International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Inhalt

- Ziel des Vortrages
- Was bedeutet Entsorgung / Entsorgungsoption?
- Welche Entsorgungsoptionen werden diskutiert / umgesetzt?
- Wie sehen die favorisierten Entsorgungsoptionen aus?
- Kriterien zum Vergleich von Entsorgungsoptionen, Hinweise zur Gruppenarbeit

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Ziele des Vortrages

- Überblick über die wesentlichen drei Entsorgungsoptionen plus „Exoten“
- Grundlegende Ansätze verschiedener Entsorgungsoptionen
- Überblick über die heute weltweit diskutierten und umgesetzten Entsorgungsoptionen und die jeweiligen Gründe dafür
- Kriterien zur Bewertung von Entsorgungsoptionen
- Wie kommt man zur „besten“ Entsorgungsoption?
- Grundlage für die Arbeitsgruppen

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Was bedeutet der Begriff Entsorgung?

- Der Begriff ist seit dem 13. Jh. nachgewiesen („von Sorge befreit“),
- In den 1960er Jahren in Zusammenhang mit Müllbeseitigung,
- Begriff in Zusammenhang mit Atom häufig als Euphemismus angesehen

Was ist eine Entsorgungsoption?

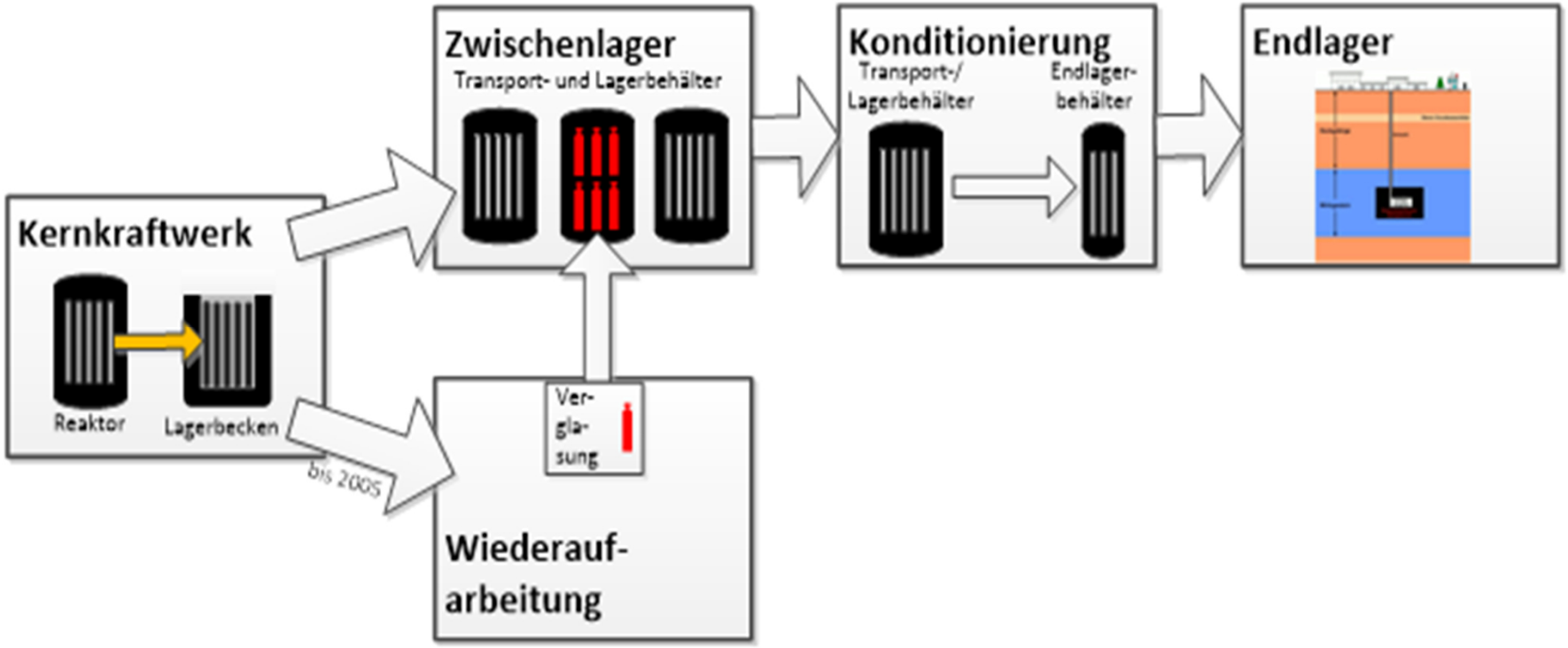
Ein naturwiss.-technisches umsetzbares und gesellschaftlich akzeptiertes (ggf. umstrittenes) Verfahren zur Beseitigung von „Abfall“

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Entsorgungsoptionen bestehen aus mehreren Einzelschritten!

Wir konzentrieren uns hier auf den bzw. die letzten Schritte, da die vorhergehenden Schritte weitgehend identisch sind



International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

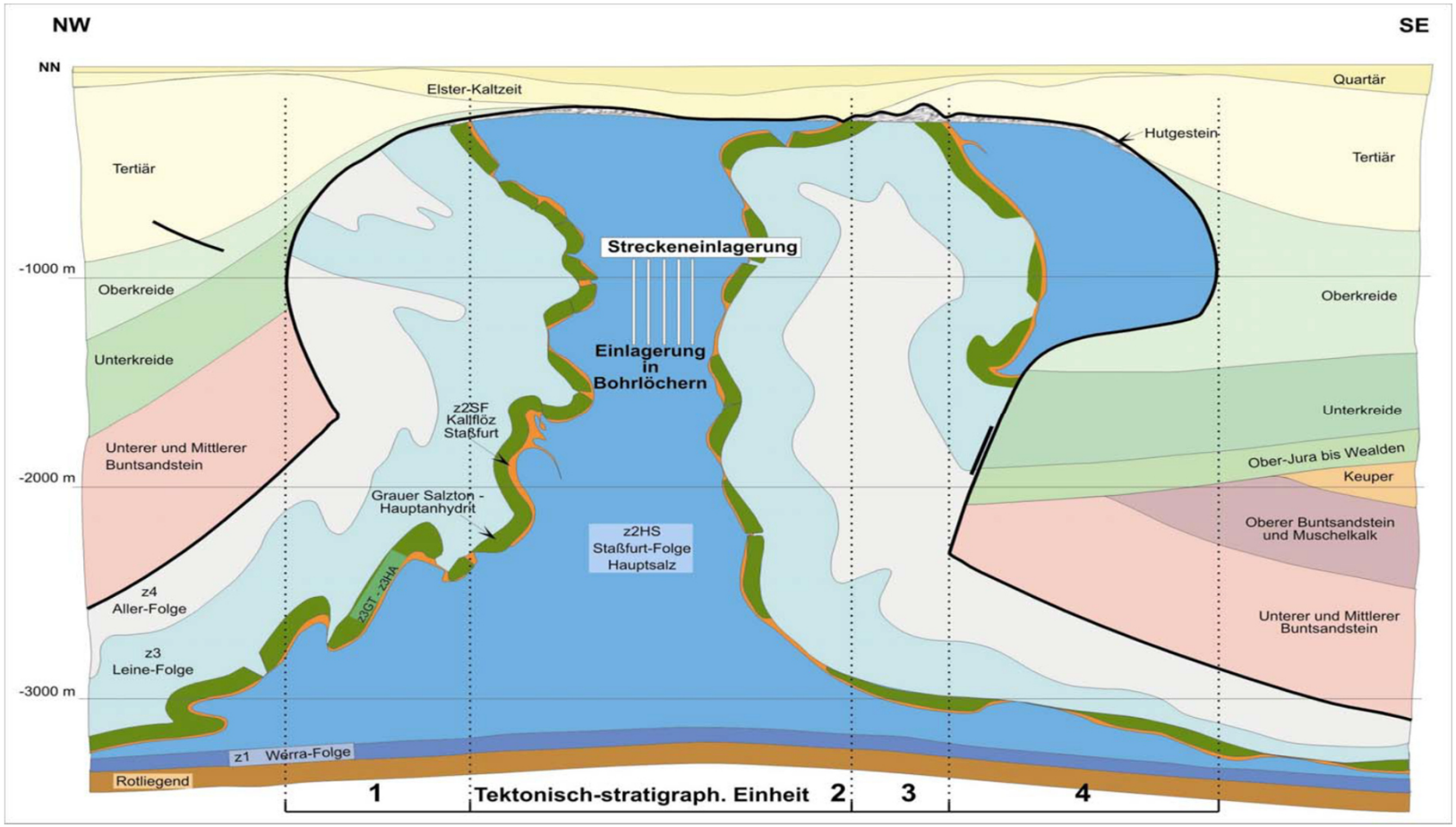
Generelle Prinzipien der Endlagerung:

- Konzentration der Schadstoffe, nicht ihre Verdünnung
- Deshalb Konzept der einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG)
- Lagerung in geeigneten tiefen geologischen Schichten (Salz, Tonstein, kristalline Steine) ohne langfristige menschliche Kontrolle
- Langfristige Sicherheit für Mensch u. Umwelt. Sicherheit besteht, wenn das Risiko akzeptabel ist. Sicherheit bedeutet nicht, dass keine Risiken bestehen!
- Es gibt verschiedene Arten von Risiko (abhängig von Betroffenheit und Informationslage)
- Risiko ist auch mit Ungewissheiten verbunden. Es verbleiben immer Ungewissheiten, die man minimieren muss

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Beispiel für ein Endlager in einem Salzstock (Gorleben) Quelle: Röhlig (2013) nach BGR



International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Die drei international im Rennen befindlichen Entsorgungsoptionen:

(a) Zügige Endlagerung ohne spezielles Monitoring und ohne Absicht der Rückholbarkeit der Abfälle

(b) Endlagerung (Tiefenlagerung) mit optionsspezifischem Monitoring und Möglichkeit der Rückholbarkeit der Abfälle

(c) Langzeitlagerung der Abfälle in Bauwerken im Bereich der Erdoberfläche

- (plus Sonstige, z.B. unbegrenzte Oberflächenlagerung (Hüteprinzip), tiefe Bohrlochlagerung, P&T….)

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

(a) Endlagerung ohne spezifisches Monitoring u. Möglichkeit der Rückholbarkeit:

Hauptziel:

- Einhaltung der gesetzlich vorgegebenen Schutzziele und Sicherheitsprinzipien ohne Rückgriff auf längerfristige Überwachung des EL. Dabei Nachweis der Langzeitsicherheit für 1 Mio. Jahre
- Abschluss der Abfälle von der Biosphäre durch passiv-sichere Isolation in tiefen geologischen Formationen

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Gründe für die Endlagerung ohne Monitoring u. Rückholbarkeit

- Historisch bedingt (ab ca. 1970) noch kein Gedanke an Rückholbarkeit,
- Naturwiss.-technisch: Vertrauen in die langfristig passiv-sichere Isolationswirkung der geologischen Barriere,
- Keine Abhängigkeit von Monitoringmaßnahmen während und ggf. nach der Betriebsphase,
- Keine mit der Rückholbarkeit verbundenen Probleme
- Beschränkung der Strahlenbelastung der Beschäftigten und der umgebenden Bevölkerung auf den Einlagerungszeitraum
- Keine Belastung zukünftiger Generationen (Kosten d. Kontrolle usw.)

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Wo ist die Endlagerung ohne spezifisches Monitoring u. Möglichkeit der Rückholbarkeit derzeit von Bedeutung:

- Früher in vielen Ländern (bis 2011 auch in Deutschland für hochaktive Abfälle)
- Heute: In D nur vorgesehen beim EL Konrad
- Schweden, Korea, Kanada, Spanien…

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

(b) Endlagerung (Tiefenlagerung) mit optionsspezifischem Monitoring und Möglichkeit der Rückholbarkeit der Abfälle

Hauptziel:

- Einhaltung der gesetzlich vorgegebenen Schutzziele und Sicherheitsprinzipien mit Hilfe einer längerfristige Überwachung des EL. Dabei Nachweis der Langzeitsicherheit für 1 Mio. Jahre
- Abschluss der Abfälle von der Biosphäre durch Isolation in tiefen geologischen Formationen

Hinweis: Differenz zu (a) besteht im Wesentlichen in Monitoring

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Gründe für die Endlagerung mit Monitoring u. Möglichkeit der Rückholbarkeit

- Naturwiss.-technisch: Vertrauen in die langfristig passiv-sichere Isolationswirkung der geologischen Barriere
- Zusätzlich: Kontrolle des Verhaltens des Endlagers durch zeitlich begrenztes Monitoring (Länge im einzelnen unbekannt, z.B. wenige Jahrhunderte oder nur die Betriebsphase (ca. 50 – 100 a)
- Bei ungünstiger Systementwicklung Möglichkeit der Rückholung des Abfalls
- Bergung: Notfallmaßnahme (bis 500 a)!

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

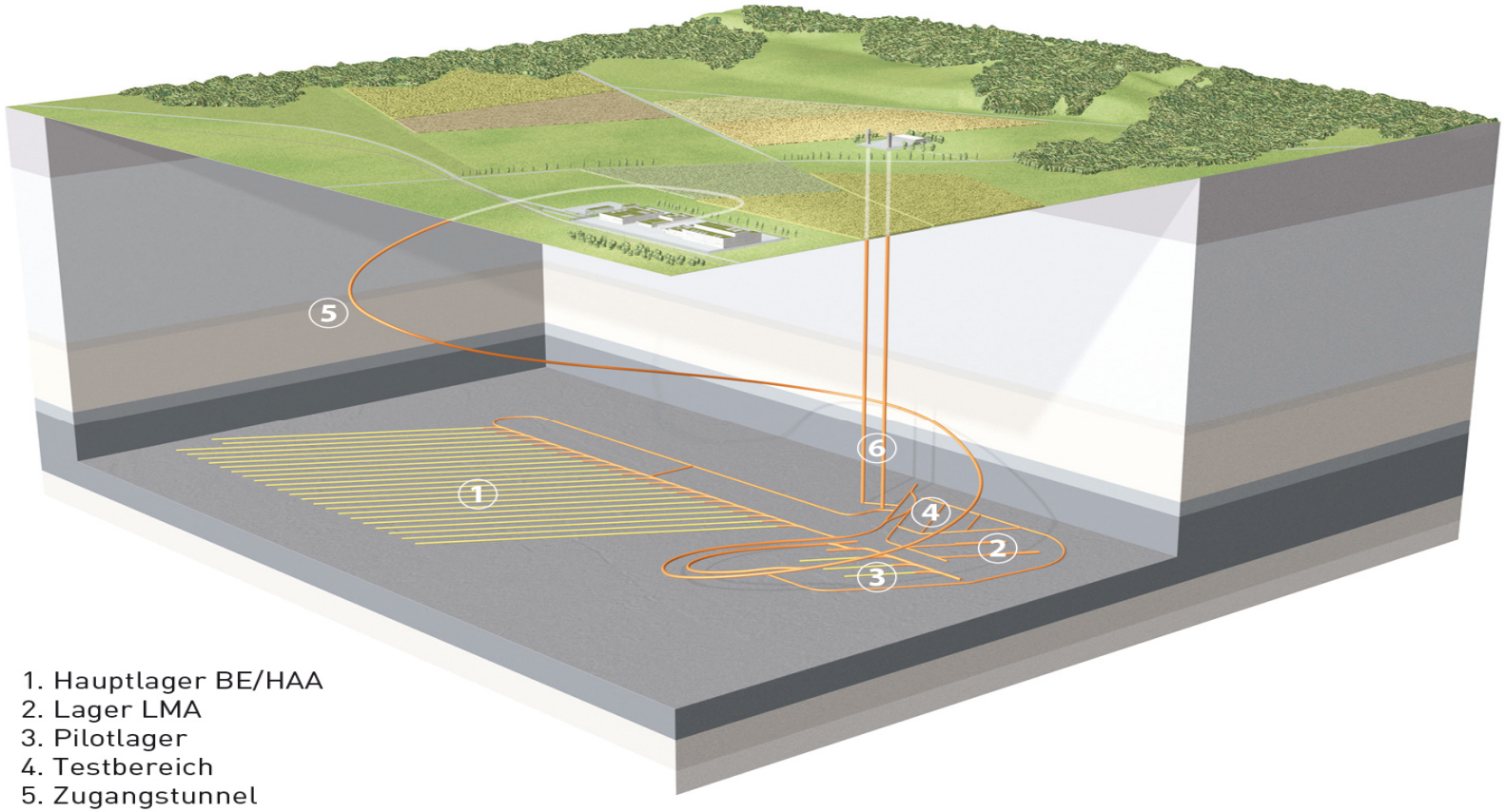
Wo ist die Endlagerung mit Monitoring u. Rückholbarkeit derzeit von Bedeutung:

- Für hochradioaktive Abfälle in D,
- Schweiz, Frankreich, Finnland, andere
- Die zunehmende Bedeutung dieser Option hängt auch mit der Hoffnung einer größeren Akzeptanz des Projektes zusammen
- *Hinweis: Endlagerung mit und ohne Rückholbarkeit streben das gleiche Ziel an (Langzeitsicherheit). Sie „konvergieren“ langfristig*

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Beispiel für ein Endlager mit Monitoring u. Möglichkeit der Rückholbarkeit- Quelle: Nagra 2018



1. Hauptlager BE/HAA
2. Lager LMA
3. Pilotlager
4. Testbereich
5. Zugangstunnel
6. Lüftungsschacht und Bauschacht

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

(c) Langzeitlagerung der Abfälle in Bauwerken im Bereich der Erdoberfläche

Hauptziel:

- Sichere überwachte Lagerung der Abfälle so lange, bis eine Lösung für ihre langfristige Beseitigung bekannt und umsetzbar ist (ab 2004 in den NL für ca. 100 a)
- *Hinweis: Die Langzeitlagerung erfordert höhere Sicherheitsanforderungen als die kurzfristige (40 a) Zwischenlagerung hochaktiver Abfälle in D!*

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Gründe für die Langzeitlagerung:

- Aktive Sicherheitsgewährleistung durch Überwachung, Wartung u. Reparatur des Lagers
- Rückholung ist jederzeit möglich
- Zeitgewinn bis eine endgültigen Lösung vorliegt

- *Hinweis: Diese Option liefert keine endgültige Lösung; es muss irgend etwas danach geschehen*

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Langzeitlager HABOG der NL (Quelle: Foto: Reichardt & Köhnke)

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Sonstige Entsorgungsoptionen

- Unbegrenzte Oberflächenlagerung: Zeitlich unbegrenzte dauerhaft kontrollierte Lagerung der Abfälle. Langfristige Kontrolle durch Gesellschaft stabil?

- Tiefe Bohrlochlagerung: Lagerung in mehreren tiefen (ca. 3 bis 5 km) Bohrlöchern. Dann Verschluss. Technisch noch nicht verwirklicht.

- Abtrennung & Transmutation: Abtrennung längerlebiger Radionuklide (HWZ > 30 a) und anschließende Umwandlung in kurzlebige RN. Dann Endlagerung. Im großtechnischen noch nicht verwirklicht.

- Lagerung in Ozean, Eis, Wüsten, einsamen Inseln, Sonne, Subduktionszonen, multinationale Projekte……

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Worum geht's bei den drei näher betrachteten Entsorgungsoptionen im Kern?

- Sicherheitsorientierte Argumente u. Risiken (Betrieb, v.a. aber Langzeitsicherheit)
- Ethische Argumente (inter- und intragenerationelle Konflikte, Fairness)
- Ökonomische Argumente (Kosten)
- Proliferation, Kernmaterialüberwachung, Terrorismus
- Akzeptanzgewinn

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Wichtige Aspekte der Sicherheitsdiskussion:

Ist Kontrolle der Abfälle/des Endlagers/des ZwiLagers für die Sicherheit entscheidend?

Kann gesellschaftliche Kontrolle langfristig überhaupt gewährleitet werden?

Kann aktiv menschliches Handeln das zentrales Sicherheitselement sein?

Sind technische Barrieren sicherer als geologische (natürliche) Barrieren)?

Ist das Monitoring überhaupt im vorgesehenen Sinne umsetzbar? Hat es positiven oder negativen Einfluss auf die Sicherheit?

Das rückholungsspezifische Monitoring dient der Vorsorge gegen Ungewissheiten, kann aber seinerseits auch zusätzliche Risiken mit sich bringen.

Ist eine passiv-sichere Lagerung in tiefen geol. Formationen sicher?

Kann man Langzeitsicherheit überhaupt nachweisen und gewährleisten?

Welche Gesteinsarten sind überhaupt für die Endlagerung geeignet?

Ist es nicht besser, auf die Möglichkeit der Rückholbarkeit zu verzichten und statt dessen zügig einzulagern?

Was ist mit der radiologischen Belastung bei längerem Monitoring?

Besteht nicht ein Problem zwischen dem kurzen Monitoringzeitraum (ca. 200 a) und dem notwendigen Isolationszeitraum von 1 Mio. a?

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Wichtige Aspekte zur Ethik:

Endlagerung mit Monitoring u. Rückholbarkeit lässt zukünftigen Generationen die Möglichkeit, selbst über das weitere Vorgehen zu entscheiden.

Mit Monitoring u. Rückholbarkeit wird das Prinzip der Reversibilität bei der Endlagerung eingehalten. Eine falsche Standortentscheidung oder nicht geplante Endlagerentwicklung kann revidiert werden.

Zügige Endlagerung ohne Monitoring und Rückholbarkeit belastet zukünftige Generationen nicht mehr – so werden Handlungsspielräume erhalten.

Bei der zügigen Endlagerung wird das Verursacherprinzip erfüllt (Nutznießer muss entstehende Lasten tragen).

Heutige Sicherheitsprinzipien fordern, dass heute geltende Sicherheitsstandards auch für zukünftige Generationen gelten.

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Einige Anmerkungen zur Akzeptanz:

Die technische Machbarkeit der Endlagerung kann mit einer Demonstrationsphase gezeigt werden; man benötigt deshalb kein Monitoring u. keine Rückholbarkeit.

Akzeptanz bedeutet auch eine Beteiligung der Bürger an der Entscheidung über die Entsorgungsoption – wie weit soll sie gehen? Sicherheit versus Meinung??

Die Reversibilität eines Endlagers in all seinen Phasen ist möglich und kann die Zweifel an der Eignung verringern.

Die Beeinflussung der Bürger im Sinne der „Expertokratie“ und einflussreicher Interessensgruppen ist nicht auszuschließen (d.h. „Simulation von Beteiligung“)

International diskutierte Entsorgungsoptionen

Jürgen Kreusch, Sommerakademie Wolfenbüttel 2019

Die Bewertung von Entsorgungsoptionen sollte u.a. folgende Kriterien berücksichtigen und miteinander abwägen:

- Sicherheit & Risiko: Betriebs- u. Langzeitsicherheit, Schutzziele erfüllen. Eine Hauptstreitlinie verläuft dabei zwischen Anhängern der Kontrolle und denen der passiv-sicheren (geogenen Sicherheit)
- Ethik: Innerhalb u. zwischen den Generationen (z.B. Risiken, Vor- u. Nachteile)
- Akzeptanz: Umfassende Beteiligung der Bürger versus Sicherheit, Kompensation wegen regionaler Belastung, „Scheinbeteiligung“