



Atomenergie: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle

Stand: 2018-06-21

Schulart	Realschule
Jahrgangsstufen	10
Fach	Physik
Bezug zur Leseförderung	Erschließen eines Textes durch gezieltes Anwenden von Lesestrategien
Zeitraumen	eine (bis zwei) Unterrichtsstunde(n)

Kompetenzen und Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten auf der Grundlage vorbereiteter Quellen Gefahren und Nutzen der Radioaktivität unter historischen, energetischen, technischen, ökologischen und medizinischen Aspekten. Diese Informationen bereiten sie adressatengerecht auf und präsentieren sie unter Verwendung der Fachsprache und geeigneter Darstellungsformen. (Kompetenzerwartung 10 (I))
- bewerten auf der Grundlage vorbereiteter Quellen Gefahren und Nutzen der Radioaktivität unter historischen, energetischen, technischen, ökologischen und medizinischen Aspekten. Unter Verwendung erworbener Fachkenntnisse nehmen sie bei einem Meinungsaustausch einen begründeten Standpunkt ein. (Kompetenzerwartung 10 (II/III))

Aufgabe

Für ein Endlager hochradioaktiver Abfälle ist ein Standort angedacht, der nach den ersten Erkundungen viele Voraussetzungen zu erfüllen scheint.

Bereite dich auf eine Podiumsdiskussion in dem betroffenen Ort zu diesem Thema vor, in der du den Standpunkt eines neutralen Wissenschaftlers einnehmen wirst. Beteiligt sind zudem ein Regionalpolitiker, ein Bundespolitiker und zufällig ausgewählte Anwohner.

Deine Aufgabe wird es sein, die Diskussion als Fachwissenschaftler zu begleiten und zu den verschiedensten Aspekten und Fragen wissenschaftliche Aussagen und Fakten zu liefern bzw. bestimmte Entscheidungen zu begründen.

Bearbeite die folgenden Aufgaben, um dich auf die Podiumsdiskussion vorzubereiten:

1. Recherchiere den Begriff „Endlager“, sowie dir noch unbekannte Begriffe und fasse diesen für dich in einer aussagekräftigen Definition für dich zusammen.
2. Fasse die wichtigsten physikalischen Eigenschaften der wesentlichen radioaktiven Endprodukte, die bei der Kernspaltung in einem Kernkraftwerk zurückbleiben, zusammen.
3. Begründe mit Hilfe dieser Eigenschaften die Notwendigkeit eines Endlagers. Gehe dabei insbesondere auf die Halbwertszeit der radioaktiven Endprodukte ein.
4. Recherchiere, in wie vielen Ländern die Kernenergie zur Bereitstellung von elektrischer Energie genutzt wird und wie viele von diesen Ländern ein Endlager (v. a. für hochradioaktive Abfälle) besitzen.
5. Lies dir den beigefügten Auszug aus dem Text „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit durch.
 - 5.1. Markiere dabei die wichtigsten Anforderungen an die Sicherheit eines Endlagers, um Gefahren für Mensch und Umwelt zu vermeiden, und fasse diese kurz zusammen.
 - 5.2. Der Text trifft an zwei Stellen eine Aussage über die zusätzlich erlaubte Strahlendosis. Vergleiche diese Werte mit dir bekannten natürlichen und künstlichen Strahlendosen.
6. Recherchiere, welche zusätzlichen Anforderungen (Gestein, Tiefe, usw.) an ein Endlager gestellt werden. Ermittle dabei vor allem die Bedeutung des Fachausdrucks „einschlusswirksamer Gebirgsbereich“ (vgl. Absatz 4.1, 4.6 und 6.1).

Auszug aus den **Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle** (Stand 30. September 2010 – Quelle Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)

4. Sicherheitsprinzipien

Der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt ist unter Beachtung folgender Sicherheitsprinzipien zu erreichen:

- 4.1 Die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen müssen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich konzentriert und eingeschlossen und damit möglichst lange von der Biosphäre ferngehalten werden.
- 4.2 Die Endlagerung muss sicherstellen, dass Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager langfristig die aus der natürlichen Strahlenexposition resultierenden Risiken nur sehr wenig erhöhen.
- 4.3 Die Endlagerung darf die Artenvielfalt nicht gefährden. Dabei wird davon ausgegangen, dass auch terrestrische Ökosysteme sowie andere Spezies in ihrer Art geschützt werden, wenn der Mensch als Individuum vor ionisierender Strahlung geschützt ist.
- 4.4 Die anderweitige Nutzung der natürlichen Ressourcen darf nicht unnötig eingeschränkt werden.
- 4.5 Die Auswirkungen der Endlagerung auf Mensch und Umwelt dürfen außerhalb der Grenzen Deutschlands nicht größer sein als innerhalb Deutschlands zulässig. [...]
- 4.6 Das Endlager ist so zu errichten und so zu betreiben, dass für den zuverlässigen langfristigen Einschluss der radioaktiven Abfälle im einschlusswirksamen Gebirgsbereich in der Nachverschlussphase keine Eingriffe oder Wartungsarbeiten erforderlich werden.
- 4.7 Es ist eine möglichst zügige Errichtung des Endlagers zu realisieren.
- 4.8 Für Errichtung und Betrieb einschließlich Stilllegung des Endlagers müssen die finanziellen Mittel zeitgerecht zur Verfügung stehen.

6. Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen

[...] International besteht Einvernehmen, dass berechnete oder abgeschätzte Risiken oder Dosen nur als Indikatoren [...] für das mit der Endlagerung zu erzielende Schutzniveau interpretiert werden dürfen. Für diese Indikatoren gelten folgende Bewertungskriterien.

- 6.1 Maßgeblich für den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen in der Nachverschlussphase ist die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs. Die radioaktiven Abfälle müssen in diesem Gebirgsbereich so eingeschlossen sein, dass sie dort verbleiben und allenfalls geringfügige Stoffmengen diesen Gebirgsbereich verlassen können. [...]
- 6.2 Für die Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass für wahrscheinliche Entwicklungen durch Freisetzung von Radionukliden, [...] für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine zusätzliche effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Jahr auftreten kann. [...]
- 6.3 Für weniger wahrscheinliche Entwicklungen in der Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass die durch Freisetzung von Radionukliden [...] verursachte zusätzliche effektive Dosis für die dadurch betroffenen Menschen 0,1 Millisievert pro Jahr nicht überschreitet. [...]
- 6.4 Für unwahrscheinliche Entwicklungen wird kein Wert für zumutbare Risiken oder zumutbare Strahlenexpositionen festgelegt. Soweit diese Entwicklungen aber zu hohen Strahlenexpositionen führen können, ist im Rahmen der Optimierung zu prüfen, ob eine Reduzierung dieser Auswirkungen mit vertretbarem Aufwand möglich ist. [...]
- 6.5 Für Entwicklungen aufgrund eines unbeabsichtigten Eindringens in den einschlusswirksamen Gebirgsbereich wird kein Wert für zumutbare Risiken oder zumutbare Strahlenexpositionen festgelegt.



Hinweise zum Unterricht

Diese Aufgabe soll das Bewusstsein für die Problematik im Umgang mit den Folgen und Hinterlassenschaften der Nutzung der Kernenergie zur Bereitstellung von elektrischer Energie und die physikalischen Hintergründe der Sicherheitsanforderungen des Bundes an ein „Endlager“ vertiefen.

Quellenarbeit an amtlichen Quellen befähigt die Schülerinnen und Schüler darüber hinaus sich als mündige Bürger unabhängige Informationen zu beschaffen und die Fakten aufgrund des eigenen Wissens zu bewerten. Zudem befähigt die Aufgabe die Schülerinnen und Schüler eine Alltagsproblematik zu erfassen, einen fundierten Standpunkt zu entwickeln und diesen sachlich zu vertreten.

Als Alternative für den Unterricht können die Schülerinnen und Schüler die Positionen der verschiedenen an dieser Diskussion beteiligten Personen (Wissenschaftler, Regionalpolitiker, Bundespolitiker, Anwohner, ...) in Gruppen ausarbeiten. Anschließend können einzelne Vertreter der Gruppen ihre Argumente und Positionen vor der Klasse austauschen. Dabei sollte es den anderen Schülerinnen und Schüler erlaubt sein, die Diskussion mit Fragen und Anmerkungen zu ergänzen.

Quellen und Literaturangaben

<http://www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/sicherheit-endlager/sicherheitsanforderungen/>

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/sicherheitsanforderungen_endlagerung_bf.pdf

Auszug aus den **Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle** (Stand 30. September 2010 – Quelle Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)

Im Schülertext gekürzte Passagen sind im folgenden Text rot markiert.

„4. Sicherheitsprinzipien

Der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt ist unter Beachtung folgender Sicherheitsprinzipien zu erreichen:

4.1

Die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen müssen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich konzentriert und eingeschlossen und damit möglichst lange von der Biosphäre ferngehalten werden.

4.2

Die Endlagerung muss sicherstellen, dass Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager langfristig die aus der natürlichen Strahlenexposition resultierenden Risiken nur sehr wenig erhöhen.

4.3

Die Endlagerung darf die Artenvielfalt nicht gefährden. Dabei wird davon ausgegangen, dass auch terrestrische Ökosysteme sowie andere Spezies in ihrer Art geschützt werden, wenn der Mensch als Individuum vor ionisierender Strahlung geschützt ist.

4.4

Die anderweitige Nutzung der natürlichen Ressourcen darf nicht unnötig eingeschränkt werden.

4.5

Die Auswirkungen der Endlagerung auf Mensch und Umwelt dürfen außerhalb der Grenzen Deutschlands nicht größer sein als innerhalb Deutschlands zulässig. **Zur Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen sind folgende Sicherheitsprinzipien zu beachten:**

4.6

Das Endlager ist so zu errichten und so zu betreiben, dass für den zuverlässigen langfristigen Einschluss der radioaktiven Abfälle im einschlusswirksamen Gebirgsbereich in der Nachverschlussphase keine Eingriffe oder Wartungsarbeiten erforderlich werden.

4.7

Es ist eine möglichst zügige Errichtung des Endlagers zu realisieren.

4.8

Für Errichtung und Betrieb einschließlich Stilllegung des Endlagers müssen die finanziellen Mittel zeitgerecht zur Verfügung stehen.“

6. Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen

Für den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen bei Einlagerungsbetrieb und Stilllegung des Endlagers gelten die einschlägigen Vorschriften des Atomgesetzes mit seinen Verordnungen. Dabei ist das jeweils gültige kerntechnische Regelwerk sinngemäß anzuwenden.

Die Strahlenschutzverordnung enthält keine Kriterien, mit denen der Schutz zukünftiger Generationen und der Umwelt vor ionisierender Strahlung zu bewerten ist. Bei einem unter Beachtung dieser Sicherheitsanforderungen geplanten, errichteten, betriebenen und stillgelegten Endlager werden alle wesentlichen Maßnahmen getroffen, um nachfolgende Generationen und die Umwelt vor Schäden durch ionisierende Strahlen zu schützen, so dass weitergehende Nachweise von daher grundsätzlich entfallen können. International besteht Einvernehmen, dass berechnete oder abgeschätzte Risiken oder Dosen in dieser Phase nur als Indikatoren für das mit der Endlagerung zu erzielende Schutzniveau interpretiert werden dürfen. Für diese Indikatoren gelten folgende Bewertungskriterien.

6.1

Maßgeblich für den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen in der Nachverschlussphase ist die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs. Die radioaktiven Abfälle müssen in diesem Gebirgsbereich so eingeschlossen sein, dass sie dort verbleiben und allenfalls geringfügige Stoffmengen diesen Gebirgsbereich verlassen können. Zusätzliche Strahlenexpositionen sollen nur in einem begrenzten Gebiet auftreten können, so dass möglichst wenige Personen einer Generation betroffen sein können.

6.2

Für die Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass für wahrscheinliche Entwicklungen durch Freisetzung von Radionukliden, die aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen stammen, für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine zusätzliche effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Jahr auftreten kann.

Dabei sind Einzelpersonen mit einer heutigen Lebenserwartung, die während der gesamten Lebenszeit exponiert werden, zu betrachten.

6.3

Für weniger wahrscheinliche Entwicklungen in der Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass die durch Freisetzung von Radionukliden, die aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen stammen, verursachte zusätzliche effektive Dosis für die dadurch betroffenen Menschen 0,1 Millisievert pro Jahr nicht überschreitet. Dabei sind ebenfalls Einzelpersonen mit einer heutigen Lebenserwartung, die während der gesamten Lebenszeit exponiert werden, zu betrachten. Für derartige Entwicklungen sind höhere Freisetzungen radioaktiver Stoffe zulässig, da das Eintreten solcher Entwicklungen eine geringere Wahrscheinlichkeit aufweist.

6.4

Für unwahrscheinliche Entwicklungen wird kein Wert für zumutbare Risiken oder zumutbare Strahlenexpositionen festgelegt. Soweit diese Entwicklungen aber zu hohen Strahlenexpositionen führen können, ist im Rahmen der Optimierung zu prüfen, ob eine Reduzierung dieser Auswirkungen mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Hierdurch darf die Optimierung bezogen auf die anderen Entwicklungen jedoch nicht beeinträchtigt werden.

6.5

Für Entwicklungen aufgrund eines unbeabsichtigten Eindringens in den einschlusswirksamen Gebirgsbereich wird kein Wert für zumutbare Risiken oder zumutbare Strahlenexpositionen festgelegt.