

Dr.-Ing. Peter Klamser

Egeln

Sachsen-Anhalt

klamser@gmail.com

Klostersiedlung 49 39435 Egeln

Bemerkungen zu den
Verordnungsentwürfen im
Rahmen der Standortsuche für
ein Endlager hochradioaktiver
Abfälle

- a) 1 Million Jahre Nachweiszeitraum
- b) Emissionen von insgesamt maximal 10^{-4} der Masse der eingelagerten Radionuklide einschließlich ihrer Zerfallsprodukte aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren
- c) dto. jährlich höchstens ein Anteil von 10^{-9} jährlich
- d) Problem der Dilatanzfestigkeit bzw. des Fluiddrucks

Die Entwürfe sind sehr allgemein gehalten und machen wenig konkrete Aussagen zu einzelnen Anforderungen.

Bis zu einem gewissen Grad kann das sinnvoll sein.

Es ist aber die Frage zu beantworten, ob damit das Verfahren zur Standortfindung effektiv und rechtssicher geführt werden kann.

Wo können
Anforderungen
gefunden werden, die
übertragbar sein
könnten?

Warum stehen die Anforderungen „nicht ausgasend“ und „nicht volumenvergrößernd“ in den Entwürfen?

a) Eine Millionen Jahre

Wo kommt die Zahl
her?

Ist sie Zielführend?

a) Eine Millionen Jahre

Wo kommt die Zahl her?

Standortauswahlgesetz:

„dass die technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss der Radionuklide für eine Million Jahre gewährleisten können.“

a) Eine Millionen Jahre

Aber eben dort steht:

§ 24 - Standortauswahlgesetz (StandAG)

Anlage 4 (zu § 24 Absatz 3)

Kriterium zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

(Fundstelle: BGBl. I 2017, 1091)

Die für die langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse wichtigen sicherheitsgerichteten geologischen Merkmale sollen sich in der Vergangenheit über möglichst lange Zeiträume nicht wesentlich verändert haben. Indikatoren hierfür sind insbesondere die Zeitspannen, über die sich die Betrachtungsmerkmale „Mächtigkeit“, flächenhafte beziehungsweise räumliche „Ausdehnung“ und „Gebirgsdurchlässigkeit“ des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert haben. Sie sind wie folgt zu bewerten:

1. als günstig, wenn seit mehr als zehn Millionen Jahren keine wesentliche Änderung des betreffenden Merkmals aufgetreten ist,
2. als bedingt günstig, wenn seit mehr als einer Million, aber weniger als zehn Millionen Jahren keine solche Änderung aufgetreten ist, und
3. als ungünstig, wenn innerhalb der letzten eine Million Jahre eine solche Änderung aufgetreten ist.

a) Eine Millionen Jahre

Also:

Es soll also ausreichen, wenn
nur bedingt günstige oder fast
ungünstige Verhältnisse
prognostiziert werden.

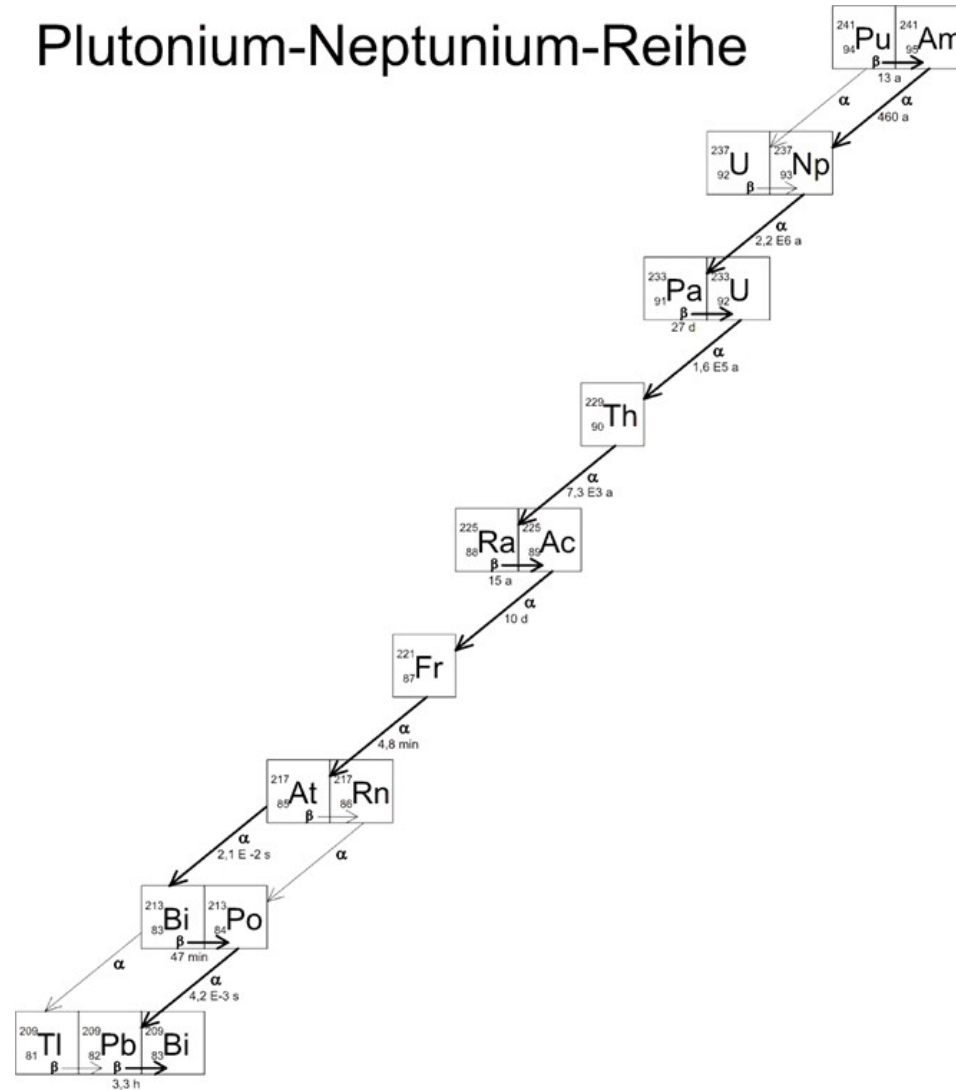
a) Eine Millionen Jahre

Warum sind 1 Millionen Jahre für eine radioaktives Endlager zu wenig?

Beispiel Plutonium Zerfallsreihe:

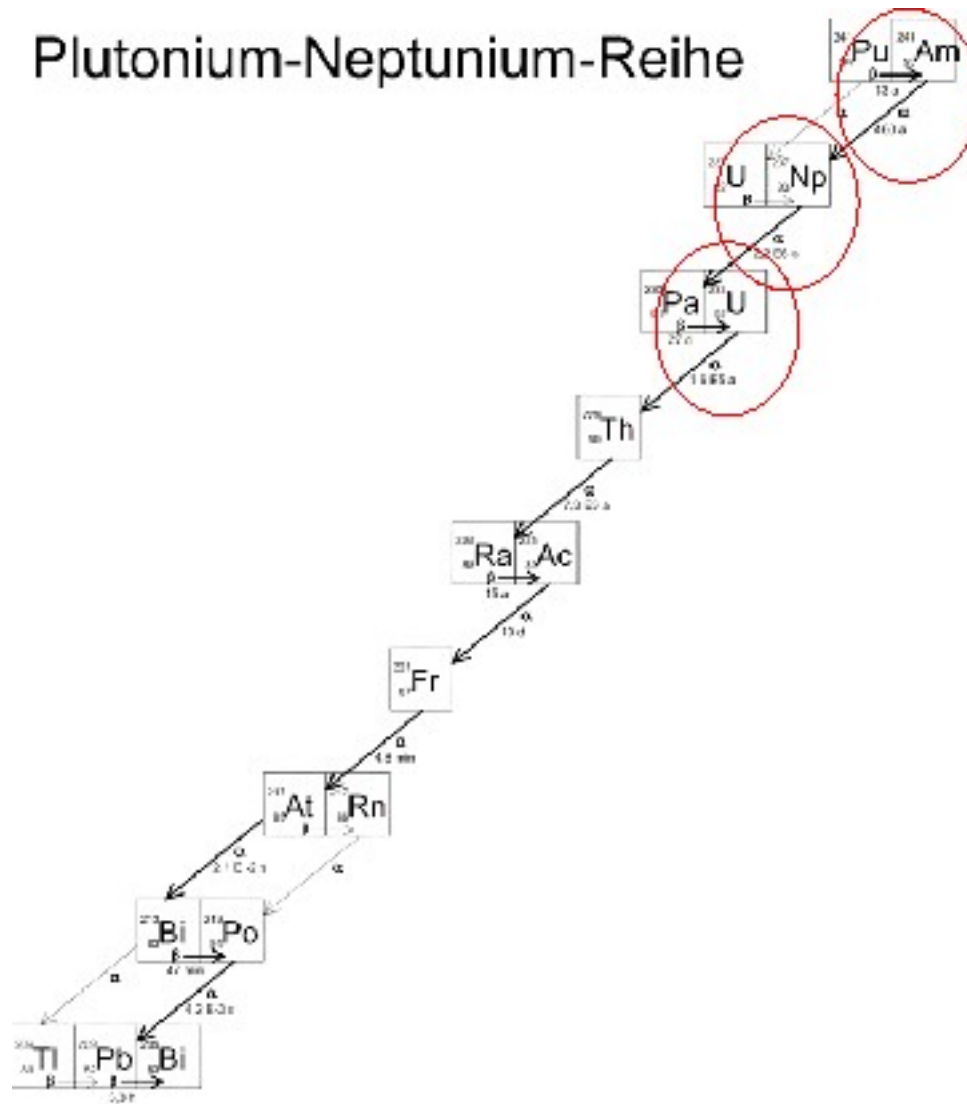
a) Eine Millionen Jahre

Plutonium-Neptunium-Reihe



a) Eine Millionen Jahre

Plutonium-Neptunium-Reihe



a) Eine Millionen Jahre

Plutonium 241 wird in Reaktoren erbrütet.

Die Zerfallsreihe von ^{241}Pu wird von 8 Alpha-Zerfällen bestimmt.

Dieses zerfällt mit einer Halbwertszeit von 13 Jahren zu Americium und dieses wieder mit einer HWZ von 460 Jahren zu Neptunium.

Dessen Halbwertszeit beträgt aber 2,2 Millionen Jahre.

Nach einer Millionen Jahren sind noch über ~73% des Neptuniums vorhanden und damit das Potential zu weiteren 7 Alphastrahlenquellen.

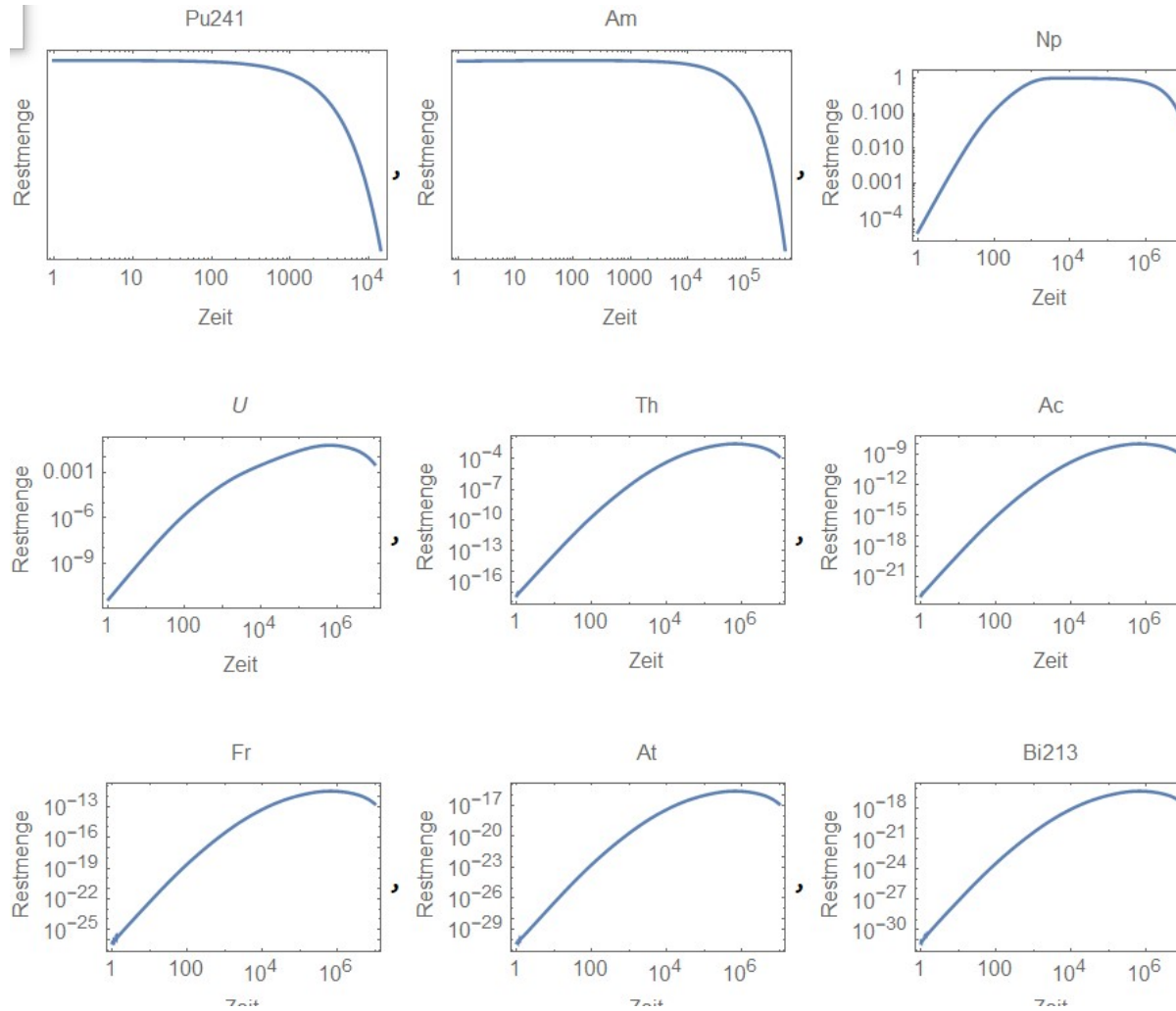
a) Eine Millionen Jahre

Berechnung der Mengen gekoppelter
Zerfallsreihe nach Bateman:

https://en.wikipedia.org/wiki/Bateman_equation

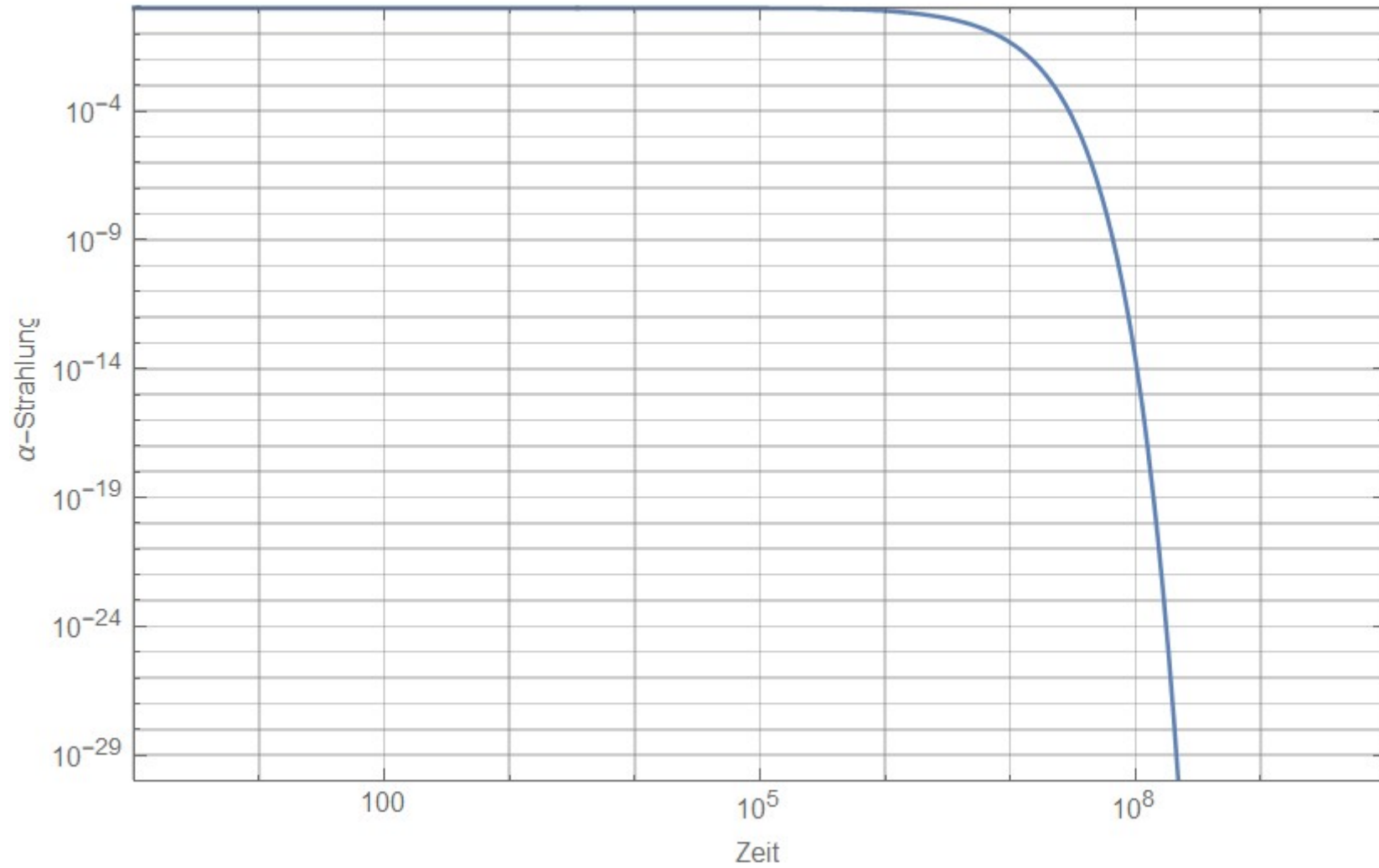
$$N_n(t) = \sum_{i=1}^n \left[N_i(0) \times \left(\prod_{j=i}^{n-1} \lambda_j \right) \times \left(\sum_{j=i}^n \left(\frac{e^{-\lambda_j t}}{\prod_{p=i, p \neq j}^n (\lambda_p - \lambda_j)} \right) \right) \right]$$

a) Eine Millionen Jahre



a) Eine Millionen Jahre

Summe der α -Strahlung aus der Zerfallsreihe Pu241 {Pu241, Am, Np, U, Th, Ac, Fr, At, Bi213}



a) Eine Millionen Jahre



Ein Sicherheitsnachweis für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle, der nur 1 Million Jahre betrachtet, entspricht allenfalls den Sicherheitserfordernissen eines Zwischenlagers...

a) Eine Millionen Jahre

Eine Millionen Jahre sind eine willkürliche Wahl für den Betrachtungszeitraum der Sicherheitsnachweise und widerspricht den Anforderungen aus dem Standortauswahlgesetz.

- b) Emissionen von insgesamt maximal 10^{-4} der Masse der eingelagerten Radionuklide einschließlich ihrer Zerfallsprodukte aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren
- c) dto. jährlich höchstens ein Anteil von 10^{-9} jährlich

Wo kommen diese Zahlen her?

b) & c) Emissionen

Wo kommen diese Zahlen her?

Die Begründung sagt:

Der Zahlenwert von 10^{-4} für den maximal zulässigen Anteil der Masse der Radionuklide, der über den gesamten Nachweiszeitraum ausgetragen werden darf, wurde ursprünglich in einer Voruntersuchung der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (Bericht GRSA-3405) für die BMU-SiAnf 2010 vorgeschlagen. Abgeleitet wurde dieser Wert dort aus dem Einschluss- und Rückhaltevermögen eines hypothetischen einschlusswirksamen Gebirgsbereiches im Wirtsgestein Tongestein mit einer Mächtigkeit von 100 m.

b) & c) Emissionen

Was bedeutet das?

Wenn der Wert des gesamten Austritts von Radionukliden aus dem Endlager von 10^{-4} Massenanteil durch den Betrachtungszeitraum von 10^6 Jahren geteilt wird, dann erhält man eine zulässige Emission von 10^{-10} Massenanteilen pro Jahr, also eine 10-Fach niedrigere Emission pro Jahr.

```
In[*]:= Solve[ $10^{-4} == (10^6 - n) 10^{-9} + n 10^{-8}$ , n]  
|löse
```

```
Out[*]= { { n → -100 000 } }
```

Es kann aber auch angenommen werden, dass für die ersten 100.000 Jahre pro Jahr eine Emission von 10^{-8} zulässig sein soll.

b) & c) Emissionen

Die Gesamtemission von 10^{-4} des Inventars ist bei einem Betrachtungszeitraum von 10^6 Jahre inkompatibel zu der jährlich zulässigen Emission von 10^{-9} Massenanteil.

d) Problem der Dilatanzfestigkeit bzw. des Fluiddrucks

1. Der Begriff „*Dilatanzfestigkeit*“ wird in den Begriffsbestimmungen nicht definiert.
2. Warum wird neben der Frage der Auswirkung von Fluiden nicht die von im Endlager eingeschlossenen Gasen, also von Gasdrücken, betrachtet.

d) Problem der Dilatanzfestigkeit bzw. des Fluiddrucks und Gasdrucks

1. Alphastrahler sind Heliumquellen und erzeugen Gasdruck.
2. Radioaktive Strahlung zersetzt wasserstoffhaltige Materialien unter der Freisetzung von Wasserstoff (Radiolyse) und erzeugen Gasdruck.
3. Metall (Castoren etc.) werden durch Wasser, vor allem saline Wässer (Wasser mit gelösten Salzen, wie sie in tiefen geologischen Formationen allgegenwärtig sind) korrodiert. Dabei entsteht Wasserstoff, der Gasdruck erzeugt.
4. Bei der Korrosion bildet sich Rost, welcher ein größeres Volumen aufweist als das metallische Eisen, was die Dilatanzfestigkeit übersteigen kann.

d) Problem der Dilatanzfestigkeit bzw. des Fluiddrucks und Gasdrucks

Eingeschlossene Fluide, Gase und die Volumenzunahme von Castoren durch Korrosion beanspruchen die Dilatanzfestigkeit der Barriere und können zum Versagen der Barriere führen.

Die Entwürfe der Verordnungen müssen konkreter gestaltet werden.

Heterogen werden (Grenz-) Werte (10^6 Jahre, 10^{-4} Massenanteil (bzw. 10^{-9} pro Jahr) an Inventar, das aus dem Endlager austritt und Begriffe wie Dilatanzfestigkeit etc. (teilweise ohne Erklärung) gestreut, anstatt allgemeinverständlich die Anforderungen konkret genug zu benennen.

Die Frage der Rückholbarkeit (§ 13)
auch nach dem Verschluss (§ 14)
stellen zweifellos die größte Gefahr für
die Umwelt und die Menschen im
Immissionsbereich dar.

Unter den korrosiven Bedingungen tiefer
geologischer Formationen ist es einfach
nicht durchführbar, hochradioaktive
Abfälle Rückzuholen.