

Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle

Jugendpolitisches Seminar der Friedrich-Naumann-Stiftung für die Freiheit,
14.12.2013

Dipl.-Geol. Stefan Alt
Öko-Institut e.V.
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
www.oeko.de

Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle

- 1** Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen
- 2** Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?
- 3** Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit
- 4** Standortauswahlgesetz 2013 – Neustart im Konsens?
- 5** Der europäische Kontext – jeder für sich oder alle gemeinsam?
- 6** Fazit

Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle

- 1** Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen
- 2** Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?
- 3** Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit
- 4** Standortauswahlgesetz 2013 – Neustart im Konsens?
- 5** Der europäische Kontext – jeder für sich oder alle gemeinsam?
- 6** Fazit

Radioaktive Abfälle – Entstehung, Arten und Mengen

Radioaktive Abfälle entstehen überwiegend in Kernkraftwerken, aber auch in der Forschung, der Medizin und der Industrie.

- Bei der Urangewinnung und Brennelementherstellung entstehen eine Reihe von Abfallstoffen, deren langfristiger Verbleib noch ungeklärt ist: **Bergbauhalden, Tailings, abgereichertes Uran...**
- Bei der Kernspaltung entstehen hochradioaktive Spaltprodukte (z.B. ^{137}Cs , ^{99}Tc , ^{90}Sr , ^{129}I , ^{131}I ...) und durch Neutroneneinfang Aktiniden (z.B. ^{239}Pu , ^{242}Am , ^{239}Np) Diese verbleiben im **Brennelement**, solange es nicht beschädigt wird.
- Neutronen aus der Kernspaltung aktivieren Atome des umgebenden Wassers, Betons, Stahls usw. Es entstehen radioaktive Isotopen (z.b: ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^3H , ^{14}C). **Stahleinbauten, Reaktordruckbehälter, biologischer Schild...** werden radioaktiv.
- Sekundärabfälle, z. B. aus der Reinigung des Kühlwassers (**Ionenaustauscherharze**) oder der Dekontamination von Bauteilen (**Nasstrahlmittel**), bei Austausch (**Bauteile**) und Reparatur (**Werkzeug, Wischlappen**), usw.
- **Rückbauabfälle**, die das ganze radioaktive Spektrum umfassen.

Radioaktive Abfälle – Entstehung, Arten und Mengen

Die **Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen** ist kein Entsorgungsweg. Ziel ist, das im Brennelement vorhandene Plutonium und Uran für eine weitere Nutzung abzutrennen. Dabei entstehen ebenfalls radioaktive Abfälle:

- Nach Abtrennung von Pu und U verbleibt hochradioaktive **Spaltproduktlösung**, die verglast und in Kokillen verpackt wird (Glaskokillen).
- Schrott (Brennstabröhren, Tragteile des Brennelements etc., werden als **Hülsen- und Strukturteile** verpresst und verpackt).
- Bei Betrieb und später dem Rückbau einer **WAA** entstehen Betriebs- und Rückbauabfälle (z.B. verglaste Konzentrate aus der Wasseraufbereitung)
- Abfälle aus der **Wiederaufarbeitung im Ausland** müssen zurückgenommen und in Deutschland endgelagert werden („Castor-Transporte“).
- MOX-Brennelemente aus Wiederaufarbeitung sind **"Einweg"-Brennelemente**

Radioaktive Abfälle – Entstehung, Arten und Mengen

Klassifizierung radioaktiver Abfälle in Deutschland:

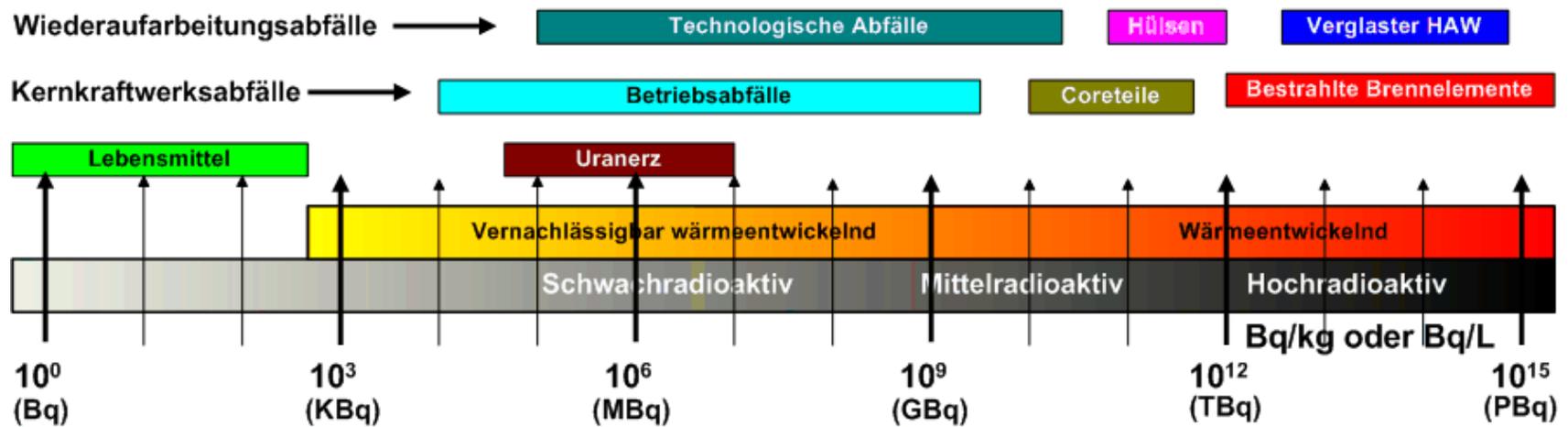
- **Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle** (Abfälle mit hoher Radioaktivität und aufgrund des radioaktiven Zerfalls hoher Wärmeleistung) und
- **Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung** (Abfälle mit geringer bis mittlerer Radioaktivität und entsprechend deutlich geringerer Wärmeleistung; die Grenze wird bei einer mittleren Wärmeleistung von etwa 200 Watt pro Kubikmeter Abfall definiert.)

Diese Klassifizierung geht auf die Einlagerungsbedingungen für das Endlager Schacht Konrad zurück.

Die Klassifizierung radioaktiver Abfälle erfolgt international nach unterschiedlichen Kriterien, abhängig vom jeweiligen Entsorgungsweg. Häufig wird die Einteilung in schwach-, mittel- und hochradioaktive Abfälle (engl.: low, middle oder intermediate, high active waste – **LAW, MAW, HAW**) verwendet

Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen

Arten radioaktiver Abfälle nach ihrer Aktivität:



Wärme entwickelnde Abfälle – Mengen

Abgebrannte Brennelemente:

- Mitte der 50er Jahre bis Ende 2012 **53.000 abgebrannte BE**, das entspricht 14.700 t SM (bedeutet: U+Pu).
- Bis 2022 (endgültige Stilllegung): zuzüglich rd. 2.500 Mg SM
- Summe rd. **17.200 t SM** in abgebrannten BE
 - Davon 10.200 Mg direkt endzulagern
 - 7.000 Mg in die Wiederaufarbeitung.

Mengen Wiederaufarbeitung

- Aktueller Bestand **etwa 1.700 m³**

Gesamtanfall Wärme entwickelnder Abfall:

- Aktuelle Schätzung bis zum Ende der Stromerzeugung aus Kernkraft im Jahr 2022: ca. **28.000 m³**



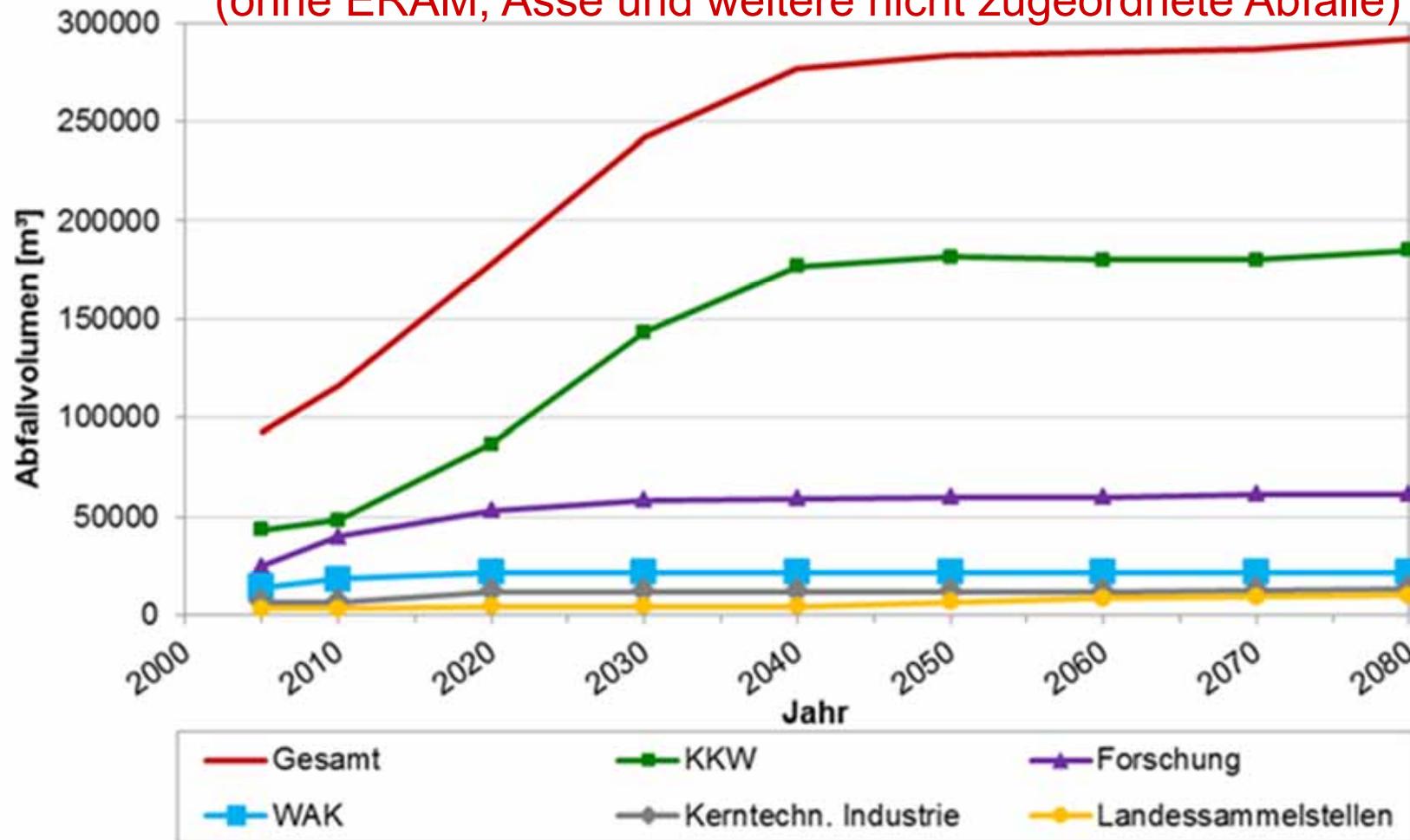
Radioaktive Abfälle mit geringer bis mittlerer Aktivität ("vernachlässigbare Wärmeentwicklung") Mengen

- KKW (Betriebs- und Rückbauabfälle)
- andere kerntechnische Anlagen (z.B. aus Urananreicherung u. Brennelementeherstellung)
- Forschung
- Medizin (Präparate aus der Radiomedizin, Bestrahlungsgeräte)
- Industrie (Prüfstrahler, Bestrahlungsgeräte, früher auch Rauchmelder und fluoreszierende Messgeräteskalen)
- Aktuell
 - zwischengelagert (BMU, Stand 2012): 106.000 m³
 - in Morsleben (ERAM) endgelagert: 37.000 m³ + 6.600 Strahlenquellen
 - Aus der Asse zurückzuholen: 47.000 m³ + Abraum u. Abfälle aus der Bergung + Neukonditionierung, in Summe ca. 275.000 m³



Radioaktive Abfälle – Entstehung, Arten und Mengen

(ohne ERAM, Asse und weitere nicht zugeordnete Abfälle)



Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle

- 1** Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen
- 2** Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?
- 3** Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit
- 4** Standortauswahlgesetz 2013 – Neustart im Konsens?
- 5** Der europäische Kontext – jeder für sich oder alle gemeinsam?
- 6** Fazit

Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?

Ein Zwischenlager ist ein vorübergehender Aufbewahrungsort für abgebrannte Brennelemente und/oder radioaktive Abfälle

Wärmeentwickelnde Abfälle (BE, WAA)

- werden in Castor oder vergleichbare Behälter verpackt und
- in Zwischenlagern gelagert:
 - dezentrale Zwischenlager an den KKW Standorten,
 - zentrale Zwischenlager (Gorleben, Ahaus, Jülich, Greifswald).

Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

- werden meistens konditioniert, d. h. verpresst, getrocknet, verbrannt, zementiert ... oder in einem Zwischenzustand gelagert
- Ziel: chemisch stabiles Abfallprodukt und Volumenreduktion, Einhaltung der Endlagerbedingungen
- Werden anschließend ebenfalls verpackt und zwischengelagert.

Derzeit werden alle in Deutschland anfallenden radioaktiven Abfälle früher oder später in Zwischenlagern gelagert.

Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?

Entsorgungsanlagen in Deutschland

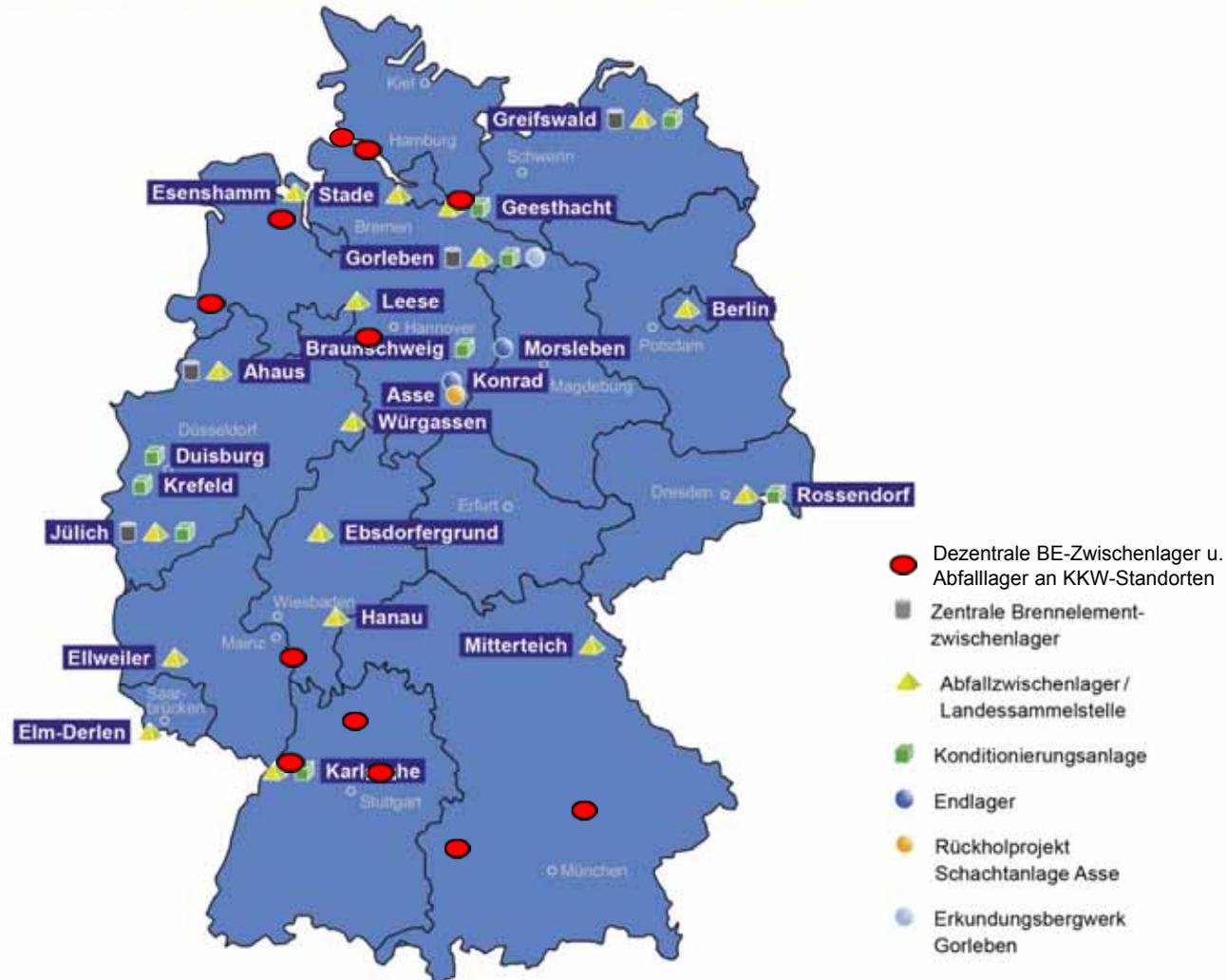
Ohne dezentrale Brennelemente-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten



Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?

Entsorgungsanlagen in Deutschland

Mit dezentrale Brennelemente-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten



Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?

Funktionen eines Zwischenlagers:

Abfallgebinde (Castor, Container, Fass)

- Einschluss der Abfälle in den Abfallgebinden
- Abschirmung der Strahlung (je nach Abfallart unterschiedlich)
- Störfallsicherheit
- Besonderheit für BE/HAW: Unterkritikalität und Wärmeabfuhr

Lagergebäude (Halle, Umzäunung)

- Schutz der Abfallgebinde vor äußeren Einwirkungen
- Kontrolle über die Abfälle und ihren Zustand
- Ggf. Reparaturmöglichkeit (Konditionierungsanlage, Umverpackung, "heiße Zelle")
- Besonderheit von BE/HAW-Zwischenlagern: Kühlung/Wärmeabfuhr

Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?

Wie lange wird zwischengelagert?

Grundsätzlich

- Zwischenlagerung ist IMMER zeitlich befristet
- bis zur Abgabe an ein Endlager ODER
- bis zur Freigabe nach Abklingen der Radioaktivität (nur für kurzlebige Radionuklide relevant, z.B. bei aktiviertem Stahlschrott)

Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?

Wie lange wird zwischengelagert?

Betriebsgenehmigung von Zwischenlagern

- für vernachlässigbar Wärme entwickelnde Abfälle i.d.R. unbefristet
- für Wärme entwickelnde Abfälle (BE/HAW) befristet auf 40 Jahre
- für das noch zu errichtende Zwischenlager Asse wird ebenfalls eine Befristung auf 40 Jahre diskutiert
- heute wird vielfach die Befristung der Genehmigung gefordert, um einer "Endlagerung durch die Hintertür" vorzubeugen
- ungeklärt ist die Vorgehensweise, wenn die Befristung endet und kein Endlager verfügbar ist (das ist für BE/HAW absehbar!)

Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?

Darf ein Zwischenlager zum Endlager werden?

Langfristige Zwischenlagerung als "Lösungsansatz"

- erfordert fortdauernde menschliche Eingriffe wie Reparatur und Wartung (z.B. bei der Lagerung von Behältern) über sehr lange Zeiträume,
- setzt radioaktive Abfälle natürlichen und zivilisatorischen Einwirkungen an der Erdoberfläche aus (z.B. Klima, Eiszeiten, Überschwemmungen, Erdbeben, Verwitterung und Korrosion, gesellschaftliche Instabilität, Krieg und Bürgerkrieg),
- würde die Organisation und Finanzierung einer fortdauernden Überwachung durch Menschen über Millionen von Jahren voraussetzen.
- "Vererbt" die Verantwortung auf zukünftige Generationen

Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?

Darf ein Zwischenlager zum Endlager werden?

Ein Zwischenlager kann die sichere Verwahrung radioaktiver Abfälle nicht über lange (> x00 a) oder unbegrenzte Zeiträume gewährleisten, daher lautet die Antwort:

NEIN!

Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle

- 1** Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen
- 2** Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?
- 3** Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit
- 4** Standortauswahlgesetz 2013 – Neustart im Konsens?
- 5** Der europäische Kontext – jeder für sich oder alle gemeinsam?
- 6** Fazit

Und am Ende steht immer: Endlagerung

Anspruch:

- Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle.
- Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen.

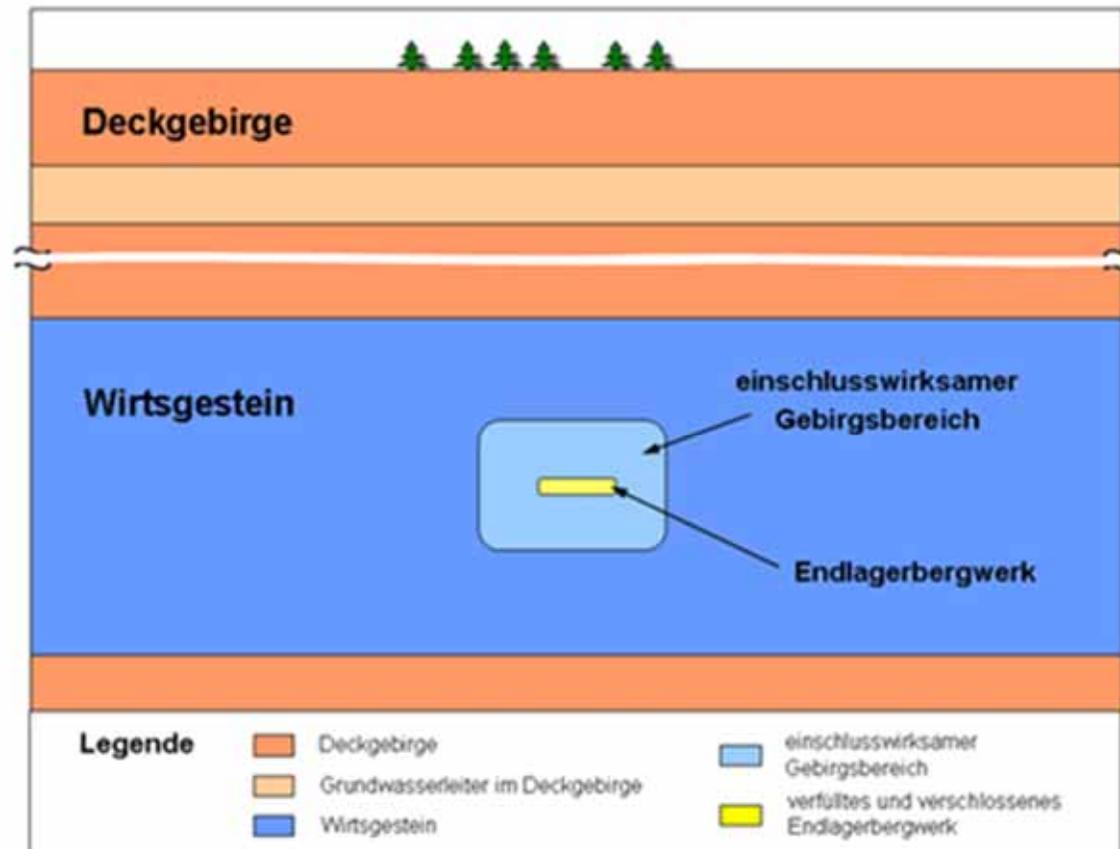
(Schutzziele aus Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle, BMU, 30.09.2010)

In Deutschland sollen alle Arten radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen endgelagert werden

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

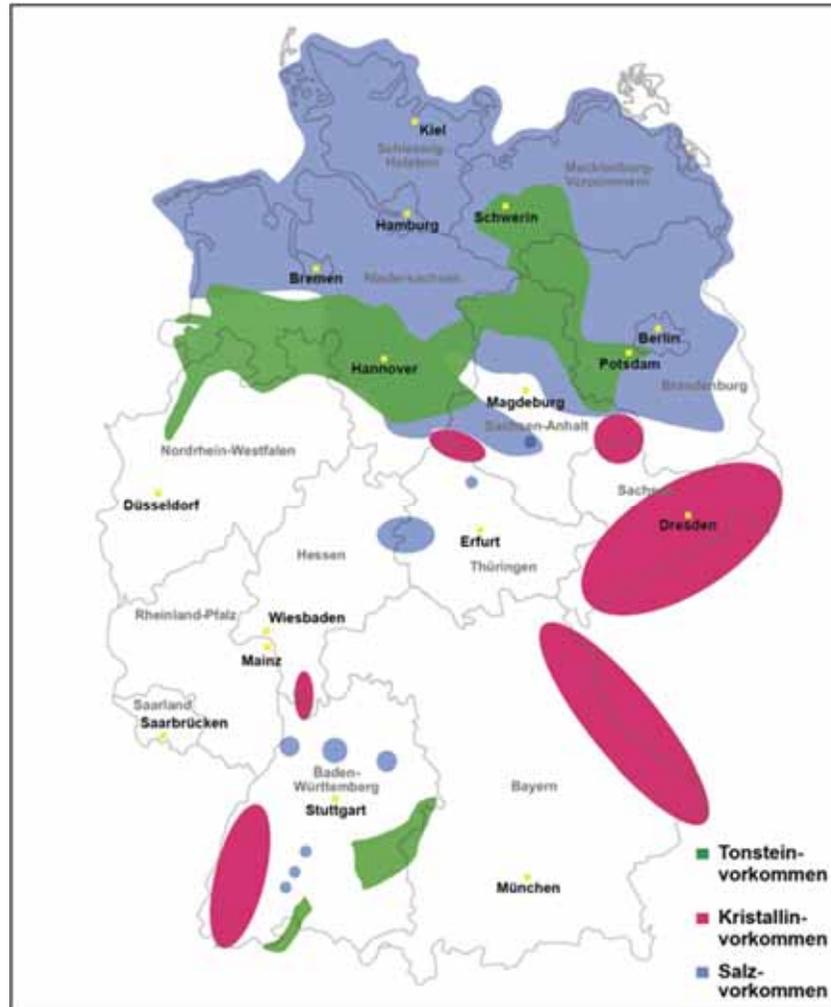
- Geeignete geologische Schichten bieten langfristig stabile Verhältnisse, um Radionuklide dauerhaft sicher und passiv einzuschließen.
- Über Sicherheitsnachweise ist die Einhaltung des sicheren Einschlusses darzulegen (Analyse Langzeitverhalten, Modellierungen, ...).
Nachweiszeitraum: 1 Mio. Jahre
- Diese Aufgabe übernimmt z.B. der einschlusswirksame Gebirgsbereich (EWG) aufgrund seiner Eigenschaften (Mächtigkeit, Gesteinsart, Durchlässigkeit, Langzeitverhalten,...).
- Bergmännische Zugänge zum Endlager werden so verschlossen, dass sie die Qualität des Einschlusses nicht wesentlich mindern.
- Sehr geringe Stoffanteile, die über sehr lange Zeiträume verteilt, den einschlusswirksamen Gebirgsbereich verlassen können, dürfen auch bei künftigen Generationen die heute gültigen Strahlenschutzgrenzwerte nicht überschreiten.

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit



Quelle: Öko-Institut/GRS

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit



Grundsätzlich gelten Salz, Tonstein und Kristallin (z. B. Granit) als denkbare Wirtsgesteine

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Grundsätzlich gelten Salz, Tonstein und Kristallin (z. B. Granit) als denkbare Wirtsgesteine

Beispiele für geowissenschaftliche Anforderungen:

- Zuverlässige Prognostizierbarkeit des Langzeitverhaltens der geologischen Formation
- Ausreichende Ausdehnung und Tiefe des Wirtsgesteins
- Dauerhaftigkeit des physischen Abstands zur Erdoberfläche
- Stabilität des Grubenbaues (Gebirgsschlaggefährdung)
- Niedrige hydraulische Durchlässigkeit des Wirtsgesteins
- Gute Sorptionseigenschaften des Wirtsgesteins
- Toleranz des Wirtsgesteins gegenüber Wärmeeintrag

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Mögliche Wirtsgesteine in Deutschland: Steinsalz, Tonstein, Granit

Wirtsgesteine im Vergleich modifiziert nach BGR 2007			
Gesteinseigenschaften			
Eigenschaft	Steinsalz	Ton/Tonstein	Kristallingestein (z. B. Granit)
Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig	sehr gering bis gering	durchlässig bis gering gering durchlässig (Abhängig von Klüftung)
Festigkeit	mittel	gering bis mittel	hoch
Verformungsverhalten	viskos (Kriechen)	plastisch bis spröde	spröde
Lösungsverhalten	hoch	sehr gering	sehr gering
Sorptionsverhalten	sehr schlecht	sehr gut	bestenfalls mittel bis schlecht
Temperaturbelastbarkeit	hoch	gering	hoch

Kein "einschlusswirksamer
Gebirgsbereich"!

-  günstig
-  mittel
-  ungünstig

Quelle: nach BGR, verändert

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Beispiele für geowissenschaftliche Ausschlusskriterien: Was sollte eine Endlagerstandort NICHT aufweisen:

- Großräumige Vertikalbewegungen
- Aktive Störungzonen
- Seismische Aktivität
- Vulkanische Aktivität
- Junges Grundwasser in der Endlagertiefe

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Nachweiszeitraum – Langzeitsicherheit - Strahlenschutz

- Die meisten Abfallarten sind selbst nach mehr als einer Million Jahre und länger nicht uneingeschränkt freigebbar.
- Für die Einhaltung der Anforderungen (Abschirmung, Einschluss, Überwachung) kann keine zeitliche Grenze bestimmt werden.
- Der Nachweiszeitraum von 1 Million Jahre wird hilfsweise verwendet, da dieser als noch wissenschaftlich prognostizierbarer Zeitraum gilt.
- Über den Nachweiszeitraum wird die „Langzeitsicherheitsanalyse“ durchgeführt. Der Nachweis der Langzeitsicherheit ist geführt, wenn von den Abfällen jetzt und in Zukunft keine unzulässigen Gefahren ausgehen („Langzeitsicherheitsnachweis“).
- Basis sind die heute gültigen Strahlenschutzgrenzwerte.

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Risiko: keine spätere Korrigierbarkeit

- hoher Anspruch an Vorhersagbarkeit des Langzeitverhaltens,
- höchste Anforderungen an die wissenschaftliche Qualität,
- Kenntnislücken müssen durch Forschung und Untersuchungen geschlossen werden, bevor das Projekt zugelassen werden kann,
- begründete Zweifel sind ein Ausschlussgrund
- nur wenn alle vernünftigen Zweifel ausgeräumt sind, kann das Projekt endgültig zugelassen werden.

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Risiko: Rückholbarkeit

- Rückholbarkeit: bezeichnet die **Fähigkeit** an sich, Abfall oder komplette Abfallbehälter nach ihrer Einlagerung in ein Endlager **bergen zu können**.

Rückholung bezeichnet den konkreten Vorgang der Entfernung des Abfalls. Rückholbarkeit setzt voraus, dass **entsprechende Vorkehrungen getroffen** werden, die eine Rückholung erforderlichenfalls auch erlauben.

Definition nach OECD/NEA (Nuclear Energy Agency bei der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Rückholbarkeit

- Kann das Niveau an geforderter Zuverlässigkeit senken („kann auch später noch – behandelt – geklärt - beantwortet werden“).
- Kann Sicherheitskompromisse erforderlich machen (ggf. Offenhaltung ↔ sicherer Einschluss; besser: Bergbarkeit aus verschlossenen Endlager).
- Muss begründet und zeitlich begrenzt sein, sie ist kein Selbstzweck und kein dauerhaftes Merkmal der Endlagerung.
- Kann ein Mittel der Qualitätssicherung sein (zeitlich begrenzte Kontrolle über die Qualität der Abfalleinlagerung).
- Kann die Entscheidung, das Endlager zu verschließen, nicht ersetzen. Sie muss dennoch früher oder später getroffen werden, da langfristig die gesellschaftliche Kontrolle über die Abfälle nicht sichergestellt werden kann.

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Umkehrbarkeit von Entscheidungen

- Umkehrbarkeit von Entscheidungen: beschreibt die Fähigkeit an sich, **Entscheidungen umzukehren**, die im Verlauf der fortschreitenden Umsetzung eines Endlagersystems getroffen wurden. Als Umkehrung wird der dazu gehörende Prozess verstanden, eine getroffene Entscheidung zu überdenken und zu ändern, sei es durch einen Wechsel der bisher eingeschlagenen Richtung oder durch Wiederherstellung der Ausgangssituation vor der Entscheidung. Umkehrbarkeit setzt voraus, dass **entsprechende Vorkehrungen getroffen** werden, die eine Umkehrung erforderlichenfalls auch erlauben.

Definition nach OECD/NEA (Nuclear Energy Agency bei der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)

Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Risiko: geplantes oder ungeplantes Eindringen

- Das Risiko kann zwar verringert, aber nicht vollständig beseitigt werden.
- Die Wahl des Standorts und Gesteins kann potenziell für Rohstoffsuchen interessante Bereiche meiden.
- Die Mengenbegrenzung der Abfälle begrenzt Endlagergröße (und Zahl der Endlager).
- Kooperationen könnten theoretisch die Zahl der Endlager weltweit verringern.
- Vorsätzliches Ausgraben, um an die radioaktiven Stoffe zu gelangen? Setzt Kenntnis und bewusste Entscheidung voraus.

Exkurs: Gibt es Alternativen zur Endlagerung?

Langfristige Zwischenlagerung und rückholbare Lagerung

- Beides sind keine Entsorgungsoptionen sondern Zwischenlösungen.
- Sie verschieben die Entscheidung über den langfristigen Umgang mit den radioaktiven Abfällen in die Zukunft (auf nachfolgende Generationen).
- Sie ersetzen diese Entscheidung aber nicht! Sie muss trotzdem getroffen werden, nur eben nicht mehr von uns.
- Das ist heute vielleicht bequem, aber gesellschaftlich und ethisch inakzeptabel, wenn man keine gute Begründung hat

Exkurs: Gibt es Alternativen zur Endlagerung?

Verdünnung im Meer

- erreicht zuverlässig sehr geringe Individualbelastungen durch rasche Verdünnung, teilweise aber wieder aufgehoben durch hohe Anreicherungsraten bei bestimmten Stoffen (Iod in Fisch und in Algen),
- setzt in der Biosphäre über sehr lange Zeiträume zirkulierende langzeitrelevante Stoffanteile direkt und vollständig in die Biosphäre frei (Iod-129, Selen-79, Kohlenstoff-14), wodurch inakzeptabel hohe Kollektivdosen entstehen, selbst ein sehr gering isolierendes Endlager schließt diese Schadstoffe wenigstens etwas ein und setzt sie nicht vollständig frei,
- ist auch rein formal unzulässig (London Sea Dumping Convention).

Exkurs: Gibt es Alternativen zur Endlagerung?

Transport ins Weltall

- sehr hoher Aufwand durch begrenzte Nutzlasten von heute eingesetzten Trägerraketen,
- sehr hohe Versagensraten in der frühen Startphase mit sehr hohem Freisetzungsrisiko, dabei sowohl hohe lokale als auch globale Kontaminationen möglich,
- erfordert weiten Transport ins All um Rückkehr in die Erdatmosphäre zu vermeiden

Exkurs: Gibt es Alternativen zur Endlagerung?

„Entgiftung“ durch Partitionierung und Transmutation (P+T)

- Meint: Abtrennung von Radionukliden (Aktiniden) und Umwandlung durch Bestrahlung in "harmlose" Stoffe
- Abtrennung der langlebigen mobilen Stoffe mit den höchsten Dosisbeiträgen (Spaltprodukte Iod-129, Selen-79, Technetium-99) und ihre "Umwandlung" ist praktisch unmöglich,
- erfordert einen extrem hohen technischen und wirtschaftlichen Aufwand, einen jahrzehntelangen aktiven Umgang mit den Abfällen in sehr großen Anlagen,
- ist mit hohen Emissionen in Luft und Wasser verbunden
- und erspart in keinem Fall die Endlagerung der dabei entstehenden Sekundärabfälle

Exkurs: Gibt es Alternativen zur Endlagerung

Fazit

- Alternativen haben keine Vorteile bei Risiko, Umwelt-/Gesundheitsschutz und Aufwand für die jetzige und zukünftige Generationen.
- Die Endlagerung bietet die Möglichkeit, die Abfälle langzeitsicher einzuschließen. Sie ist aber eine anspruchsvolle Aufgabe.

„Auf fachlich-technischer Ebene ist weitgehend anerkannt, dass die Endlagerung in geologischen Tiefenformationen derzeit die sicherste und ökologisch tragfähigste Option als Endpunkt der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente, die als Abfall angesehen werden, darstellt.“

(Aus der Begründung zu RICHTLINIE 2011/70/EURATOM DES RATES über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle vom 19.7.2011)

Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle

- 1** Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen
- 2** Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?
- 3** Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit
- 4** Standortauswahlgesetz 2013 – Neustart im Konsens?
- 5** Der europäische Kontext – jeder für sich oder alle gemeinsam?
- 6** Fazit

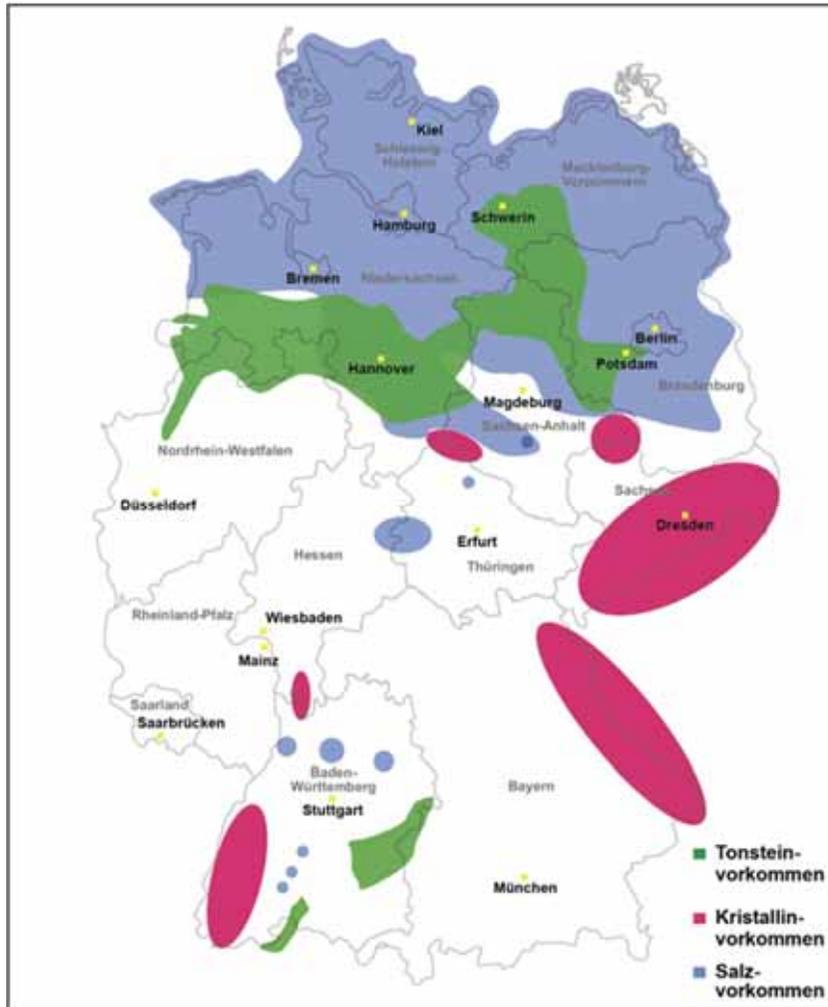
Standortauswahlgesetz 2013

Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und zur Änderung anderer Gesetze (Standortauswahlgesetz - StandAG) vom 23. Juli 2013

„Artikelgesetz“, das umfasst

- Artikel 1: Standortauswahlgesetz
- Artikel 2: Änderung des Atomgesetzes
- Artikel 3: Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für kerntechnische Entsorgung
- Artikel 4: Änderung des Gesetzes zur Änderung von Kostenvorschriften des Atomgesetzes
- Artikel 5: Folgeänderungen
- Artikel 6: Inkrafttreten

Standortauswahlgesetz 2013



Ausgangssituation:

- Politischer Konsens über schrittweise Standortsuche
- „weiße Landkarte“,
- Vorarbeiten zu Bewertungskriterien (z.B. AkEnd, Sicherheitsanforderungen),
- Kenntnisse aus FuE-Arbeiten im technischen und sozialwissenschaftlichen Bereich,
- Internationaler Austausch.

Standortauswahlgesetz 2013

Vorgesehener zeitlicher Ablauf

2013/14	Einrichtung „Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“	§3
2015/16	Bericht der Kommission mit Handlungsempfehlungen, Grundlage der Evaluierung des Standortauswahlgesetzes	§4
2014	Einrichtung des Bundesamtes für kerntechnische Entsorgung	§7
2016	Beginn des Standortauswahlverfahrens	§12
20xx	Entscheidung über Standorte zur übertägigen Erkundung	§14
2023	Entscheidung über Standorte zur untertägigen Erkundung	§17
2031	Standortentscheidung	§20

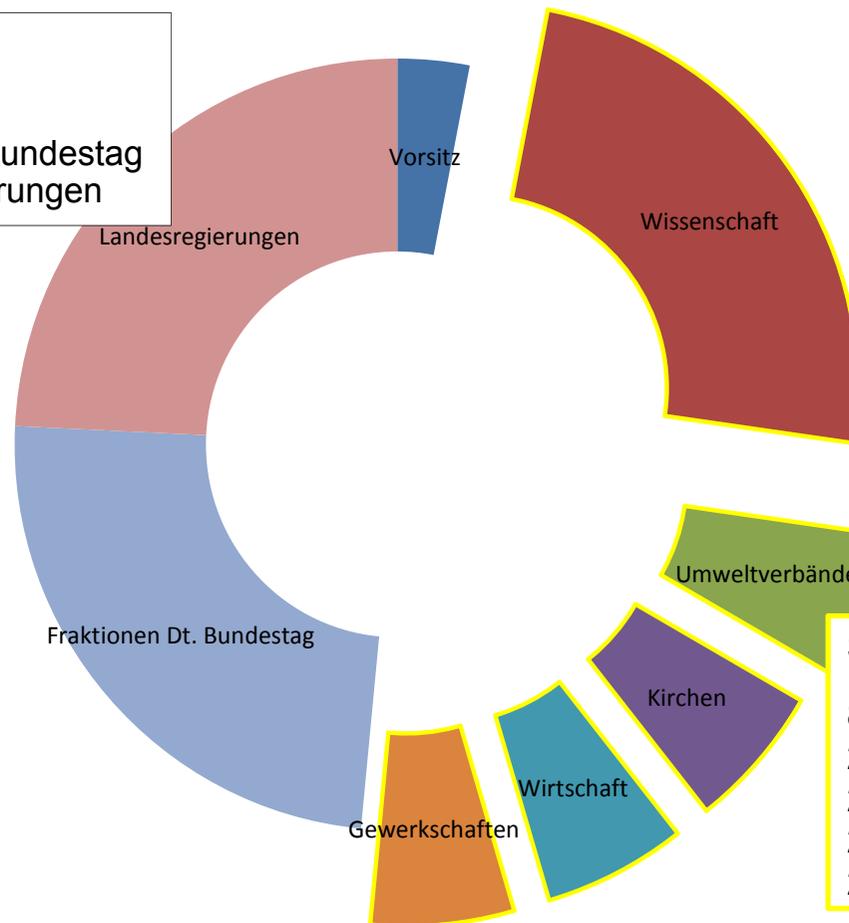
Dann: Genehmigungsverfahren, Bau des Endlagers, Betrieb, Stilllegung

Standortauswahlgesetz 2013

Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe

Nicht stimmberechtigt:

- 1 Person Vorsitz
- 8 Personen Fraktionen Bundestag
- 8 Personen Landesregierungen



Stimmberechtigt:

- 8 Personen Wissenschaft
- 2 Personen Umweltverbände
- 2 Personen Kirchen
- 2 Personen Wirtschaft
- 2 Personen Gewerkschaften

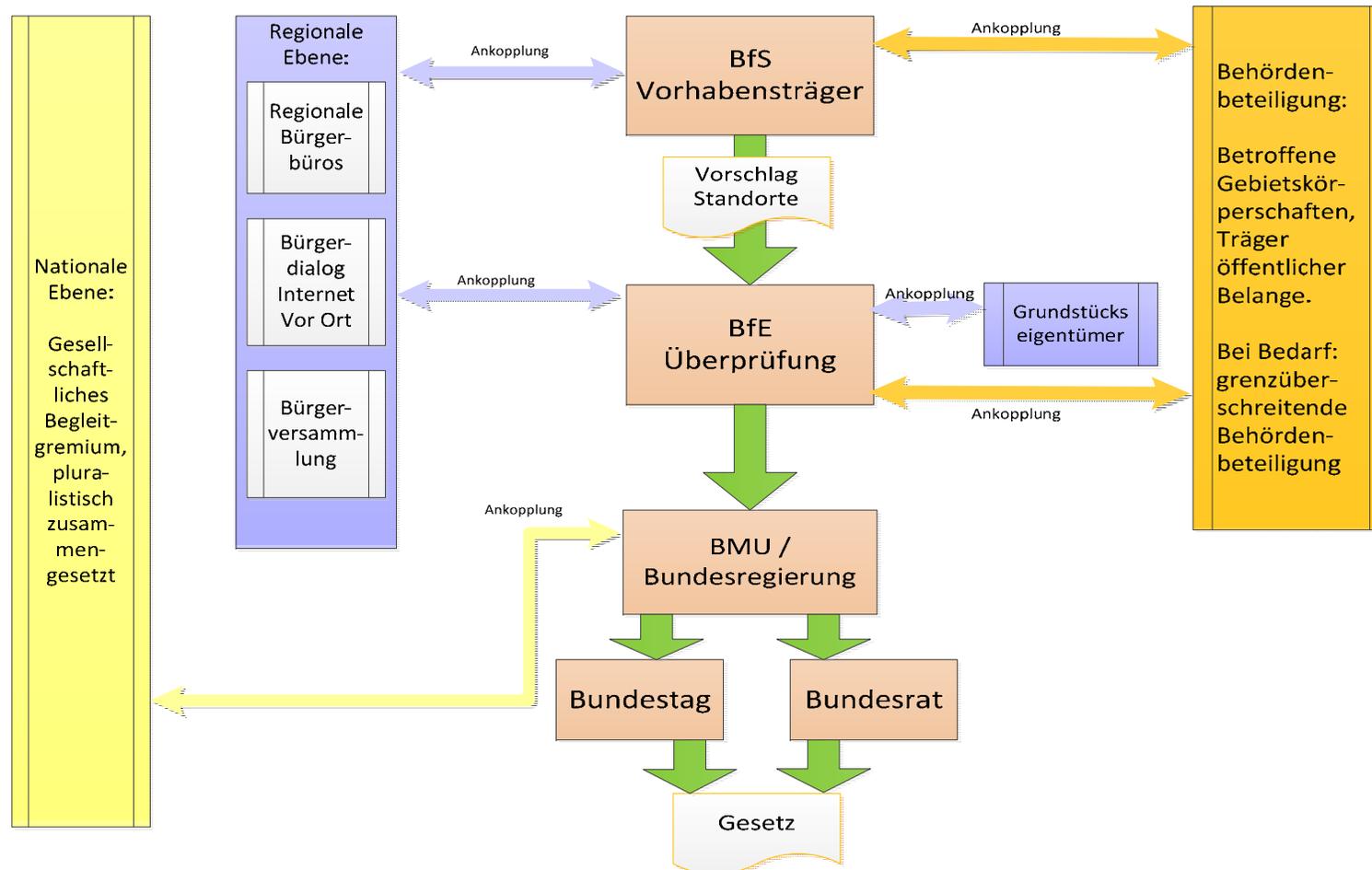
Standortauswahlgesetz 2013

Die Kommission soll Vorschläge formulieren zu

- **Bedarf für die Untersuchung anderer Möglichkeiten** einer geordneten Entsorgung und Zwischenlagerung bis zum Untersuchungsabschluss.
- **Entscheidungsgrundlagen:**
allgemeine Sicherheitsanforderungen, geowissenschaftliche, wasserwirtschaftliche und raumplanerische Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen,
wirtsgesteinsspezifische Ausschluss- und Auswahlkriterien für Salz, Tonstein, Kristallin,
wirtsgesteinsunabhängige Abwägungskriterien,
Methodik der Sicherheitsuntersuchungen.
- Kriterien zur **Fehlerkorrektur** im Standortauswahlverfahren und beim Endlagerkonzept (Rückholung, Bergung, Wiederauffindbarkeit)
- **Rücksprungmöglichkeiten** im Standortauswahlverfahren
- Anforderungen an **Organisation und Verfahren**
- Anforderungen an **Beteiligung, Information und Transparenz**

Standortauswahlgesetz 2013

Vorgesehene Struktur und Beteiligte des Auswahlprozesses



Standortauswahlgesetz 2013

Schrittweise Einengung bis zur Standortentscheidung

§§ 18-20 Standortentscheidung

- Untertägige Erkundung der festgelegten Standorte,
- Erstellung umfassender vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen,
- Gesetz über Standortentscheidung

§§ 15 – 17 Auswahl der Standorte für untertägige Erkundung

- Übertägige Erkundung der festgelegten Standorte,
- Weiterentwicklung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen,
- Auswahl von Standorten für untertägige Erkundung per Gesetz beschlossen

§§ 13, 14 Auswahl der Standorte für übertägige Erkundung

- Ausschluss ungünstiger Gebiete auf Basis von Ausschlusskriterien (Basis: evaluiertes Standortauswahlgesetz),
- Vorläufige Sicherheitsuntersuchungen für geeignete Standortregionen,
- Auswahl von Standorten für übertägige Erkundung wird per Gesetz beschlossen.

Standortauswahlgesetz 2013

Das Gesetz schafft (m.E.) wichtige Grundlagen für ein ergebnisoffenes Standortauswahlverfahren:

- Schrittweises kriterienbasiertes Auswahlverfahren mit Meilensteinen und Entscheidungen
- Trennung der Zuständigkeiten zwischen Regulierer und Vorhabenträger
- Bündelung der Zuständigkeiten auf Bundesebene
- „Aufhänger“ für frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung

Die Öffentlichkeitsbeteiligung ist noch weiterzuentwickeln ("Lernendes System").

In der Endlagerung etablierte Bürgerinitiativen und Umweltverbände lehnen das Gesetz ab, weil sie an der Entwicklung des Gesetzes nicht beteiligt wurden.

Bleibt die Bereitschaft zur Umsetzung bestehen? / Hält der politische Kompromiss?

Und wie weiter?

- Der Standort ist (vielleicht) gefunden!
- Abschluss Genehmigungsverfahren
- Klageverfahren bis zum Gerichtsentscheid
- Bau des Endlagers, Inbetriebnahme
- Einlagerung: Der Inhalt von 1500 Transport- und Lagerbehältern ist endzulagern.
- Rückbau und Verschluss, Beginn der Nachbetriebsphase (Rückholbarkeit?)
- Ende der Nachbetriebsphase (Rückholbarkeit?)

2031

20XX

20XX

20XX

21XX

21XX

26XX

Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle

- 1** Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen
- 2** Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?
- 3** Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit
- 4** Standortauswahlgesetz 2013 – Neustart im Konsens?
- 5** Der europäische Kontext – jeder für sich oder alle gemeinsam?
- 6** Fazit

RICHTLINIE 2011/70/EURATOM DES RATES

vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle

Zentrale Punkte

- Definition des Gemeinschaftsrahmens durch Anforderungen auf nationaler Ebene (Jeder Mitgliedstaat muss....)
- Nationales Programm über die vorgesehenen Maßnahmen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle
- Berichtspflicht gegenüber der EU

RICHTLINIE 2011/70/EURATOM DES RATES

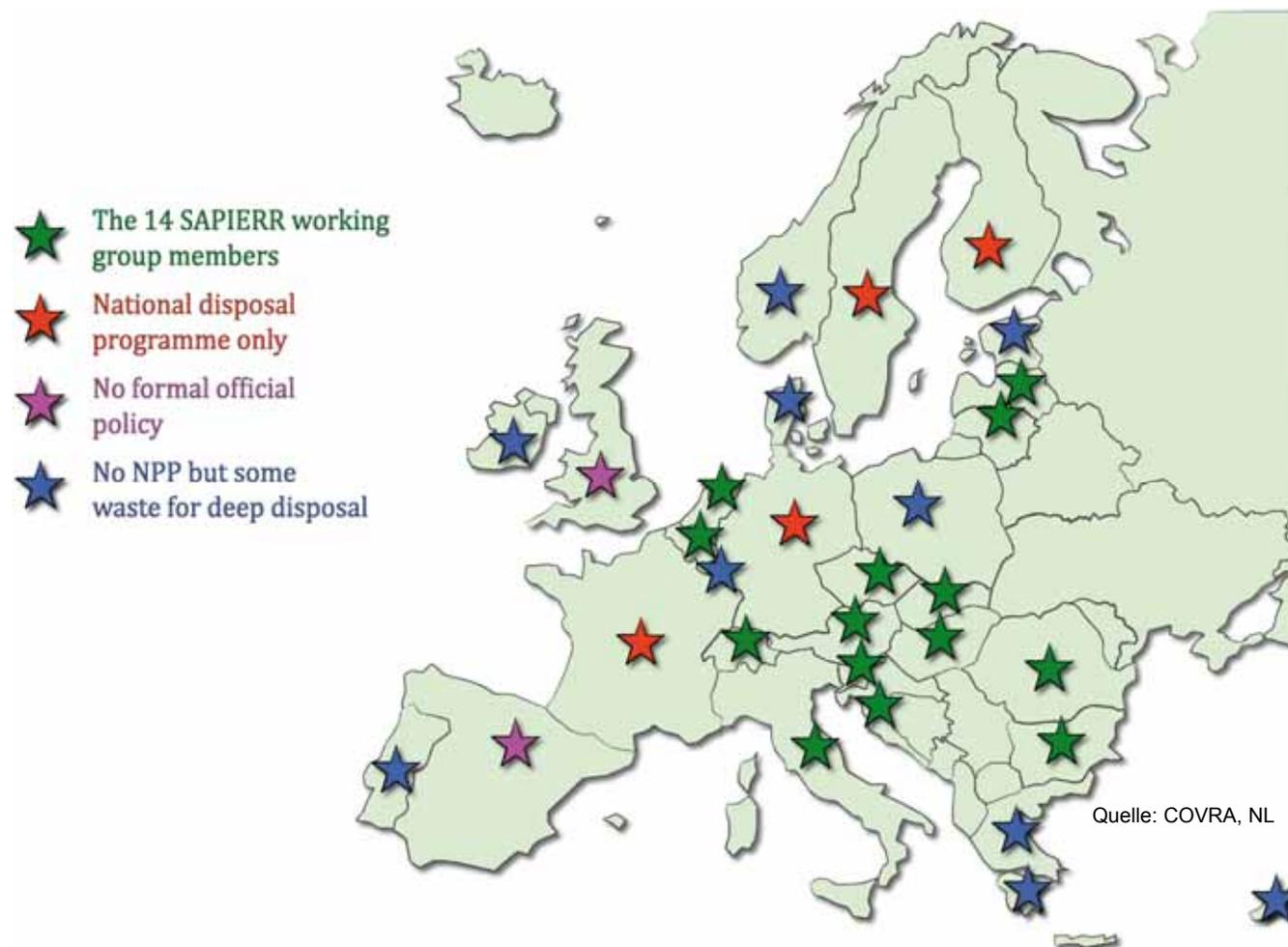
- nationale „Vorkehrungen für die sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle“.
- Genehmigungssystem inklusive dem Verbot von ungenehmigten Tätigkeiten
- Kontrollsystem mit mehreren Kontrollinstanzen (Management und Regulierungsbehörde, Trennung von Betrieb und Aufsicht) sowie Dokumentations- und Berichtspflichten
- Durchsetzungsmaßnahmen inklusive Sanktionsmöglichkeiten
- Vorschriften für die Unterrichtung und die Beteiligung der Öffentlichkeit
- Finanzierungsregelungen
- Maßnahmen zur regelmäßigen Evaluation und kontinuierlichen Verbesserungen des nationalen Systems

RICHTLINIE 2011/70/EURATOM DES RATES

Möglichkeit zwischenstaatlicher Vereinbarungen (Art. 4 (4))

- Deutschland hat die Verbringung von Deutschem Abfall zur Entsorgung im Ausland ausgeschlossen (StandAG §1)
- Auf Europäischer Ebene wird diese Möglichkeit aber breit diskutiert
- Hintergrund: Länder mit kleinen Atomprogrammen bzw. kleinen Staatsgebieten haben Schwierigkeiten mit der Bestimmung eines Endlagerstandorts (Bsp.: NL, B, I) oder zu wenige Abfälle, als dass ein Endlager nach dem Verursacherprinzip zu finanzieren wäre
- Mögliche Lösung A: gemeinsam genutztes Endlager in einem der Mitgliedstaaten
- Mögliche Lösung B: Europäisches Endlager Off-Shore (Nordsee)
- SAPPIER, ERDO

Bedeutungslosigkeit von Landesgrenzen



Bedeutungslosigkeit von Landesgrenzen

Langfristig gesehen sind Ländergrenzen für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle ohne Bedeutung!

Wissenschaftlich gesehen sind wenige gute Endlager vielleicht besser als viele weniger gute, die nur aufgrund nationaler Beschränkung zustande kommen.

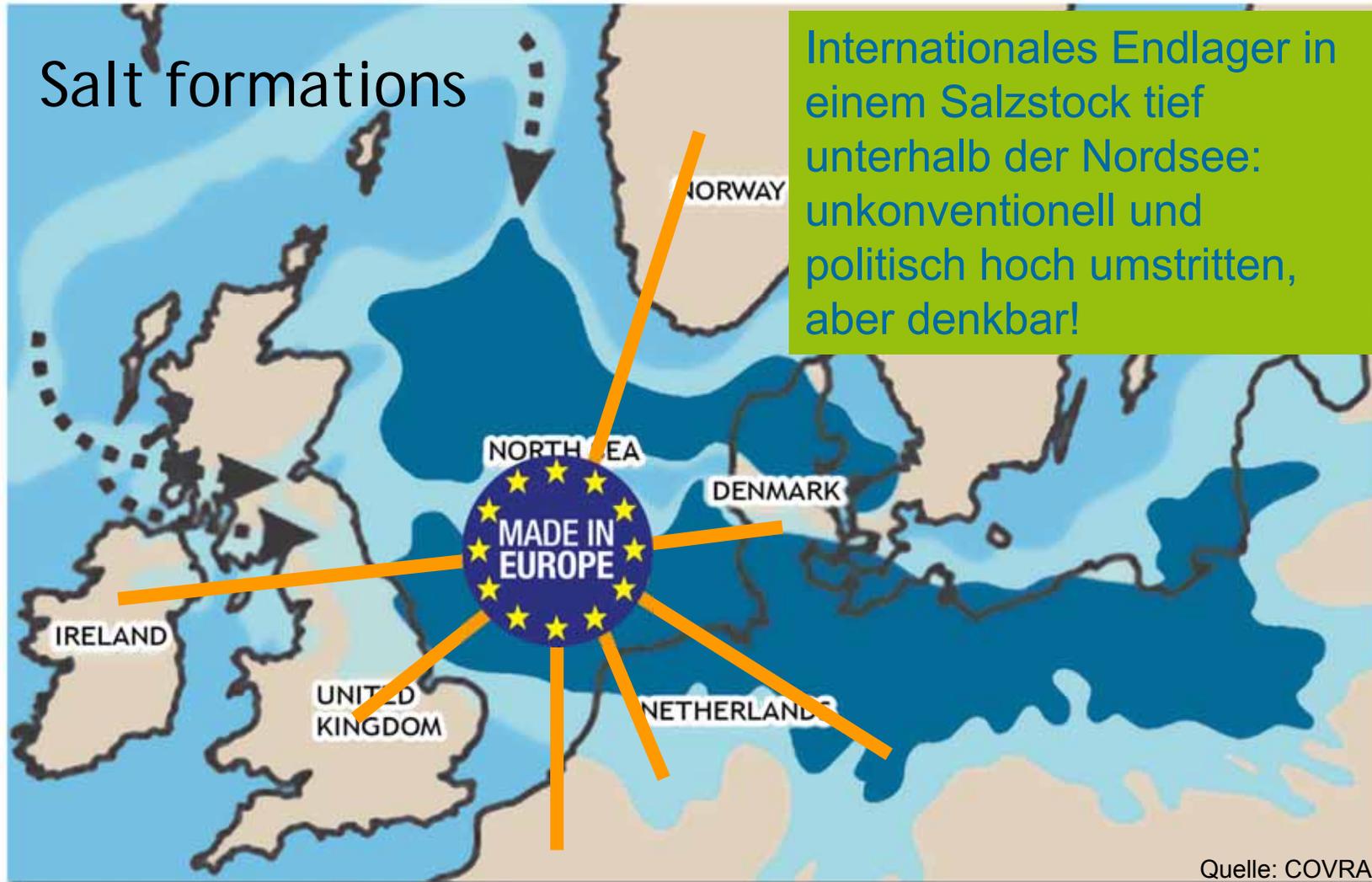
- Bedingung: nur die besten Standorte im Hinblick auf Sicherheit kommen in Frage

Endlager sind aber auch im internationalen Kontext denkbar:

Endlager unterhalb internationaler Gewässer

Salt formations

Internationales Endlager in einem Salzstock tief unterhalb der Nordsee: unkonventionell und politisch hoch umstritten, aber denkbar!



Quelle: COVRA

Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle

- 1** Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen
- 2** Zwischenlagerung – was bedeutet eigentlich "Zwischen"?
- 3** Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit
- 4** Standortauswahlgesetz 2013 – Neustart im Konsens?
- 5** Der europäische Kontext – jeder für sich oder alle gemeinsam?
- 6** Fazit

Fazit

- **Radioaktive Abfälle** entstehen in KKW's und in der kerntechnischen Industrie, sowie in Forschung, Medizin und "konventioneller" Industrie.
- Sie sind existent, über sehr lange Zeiträume gefährlich und verschwinden nicht einfach.
- In **Zwischenlagern** können sie für eine begrenzte Zeit sicher aufbewahrt werden, aber nicht für immer: Eine "Umwandlung" von Zwischenlagern in Endlager ist nicht akzeptabel
- **Endlagerung** bedeutet dauerhafte Isolation der Abfälle vor der Biosphäre, aber irgendwann auch Aufgabe der Kontrolle über die Abfälle, um die Isolation durch Verschluss des Endlagers zu vervollständigen

Fazit

- Rückholbarkeit kann ein Mittel der Qualitätssicherung sein, sie **ist KEINE Entsorgungsoption**
- "Alternativen" zur Endlagerung führen entweder zur Verdünnung und Freisetzung in die Biosphäre oder verschieben die Endlagerung auf einen späteren Zeitpunkt. Sie **haben keine Vorteile bei Risiko, Umwelt-/Gesundheitsschutz und Aufwand für die jetzige und zukünftige Generationen**

Fazit

- Mit dem **StandAG** macht sich Deutschland erneut auf die Suche nach einem Endlager für hoch radioaktive Abfälle – diesmal mit dem Anspruch, im Vergleich von Standorten und in einem fairen und transparenten Verfahren zu einer gesellschaftlich legitimierbaren Standortentscheidung zu kommen.
- Das Vorhaben ist langwierig, wahrscheinlich teuer und nicht sicher innerhalb der vorgesehen Zeitspanne (bis 2031) zu schaffen, **eine akzeptable Alternative ist aber nicht in Sicht.**

Fazit

- **Ländergrenzen** haben im Übrigen für die langfristige Sicherheit der Endlager keine Bedeutung.
- **Kooperationen** (z.B. im Europäischen Kontext) können aus wissenschaftlicher Sicht zu weniger Endlagern und damit höherer Sicherheit führen – wenn sie gesellschaftspolitisch akzeptiert werden (in D ist das derzeit nicht der Fall)

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Stefan Alt – s.alt@oeko.de



Vernetzt denken und forschen – www.oeko.de