

FS-Symposium Zwischenlager – Dauerlager – Endlager
Endlager für Länder mit geringem
Abfallaufkommen

Dr. Jörg Feinhals

22.09.-24.09.2014 Johannes Gutenberg-Universität Mainz

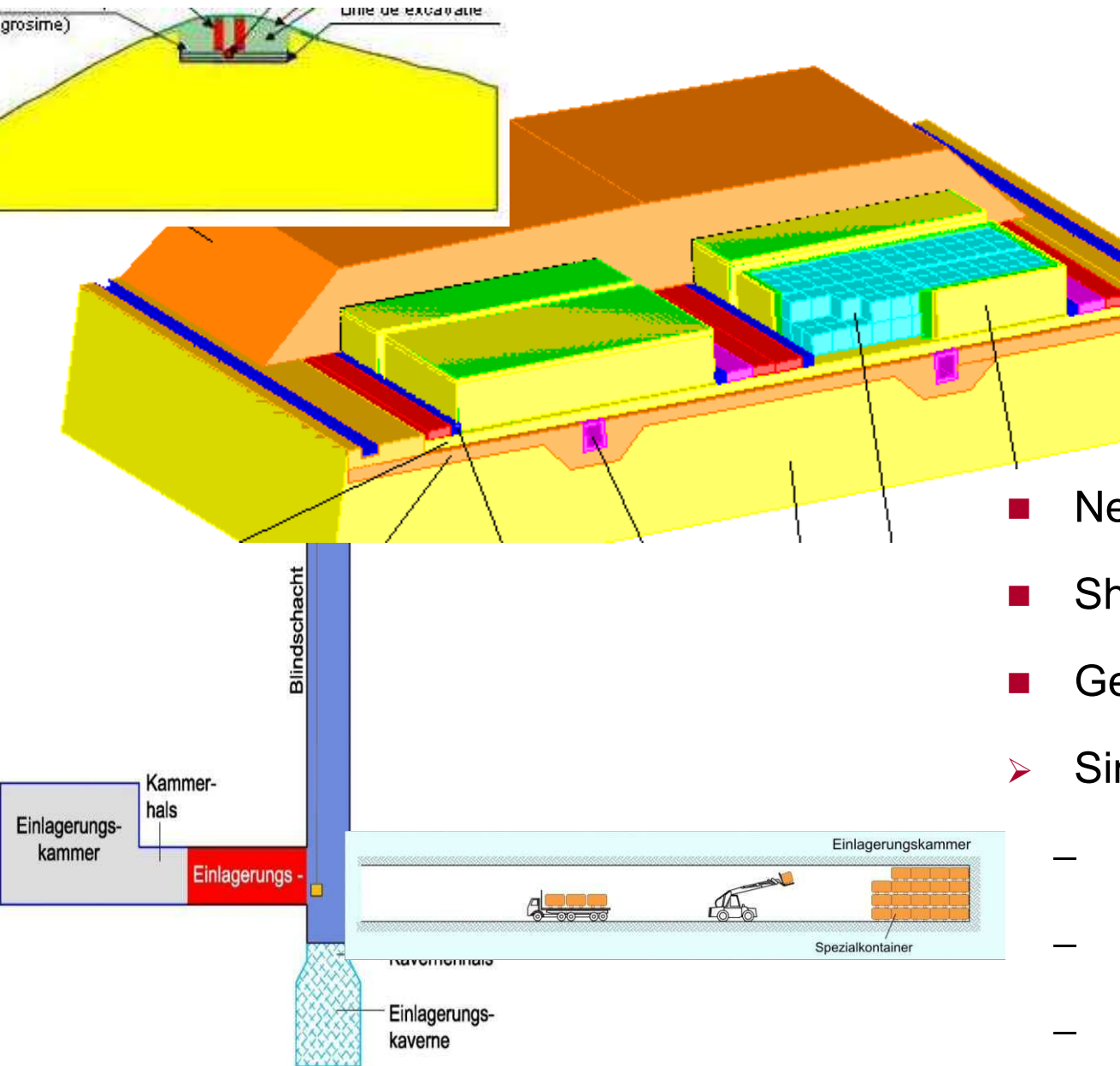
Inhalt

- 1 Endlagerkonzepte
- 2 Dauerlager
- 3 Alternativen zum Dauerlager
- 4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes
- 5 Fazit

Inhalt

- 1 **Endlagerkonzepte**
- 2 Dauerlager
- 3 Alternativen zum Dauerlager
- 4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes
- 5 Fazit

1 Endlagerkonzepte



- Near Surface Disposal Facilities
- Shallow Land Disposal Facilities
- Geological Disposal Facilities
- Sinnvoll für
 - Langlebige Radionuklide
 - Schwach und mittelradioaktiv
 - Große Abfallmassen

1 Endlagerkonzepte für geringe Abfallmengen

- Wie sehen Lösungen für Länder aus, die nur ein geringes Abfallaufkommen und kein oberflächennahes Endlager oder ein Endlager in tiefen geologischen Schichten haben?
- Sind solche Lösungen auch sinnvolle Alternativen für Länder, die zwar ein Endlager haben, aber das Endlagervolumen eine knappe Ressource darstellt?
- Sind Lösungen realistisch erreichbar im Verbund mit benachbarten Staaten oder durch gemeinsame Lagerung mit anderen Problemabfällen?
- Braucht ein Staat mit geringem Abfallaufkommen überhaupt ein Endlager? Hilft uns die Freigabe weiter?

1 Endlagerkonzepte

Regionalendlager

Herausforderungen bei der Schaffung eines Regionallagers:

- Teilnehmerländer sind stark abhängig vom Endlagerbetreiber
- Kostenstruktur
- Wer ist für die Genehmigung/Aufsicht zuständig? Wie können Benachteiligungen bei den Teilnehmerländern vermieden werden?
- Starke Abhängigkeit der Teilnehmerländer von Verzögerungen in der Genehmigungsphase beim Endlagerbetreiber
- Wie geht es weiter, wenn keine Genehmigung für das Regionalendlager erteilt wird?
- Gibt es sinnvolle Alternativen für Länder mit geringem Abfallaufkommen? Brauchen diese Abfälle überhaupt ein Endlager?

1 Endlagerkonzepte

Vergleich Endlager – Dauerlager

Barriersystem: Endlager

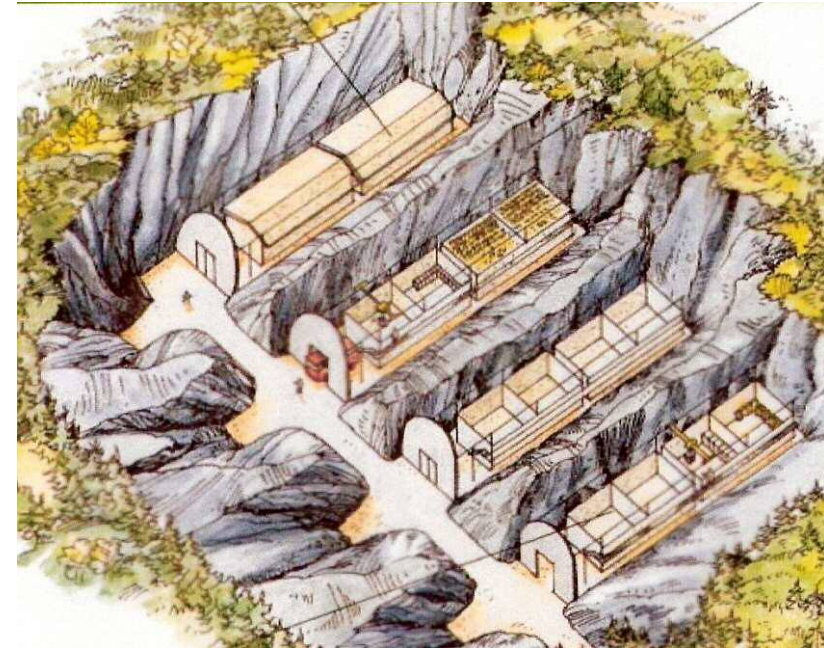
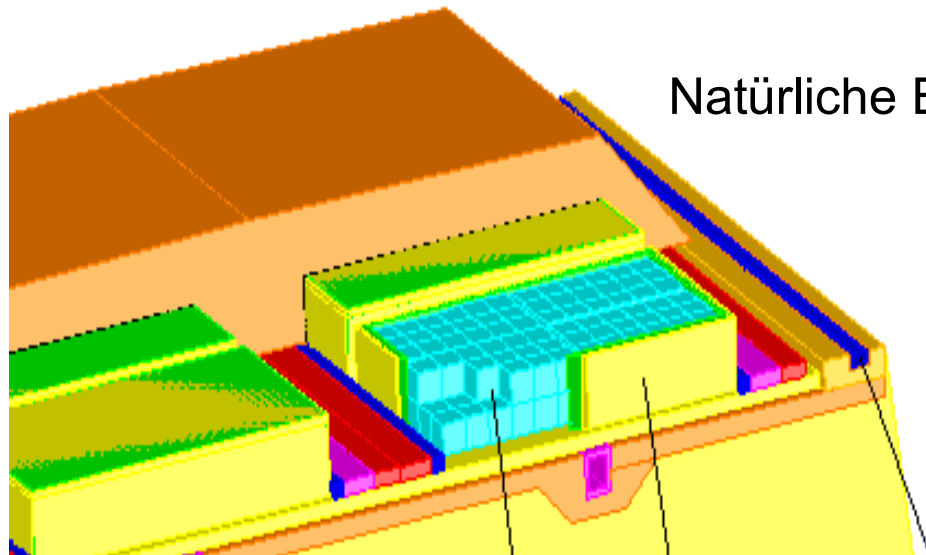
konditionierter
Abfall



Verpackung



Natürliche Barrieren



1 Endlagerkonzepte

Vergleich Endlager – Dauerlager

Barriersystem: Dauerlager

Zwischenlager

- Konditionierter Abfall
 - Verpackung
 - Spezielles Gebäude
 - Keine natürlichen Barrieren
 - Nur erforderlich in Abhängigkeit von
 - Halbwertszeit,
 - Lebensdauer der Verpackung und
 - des Gebäudes.
- Ist ein Dauerlager eine echte Alternative für ein Endlager?



0 Inhalt

- 1 Endlagerkonzepte
- 2 Dauerlager**
- 3 Alternativen zum Dauerlager
- 4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes
- 5 Fazit

2 Dauerlager Unterschiede zur Zwischenlagerung



- Das Konzept muss eine Lebensdauer von mind. 100 Jahren für das Gebäude berücksichtigen.
- Die Lagerbedingungen sollen Korrosion weitgehend vermeiden.
- Die Verpackung sollte entsprechend der erforderlichen Lagerzeit ausgewählt sein.
- Abfälle sollten so konditioniert sein, dass eine Korrosion der Verpackungen unwahrscheinlich ist.
- Visuelle Prüfungen an den Gebinden müssen möglich sein und sollten in geeigneten Zeitabständen ausgeführt werden.
- Und was passiert nach max.100 Jahren mit den Abfällen?

2 Dauerlager Beispiel Niederlande



- Ca. 200 Abfalllieferer (KKW, Medizin, Forschung und Industrie)
- jährlich ca. 200 t
- Behandlung: Hochdruckverpressung, Zementierung, Verpackung in 220-l-Fässer
- Lagerung in der COVRA
- Start des C2C approach (cradle to cradle) zur Freigabe der meisten Abfälle nach einer Abklingzeit von 20 bis 100 Jahren

2 Dauerlager Freigabekonzept der EU/Deutschland

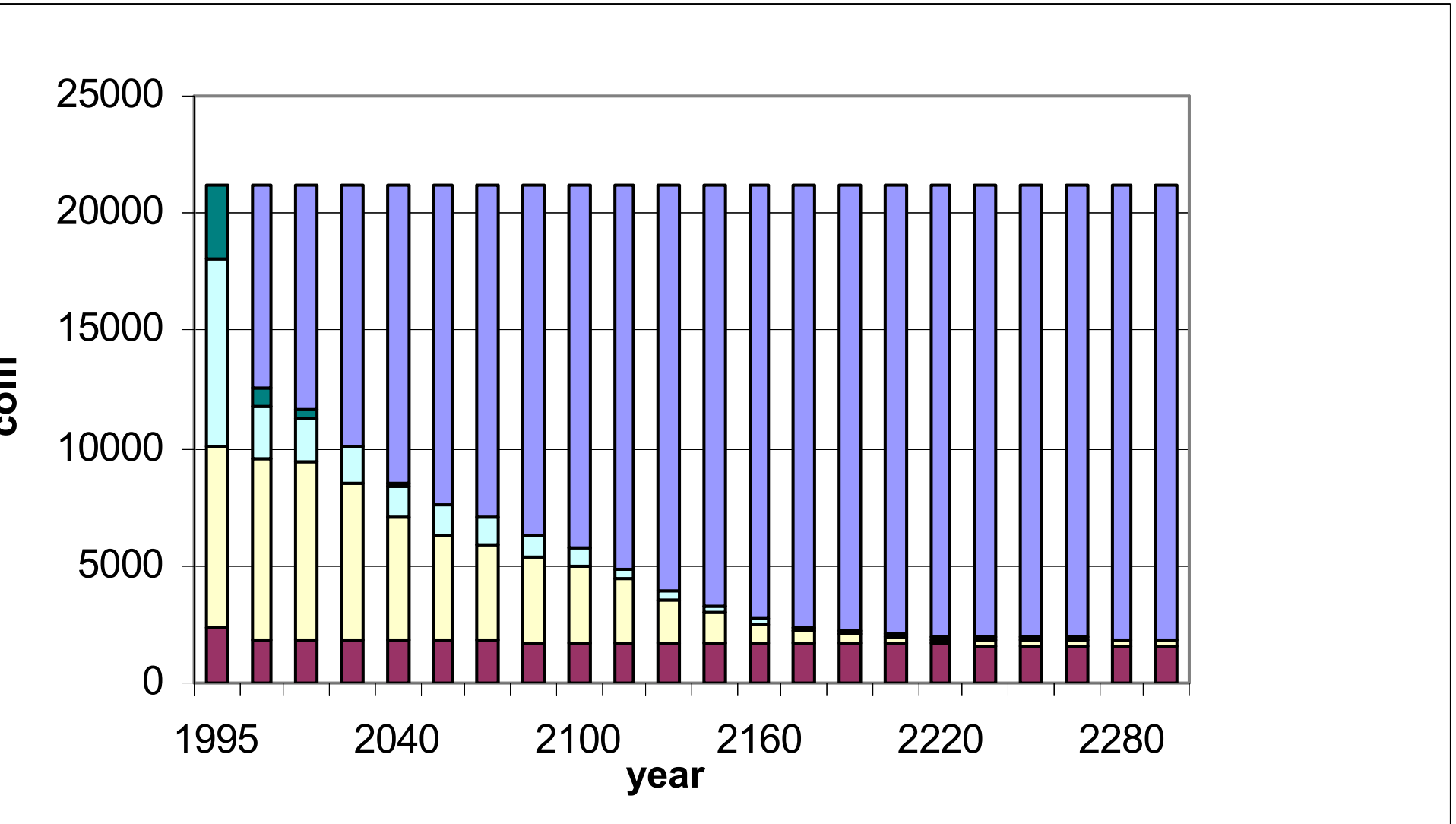


↑ genehmigungspflichtig

1000 μ Sv 300 μ Sv					
100 μ Sv	de minimis Konzept				
10 μ Sv	uneinge. Freigabe RP 122	Freigabe zur Besei- tigung StrlSchV	Freigabe von Schrott RP 89	Freigabe von Gebäuden RP 113	Freigabe von Bodenflächen StrlSchV

2 Dauerlager

Anteil der freigegebenen Fässer nach einer Abklingdauer



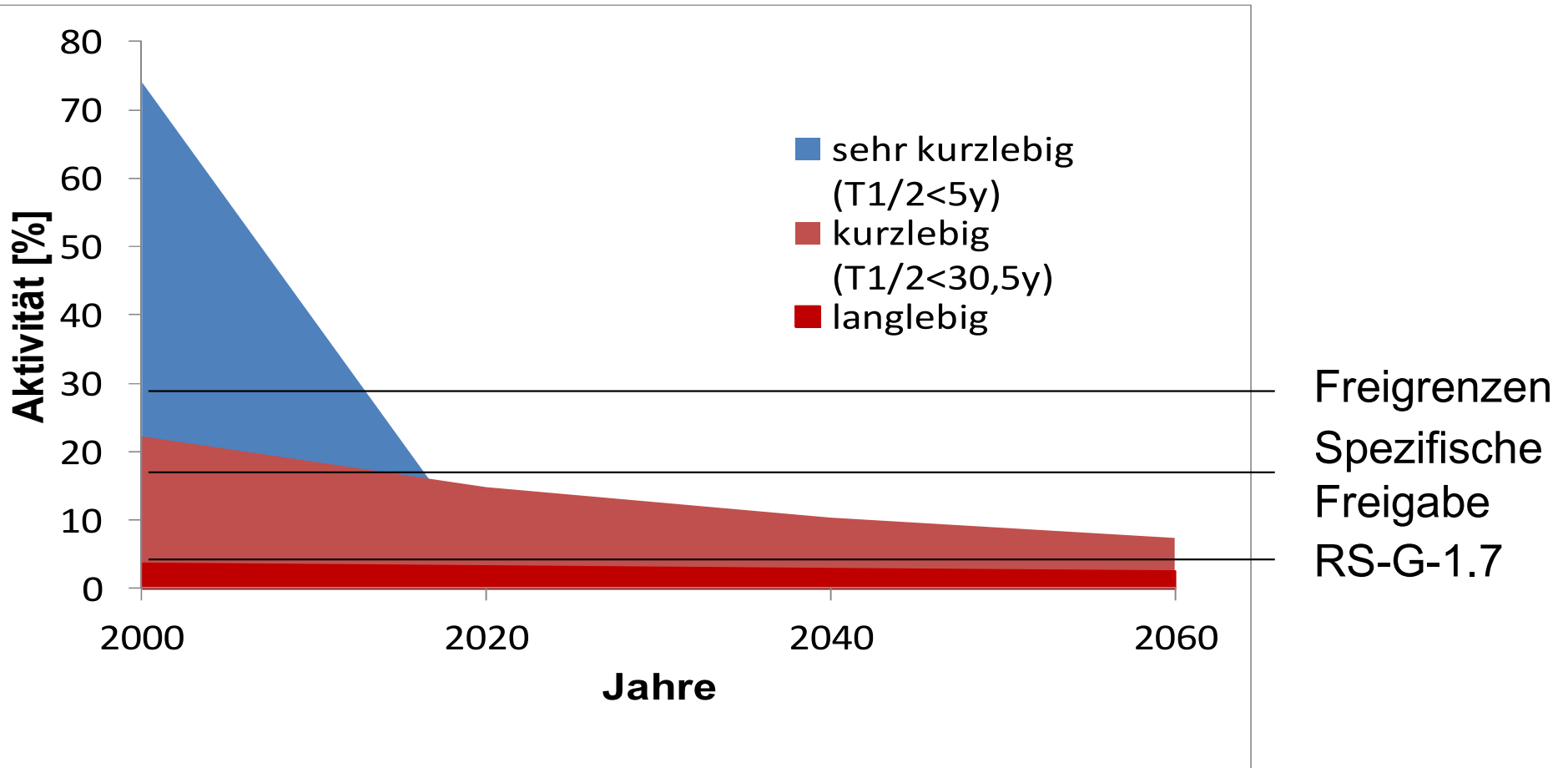
Legende:  :freigegeb.,  : T1/2<15y,  :T1/2>15y,  : KKW Abfall,  : Alpha Abfall

2 Dauerlager Beispiel Niederlande

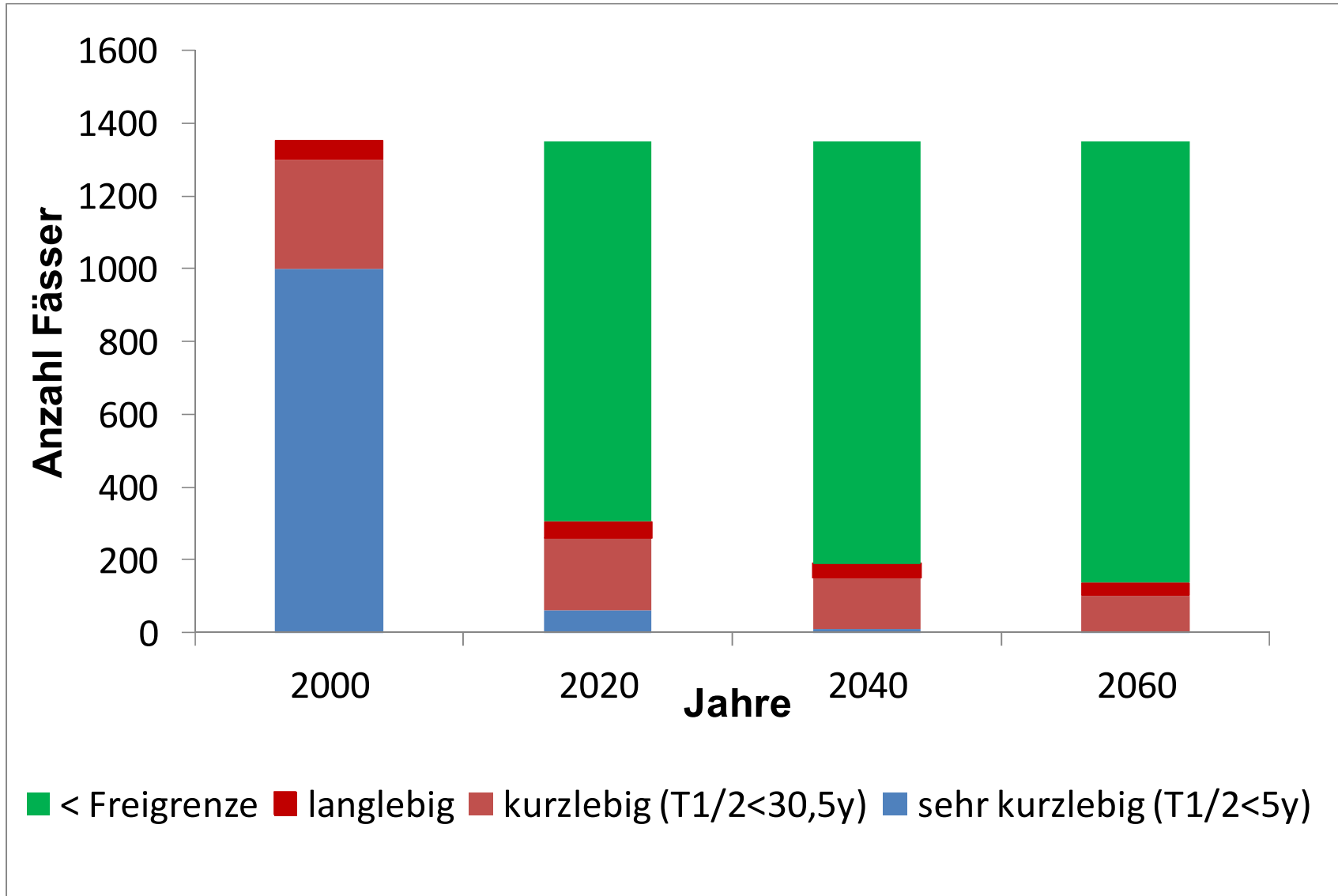


- Ca. 200 Abfalllieferer (KKW, Medizin, Forschung und Industrie) jährlich ca. 200 t
Behandlung: Hochdruckverpressung, Zementierung, Verpackung in 220-l-Fässer
- Lagerung in der COVRA
- Start des C2C approach (cradle to cradle) zur Freigabe der meisten Abfälle nach einer Abklingzeit von 20 bis 100 Jahren
- Spezielles Behandlungsverfahren
 - Auswahl der Fässer zur Freigabe
 - Aufschneiden des Fasses
 - Aufbrechen des Betonmantels
 - Shreddern der Pellets
 - Verbrennen des brennbaren Anteils, Verwertung des Betons

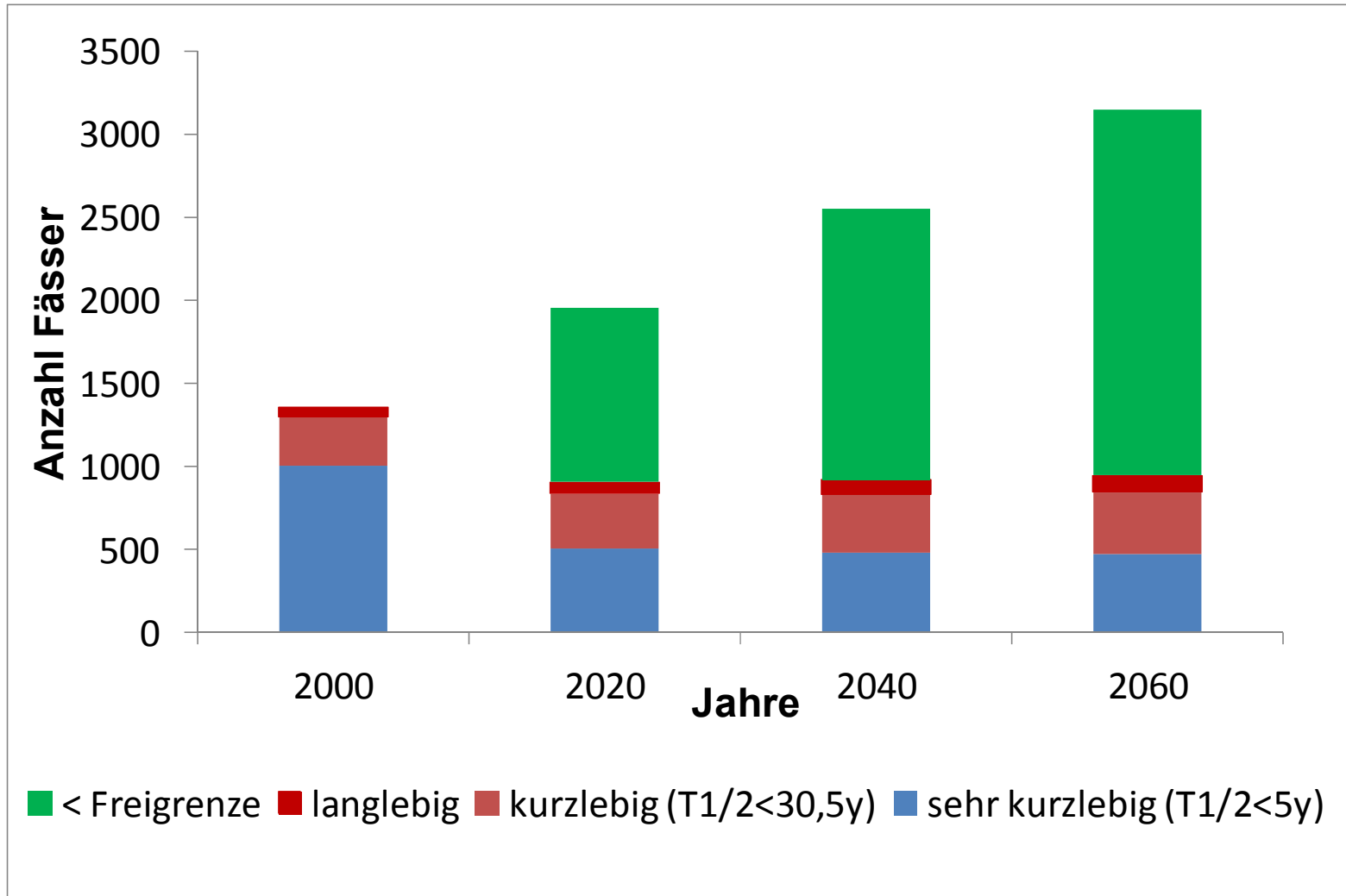
2 Dauerlager Abklingen der Aktivität



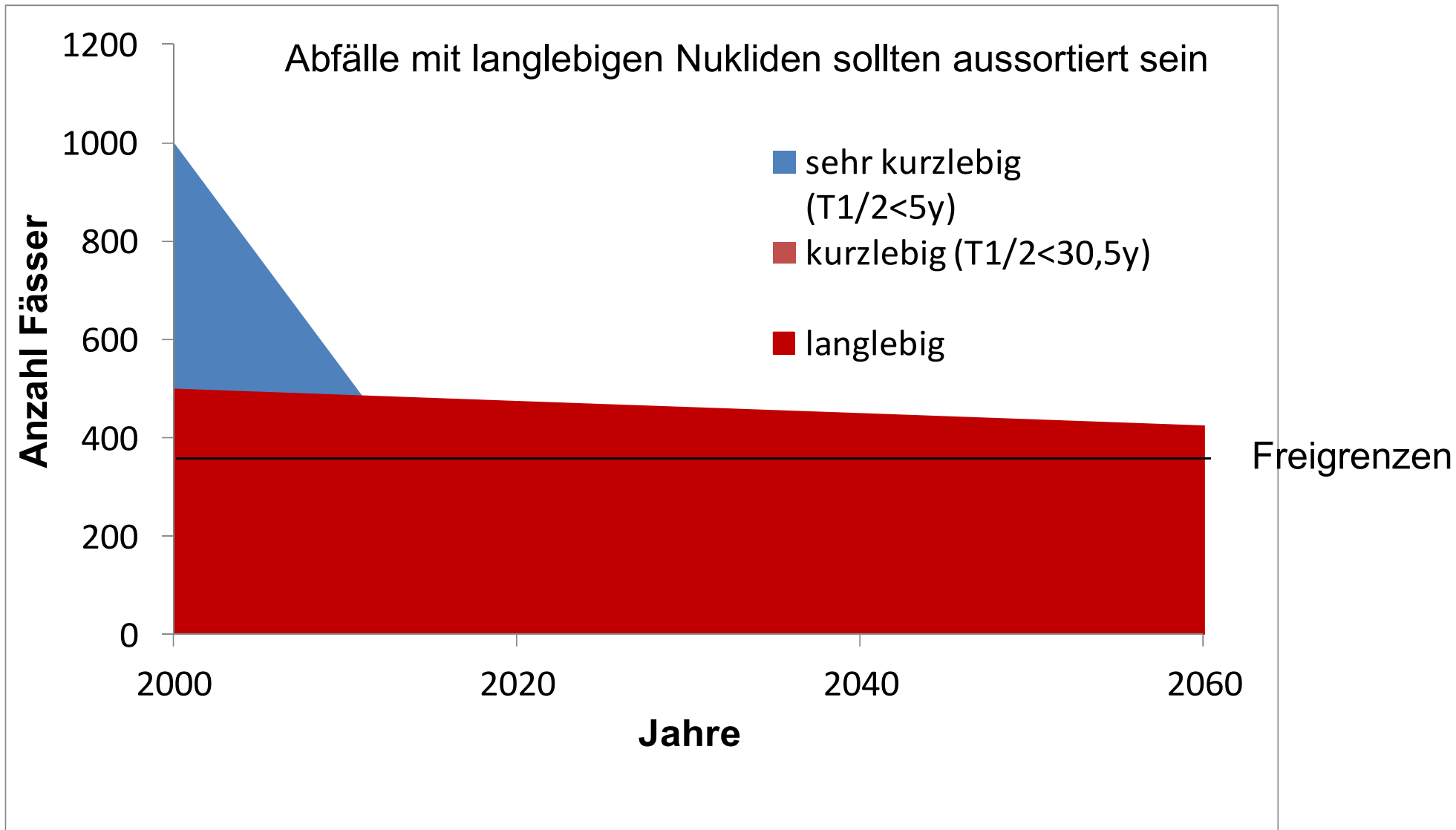
2 Dauerlager Reduktion der Fasszahl



2 Dauerlager Reduktion der Fasszahl bei zusätzlichen 30 Fässer/a



2 Dauerlager Reduktion der Fasszahl



2 Dauerlager Fazit



- Für Länder mit geringem Anfall an radioaktiven Abfällen ist ein Endlager kurzfristig nicht erforderlich, wenn die Abfälle hauptsächlich kurzlebige Nuklide enthalten.
- Ein Dauerlager kann eine geeignete Option sein, um einen großen Teil der Abfälle anschließend freigeben zu können.
- Hierzu können standortspezifische Freigabewerte abgeleitet werden.
- Nach entsprechender Abklingdauer können Fässer geöffnet, behandelt und freigemessen werden, sofern dies nicht bereits bei der Annahme geschehen ist.
- Die Anzahl zu lagernder Abfallbehälter kann in den meisten Fällen deutlich reduziert werden. Auch in Deutschland können Endlagerressourcen geschont werden.

0 Inhalt

- 1 Endlagerkonzepte
- 2 Dauerlager
- 3 Alternativen zum Dauerlager**
- 4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes
- 5 Fazit

3 Alternativen zum Dauerlager

Near Surface Disposal Facility - NSDF (oberflächennahes Endlager)

- Ein Dauerlager kann entfallen, denn es gibt ein Endlager.
- Dauerlager ggf. Abklingen von kurzlebigen Nukliden sinnvoll, so dass Szenario „human intrusion“ durch diese Maßnahme beherrschbar wird.

Used Mine (bereits vorhandenes Bergwerk)

- Auch ein vorhandenes Bergwerk muss die Sicherheitsanforderungen erfüllen.
- Asse und Konrad stellen ein schlechtes wie ein gutes Beispiel dieses Konzeptes dar.
- In Zusammenhang mit Dauerlagerung sinnvoll, weil auch eine spätere Realisierung möglich ist.

3 Alternativen zum Dauerlager

Borehole (Bohrlochendlager)

- Die IAEA verfolgt das Konzept zur Endlagerung in Bohrlöchern.
- Bisher bereits für geringe Tiefen in Russland realisiert.
- Auf den Philippinen sollen möglicherweise ab 2016 Bohrlöcher zur Endlagerung erstellt werden.
- Das Konzept sieht generell die Verwendung von Bohrlöchern für die Endlagerung von radioaktiven Quellen ab einer Bohrtiefe > 30 m vor (SSG-1).
- Anwendbarkeit für größere Tiefen für radioaktive Abfälle nicht geklärt.
- Quellen gehen zurück an den Hersteller.

3 Alternativen zum Dauerlager

Gemeinsame Lagerung mit Sonderabfall

- Der Unterschied zwischen schwachradioaktiven Abfällen und Sonderabfällen liegt evtl. nur in der Halbwertszeit.
- Ein Sicherheitskonzept für Sonderabfälle kann evtl. auch für radioaktive Abfälle tauglich sein (Beispiel Frankreich Centre Morvilliers für VLLW).
- Zusätzliche Risiken müssen beachtet werden.

3 Alternativen zum Dauerlager

Zielsetzung ist es eine angemessene Lösung für Länder zu finden, die

- nur ein geringes Abfallaufkommen haben,
- einen nationalen Entsorgungsplan entsprechend den Vorgaben der EC Council Directive for Disposal of Radioactive Waste benötigen,
- die möglicherweise noch gar nicht die Entsorgung radioaktiver Abfälle im Fokus haben,
- Abfälle zwar derzeit sicher aber nicht gesichert lagern,
- keine finanzierbare Lösung für die Entsorgung radioaktiver Abfälle bisher gefunden haben.

0 Inhalt

- 1 Endlagerkonzepte
- 2 Dauerlager
- 3 Alternativen zum Dauerlager
- 4 **Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes**
- 5 Fazit

4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes

Beispiele in Deutschland: Asse, Morsleben und Konrad

- Eine generelle Bewertung ist nicht möglich, dies ist immer eine Einzelfallentscheidung. Konrad ist einmalig aufgrund der starken Tonschicht, die oberhalb eines Erzbergwerkes liegt und als Sperrschicht fungiert. Asse und Morsleben sind Salzbergwerke, wo die positiven Eigenschaften des Salzes verwendet werden.
- Generell sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:
 1. Geologische Situation und das natürliche Barrierensystem
 2. Historie des Bergwerkes
 3. Störfallsicherheit
 4. Standortauswahl, Partizipationsverfahren
 5. Gebirgsbeherrschung

4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes

1. Geologische Situation und das natürliche Barrierensystem

- Kann ein Langzeitsicherheitsnachweis erreicht werden?
- Welche zusätzlichen Maßnahmen sind erforderlich, um die notwendigen Sicherheitsanforderungen einhalten zu können?
- Zusätzliche Verschlussmaßnahmen können hierbei hilfreich sein.
- Auf der Basis des geplanten Inventars an radioaktiven Stoffen müssen Sicherheitsabstände bestimmt werden, die notwendig sind, um die radioaktiven Abfälle vor den Kontakt mit dem Grundwasserleiter wirksam und dauerhaft zu schützen.

4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes

2. Historie des Bergwerkes

- Wenn die Pfeiler zwischen den Kammern zu schwach sind, kann die Arbeitssicherheit für die geplante Betriebsdauer nicht gewährleistet werden bzw. ist der Aufwand für die Stabilisierung zu hoch.
- Generell muss beachtet werden, dass die Betriebsdauer des Bergwerkes sich deutlich verlängert um den Betrieb zur Offenhaltung, Einlagerung und Schließung.
- Dies kann einen deutlichen Kostenaufwand hinsichtlich Reparatur und Wartung mit sich ziehen.
- Außerdem müssen Kosten für den Versatz von Kammern mit berücksichtigt werden.

4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes

3. Störfallsicherheit

- In älteren Bergwerken können Schachtförderanlagen veraltet und für den Transport von radioaktiven Abfällen nicht geeignet sein.
- Eine Auslegung gegen Störfälle wie z. B. der Lastabsturz kann erforderlich sein, die Auswirkungen für die Bevölkerung sind nachzuweisen.
- Außerdem ist auch der Störfall Erdbeben in die Auslegung mit einzubeziehen.

4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes

4. Standortauswahl, Partizipationsverfahren

Berücksichtigung folgender Aspekte bei der Standortauswahl:

- Bevölkerungsdichte in der Umgebung
- Logistik – Möglichkeiten zum Antransport
- Ausreichende Infrastruktur am Standort

4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes

5. Gebirgsbeherrschung

- Zwei Schächte, eine gute Bewetterung sowie Rettungs- und Fluchtwege müssen nach Stand von Wissenschaft und Technik vorhanden sein.
- Zusätzliche Strecken für den getrennten Transport von radioaktiven Abfällen und Personal sind empfehlenswert.
- Weiterhin ist der Aspekt der Rückholbarkeit der radioaktiven Abfälle zu betrachten.
 - Von welchem Stadium des Betriebes eines Endlagers bis zu welcher Zeit ist die Rückholbarkeit wie zu berücksichtigen?
 - Dies kann die Bewertung des Standortes deutlich beeinflussen.

4 Verwendung eines Bergwerkes

Vorgehensweise für ein Entsorgungskonzept



Optionen für Endlagerung

- oberflächennahes Endlager
- verwendetes Bergwerk
- Dauerlager in V. mit Freigabe
- Eindlager in $100\text{m} < \text{Tiefe} < 200\text{m}$
- gemeinsame Lagerung mit Sonderabfällen
- Bohrlochendlager
- ...



Bewertung der Optionen:

- techn. Eignung
- Verfügbarkeit von Standorten
- Sicherheit
- Kosten
- ...



Randbedingungen/
Konzept für
Zwischenlagerung bis
Endlager verfügbar

- Sicherheit, Kosten...

Notwendige
Einrichtungen für
Konditionierung
der Abfälle zur
Zwischen- und
Endlagerung

Für die beste Option:
erster Entwurf für
Annahmebedingungen

Notwendige gesetzliche und untergesetzliche Regelungen

0 Inhalt

- 1 Endlagerkonzepte
- 2 Dauerlager
- 3 Alternativen zum Dauerlager
- 4 Beispiel: Verwendung eines Bergwerkes
- 5 **Fazit**

5 Fazit

- Zahlreiche Länder in der Welt nutzen radioaktive Stoffe in der Forschung und der Industrie, ohne dabei Kernkraftwerke zu betreiben.
 - Solche Länder haben nur einen geringen Anfall an radioaktiven Abfällen.
 - Sie können derzeit bestehende Endlagerkonzepte kaum nutzen.
- Regionalendlager werden nur eine geringe Chance auf Realisierung eingeräumt.
- Solche Länder benötigen ein eigenes Konzept.
 - Hierzu bieten sich verschiedene Möglichkeiten an wie Dauerlager, Bohrlochlagerung, Nutzung eines bestehenden Bergwerkes etc.
- Für jedes Land ist aufgrund der bestehenden Ressourcen und der vorhandenen Abfälle eine individuelle Lösung zu finden.