Doch er ist erst vollendet, wenn alle Anlagen abgebaut und die gefährlichen Abfälle sicher gelagert sind. Dazu gehören hochradioaktive Materialien wie die Brennstäbe, die für eine Million Jahre von der Umwelt abgeschirmt werden sollen. Ein Endlager für solche Abfälle muss erst noch gefunden werden. Warum sind die Abfälle gefährlich, und wie können sie sicher gelagert werden? Wie läuft die Suche nach einem geeigneten Ort für das Endlager ab?

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz sowie das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung haben Unterrichtsmaterialien zur Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle erarbeitet. Die Materialien bestehen aus einem didaktischen Kommentar, einem Hintergrundtext sowie je zwei Unterrichtsvorschlägen für Sekundarstufe sowie für Grundschule.

Die Materialien sind auf dem Portal für Umweltbildung „[Umwelt im Unterricht](#)“ veröffentlicht. Umwelt im Unterricht veröffentlicht alle zwei Wochen Unterrichtsmaterialien zu aktuellen Themen der Umweltpolitik und Fragen der nachhaltigen Entwicklung. Die Materialien sind kostenlos und veränderbar (Open Educational Resources, OER).

Alle Materialien für Grundschule finden Sie in diesen Unterlagen sowie als veränderbare Dateien auf „[Umwelt im Unterricht](#)“.

Weiteres Material für die Bildungsarbeit zur Endlagersuche finden Sie auf der [Infoplattform zur Endlagersuche](#).

Didaktischer Kommentar

Der Schwerpunkt der Unterrichtseinheiten ist die Diskussion um die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Sie ist Teil der gesellschaftlichen Auseinandersetzung um die Nutzung der Atomenergie. Entsprechend kontrovers wird in der Gesellschaft auch die Standortsuche für ein Endlager diskutiert. Die Schüler:innen beschäftigen sich mit den Gefahren und Risiken hochradioaktiver Abfälle, verschiedenen Möglichkeiten der Endlagerung, den gesellschaftlichen Positionen dazu sowie mit Möglichkeiten der Beteiligung bei der Standortsuche für ein Endlager.

Die Endlagerthematik kann im Unterricht als Beispiel für eine Raumanalyse beziehungsweise Standortwahl dienen. Die Auseinandersetzung mit dem Thema ermöglicht den Schüler:innen, ein besseres Verständnis für die Dynamik von Diskussionsprozessen und die Komplexität von Handlungsmöglichkeiten in demokratischen Beteiligungsprozessen zu entwickeln.

Im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung verbessern die Schüler:innen unter anderem ihre Kompetenzen, Risiken, Gefahren und Unsicherheiten erkennen und abwägen zu können, Zielkonflikte bei der Reflexion über Handlungsstrategien berücksichtigen zu können sowie an Entscheidungsprozessen partizipieren zu können.

Differenzierung

Die Unterrichtseinheiten und die dazugehörigen Arbeitsmaterialien für Sekundarstufe und Grundschule stehen jeweils in einer Variante für Fortgeschrittene und einer Basisvariante zur Verfügung. Die Variante für Fortgeschrittene eignet sich vor allem für Schüler:innen höherer Jahrgänge sowie leistungsstärkere Arbeitsgruppen (mit mittlerem bis höherem Lernniveau).

Die Basisvariante richtet sich an Lerngruppen, die ein weniger anspruchsvolles Lernniveau haben beziehungsweise mehr Hilfestellung benötigen. Die Lernzüge und Unterrichtsverläufe sind entsprechend angepasst, zudem sind die Materialien inhaltlich und sprachlich vereinfacht. Darüber hinaus sind Hinweise zur Unterstützung der Schüler:innen enthalten.

Grundschule

Die Leitfrage der Unterrichtseinheit lautet: Was sind Endlager für hochradioaktiven Abfall und welche besonderen Eigenschaften müssen sie haben?

Unterrichtsvariante für Fortgeschrittene

Über die Medien oder Diskussionen im persönlichen Umfeld werden auch Grundschulkinder mit Themen wie Atomenergie und Endlagersuche konfrontiert. Mit Hilfe der Lehrkraft formulieren sie Fragen zur Nutzung und zu Gefahren von Radioaktivität. Zudem diskutieren sie in einfacher Form Möglichkeiten, wie hochradioaktiver Müll möglichst sicher endgelagert werden kann. Als Impulse für die Bewertung verschiedener Möglichkeiten dienen zugespitzte Fragen wie: Warum schießen wir radioaktive Abfälle nicht ins Weltall?

Basisvariante

Über die Medien oder Diskussionen im persönlichen Umfeld werden auch Grundschulkinder mit Themen wie Atomenergie und Endlagersuche konfrontiert. Mit Unterstützung der Lehrkraft gestalten die Schüler:innen Bilder, wie sie sich ein Endlager vorstellen. Gemeinsam besprechen sie die verschiedenen Optionen und wählen die geeignetste aus.

Eine Umsetzung bietet sich vor allem im Sachunterricht an, aber auch fächerübergreifend. So kann das Thema verknüpft werden mit Inhaltsfeldern wie "Umwelt und Gesellschaft", "Konflikte" oder "Nachhaltigkeit".

Hintergrundtext

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle

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.

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](#).

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](#). 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](#) 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 \(BASE\)](#) 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 \(NBG\)](#) 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](#)" an, welche Beteiligungsformate in der aktuellen Phase des Suchverfahrens stattfinden.

Weiterführende Links

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung:

[Infoplattform zur Endlagersuche](#)

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung:

[Radioaktive Abfälle](#)

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung:

[Der Atomausstieg in Deutschland](#)

Unterrichtsvorschlag

Wohin mit dem radioaktiven Abfall? (Basisvariante)

Über die Medien oder Diskussionen im persönlichen Umfeld werden auch Grundschul Kinder mit Themen wie Atomenergie und Endlagersuche konfrontiert. Mit Unterstützung der Lehrkraft gestalten die Schüler:innen Bilder dazu, wie sie sich ein Endlager vorstellen. Gemeinsam besprechen sie die verschiedenen Möglichkeiten und wählen die geeignetste aus.

Überblick über den Unterrichtsverlauf

- Einstieg: Die Schüler:innen erhalten mithilfe einer Bilderserie eine Einführung in das Thema Endlagersuche.
- Arbeitsphase: Die Schüler:innen besprechen verschiedene Ideen für Endlagerstandorte und gestalten Bilder, wie sie sich ein Endlager vorstellen.
- Abschluss: Die Schüler:innen stellen ihre Ergebnisse vor und fassen gemeinsam die wichtigsten Eigenschaften eines Endlagers zusammen.

Kompetenzen und Ziele

Die Schüler:innen ...

- erhalten und erarbeiten grundlegende Informationen zum Thema Radioaktivität, Atomenergie und Endlagerung,
- verbessern ihre Sozial- und Kommunikationskompetenz durch die Teilnahme an Unterrichtsgesprächen und Diskussionen,
- schulen ihre Methodenkompetenz, indem sie ihre Ideen für ein Endlager zeichnerisch gestalten.
- fördern ihre Argumentationskompetenz

Umsetzung

Vorbemerkung: Das Thema Radioaktivität und die gesellschaftlichen Auseinandersetzungen um Atomenergie und Endlagerung sind komplex. Dennoch nehmen häufig auch jüngere Kinder über die Medien oder Diskussionen im Familien- und Bekanntenkreis wahr, dass es diese Themen gibt. In Regionen in der Nähe von Atomkraftwerken, Zwischenlagern und potenziellen Endlagerstandorten sind diese teilweise sehr präsent. Die im Folgenden skizzierten Herangehensweisen erleichtern es Lehrkräften, Fragen der Schüler:innen aufzugreifen und eine sowohl altersgemäße als auch sachgerechte erste Auseinandersetzung mit dem Thema zu ermöglichen.

Die Leitfrage der Unterrichtseinheit lautet: Was sind Endlager für hochradioaktiven Abfall und welche Besonderheiten haben sie?

Einstieg

Aktuelle Nachrichten zum Thema beziehungsweise Fragen der Schülerinnen bieten sich zum Einstieg in die Unterrichtseinheit an. Anlass für Fragen der Schüler:innen können Nachrichten sein, die im Zusammenhang mit radioaktiven Abfällen – zum Beispiel über Demonstrationen bei Castor-Transporten oder Zwischenlagern – oder mit der Diskussion über mögliche Standorte für ein Endlager stehen. Auch Berichte über den Bau von Atomkraftwerken (AKWs) in anderen Ländern oder über die Abschaltung und den Rückbau von AKWs in Deutschland können als Anlass genommen werden.

Zu Beginn des Unterrichts greift die Lehrkraft die jeweilige Frage und den damit verknüpften Anlass auf. Zudem nennt sie das Ziel des Unterrichts: Begriffe wie Atomenergie und Atommüll erklären zu können und die Bedeutung und Besonderheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle kennenzulernen.

Zunächst präsentiert die Lehrkraft zwei Motive der [Bilderserie](#). Das Bild des Atomkraftwerks und das Symbol für Radioaktivität. Die Schüler:innen besprechen, was die Bilder zeigen und tragen ihr Vorwissen über das Thema Atomenergie zusammen. Die Lehrkraft klärt gegebenenfalls Fragen und Begriffe. Zum Beispiel werden Atomkraftwerke oft auch als Kernkraftwerke bezeichnet.

Die Lehrkraft erläutert, dass bei der Energieerzeugung in Atomkraftwerken hochradioaktive Abfälle anfallen, das heißt: Abfälle, die starke, unsichtbare Strahlung abgeben. Sie informiert über grundlegende Probleme hochradioaktiver Abfälle:

- Hochradioaktive Abfälle senden unsichtbare Strahlung aus, die viele Materialien durchdringt. Die hochradioaktiven Abfälle sind gefährlich für den Menschen, da die Strahlung die Haut des Menschen durchdringt und Zellen im Körper zerstören kann. Der Mensch wird davon krank.
- Der in Atomkraftwerken entstehende Abfall wird über einen sehr langen Zeitraum hinweg sehr gefährlich bleiben.
- Ein Endlager für hochradioaktive Stoffe muss darum für eine Million Jahre lang sicher ("dicht") sein und keine Strahlung durchlassen.
- Der hochradioaktive Abfall muss irgendwo gelagert werden, und zwar so, dass die Strahlung sicher abgeschirmt wird.

Optional kann ein Beitrag von [logo! \(ZDFKindernachrichten\)](#) verwendet werden. Er umfasst kurze Texte sowie ein kurzes Erklärvideo.

Arbeitsphase

Im Folgenden entwickeln die Schüler:innen in einem Gesprächskreis Ideen, wie hochradioaktiver Abfall für lange Zeit sicher gelagert werden kann.

Als Impuls nennt die Lehrkraft bei Bedarf Vorschläge, die zu diesem Thema bereits diskutiert wurden: im Eis von Gletschern, im Weltall, in einem extra dafür gebauten Gebäude, tief unter der Erde, im Meer. Sie weist darauf hin, dass viele dieser Ideen Nachteile haben, wenn man sie genauer betrachtet.

Die Beiträge werden in einer Mindmap an der Tafel festgehalten.

Die Schüler:innen erhalten den Auftrag, in Einzel- oder Partnerarbeit ein Bild eines Endlagers zu gestalten, wie sie es sich vorstellen. Sie stellen zeichnerisch dar, wie die hochradioaktiven Abfälle gelagert werden und wie die Umgebung aussieht.

Dabei werden folgende Kriterien vorgegeben:

- Der Abfall muss sicher über einen sehr langen Zeitraum gelagert werden.
- Das Endlager darf keine Gefahr für Natur, Menschen und Tiere darstellen.

Abschluss

Die Ergebnisse werden im Klassenraum ausgestellt und im Rahmen eines "Museumsrundgangs" gemeinsam gesichtet. Die verschiedenen Ideen werden im Plenum mit Unterstützung der Lehrkraft anhand folgender Fragen diskutiert:

- Sind die hochradioaktiven Abfälle auch sicher gelagert, wenn ein Krieg oder Terror ausbrechen sollte?
- Ist die Lagerstätte geschützt gegen Naturkatastrophen und Klimawandel (zum Beispiel Überschwemmungen, Hitze, Stürme, Eisschmelze)?
- Ist der Transport zur Lagerstätte sicher?
- Sind die Abfälle für eine sehr lange Zeit sicher gelagert?

Die Lehrkraft notiert die genannten Vor- und Nachteile der Optionen für ein Endlager in der Mindmap. Bei Bedarf streichen die Schüler:innen bereits die Ideen für ein Endlager, die sich als nicht sicher erweisen.

Zum Schluss sollte deutlich sein, dass nur die Option "tief unter der Erde" haltbar ist. Die Lehrkraft informiert darüber, dass die hochradioaktiven Abfälle an einem Standort tief unter der Erde in Deutschland gelagert werden sollen und dass momentan nach dem sichersten Standort gesucht wird. Die Lehrkraft erläutert den Stand der Suche (aktuelle Informationen auf [der Internetseite der Bundesgesellschaft für Endlagerung \(BGE\)](#)). Stand Februar 2024 kommen noch etwa 50 Prozent der Landesfläche Deutschlands in allen Bundesländern außer dem Saarland grundsätzlich infrage. Die Lehrkraft veranschaulicht gegebenenfalls anhand der [interaktiven Karte der BGE](#), welche Regionen noch im Suchverfahren sind.

Erweiterung

- Die Lehrkraft stellt die Frage, was die Schüler:innen davon halten würden, wenn ein Ort in ihrer Nähe als Endlagerstätte ausgewählt werden würde. Die Lehrkraft weist darauf hin, dass ein Ort für ein Endlager gefunden werden muss, dass jedoch viele Menschen dagegen sind, dass in ihrer Region hochradioaktiver Abfall gelagert wird. Gleichzeitig informiert sie darüber, dass sich bei der Endlagersuche in Deutschland alle betroffenen Bürgerinnen und Bürger zum Thema äußern können.
- Die Schüler:innen befragen Eltern oder Bekannte dazu, was diese über die Endlagersuche wissen und welche Vorschläge sie für die Endlagerung haben. Die Ergebnisse werden mit den Ergebnissen aus dem Unterricht verglichen.
- Die Schüler:innen schreiben einen Tagebucheintrag: Wir leben in der Zukunft. In eurer Region wurde ein geeigneter Standort für ein Endlager gefunden. Schreibe, wie es dir als Bewohner:in dieser Region damit geht. Wie alt bist du, was machst du, was ist dir im Hinblick auf das Endlager wichtig?

Wohin mit dem radioaktiven Abfall? **(Variante für Fortgeschrittene)**

Über die Medien oder Diskussionen im persönlichen Umfeld werden auch Grundschulkinder mit Themen wie Atomenergie und Endlagersuche konfrontiert. Mithilfe der Lehrkraft formulieren sie Fragen zur Nutzung und zu Gefahren von Radioaktivität. Zudem diskutieren sie in einfacher Form Möglichkeiten, wie hochradioaktiver Müll gelagert werden kann. Als Impuls dienen zugespitzte Fragen wie: Warum schießen wir radioaktive Abfälle nicht ins Weltall?

Überblick über den Unterrichtsverlauf

- Einstieg: Die Schüler:innen erhalten mithilfe einer Bilderserie eine Einführung in das Thema Endlagersuche.
- Arbeitsphase: Die Schüler:innen setzen sich in Gruppen anhand eines Fragenkatalogs mit jeweils einer Entsorgungsmöglichkeit für hochradioaktive Abfälle auseinander.
- Abschluss: Die Schüler:innen stellen ihre Ergebnisse vor und fassen gemeinsam die wichtigsten Eigenschaften eines Endlagers zusammen.

Kompetenzen und Ziele

Die Schüler:innen ...

- erhalten und erarbeiten grundlegende Informationen zum Thema Radioaktivität, Atomenergie und Endlagerung,
- lernen Konsequenzen des eigenen und gesellschaftlichen Handelns für künftige Generationen kennen,
- erweitern und festigen ihre Argumentationskompetenz, verbessern ihre Kommunikationskompetenz durch die Vorstellung eigener Ergebnisse,
- erweitern ihre Sozial-, Argumentations- und Urteilskompetenz in Unterrichts- und Gruppengesprächen.

Umsetzung

Vorbemerkung: Das Thema Radioaktivität und die gesellschaftlichen Auseinandersetzungen um Atomenergie und Endlagerung sind komplex. Dennoch nehmen häufig auch jüngere Kinder über die Medien oder Diskussionen im Familien- und Bekanntenkreis wahr, dass es diese Themen gibt. In Regionen in der Nähe von Atomkraftwerken, Zwischenlagern und potenziellen Endlagerstandorten sind diese teilweise sehr präsent. Die im Folgenden skizzierten Herangehensweisen erleichtern es Lehrkräften, Fragen der Schüler:innen aufzugreifen und eine sowohl altersgemäße als auch sachgerechte erste Auseinandersetzung mit dem Thema zu ermöglichen.

Die Leitfrage der Unterrichtseinheit lautet: Was sind Endlager für hochradioaktiven Abfall und welche Besonderheiten haben sie?

Einstieg

Aktuelle Nachrichten zum Thema beziehungsweise Fragen der Schüler:innen bieten sich zum Einstieg in die Unterrichtseinheit an. Anlass für Fragen der Schüler:innen können Nachrichten sein, die im Zusammenhang mit radioaktiven Abfällen – zum Beispiel über Demonstrationen bei Castor-Transporten oder Zwischenlagern – oder mit der Diskussion über mögliche Standorte für ein Endlager stehen. Auch Berichte über den Bau von Atomkraftwerken (AKWs) in anderen Ländern oder über die Abschaltung und den Rückbau der AKWs in Deutschland können als Anlass genommen werden.

Zu Beginn des Unterrichts greift die Lehrkraft die jeweilige Frage und den damit verknüpften Anlass auf. Zudem nennt sie das Ziel des Unterrichts: Atomenergie,

Atommüll und die Bedeutung und Besonderheit von Endlagern für hochradioaktiven Abfall kennenlernen.

Die Schüler:innen tragen im Gesprächskreis ihr Vorwissen zum Thema zusammen. Während der Gespräche erstellt die Lehrkraft auf einem Plakat einen Wortspeicher: Dort werden in Absprache mit den Schüler:innen die zentralen Begriffe zum Thema gesammelt und Erklärungen notiert.

Um das Thema Endlager zu verstehen, sollten die Schüler:innen vor allem folgende Begriffe besprechen:

- Atomenergie/Atomkraftwerk (oft auch als Kernkraftwerk bezeichnet) Radioaktivität/Strahlung
- Atommüll/hochradioaktive Abfälle
- Endlager
- Standortsuche/Endlagersuche

Die Lehrkraft unterstützt diesen Prozess mithilfe der [Bilderserie](#). Die Schüler:innen werden insbesondere das Bild des Atomkraftwerks und das Symbol für Radioaktivität wiedererkennen.

Die Lehrkraft erläutert, dass bei der Energieerzeugung in Atomkraftwerken hochradioaktive Abfälle anfallen. Dazu zählen vor allem die abgebrannten Brennelemente, die stark strahlende Stoffe wie Uran und Plutonium enthalten. Darüber hinaus informiert sie über grundlegende Probleme hochradioaktiver Abfälle:

- Hochradioaktive Abfälle senden unsichtbare Strahlung aus, die viele Materialien durchdringt. Die hochradioaktiven Abfälle sind gefährlich für den Menschen, da die Strahlung die Haut des Menschen durchdringt und Zellen im Körper zerstören kann. Der Mensch wird davon krank.
- Der in Atomkraftwerken entstehende Abfall wird über einen sehr langen Zeitraum hinweg sehr gefährlich bleiben. Ein Endlager für hochradioaktive Stoffe muss darum für eine Million Jahre lang sicher ("dicht") sein und keine Strahlung durchlassen.
- Der hochradioaktive Abfall muss irgendwo gelagert werden, und zwar so, dass die Strahlung sicher abgeschirmt wird.

Optional kann ein Beitrag von [logo! \(ZDFKindernachrichten\)](#) verwendet werden. Er umfasst kurze Texte sowie ein kurzes Erklärvideo.

Arbeitsphase

Im Anschluss diskutieren die Schüler:innen gemeinsam, welche Möglichkeiten es geben könnte, um hochradioaktive Abfälle sicher zu entsorgen. Dabei gibt die Lehrkraft folgende Möglichkeiten vor, die tatsächlich diskutiert werden beziehungsweise wurden:

- im "ewigen Eis" der Antarktis lagern (verworfen, unter anderem weil das Eis in Zukunft schmelzen könnte. Außerdem strahlen die Abfälle Wärme aus, sodass dadurch das Eis schmelzen würde),
- mit Raketen ins Weltall "schießen" (verworfen, da sehr viele Raketen starten müssten, um die großen Abfallmengen zu entsorgen. Das ist sehr teuer. Außerdem könnten Unfälle passieren),
- ins Ausland bringen (verworfen, unter anderem weil man nicht sicher sein kann, dass die Abfälle dort sicher gelagert werden. Jedes Land sollte für seinen eigenen radioaktiven Müll verantwortlich sein),
- dauerhafte Lagerung in oberirdischen Hallen (sogenannte Langzeitzwischenlager) (eine von drei Optionen, die weiter beobachtet werden; problematisch ist jedoch, dass Wartung und Sicherung der Abfälle für eine Million Jahre sichergestellt werden müsste)

- tief unter der Erde lagern, wo der Untergrund stabil ist (vom Bundestag aufgrund der Empfehlung von Fachleuten angenommen).

Zusätzlich stellt die Lehrkraft die aktuelle Übergangslösung vor: Da bisher noch kein Endlager gefunden wurde, wird der hochradioaktive Müll in sogenannten Zwischenlagern in sehr sicheren Behältern (sogenannten Castor-Behältern) verwahrt.

Die Möglichkeiten werden für alle sichtbar notiert (zum Beispiel an der Tafel/dem Whiteboard).

Die Schüler:innen bilden Arbeitsgruppen und behandeln jeweils eine der genannten Entsorgungsmöglichkeiten. Zur Unterstützung erhalten sie [die Arbeitsblätter aus den Materialien](#). Diese enthalten kurze Infotexte zu den verschiedenen Möglichkeiten sowie folgende Beispielfragen, mit deren Hilfe die Vorschläge diskutiert werden können:

- Ist die Entsorgungsmöglichkeit für radioaktive Abfälle sicher, wenn ein Krieg oder Terror ausbrechen sollte?
- Ist die Lagerstätte geschützt gegen Naturkatastrophen und Klimawandel?
- Sind die hochradioaktiven Abfälle für einen sehr langen Zeitraum sicher gelagert (zum Beispiel in einer Million Jahren)?
- Ist der Transport zur Lagerstätte sicher?
- Können die Abfälle im Notfall oder in Zukunft zurückgeholt werden (zum Beispiel, wenn eine Technik entwickelt wurde, um die hochradioaktiven Abfälle in ungefährliche Stoffe umzuwandeln)?

Die Lehrkraft unterstützt die Gespräche innerhalb der Gruppen. Die Arbeitsgruppen notieren wichtige Erkenntnisse und fassen die Vor- und Nachteile ihrer Option für ein Endlager zusammen.

Abschluss

Mit Unterstützung der Lehrkraft werden die wichtigsten Eigenschaften eines Endlagers festgehalten:

- Sicherheit im Fall von Krieg und Terror,
- Sicherheit im Fall von Naturkatastrophen und Klimawandel,
- Möglichkeit der Rückholung; der hochradioaktive Abfall ist nicht "verloren",
- sicherer Transport; der Transport des hochradioaktiven Abfalls zur Endlagerstätte ist sicher,
- sichere Auswahl des Endlagers für alle Menschen.
- Sicherheit über einen sehr langen Zeitraum ("eine Million Jahre") und darum Sicherheit unabhängig vom Menschen.

Die Lehrkraft notiert die Kriterien in einer Tabelle an der Tafel/dem Smartboard. Anschließend stellen die Gruppen ihre Ergebnisse im Plenum vor. Gemeinsam bewerten die Schüler:innen jede Endlageroption hinsichtlich der verschiedenen Kriterien mit den Farben rot (kommt nicht infrage), gelb (ist vielleicht geeignet) und grün (ist eine geeignete Möglichkeit).

Im Anschluss stimmen die Schüler:innen ab, welche Möglichkeit am geeignetsten wäre, um hochradioaktive Abfälle langfristig sicher zu lagern. Im Anschluss klärt die Lehrkraft über den Stand zum Thema in Deutschland auf: Sie informiert darüber, dass die hochradioaktiven Abfälle an einem Standort tief unter der Erde in Deutschland gelagert werden sollen und dass momentan nach dem sichersten Standort gesucht wird.

Im Anschluss stellt die Lehrkraft die Frage, was die Schüler:innen davon halten würden, wenn ein Ort in ihrer Nähe als Endlagerstätte ausgewählt werden würde.

Die Lehrkraft weist darauf hin, dass ein Ort für ein Endlager gefunden werden muss, dass jedoch viele Menschen dagegen sind, dass in ihrer Region hochradioaktiver Abfall endgelagert wird.

Gemeinsam besprechen die Schüler:innen die Ängste und Bedenken der Menschen im Zusammenhang mit dieser Thematik. Dabei informiert die Lehrkraft darüber, dass sich bei der Endlagersuche in Deutschland alle betroffenen Bürgerinnen und Bürger zum Thema äußern können.

Erweiterung

- Die Schüler:innen entwerfen Plakate, auf denen sie ihre Forderungen für die Endlagersuche veranschaulichen.
- Die Schüler:innen schreiben einen Tagebucheintrag: Wir leben in der Zukunft. In eurer Region wurde ein geeigneter Standort für ein Endlager gefunden. Schreibe, wie es dir als Bewohner:in dieser Region damit geht. Wie alt bist du, was machst du, was ist dir im Hinblick auf das Endlager wichtig?
- Die Schüler:innen befragen Eltern oder Bekannte dazu, was diese über die Endlagersuche wissen und welche Vorschläge sie für die Endlagerung haben. Die Ergebnisse werden anschließend in der Schule mit den Ergebnissen aus dem Unterricht verglichen.

Arbeitsmaterial

Die Schüler:innen bilden Arbeitsgruppen und behandeln jeweils eine der genannten Entsorgungsmöglichkeiten. Zur Unterstützung erhalten sie die Arbeitsblätter aus den Materialien. Diese enthalten kurze Infotexte zu den verschiedenen Möglichkeiten sowie Beispielfragen, mit deren Hilfe die Vorschläge diskutiert werden können.

Übersicht

Idee 1: Im "ewigen Eis" lagern

Idee 2: Mit Raketen ins Weltall schießen

Idee 3: Ins Ausland bringen

Idee 4: Dauerhafte Lagerung in Hallen

Idee 5: Tief unter der Erde lagern

Arbeitsblatt

Idee 1: Im "ewigen Eis" lagern

Worum geht es bei der Idee?

Schon seit Millionen von Jahren sind Nordpol und Südpol von dicken Eisschichten bedeckt. Das nennt man das „ewige Eis“. Kann man die radioaktiven Abfälle nicht in diesem Eis „verschwinden“ lassen? Das könnte folgendermaßen funktionieren: Die Abfälle sind sehr warm. Wenn sie im Eis gelagert werden, schmilzt durch die Wärme das Eis um sie herum. Die Abfälle sinken in das Eis ein, und über ihnen gefriert es wieder. Die Abfälle wären so für immer vom Eis eingeschlossen.

Aufträge

1. Diskutiert in der Gruppe miteinander: Was haltet ihr von dieser Idee?
2. Bewertet, ob dies eine sichere Möglichkeit wäre, die radioaktiven Abfälle zu lagern.

Folgende Fragen helfen euch bei der Bewertung:

Wären die Abfälle dort noch sicher, wenn ...

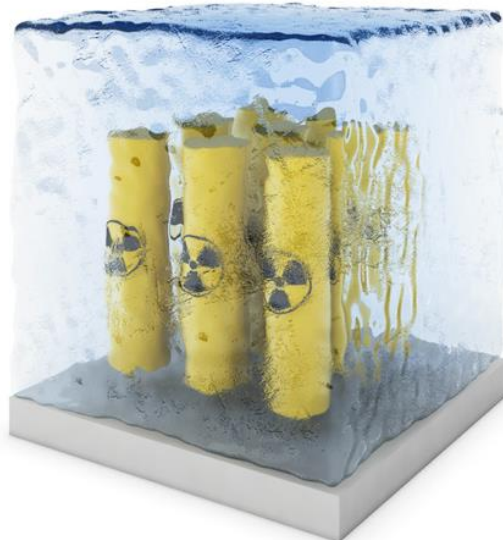
... ein Krieg ausbrechen würde?

... es Naturkatastrophen gäbe wie z.B. Überschwemmungen?

... das Klima sich stark erwärmt?

Überlegt außerdem:

- Sind die Abfälle für einen sehr langen Zeitraum sicher gelagert (zum Beispiel für eine Million Jahre)?
- Ist der Transport sicher?
- Können die Abfälle zurückgeholt werden, wenn es notwendig sein sollte?



Quelle: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung

Arbeitsblatt

Idee 2: Mit Raketen ins Weltall schießen

Worum geht es bei der Idee?

Mit großen Raketen könnte man den radioaktiven Abfall ins Weltall schießen. Dafür bräuchte man allerdings sehr viele Raketen. Dann wäre er für immer von der Erde entfernt. Vielleicht würde er dann für alle Zeiten durch das Weltall fliegen. Oder vielleicht kann man den Abfall auch direkt in die Sonne schießen, und er würde dort verbrennen.

Aufträge

1. Diskutiert in der Gruppe miteinander: Was haltet ihr von dieser Idee?
2. Bewertet, ob dies eine sichere Möglichkeit wäre, die radioaktiven Abfälle zu lagern.

Folgende Fragen helfen euch bei der Bewertung:

Wären die Abfälle dort noch sicher, wenn ...

... ein Krieg ausbrechen würde?

... es Naturkatastrophen gäbe wie z.B. Überschwemmungen?

... das Klima sich stark erwärmt?

Überlegt außerdem:

- Sind die Abfälle für einen sehr langen Zeitraum sicher gelagert (zum Beispiel für eine Million Jahre)?
- Ist der Transport sicher?
- Können die Abfälle zurückgeholt werden, wenn es notwendig sein sollte?



Quelle: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung

Arbeitsblatt

Idee 3: Ins Ausland bringen

Worum geht es bei der Idee?

Der radioaktive Abfall ist in Atomkraftwerken in Deutschland entstanden. Eine Idee für den Abfall wäre, dass man ihn ins Ausland bringt. Es gibt bestimmte Länder, die den Müll nehmen würden, wenn man ihnen viel Geld dafür gibt. Der gesamte Abfall würde dann ins Ausland transportiert werden. Dann bräuchte man sich in Deutschland nicht mehr darum zu kümmern.

Aufträge

1. Diskutiert in der Gruppe miteinander: Was haltet ihr von dieser Idee?
2. Bewertet, ob dies eine sichere Möglichkeit wäre, die radioaktiven Abfälle zu lagern.

Folgende Fragen helfen euch bei der Bewertung:

Wären die Abfälle dort noch sicher, wenn ...

... ein Krieg ausbrechen würde?

... es Naturkatastrophen gäbe wie z.B. Überschwemmungen?

... das Klima sich stark erwärmt?

Überlegt außerdem:

- Sind die Abfälle für einen sehr langen Zeitraum sicher gelagert (zum Beispiel für eine Million Jahre)?
- Ist der Transport sicher?
- Können die Abfälle zurückgeholt werden, wenn es notwendig sein sollte?



Quelle: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung

Idee 4: Dauerhafte Lagerung in Hallen

Worum geht es bei der Idee?

Im Moment werden die radioaktiven Abfälle in sehr sicheren Behältern aufbewahrt. Diese Behälter stehen in Hallen, die Zwischenlager genannt werden. In Deutschland gibt es 16 solcher Zwischenlager. Die Behälter sind so gebaut, dass sie die Abfälle sicher einschließen, selbst wenn zum Beispiel ein Flugzeug auf die Lagerhallen stürzen würde. Außerdem sind die Zwischenlager von Stacheldraht umgeben und werden rund um die Uhr bewacht. Die Abfälle sind dort im Moment sehr sicher aufbewahrt. Die Idee: Könnten Sie nicht einfach für immer dort stehen bleiben?

Aufträge

1. Diskutiert in der Gruppe miteinander: Was haltet ihr von dieser Idee?
2. Bewertet, ob dies eine sichere Möglichkeit wäre, die radioaktiven Abfälle zu lagern.

Folgende Fragen helfen euch bei der Bewertung:

Wären die Abfälle dort noch sicher, wenn ...

... ein Krieg ausbrechen würde?

... es Naturkatastrophen gäbe wie z.B. Überschwemmungen?

... das Klima sich stark erwärmt?

Überlegt außerdem:

- Sind die Abfälle für einen sehr langen Zeitraum sicher gelagert (zum Beispiel für eine Million Jahre)?
- Ist der Transport sicher?
- Können die Abfälle zurückgeholt werden, wenn es notwendig sein sollte?



Quelle: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung

Arbeitsblatt

Idee 5: Tief unter der Erde lagern

Worum geht es bei der Idee?

Tief unter der Erde gibt es Schichten aus Gesteinen, die sich über einen sehr langen Zeitraum kaum verändern oder bewegen. Die Idee: In diesen Schichten könnte man ein Bergwerk bauen. Die Abfälle werden in sehr dichte Behälter verpackt, die dann über einen Schacht oder eine Rampe in das Bergwerk transportiert werden. Dort werden sie nebeneinander in Gängen abgestellt. Wenn alle Abfälle eingelagert sind, werden die Gänge und Schächte verschlossen. Die Abfälle könnten für immer dort unten bleiben.

Aufträge

1. Diskutiert in der Gruppe miteinander: Was haltet ihr von dieser Idee?
2. Bewertet, ob dies eine sichere Möglichkeit wäre, die radioaktiven Abfälle zu lagern.

Folgende Fragen helfen euch bei der Bewertung:

Wären die Abfälle dort noch sicher, wenn ...

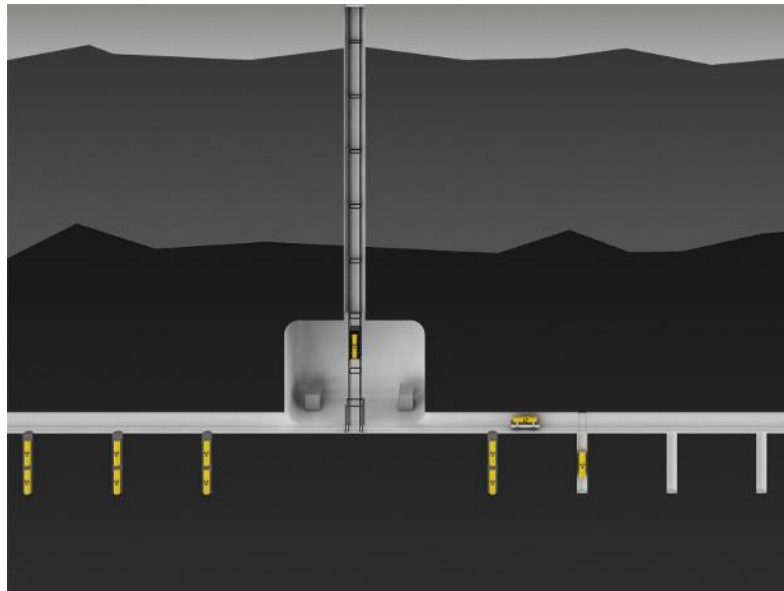
... ein Krieg ausbrechen würde?

... es Naturkatastrophen gäbe wie z.B. Überschwemmungen?

... das Klima sich stark erwärmt?

Überlegt außerdem:

- Sind die Abfälle für einen sehr langen Zeitraum sicher gelagert (zum Beispiel für eine Million Jahre)?
- Ist der Transport sicher?
- Können die Abfälle zurückgeholt werden, wenn es notwendig sein sollte?



Quelle: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung

Bilderserie

Die Bilderserie finden Sie auch auf „[Umwelt im Unterricht](#)“.



Was sind hochradioaktive Abfälle?

In einem Atomkraftwerk – oft auch Kernkraftwerk genannt – entstehen bei der Energieerzeugung hochradioaktive Abfälle. Das sind Abfälle, die sehr stark radioaktiv sind und wegen des radioaktiven Zerfalls sehr viel Wärme abgeben. Dabei handelt es sich überwiegend um die verbrauchten Brennelemente aus den Atomkraftwerken. Hinzu kommen Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ausgebrannter Brennelemente. Zusätzlich fallen beim Betrieb und Rückbau der Atomkraftwerke schwach- und mittelradioaktive

Abfälle an. Die hochradioaktiven Abfälle machen nur einen Anteil von circa 5 Prozent am Gesamtvolumen der radioaktiven Abfälle in Deutschland aus, enthalten jedoch circa 99 Prozent der gesamten Radioaktivität aller radioaktiven Abfälle. Die letzten deutschen Atomkraftwerke wurden zwar abgeschaltet, es bleiben aber rund 27.000 Kubikmeter hochradioaktiver Abfälle übrig. Für diese Abfälle wird derzeit ein Endlagerstandort in Deutschland gesucht.



Was bedeutet Radioaktivität und warum ist diese gefährlich?

Vereinfacht gesagt beschreibt Radioaktivität das Phänomen, dass Atomkerne zerfallen. Kernzerfall kann auf natürliche Weise geschehen oder künstlich durch den Menschen herbeigeführt werden. Die Zerfallsenergie wird dabei als Strahlung ausgesendet. Diese Strahlung nennt man ionisierende, also energiereiche Strahlung. Ionisierende Strahlung kann Zellen schädigen. Dabei ist es egal, ob die Strahlung aus natürlichen oder künstlichen Quellen stammt. Je nachdem, ob Strahlung auf eine Keim- oder Körperzelle trifft, kann es zu einer Veränderung der Erbanlagen kommen oder es können Krebserkrankungen entstehen.

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. Das Foto zeigt eine Übung der Feuerwehr eines US-Militärstützpunkts. Die abgebildeten Personen schützen sich vor der Strahlung durch Strahlenschutzanzüge. Links oben im Bild: die internationalen Warnsymbole vor Radioaktivität. Das rote Symbol wurde als Ergänzung entwickelt, weil das gelbe Symbol von vielen Menschen nicht als Warnung verstanden wurde.



Katastrophe in Fukushima

In der Geschichte der zivilen Nutzung der Atomenergie kam es zu katastrophalen Unfällen in kerntechnischen Anlagen. Die Unfallursachen waren sehr unterschiedlich. Nukleare Unfälle können beispielsweise durch Versagen technischer Komponenten, durch menschliche Fehler oder auch durch Naturkatastrophen entstehen. Durch einen nuklearen Unfall werden radioaktive Substanzen in stark erhöhtem Maße freigesetzt. Dies kann katastrophale Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt haben. Die bekanntesten nuklearen Unfälle

mit massiven Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt ereigneten sich 1986 in Tschernobyl in der damaligen Sowjetunion (heute Ukraine) und 2011 in Fukushima in Japan. 2011 gab es im Pazifik ein Seebeben, in dessen Folge ein Tsunami die Ostküste Japans traf. Dieser löste eine Unfallserie im

Atomkraftwerk Fukushima Daiichi mit Kernschmelzen in drei Reaktorblöcken aus. Das Foto zeigt Fachleute der Internationalen Atomenergiebehörde in Schutzanzügen vor Ruinen des Atomkraftwerks Fukushima, etwa zwei Jahre nach der Katastrophe.



Was ist ein Castor-Behälter?

CASTOR ist die Abkürzung für die englische Bezeichnung „Cask for Storage and Transport of Radioactive Material“ und kennzeichnet verschiedene Behälterbauarten, die dazu dienen, hochradioaktiven Abfall zu transportieren und für eine begrenzte Zeit aufzubewahren. Die hochradioaktiven Stoffe sind darin unter anderem von einem circa 40 Zentimeter dicken Mantel aus Gusseisen umgeben. Sogenannte Moderatorstäbe schirmen gegen Neutronen ab. So wird der gesetzliche Grenzwert für die Strahlenbelastung an der Behälteroberfläche sicher unterschritten.

Nach Abschaltung der letzten Atomkraftwerke wird der hochradioaktive Abfall in circa 1.900 Castor-Behältern in 16 Zwischenlagern aufbewahrt.



Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle

Bis heute steht in Deutschland kein betriebsbereites genehmigtes Endlager für radioaktive Abfälle zur Verfügung. Deshalb werden radioaktive Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung von Atomkraftwerken und Forschungsreaktoren bis zu ihrer Verbringung in ein Endlager zeitlich begrenzt in Zwischenlagern aufbewahrt. Zwischenlager sind – wie es das Wort andeutet – demnach eine Zwischen- und keine Dauerlösung. 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.



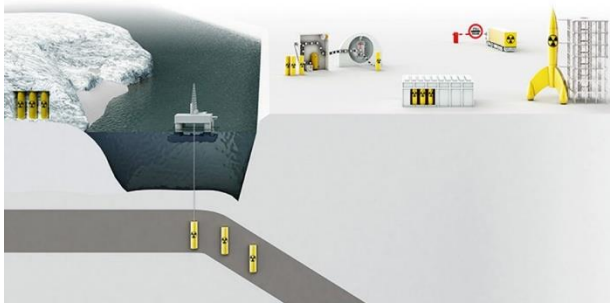
Proteste gegen Atomenergie und Endlager

Der Staat entscheidet, Bürger:innen protestieren. Dieser Gegensatz prägte viele Jahre die Endlagersuche. Vor allem die Proteste gegen Transporte von hochradioaktiven Abfällen in das zentrale Zwischenlager Gorleben sind ein Symbol für den Protest und Widerstand gegen die Atomenergie. Der Beschluss des Bundestags im Jahr 2011, aus der Nutzung der Atomenergie auszusteigen, beendete diesen Konflikt. Die Suche nach einem dauerhaft sicheren Ort für die Lagerung der radioaktiven Abfälle ist das letzte Kapitel der deutschen Atomenergie.

Es ist ein wichtiges Umweltprojekt von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung. Deshalb wurde ein Verfahren für die Suche nach dem Endlagerstandort entwickelt, das wissenschaftsbasiert ist sowie auf Transparenz und Beteiligung der Bürger:innen setzt.

Wohin mit dem hochradioaktiven Abfall?

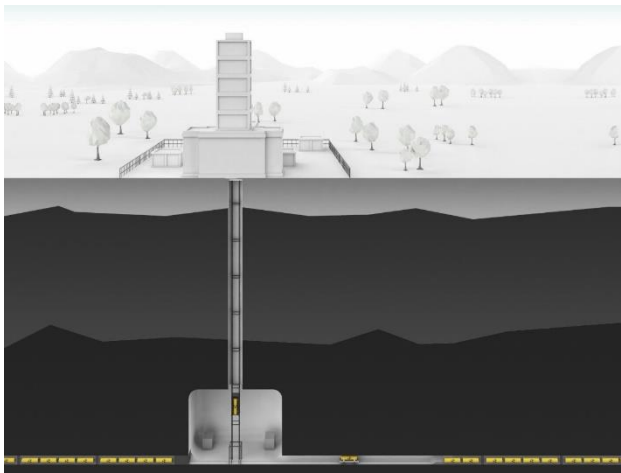
Schon seit den 1950er-Jahren suchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weltweit nach Möglichkeiten, hochradioaktive Abfälle zu entsorgen. Im Lauf der Jahrzehnte wurden verschiedene Ansätze diskutiert. Bei der Bewertung muss eine Frage im Vordergrund stehen: Wie können die gefährlichen hochradioaktiven Stoffe über einen langen Zeitraum sicher von Mensch und Umwelt ferngehalten werden? Der Entscheidung in Deutschland für ein Endlager in Gesteinsschichten tief unter der Erdoberfläche sind intensive Diskussionen vorausgegangen.



Sie hatten zum Ergebnis, dass aus wissenschaftlicher Sicht derzeit keine andere Entsorgungsoption mit einem so hohen Sicherheitsniveau zur Verfügung steht. Die Grafik zeigt einige der Entsorgungsoptionen, die von Fachleuten geprüft und am Ende verworfen wurden. Von links nach rechts: Entsorgung im arktischen Eis, ins Erdinnere bringen (durch Verschiebung der Erdplatten unter die Erdkruste), Transport ins Ausland, mit Raketen ins Weltall schießen.

Ein Endlagerstandort unter der Erde

Hochradioaktive Stoffe senden viele Hunderttausend Jahre lang ionisierende Strahlung aus. Sie müssen daher für eine sehr lange Zeit sicher von Mensch und Umwelt abgeschirmt werden. International befürworten Fachleute eine Lagerung in Gesteinsschichten tief unter der Erdoberfläche. Es wird ein Endlagerbergwerk errichtet und die Abfälle werden eingelagert. Danach wird es dauerhaft verschlossen. Geologische und technische Barrieren, die die Abfälle umschließen, sollen sie über Jahrtausende sicher abschirmen. Für die langfristige Sicherheit sind stabile geologische Formationen von besonderer Wichtigkeit. Noch ist nicht klar, wo in Deutschland der bestmögliche Standort ist, um die hochradioaktiven Abfälle dauerhaft sicher zu lagern. Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens wird dieser Ort zurzeit deutschlandweit gesucht.



Die langfristige Sicherheit sind stabile geologische Formationen von besonderer Wichtigkeit. Noch ist nicht klar, wo in Deutschland der bestmögliche Standort ist, um die hochradioaktiven Abfälle dauerhaft sicher zu lagern. Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens wird dieser Ort zurzeit deutschlandweit gesucht.