

HOCHRADIOAKTIVER ATOMMÜLL: WARUM HIER? WARUM WIR?

Unterrichtsmaterial zur
Endlagersuche – Geografie



Inhalt

- 3. Einleitung und Lernziele**
- 5. Materialien**
- 12. Aufgaben**
- 17. Unterrichtsvorschlag**
- 20. Didaktischer Kommentar**
- 22. Weiterführende Informationen im Netz**
- 23. Impressum**

Einleitung und Lernziele

Am 15. April 2023 wurden die letzten drei Kernkraftwerke in Deutschland abgeschaltet. Zurück bleiben allerdings rund 27.000 Kubikmeter hochradioaktive Abfälle. Und ein sicheres Endlager für diese Abfälle ist, wie auch in fast allen anderen Ländern, noch nicht gefunden.

Der Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle wird im tiefen Untergrund Deutschlands gesucht. Solch eine tiefengeologische Lagerung ist die nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik sicherste Methode.

Als Vorhabenträgerin führt die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) führt die Endlagersuche praktisch durch. Also ohne Vorfestlegungen, überprüft sie seit 2017 ganz Deutschland auf Endlagertauglichkeit - zunächst auf Basis geologischer Daten über den tiefen Untergrund. Ablauf, Kriterien und Rahmenbedingungen sind im Standortauswahlgesetz festgelegt. Neben dem Ausschluss geologischer Risiken wie Erdbeben oder Vulkanausbrüche wurde beispielsweise geprüft, ob in einer Tiefe von mindestens 300 Metern ein zur Endlagerung geeigneter Gesteinstyp vorliegt. Drei verschiedene Gesteinstypen sind grundsätzlich geeignet, als sogenanntes »Wirtsgestein« zu dienen: Steinsalz, Ton- oder Kristallingestein. Doch damit ist es nicht getan. Denn auch das Gestein muss weiter geprüft werden: Wie gut verträgt dieses spezielle

Gestein hohe Temperaturen? Wie leicht könnten Transportwege für Flüssigkeiten oder Gase entstehen? Ein komplexes wissenschaftliches Auswahlverfahren, das uns noch Jahrzehnte beschäftigen wird.

Im Herbst 2020 hat die BGE den ersten Meilenstein vorgelegt, den Zwischenbericht Teilgebiete. Die weiße Landkarte wird damit bunt. Denn der Zwischenbericht Teilgebiete zeigt auf, welche Gebiete in Deutschland bei der Endlagersuche nicht weiter betrachtet werden. Und er benennt diejenigen Gebiete, die im weiteren Verfahren näher untersucht werden – 90 sogenannte Teilgebiete, die rund 54 Prozent der Fläche Deutschlands umfassen.

In dieser Unterrichtseinheit lernen die Schülerinnen und Schüler den Auswahlprozess und insbesondere die geologischen Voraussetzungen für einen geeigneten Standort aus wissenschaftlicher Perspektive kennen. Dabei übertragen sie ihr Wissen auf einzelne Standorte und prüfen diese anhand der gelernten Kriterien. Zudem nehmen sie in ihrem Lern- und Rechercheprozess nicht-wissenschaftliche Einflussfaktoren wie persönliche Betroffenheit wahr und beurteilen den Auswahlprozess in diesem Spannungsfeld für sich.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- ... definieren und begründen in Form von W-Fragen den gesetzlichen Auftrag zur Endlagersuche für radioaktive Abfälle.
- ... recherchieren mithilfe einer digitalen Weltkarte Geokoordinaten und leiten aus den Funden Gründe ab, die aus geologischer Sicht, gegen einen Endlagerstandort sprechen.
- ... visualisieren Textinformationen als Infografik und erstellen auf diese Weise anschauliche Schaubilder zum Standortauswahlverfahren, zu Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Wirtsgesteinen für ein atomares Endlager.
- ... untersuchen ausgewiesene Teilgebiete in Deutschland, die Eignungskriterien für ein Endlager aufweisen, und prüfen mithilfe einer interaktiven Karte, ob die Region, in der sie wohnen, diese Kriterien erfüllt.
- ... erörtern ihre Einstellung und ihre Gefühle bei der Aussicht, gegebenenfalls einmal in der Nähe eines atomaren Endlagers zu leben und tauschen sich über ihre Position dazu aus.
- ... erstellen in einem kreativen Abschlussprojekt eine Plakatausstellung, die geeignet ist, eine betroffene Gemeinde über die geologischen Kriterien der Standortauswahl zu informieren.



Materialien

M1 – Suchauftrag

WANTED**ENDLAGERSTANDORT FÜR HOCHRADIOAKTIVE ABFÄLLE****DAUER: EINE MILLION JAHRE****ORT: IN TIEFEN GESTEINSSCHICHTEN****VORAUSSETZUNG: LANGZEITSICHERHEIT**

April 2023: Die letzten drei Atomkraftwerke in Deutschland sind vom Netz gegangen. Damit ist jedoch die Geschichte der Kernenergie in unserem Land längst nicht vorbei. Der Atom Müll ist noch da und muss sicher verwahrt werden. Insbesondere die Brennstäbe sind eine Herausforderung für die Endlagerung, Sie müssen für eine Million Jahre sicher von der Biosphäre abgeschirmt werden.

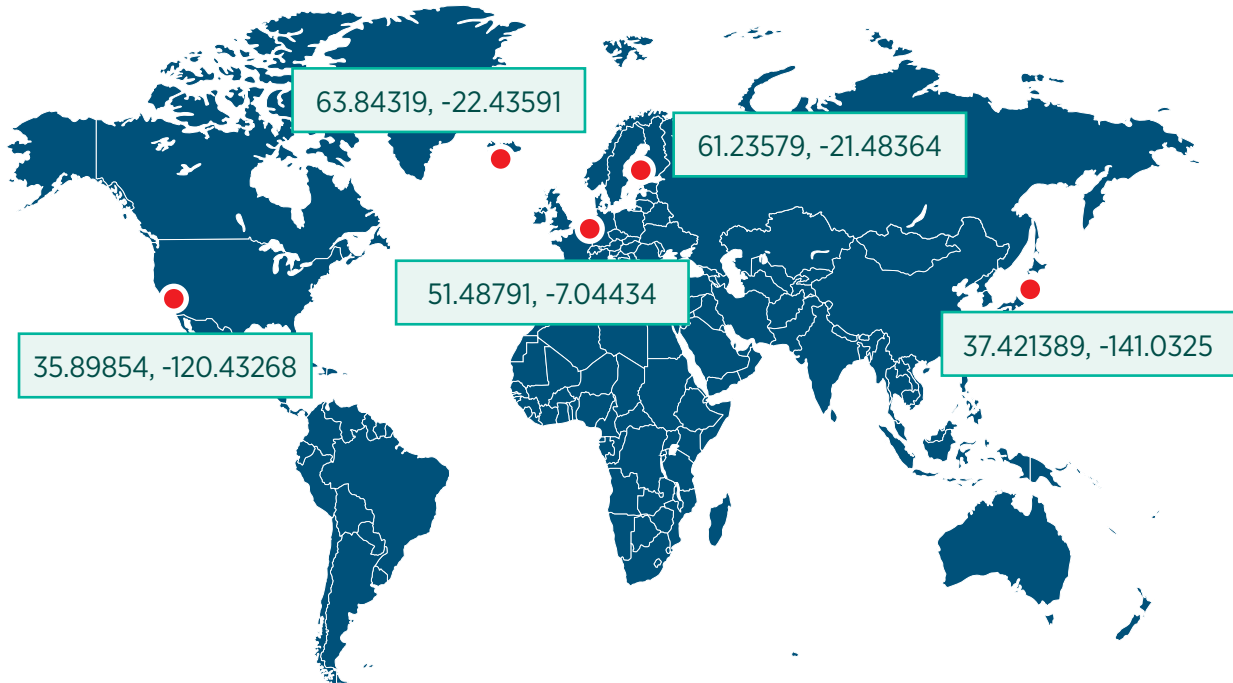
Frühere Versuche, einen Endlagerstandort für diese Abfälle zu finden, sind gescheitert. Die bestehenden Zwischenlager als vorübergehender Aufbewahrungsort für den Atom Müll sind keine Dauerlösung. Im Jahr 2013 wurde die Endlagersuche deshalb wieder auf null gesetzt. Der Deutsche Bundestag sprach sich 2017 mit breiter Mehrheit für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen Gesteinsschichten aus. Diese tiefengeologische Lagerung ist nach aktuellem Forschungsstand die sicherste Methode. Mit der Suche nach dem Endlagerstandort hat der Bund die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) beauftragt. Aber wo gibt es Gestein, das diese Abfälle sicher verschließt? Und welcher Untergrund kommt nicht infrage?

**SACHDIENLICHE HINWEISE FÜR GEEIGNETE STANDORTE
UND GESTEINSSCHICHTEN WERDEN DANKEND
ENTGEGENGENOMMEN.**

Bildquelle: www.base.bund.de/DE/themen/ne/zwischenlager/laufzeiten-zwl/laufzeiten-zwl_node.html

M2 – Weltkarte: Nicht jeder Standort ist sicher – worauf kommt es an?

Und was stimmt mit den anderen nicht?



M3 – Auf der Suche nach einem sicheren Endlager

Alles auf Anfang – Der Auftrag

Für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle gibt es in Deutschland bereits ein genehmigtes Endlager: Das Endlager Konrad in Salzgitter soll Anfang der 2030er-Jahre in Betrieb gehen. Damit wird ein zentraler Baustein für den Atomausstieg vollendet. Für den hochradioaktiven Atommüll aber wird noch ein Endlagerstandort gesucht. Das Standortauswahlgesetz (StandAG), das die Endlagersuche regelt, schreibt vor, dass dieser die bestmögliche Sicherheit für eine Million Jahre gewährleisten muss. So lange ist die Radioaktivität der Abfälle noch so hoch, dass Mensch und Umwelt vor der Strahlung geschützt werden müssen.

Die Europäische Union hat sich darauf geeinigt, dass jeder Mitgliedsstaat, der radioaktive Abfälle erzeugt, auch für die dauerhafte sichere Lagerung dieser Abfälle verantwortlich ist. Das bedeutet: Ein Endlagerstandort muss im eigenen Land gefunden werden. Hochradioaktive Abfälle – und somit auch die Verantwortung dafür – dürfen nicht in andere Länder ausgelagert werden.

Die tiefengeologische Lagerung der hochradioaktiven Abfälle, also die Lagerung tief unter der Erde, ist nach aktuellem internationalem Kenntnisstand der Forschung die sicherste Methode der Endlagerung.

Als Trägerin des Vorhabens führt die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) die Endlagersuche durch. Ausgehend von einer weißen Landkarte, also ohne Vorfestlegungen, überprüft sie seit 2017 ganz Deutschland auf Endlagertauglichkeit. Dies geschieht zunächst auf Basis geologischer Daten über den tiefen Untergrund, später mittels oberirdischer sowie unterirdischer Erkundungsprogramme. Ablauf, Kriterien und Rahmenbedingungen sind im StandAG festgelegt. Das Verfahren soll vergleichend, wissenschaftsbasiert und transparent erfolgen. Die Standortsuche soll partizipativ verlaufen, also unter früher Einbeziehung der Öffentlichkeit. In jedem Verfahrensschritt fallen weitere Gebiete durch das Suchraster, weil sie ungeeignet oder weniger geeignet sind als andere. Am Ende bleibt der Standort mit der bestmöglichen Sicherheit übrig.

Quelle: BGE, www.bge.de/de/endlagersuche/#w-fragen

Hier nicht! – Ausschlusskriterien

Das StandAG definiert sechs Ausschlusskriterien für mögliche Endlager Standorte. Diese geologischen Gegebenheiten bieten keine ausreichende Sicherheit.

1. Großräumige Vertikalbewegungen

Großräumige geogene, also durch natürliche Prozesse bewirkte Hebungen und Senkungen durch plattentektonische Vorgänge über 1 mm pro Jahr, die über einen Zeitraum von einer Million Jahren erwartet wird.

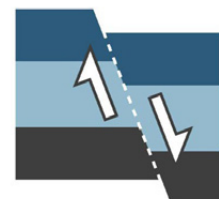
Beispiel: In Deutschland gibt es aktuell keine großräumigen Vertikalbewegungen. Mit diesem Kriterium wurden daher auch keine Regionen ausgeschlossen. Ein Beispiel außerhalb Deutschlands wäre die noch heute beachtliche Hebung des Himalaya.



2. Aktive Störungszonen

Störungen sind das Ergebnis von Brüchen in der oberen Erdkruste. Sie sind durch enorme Kräfte, wie zum Beispiel Druck, entstanden. An ihnen können sich Gesteinsformationen reiben und verschieben. Das umgebende Gestein ist dann stark beansprucht, gebrochen und zerklüftet.

Beispiele: Oberrheingraben, Niederrheinische Bucht, Rheinisches Schiefergebirge



3. Bergbau und Bohrungen

Bergwerke und Bohrungen können den Untergrund so sehr schädigen, dass radioaktive Abfälle womöglich nicht sicher lagern. Um das Bohrloch oder das Bergwerk herum wird das Gestein aufgelockert, es wird rissig oder brüchig.

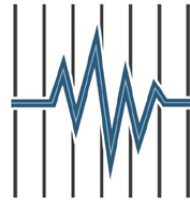
Beispiel: Kohlebergbau im Ruhrgebiet



4. Seismische Aktivität/Erdbeben

Wenn die Erde bebt, kann das fatale Folgen haben: in Deutschland zwar seltener als in anderen Regionen der Welt und im Untergrund weniger stark als an der Erdoberfläche. Dennoch erfüllen einige potenzielle Erdbebengebiete nicht die Sicherheitskriterien für eine Million Jahre.

Beispiele: Schwäbische Alb, Niederrheinische Bucht, Vogtland



5. Vulkanische Aktivität

Bei einer Vulkaneruption erreicht geschmolzenes Gestein (Lava) aus dem Erdinnern die Oberfläche der Erdkruste. Die BGE schließt deshalb die Gebiete aus, in denen der Vulkanismus jünger als 2,6 Millionen Jahre ist.

Beispiele: Eifel, Vogtland



6. Grundwasseralter

In Gebirgsbereichen, in denen junges Grundwasser nachgewiesen werden kann, gibt es einen Flüssigkeitsaustausch mit der Erdoberfläche. Somit ist ein solches Gebiet auch nicht abgeschlossen von Mensch und Umwelt und eignet sich nicht für die Endlagerung.



Quelle: BGE, Zwischenbericht Teilgebiete/Storymap
www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/storymap-vollbild

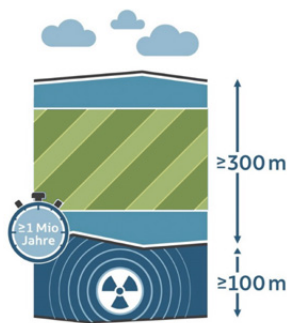
Das geht: Die fünf Mindestanforderungen

Tief unter der Erde sind die Zeiten nicht so schnelllebig wie bei uns an der Erdoberfläche. Zwar gibt es auch in Deutschland Regionen, in denen immer wieder die Erde bebt. Geologinnen und Geologen wissen aber, wo unser Planet aktiv ist. Und sie wissen auch, wo er es nicht ist, wo in einigen Hundert Metern Tiefe seit Millionen Jahren praktisch Stillstand herrscht. Und wo das mit hoher Sicherheit auch so bleibt. In solchen Gebieten wird ein Endlager für hochradioaktive Abfälle gesucht.

Doch es gibt weitere Kriterien: Nur wenn ein Gebiet alle Mindestanforderungen erfüllt, bleibt es weiter im Verfahren. Ansonsten wird es ausgeschlossen.

Der „einschlusswirksame Bereich“ ist der Gesteinsbereich im tiefen Untergrund, in dem der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle durch eine Kombination aus geologischen, geotechnischen und technischen Barrieren dauerhaft gewährleistet werden kann. Dieser Gesteinsbereich umgibt vollständig die Teile des Endlagerbergwerks, in denen die radioaktiven Abfälle eingelagert werden.

Die Mindestanforderungen laut StandAG:



- Die Gebirgsdurchlässigkeit für Wasser ist gering.
- Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss mindestens 100 Meter dick sein.
- Der einschlusswirksame Gebirgsbereich liegt mindestens 300 Meter unter der Erdoberfläche.
- Die Fläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist ausreichend groß, um ein Endlager aufzunehmen.
- Nach heutigen Erkenntnissen und Daten bleibt die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs für eine Million Jahre bestehen.

Quelle: BGE, Zwischenbericht Teilgebiete/Storymap

www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/storymap-vollbild

Einblicke #13,

www.einblicke.de/magazine/einblicke-13/

Auf der Suche nach dem besten Wirt

Wenn die Abfallbehälter der radioaktiven Abfälle irgendwann nicht mehr dicht sind, darf von einem Endlager keine Gefahr für die nachfolgenden Generationen an der Erdoberfläche ausgehen. Dabei spielt das Wirtsgestein eine entscheidende Rolle, also das Gestein, in dem die Abfälle für immer eingeschlossen werden sollen. Finnland errichtet derzeit eine Anlage im Granit, Fachleute sprechen von Kristallin. Im Jahr 2015 genehmigte die finnische Regierung den Bau des weltweit ersten Endlagers für hochradioaktive Abfälle. Es befindet sich im Kristallingestein unter der Halbinsel Olkiluoto und heißt „Onkalo“: „Höhle“. Die Schweiz und Frankreich erkunden Standorte in Tongestein.

Ein gutes Wirtsgestein besitzt Eigenschaften, die eine Ausbreitung von radioaktiven Stoffen möglichst dauerhaft verhindern. Aus diesen Erwägungen heraus gibt es in der Endlagerforschung einen breiten Konsens, dass es drei potenziell geeignete Wirtsgesteinstypen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gibt: Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein.

Steinsalz aus Verdunstung von Flüssigkeiten mit Salzanteilen*Vorteile von Salzgestein:*

Gut geeignet für den Bergwerksbau

Plastisch verformbar, „fließt“ unter Druck und kann so Risse „heilen“

Umschließt Lagerbehälter

Leitet Wärme gut ab

Hohe Eigenstabilität

Nachteile von Salzgestein:

Wasserlöslich, Wasserzutritt muss daher verhindert werden

Geringes Rückhaltevermögen gegenüber den Radionukliden

Kristallingestein aus erstarrtem, kristallisiertem Magma*Vorteile von Granit/kristallinem Gestein:*

Sehr standfest

Nicht wasserlöslich

Hitzebeständig

Nachteile von Granit/kristallinem Gestein:

Neigt zu Rissbildung

Wasser kann eindringen, Endlagergefäße müssen zum Korrosionsschutz zusätzlich beispielsweise in Bentonit eingebettet werden. Bentonit ist ein tonhaltiges Material zur Abdichtung.

Geringes Rückhaltevermögen gegenüber Radionukliden

Tongestein: Sedimentgesteine mit sehr feiner Korngröße*Vorteile von Tongestein:*

Dicht und undurchlässig

Nicht wasserlöslich

Kann Radionuklide gut binden

Quellbar und kann Risse selbst abdichten

Plastisch verformbar

Nachteile von Tongestein:

Leitet Wärme schlecht ab, verändert sich bei Hitze

Endlager benötigt deshalb mehr Platz

Quelle: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung

www.base.bund.de/DE/themen/soa/endlager-weltweit/finnland/finnland-endlager.html

Endlagersuche-Infoplattform: Endlagerungskonzepte

www.endlagersuche-infoplattform.de/webs/Endlagersuche/DE/Radioaktiver-Abfall/Entsorgungsoptionen/entsorgungsoptionen_node.html

Die Wirtsgesteine für ein Endlager

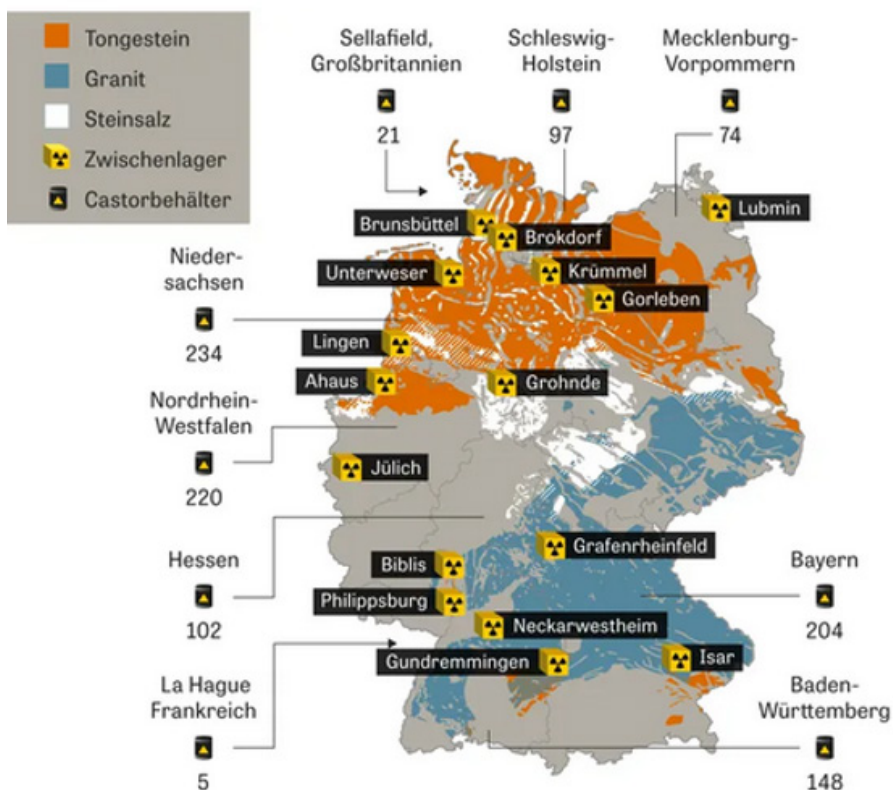
www.bge.de/de/endlagersuche/meldungen-und-pressemitteilungen/archiv/meldung/news/2020/7/468-endlagersuche/

M4 – Zwischenbericht Teilgebiete

Im Herbst 2020 hat die BGE den ersten Arbeitsstand vorgelegt, den „Zwischenbericht Teilgebiete“. Er weist 90 Gebiete in Deutschland aus, die günstige geologische Bedingungen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle erwarten lassen. Um diese Gebiete zu bestimmen, hat die BGE Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftliche Abwägungskriterien berücksichtigt. Die erforderlichen Daten stammen aus dem Bereich des Bergbaus, der Erdöl- oder Erdgasförderung oder aus Geothermiebohrungen. In einem nächsten Schritt gilt es, diese Teilgebiete weiter einzugrenzen.

Strahlendes Problem

1.079 Castorbehälter aus massivem Spezialstahl stehen gefüllt in Zwischenlagern. Hinzu kommen 26 aus der Wiederaufbereitung (21 aus Sellafield, 5 aus La Hague) und 800, die bis zum Atomausstieg mit abgebrannten Brennstäben gefüllt werden.



Stand 2020. Die aktuellen Zahlen wurden davon abweichen

ZEIT ONLINE: Wohin damit?

www.zeit.de/2020/43/infografik-atommuell-endlager-suche-geologie-radioaktivitaet

Link für die interaktive Karte:

BGE, Zwischenbericht Teilgebiete,

www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/



Aufgaben

Einstieg

1. Voraussetzungen und Vorgehensweise der Endlagersuche umreißen (M1)

- a. Lesen Sie das „Wanted“-Schild (**M1**) für die Endlagersuche. Fassen Sie den Suchauftrag in Form von W-Fragen zusammen:
Wer sucht was, wo, warum, für wie lange – und wer hat das festgelegt?
- b. Sammeln Sie Ideen, wie man bei der Endlagersuche vorgehen könnte, und notieren Sie Ihre Vorschläge zu Ablauf, Ortsbestimmung und Entscheidungskompetenz an der Tafel

Erarbeitung und Transfer

2. Standortvorschläge recherchieren und daraus Kriterien für die Suche ableiten (M2)

Auf der Weltkarte **M2** ist ein Endlagerort für hochradioaktive Abfälle verzeichnet. Die anderen Koordinaten führen Sie an Orte, die Sie besser ausschließen sollten.

- a. Greifen Sie mit einem Lernpartner oder einer Lernpartnerin eine Geokoordinate aus der Weltkarte heraus und recherchieren Sie, ob der Ort für ein Endlager geeignet ist.
 - Nutzen Sie für die Recherche einen digitalen Atlas oder Google Maps. Die Koordinaten sind als Dezimalgrad dargestellt, geben Sie diese in das Suchfeld ein.
 - Ihnen wird nun ein Ort auf einer Landkarte dargestellt. Schauen Sie sich dort kurz um, und notieren Sie den Ort.
 - Recherchieren Sie nun innerhalb von 10 Minuten, welche geologischen Besonderheiten dieser Ort aufweist. Eine kurze Anfrage auf Wikipedia oder Google Maps oder auch ein Blick in Ihren Atlas reicht dafür aus.
- b. Besprechen Sie Ihre Befunde, und einigen Sie sich auf eine Koordinate, die für einen Endlagerstandort infrage kommen könnte.
- c. Leiten Sie aus Ihren Arbeitsergebnissen Gründe ab, die aus geologischer Sicht, gegen einen Endlagerstandort sprechen könnten. Halten Sie diese an der Tafel fest.
Vergleichen Sie Ihre Befunde mit Ihren ersten Vermutungen aus dem Einstieg.

Erarbeitung 2

3. Informationen zu einem Teilgebiet der Endlagersuche als Schaubild visualisieren (M3)

- a. Entwerfen Sie in Gruppenarbeit eine Infografik, Mindmap oder ein Diagramm mit Beschriftungen zu einem Aspekt der Endlagersuche. Das Schaubild sollte die Inhalte eines Textabschnittes aus **M3** allgemeinverständlich und übersichtlich darstellen. Es gilt, nicht nur die Fakten zu veranschaulichen, sondern auch Erklärungen und Begründungen anzureißen. Denken Sie als Inspiration beispielsweise an Infotafeln in einem Museum. Sie müssen Ihr Schaubild nicht detailliert ausarbeiten, eine aussagekräftige Skizze reicht aus.

- Gruppe 1: Abschnitt: „Alles auf Anfang – Der Auftrag“
- Gruppe 2: Abschnitt „Hier nicht! – Ausschlusskriterien“
- Gruppe 3: Abschnitt „Das geht: Die fünf Mindestanforderungen“
- Gruppe 4: Abschnitt „Auf der Suche nach dem besten Wirt“

Hausaufgabe

- b.** Arbeiten Sie Ihre Diagramme aus Aufgabe a) aus, und recherchieren Sie weitere Informationen und/oder Bildmaterial auf entsprechenden Seiten im Internet (siehe: Weiterführende Informationen im Netz).

Linktipp: Bundesgesellschaft für Endlagerung: Unser Weg zum Zwischenbericht Teilgebiete
www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/storymap-vollbild/

Präsentation

4. Die Schaubilder aus der Hausaufgabe vorstellen und besprechen

Präsentieren Sie Ihr Schaubild im Plenum, erklären Sie die dargestellten Inhalte und beantworten Sie Fragen dazu.

Beziehen Sie sich dabei auch auf Ihre Arbeitsergebnisse aus Aufgabe 1-3.

Erarbeitung 3

5. Exemplarische Endlagerorte aus dem Zwischenbericht Teilgebiete untersuchen

- a.** Öffnen Sie die interaktive Karte „Zwischenbericht Teilgebiete“ der Bundesgesellschaft für Endlagerung:

www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/

Klicken Sie das Fenster „Neuigkeiten“ weg, und geben Sie in das Suchfeld Ihre Postleitzahl ein. Untersuchen Sie nun, ob in Ihrer Nähe ein Teilgebiet als mögliches Endlager für hochradioaktive Abfälle in der Karte eingetragen ist.

Begründen Sie, warum dies der Fall ist oder nicht. Nutzen Sie die Informationen zu Wirtsgesteinen aus **M3**.

- b.** Untersuchen Sie ein beliebiges ausgewiesenes Teilgebiet in der Liste unter

www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/liste-aller-teilgebiete/

Ein Klick auf das Kürzel für ein Teilgebiet führt Sie auf eine Unterseite mit einem Erklärvideo: „Kurz erklärt: Was macht dieses Teilgebiet aus?“ Betrachten Sie das Video und überprüfen Sie, ob die genannten Gründe mit den von Ihnen bisher erarbeiteten Ausschluss- und Anforderungskriterien übereinstimmen.

Abschlussdiskussion

6. Die eigene Betroffenheit zum Thema Endlager erörtern

Diskutieren Sie selbstreflexiv folgende Fragestellungen:

- a. Falls Sie in einem Teilgebiet wohnen: Wie geht es Ihnen damit? Haben Sie Bedenken deswegen? Falls Sie in einem Ausschlussgebiet wohnen: Sind Sie froh darüber?
- b. Möglicherweise wohnen Sie bereits in der Nähe eines Zwischenlagers, ohne es zu wissen? Wären Sie erleichtert, wenn das Zwischenlager aufgelöst würde? (Siehe Schaubild **M4**)
- c. Hat sich Ihre Einstellung zu diesen Fragen durch den Informationszuwachs im Laufe dieser Unterrichtseinheit geändert (zum Positiven oder zum Negativen)?

Projekt/Challenge

7. Eine Plakatausstellung zur Endlagersuche anfertigen

Die Suche nach dem Endlager ist nicht nur eine gesamtgesellschaftliche, sondern auch eine generationenübergreifende Aufgabe – eine Aufgabe, die nur bewältigt werden kann, wenn das Verfahren wissenschaftlichen Kriterien folgt und wenn die Öffentlichkeit nicht nur informiert, sondern auch beteiligt ist. Umso wichtiger sind Transparenz und die Partizipation der Bürgerinnen und Bürger – insbesondere in Gemeinden in der Nähe von möglichen Endlager standorten. Bürgerinformation und Bürgerbeteiligung sind daher zentrale Bestandteile der Endlagersuche.

Ihre Aufgabe ist es nun, informierende Ausstellungsplakate über die geologischen Aspekte der Endlagersuche für hochradioaktive Abfälle zu erstellen. Diese Plakate sollen geeignet sein, beispielsweise in einem Gemeindesaal Bürgerinnen und Bürger bei einer Veranstaltung zu informieren.

Tipp für die Umsetzung:

- Mit den Schaubildern, Infografiken und Diagrammen aus Aufgabe 3 haben Sie bereits wichtige Vorarbeit für Ihr Plakat geleistet, die Sie ausarbeiten können.
- Es ist möglich, auf den Plakaten auch kurze Erklärvideos über QR-Codes zu einbinden.
- Link zu den Videos der BGE: www.youtube.com/@die_bge
QR-Code-Generatoren: www.qrcode-generator.de, QR-Code Scanner (als kostenlose App in den entsprechenden Stores), QR Tiger (Android)
- Sie können analoge Plakate auf Papier/Pappe anfertigen, beispielsweise im Format A0 (84,1 x 118,9 cm). Alternativ ist auch eine digitale Variante möglich, die als Diashow gezeigt werden kann. In den meisten Textverarbeitungsprogrammen ist es möglich, unter „Layout“ oder „Seiteneinstellungen“ eine Plakatgröße einzustellen und die Datei als Posterdruck auf mehrere DIN A4-Kartons ausdrucken und diese zusammenzukleben. Überprüfen Sie auch, ob Ihr Schulserver Funktionen hat, mit deren Hilfe Sie ein solches Plakat umsetzen können.
- Übernehmen Sie die Gruppenthemen aus Aufgabe 3, oder arbeiten Sie einen anderen Teilaspekt aus.

Gruppe 1: Abschnitt: „Alles auf Anfang – Der Auftrag“

Gruppe 2: Abschnitt: „Hier nicht! – Ausschlusskriterien“

Gruppe 3: Abschnitt: „Das geht: Die fünf Mindestanforderungen“

Gruppe 4: Abschnitt: „Auf der Suche nach dem besten Wirt“

Weitere Themen und Ideen, die neu recherchiert werden können:

„Warum hier? Warum wir?“ (Rückbezug auf Aufgabe 7)

„Wie machen es die anderen?“ (Informationen zu internationalen Endlagervorhaben beispielsweise Finnland Olkiluoto, Schweden Östhammar, Frankreich Bure, Schweiz Nördlich Lägern, Litauen Kazlų Rūda, Alytus, Švenčionys und Varėna)

Linktipp: www.base.bund.de/DE/themen/soa/endlager-weltweit/endlager-weltweit_node.html



Unterrichtsvorschlag

Hochradioaktiver Atommüll: Warum hier? Warum wir?

Phase	Aktion	Sozialform/ Methode	Material
Erste Stunde (45 Minuten)			
Einstieg	Mithilfe eines Steckbriefes zur Endlagersuche definieren die Schülerinnen und Schüler anhand von W-Fragen den Auftrag für die Endlagersuche.	Plenum	• Aufgabe 1 • M1 – Suchauftrag
Erarbeitung und Transfer 1	Die Schülerinnen und Schüler recherchieren Geokoordinaten und prüfen, ob sich die ermittelten Standorte für ein Endlager eignen. Sie leiten daraus Gründe ab, die aus geologischer Sicht, gegen einen Endlagerstandort sprechen könnten.	Partnerarbeit	• Aufgabe 2 • M2 – Weltkarte • Internetverbindung • Digitaler Atlas oder Google Maps
Erarbeitung 2	Anhand eines Darstellungstextes visualisieren die Schülerinnen und Schüler geologische Kriterien für einem Endlagerstandort. Sie bilden Expertengruppen für unterschiedliche Aspekte.	Gruppenarbeit	• Aufgabe 3 • M3 – Auf der Suche nach einem sicheren Endlager • Wandplakat oder digitales Tool für Infografiken/Diagramme • Ggf. Stifte/Marker

Hausaufgabe	Die Schülerinnen und Schüler verfeinern und überarbeiten ihre Infografik, die eine Vorarbeit für die anschließende Challenge darstellt.	Gruppenarbeit	• Aufgabe 3b • Weiterführende Informationen im Netz • Wandplakat oder digitales Tool für Infografiken/ Diagramme • Eigene Endgeräte, Internetverbindung • Ggf. Stifte/Marker
Zweite Stunde (45 Minuten)			
Präsentation	Die Ergebnisse der Hausaufgabe werden vorgestellt und besprochen.	Plenum	• Aufgabe 4 • Flipchart/ Beamer/Board
Erarbeitung 3	Die Schülerinnen und Schüler untersuchen mögliche Endlagerstandorte mithilfe einer interaktiven Grafik.	Plenum	• Aufgabe 5 • M4 – „Zwischenbericht Teilgebiete“ • Internetverbindung • Tafel/Beamer/ Board

Abschluss- diskussion	Die eigene Betroffenheit zur Problematik der Endlagersuche wird gemeinsam erörtert und ein Fazit gezogen, inwiefern die Beschäftigung mit der Thematik die eigene Perspektive beeinflusst hat.	Plenum	• Aufgabe 8 • Arbeitsergebnisse aus Aufgabe 3 • Weiterführende Informationen im Netz • Wandplakat oder digitales Tool für Infografiken/Diagramme • Eigene Endgeräte, Internetverbindung • Ggf. Stifte/Marker/Kleber • Optional: App für QR-Code-Generierung
----------------------------------	---	---------------	---

Didaktischer Kommentar

Aufgabe 2 – Geokoordinaten und Weltkarte

Lösungshinweise: Die Aufgabe ist als eine Art Rätsel konzipiert. Die Schülerinnen und Schüler finden auf der Abbildung mit der Weltkarte Koordinaten, die sie aufschlüsseln müssen. Hierfür eignen sich generell unterschiedliche digitale Weltkarten, die im Geografieunterricht genutzt werden. Empfehlenswert ist Google-Maps, da hier die Koordinaten recht schnell zu den Orten führen und gleichzeitig automatisch

- 5 wichtige Hintergrundinformationen, Fotos und Adressen für die Auflösung angezeigt werden. In diesem Zusammenhang kann der geologische Kontext der Orte im Plenum besprochen werden. Einige Schülerinnen und Schüler werden hier auch ein Vorwissen einbringen können.

Die Orte sind:

- | | | | |
|----|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 10 | Parkfield, USA | > San-Andreas-Verwerfung | > Ausschlusskriterium |
| | Grindavik, Island | > aktiver Vulkan, Magma | > Ausschlusskriterium |
| | Fukushima, Japan | > Pazifischer Feuerring | > Ausschlusskriterium |
| | Zeche Zollverein, Essen | > Bergbau-Eingriffe | > Ausschlusskriterium |
| | Olkiluoto/Eurajoki, Finnland | > kristallines Gestein | > Endlagerstandort für radioaktive |
| 15 | | | Abfälle aus Finnland |

Es bietet sich an, in einem kurzen Lehrervortrag über das erste Endlager für hochradioaktive Abfälle in Finnland, Olkiluoto/Eurajoki, zu informieren.

Falls Zeit bleibt, kann hierzu auch ein Video gezeigt werden: Tagesschau.de, „Endlager um die Ecke“

- 20 www.tagesschau.de/ausland/europa/finnland-atomkraft-endlager-101.html

(5 Minuten)

Aufgabe 3 – Schaubild erstellen

Aus den Informationen im Text erstellen die Schülerinnen und Schüler in Gruppenarbeit ein Schaubild.

- 25 Die Gruppen sollten im Vorfeld darüber informiert werden, dass dieser Arbeitsauftrag die Vorbereitung für die abschließende Challenge in Aufgabe 8 ist. In diesem Schritt können bereits die Gruppen für die Challenge zusammenfinden. Jede Gruppe bearbeitet zunächst einen Textabschnitt, wobei der einführende erste Abschnitt „Alles auf Anfang – Der Auftrag“ als Wissensgrundlage auch gemeinsam im Plenum gelesen werden kann.

30

Umsetzung: Im Vorfeld sollte geklärt werden, welche analogen und digitalen Tools zur Verfügung stehen. Die Schülerinnen und Schüler sollten sie ohne lange Einarbeitung nutzen können. Fürs Erste reicht es aber völlig aus, wenn ein erstes Scribble auf Papier im Unterricht angefertigt wird, damit die Gruppen ihr Schaubild in der Hausaufgabe ausarbeiten und verfeinern können. Hierfür können die Arbeitsgruppen

35 auch die Linkliste nutzen, um weitere Fotos oder Bildmaterial zu nutzen. Das Bildmaterial kann für Unterrichtszwecke genutzt werden, darf aber aus urheberrechtlichen Gründen nicht veröffentlicht werden. Sollte das Bildmaterial urheberrechtlich geschützt sein, müssen die Schülerinnen und Schüler dies kenntlich machen bei einer Einreichung als Challenge für den Wettbewerb.

Aufgabe 6 – „Zwischenbericht Teilgebiete“

Die interaktive Karte sollte gemeinsam im Plenum erschlossen und erörtert und von der Lehrkraft präsentiert werden. Es bietet sich an, die Funktionen im Vorfeld auszuprobieren. Die Diskussionsthemen aus Aufgabe 6 können bereits in dieser Aufgabe angesprochen werden, insbesondere im Anschluss an die Suche nach Postleitzahlen und der Beschäftigung mit dem eigenen Region als möglichem – oder unmöglichem – Ort für ein potenzieller Endlager.

- 40 Um den lokalen Kontext zu vertiefen, kann hier ein Exkurs zur Geologie der Region mithilfe digitaler oder
45 analoger Atlanten abgehalten werden.

In diesem Zusammenhang bietet es sich zur Vertiefung auch an, die bereits festgelegten Endlager für schwach- bis mittelradioaktive Abfälle zu thematisieren.

- 50 Linktipp: BGE: Endlager Konrad – erklärt in 90 Sekunden
www.youtube.com/watch?v=N8pMliOoyRM

BGE - Interaktive Karte.

www.youtube.com/watch?v=H59xp535AHc&t=2195s

55

Aufgabe 7 + 8 – persönliche Betroffenheit und Ausstellung

Die Suche nach einem Endlager in den infrage kommenden Teilgebieten – und noch mehr in den später zu ermittelnden Eingrenzungsgebieten – birgt ein großes gesellschaftliches Konfliktpotenzial. Betroffene Landkreise in den möglichen Teilgebieten und die im Umfeld wohnende Bevölkerung werden verunsichert sein, und vermutlich kommt es auch zu Protestaktionen. Die Gefahren, Risiken und Unsicherheiten spiegeln sich auch in den Meinungsäußerungen der Klasse wider – die Diskussion soll den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit geben, ihre Gedanken und Gefühle dazu zu äußern. Mit der Challenge in Aufgabe 8 wird aber wieder eine Versachlichung der Diskussion zur Endlagersuche angestrebt, die vor allem die Sozial- und Problemlösekompetenz der Schülerinnen und Schüler stärken soll. Mit der Challenge werden die Schülerinnen und Schüler am Ende wieder die wissenschaftliche Perspektive in den Mittelpunkt ihrer Überlegungen stellen. Dies ermöglicht eine faktenbasierte Abwägung und Beurteilung der Problemstellung.

65

Weiterführende Informationen im Netz

ZEIT ONLINE – Wohin damit?

www.zeit.de/2020/43/infografik-atommuell-endlager-suche-geologie-radioaktivitaet

ZEIT ONLINE – Deutschland macht Schluss, oder nicht?

www.zeit.de/wirtschaft/2023-04/atomausstieg-versorgung-energie-atommuell-entsorgung#die-endlagersuche-hat-erst-begonnen

Bundesministerium der Justiz – Standortauswahlgesetz

www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/BJNR107410017.html

Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)

> Endlagersuche – Wer macht was wo und wie?

www.bge.de/de/endlagersuche/

> Wie lauten die Ausschlusskriterien?

www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/storymap-vollbild/

> Die drei Wirtsgesteine

<https://storymaps.arcgis.com/stories/732c605fbdb04bac8c05b51c9880bc4e>

> Teilgebiete und Standortauswahlverfahren

www.bge.de/de/endlagersuche/standortauswahlverfahren/

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) – Die drei Wirtsgesteine

www.bgr.bund.de/DE/Themen/Endlagerung/endlagerung_node.html

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) – Endlagersuche im Ausland

www.base.bund.de/DE/themen/soa/endlager-weltweit/endlager-weltweit_node.html

Video: Wie finden wir ein Endlager für hochradioaktiven Atommüll?

www.youtube.com/watch?v=E3iaPLRZPZ8

Bayerischer Rundfunk – Video: Endlagersuche im Ausland

www.br.de/nachrichten/wissen/atommuell-die-suche-nach-einem-endlager-in-anderen-laendern,SBbRStO

ZDF Video: Strahlendes Erbe – Wohin mit dem Atommüll?

www.youtube.com/watch?v=39IMkjbuWWQ

Universität Hamburg: Lithologische Weltkarte

<https://projekte.cen.uni-hamburg.de/lithomap/>

IMPRESSUM

Im Auftrag von



Zeitverlag Gerd Bucerius GmbH & Co. KG

Helmut-Schmidt-Haus
Buceriusstraße/Eingang Speersort 1
20095 Hamburg
© 2023

Redaktionelle Produktion

Studio ZX GmbH –
Ein Unternehmen der ZEIT Verlagsgruppe
Helmut-Schmidt-Haus
Buceriusstraße/Eingang Speersort 1
20095 Hamburg

Projektleitung

Ea Warnck

Redaktion/Korrektorat

ZEIT für die Schule

Grafik

Chris Delaney, Jessica Sturm-Stammberger

In Zusammenarbeit mit:



Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH

Eschenstraße 55
31224 Peine
dialog@bge.de

Projektleitung

Daniel Rau & Thora Schubert