

D.E. Carlson  
26.07.01  
at GRS #31

# Waste Management (spent HTR-fuel elements)

**Kurt Kugeler**  
**Institut für Sicherheitsforschung und Reaktortechnik (ISR)**  
**Forschungszentrum Jülich**  
**Institute for Safety Research and Reactor Technology (ISR)**  
**Research Centre Jülich**

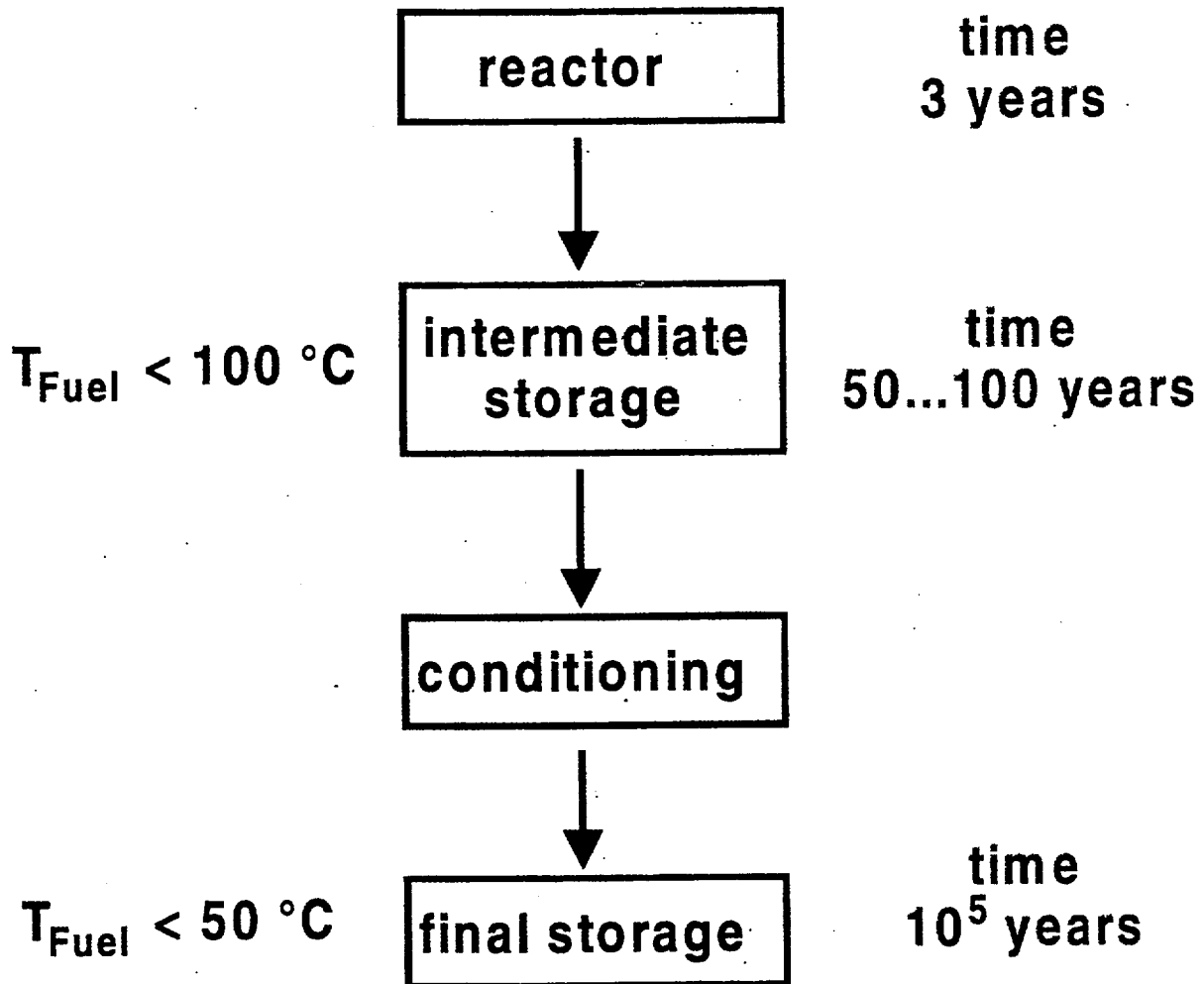
**July 25, 2001**

**on the occasion of the visit of the NRC-Delegation to Germany on the Topic  
Safety Aspects of HTR Technology (GRS Cologne/FZJ Jülich)  
July 23 to July 26, 2001**

D-27

# Storage of spent HTR-fuel elements

overview:



- long storage time (~100 years) optimal for intermediate storage
- ceramic fuel elements resistant in final storage

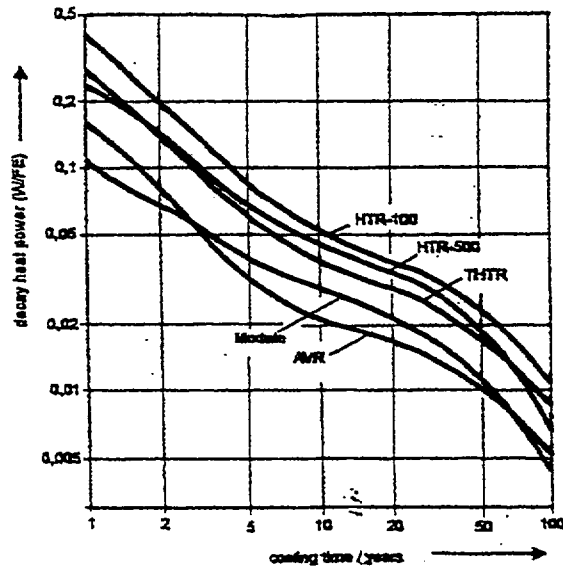


Abb. 3.11: Zeitliche Verläufe der Nachwärmeproduktion bei verschiedenen HTR-Konzepten mit kugelförmigen Brennelementen

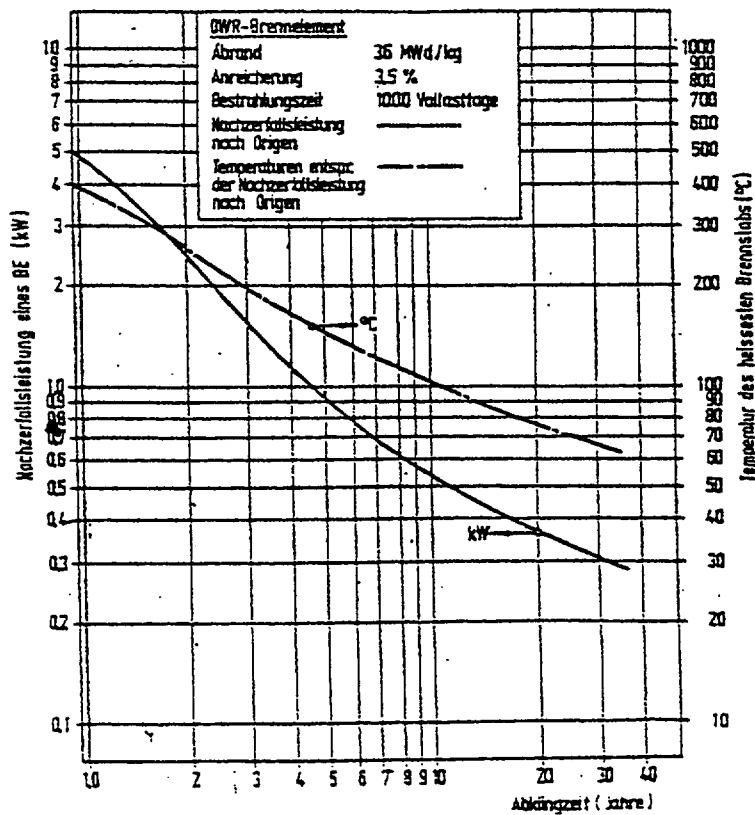
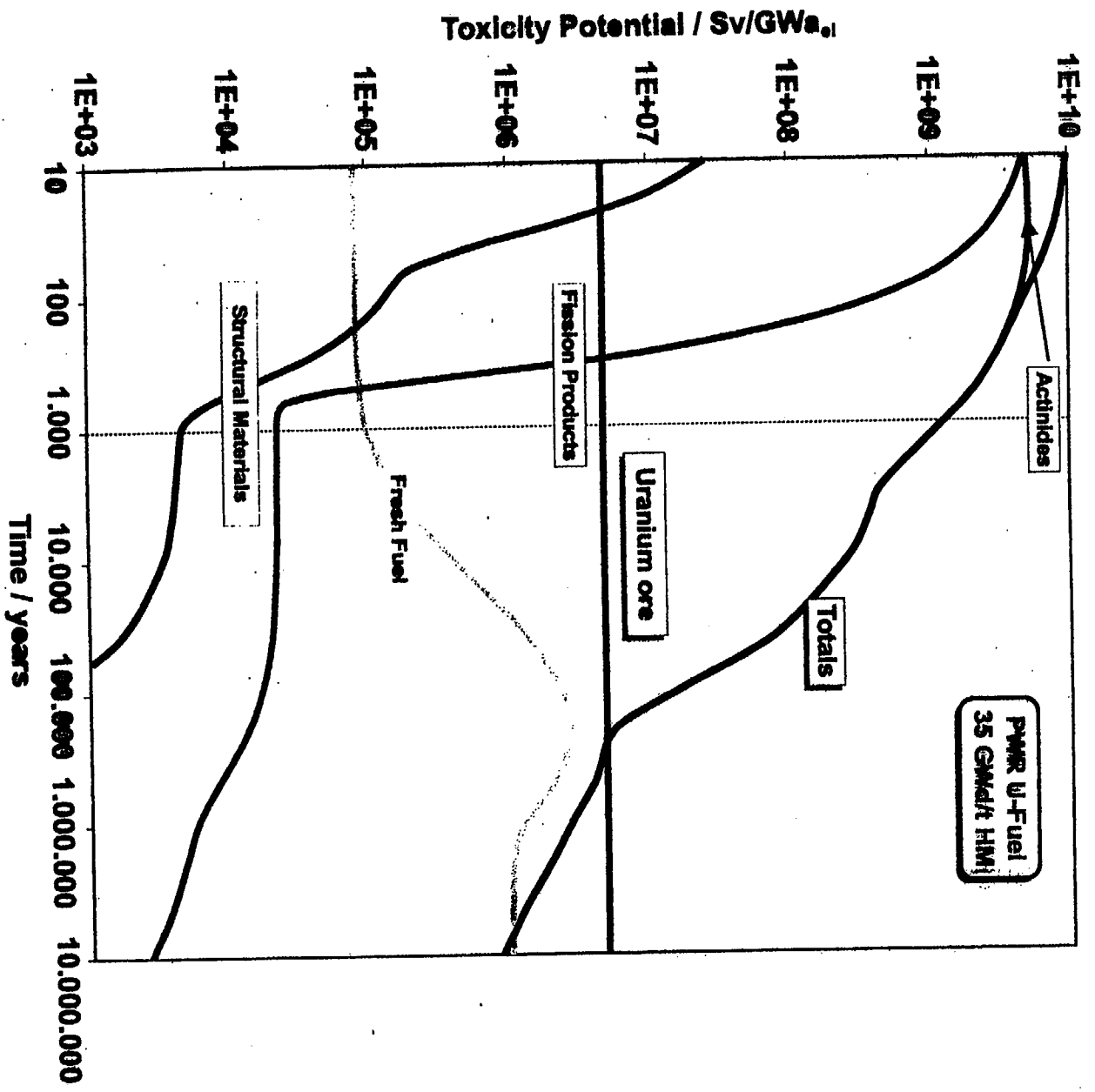
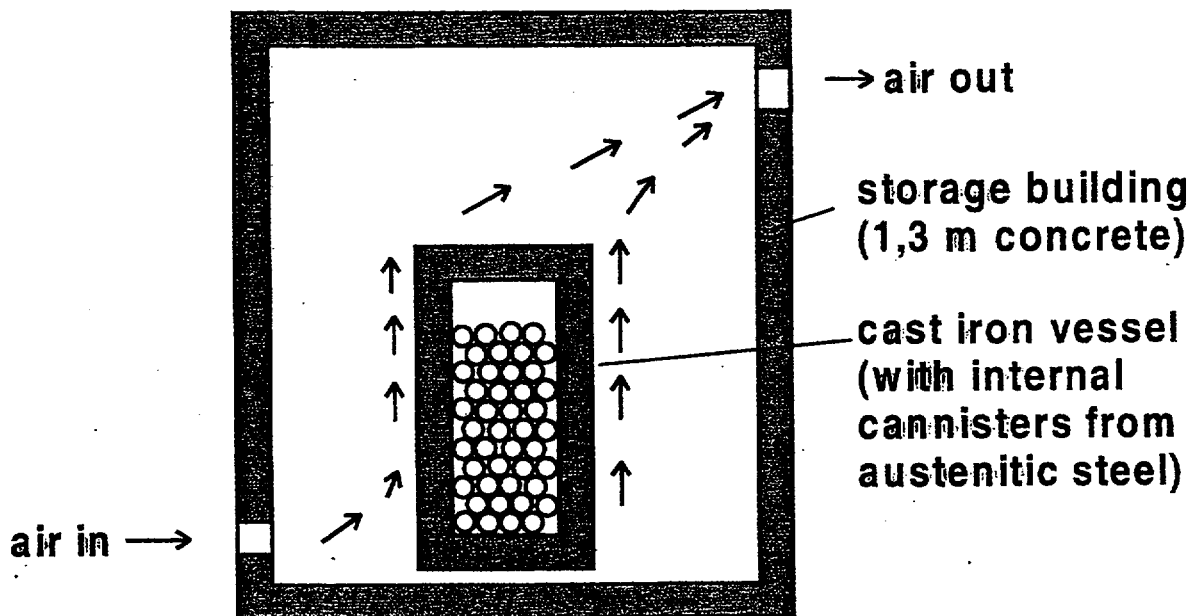


Abb. 3.12: Zeitliche Verläufe der Nachwärme und der Temperatur des heißesten Brennstabes für LWR-Brennelemente (CASTOR-IB, 4 DWR-BE, max. 25 kW, 2 t Uran



# Intermediate storage of spent HTR-fuel elements

concept:



conclusions:

- fuel temperatures below 200 °C
- system protected against outer impact
- there are no accidents caused by internal or external reasons, which result in non-allowable release of fission products („catastrophe-free nuclear technology“)
- storage time of 50 to 100 years optimal related to total costs of spent fuel storage

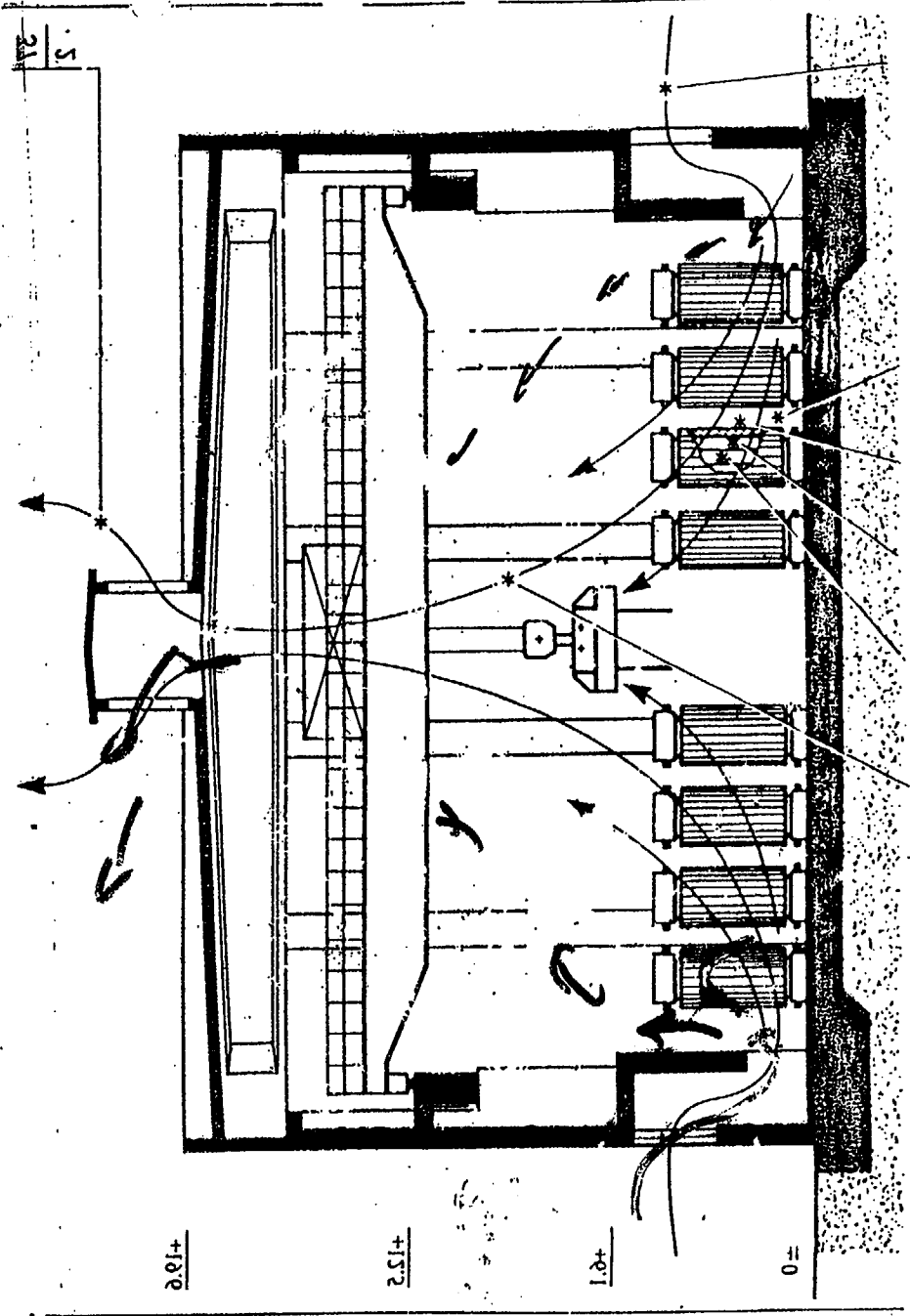
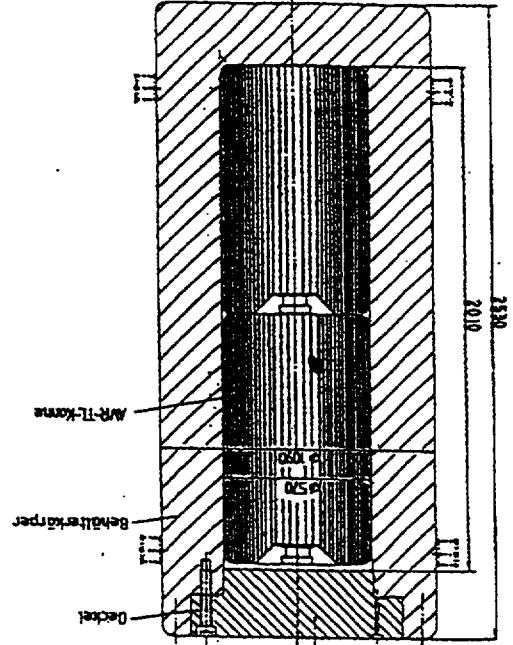


Abb. 3.7: Entnahme und Lagerung von abgebrannten AVR-Brennelementen

- a) AVR-Entnahmekanne (50 BE)
- b) AVR-Trockenlagerkanne (2.100 BE)
- c) AVR-TL-Behälter (AVR-Castor, 4.200 BE)
- d) Daten eines AVR-Castor-Behälters



**AVR-Castor-Behälter**

Beladung: 2 AVR-Trockenlagerkannen

Inhalt: 420 BE

Innendurchmesser: 2010 mm

Innenhöhe: 300 mm

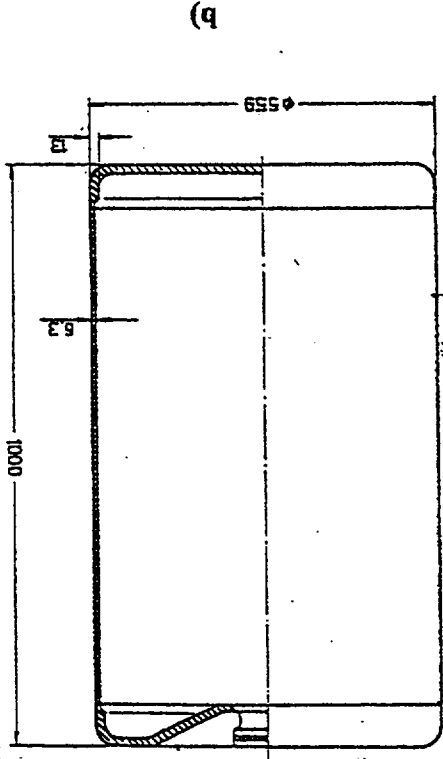
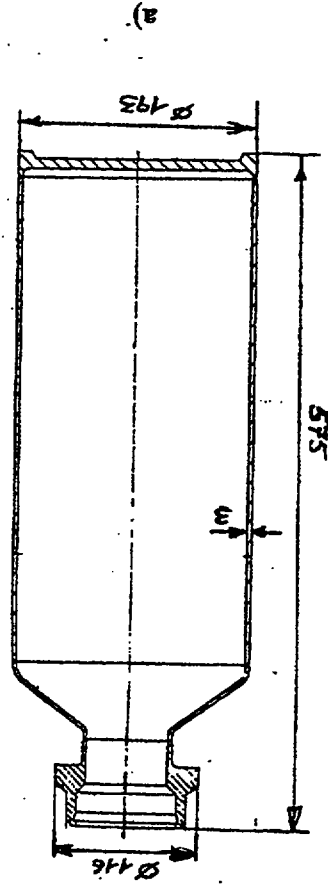
Wandstärke (Mantel): 315 mm

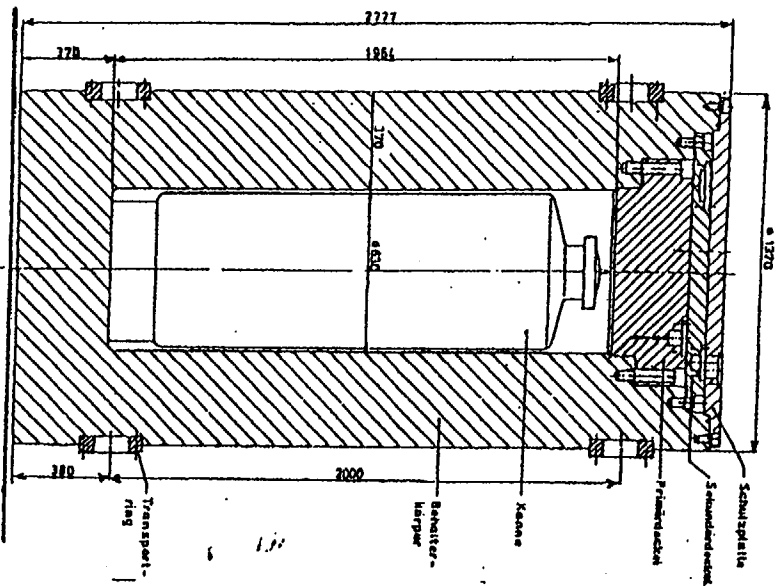
Wandstärke (Boden): GG 40

Material: 18,25 t

Gewicht: 800 W

Wärmeleistung:



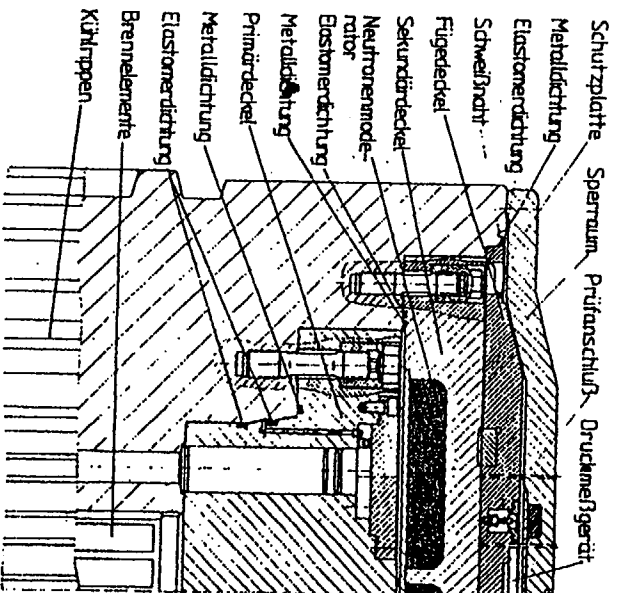


a)

**Daten eines THTR-Castor-Behälters**

Zahl der Kammern/Behälter:	1
Fassungsvermögen einer Kamme:	2100
Innen Durchmesser T/L-Behälter:	630 mm
Innenhöhe:	1960 mm
Wandstärke:	370 mm
Deckel:	2
Gewicht des Behälters:	t
Material:	Sphäroguß

b)



c)

Abb. 3.5: Zwischenlagerung abgebrannter THTR-Brennelemente im externen Zwischenlager

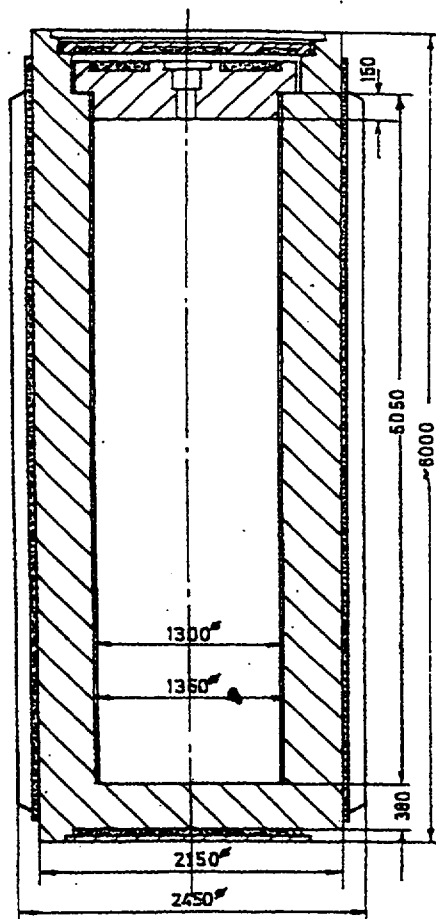
- THTR-T/L-Behälter (THTR-Castor)
- Daten des THTR-Castor
- Deckelkonstruktion des THTR-Castor



Entsprechende Hilfseinrichtungen zum Positionieren der T/L-Behälter innerhalb der Halle, Überwachungseinrichtungen zum Überprüfen der Doppeldeckel sowie Einrichtungen zur Umgebungsüberwachung sind wie üblich vorhanden.

Ein hinreichend großes Freigelände umgibt die Lagerhalle und gewährleistet den üblichen Zugangsschutz und trägt dazu bei, daß die Dosisleistung am Anlagenzaun unterhalb vorgeschriebener Werte gehalten werden kann ( $\dot{D} < 10 \mu\text{Sv/h}$ ).

Zukünftig evtl. noch niedrigere Werte können durch verstärkte Abschirmung oder ein größeres Gebäude realisiert werden.



a)

b)

**Brennelement:**  
 Brennstoffzyklus: LEU  
 Partikeltyp: TRISO  
 Schwermetallgehalt: 7 g SM/BE  
 Anfangsanreicherung: 8 %  
 mittl. Abbrand: 80 000 MWd/tSM

**Reaktor:**  
 therm. Leistung: 200 MW  
 mittlere Leistungsdichte: 3 MW/m<sup>3</sup>  
 Lastfaktor: 0,8  
 jährl. BE-Menge: 105 000 BE/a

**Zwischenlagerbehälter:**  
 Höhe: 6 m  
 Innendurchmesser: 1,6 m  
 Wandstärke: 0,4 m  
 Gewicht: 113 t  
 Werkstoff: Sphäroguß  
 Abschlußkonzept: 2 Deckel mit Dichtungen

Abb. 3.1: Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente beim MODUL-HTR von INTERATOM/SIEMENS

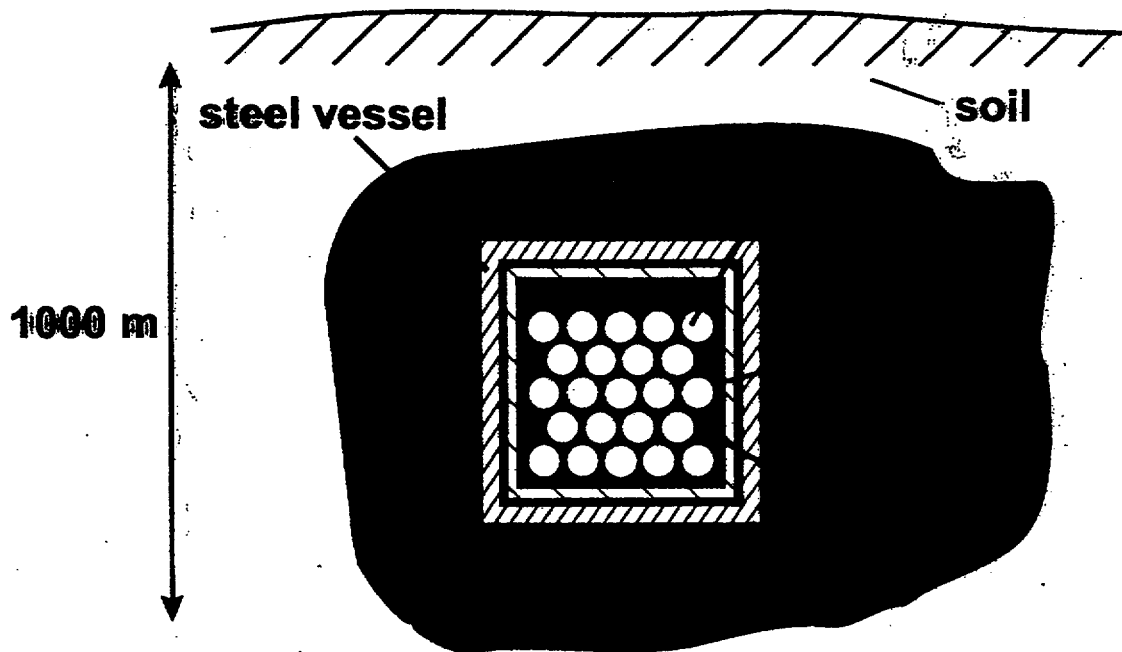
a) Zwischenlagerbehälter

b) Daten von Brennelementen und Zwischenlagerbehälter

# Final storage of spent HTR - fuel elements

---

## concept:



## consequences:

- fuel temperatures below 100 °C
- salt temperatures not changed
- no accidents from internal or external reasons which release non-allowable quantities of radioactivity to the environment (water ingress still requires some investigation)
- after  $\sim 10^5$  years the radiotoxicity is in the same order as that of fresh fuel

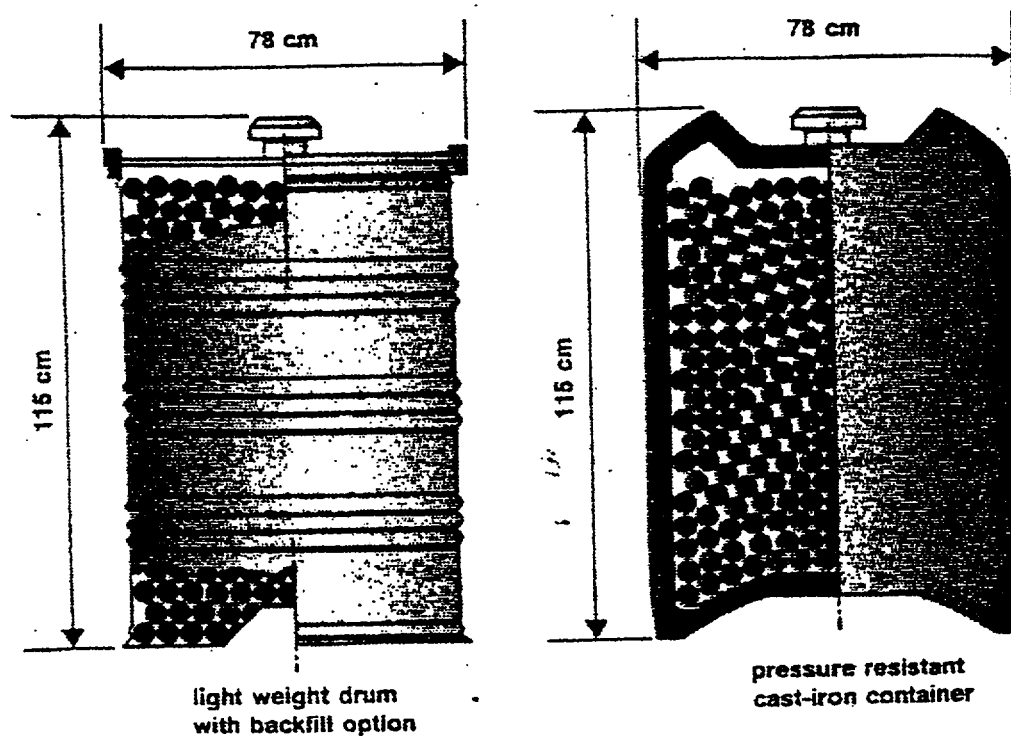
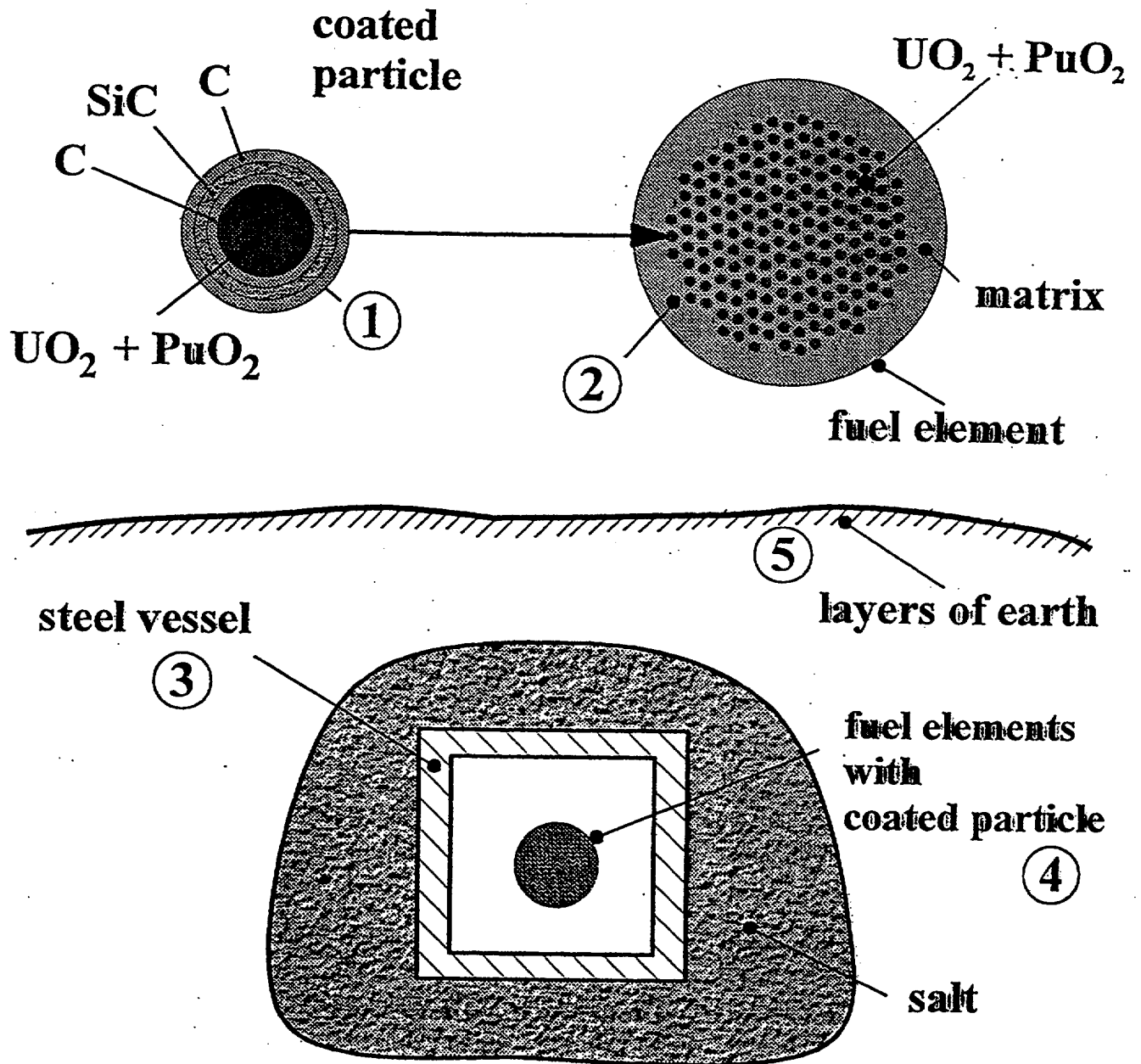


Abb. 4.2: 400 l-Faßsysteme zur Endlagerung abgebrannter HTR-Brennelemente  
 a) 400 Liter-Faß; b) Gußcontainer  
 b) druckfester Großcontainer

Volumen des Fasses	400 Liter
Zahl der Brennelemente/Faß	1.800
Faßhöhe	115 cm
Faßdurchmesser	78 cm
Faßgewicht	~ 500 kg
Wärme/Faß	< 50 W
Aktivität/Faß	$6 \cdot 10^{12}$ Bq

Tab. 4.1: Daten eines Abfallgebindes für abgebrannte HTR-Brennelemente  
 (Beispiel: Stahlguß)

## final storage of burned fuel elements

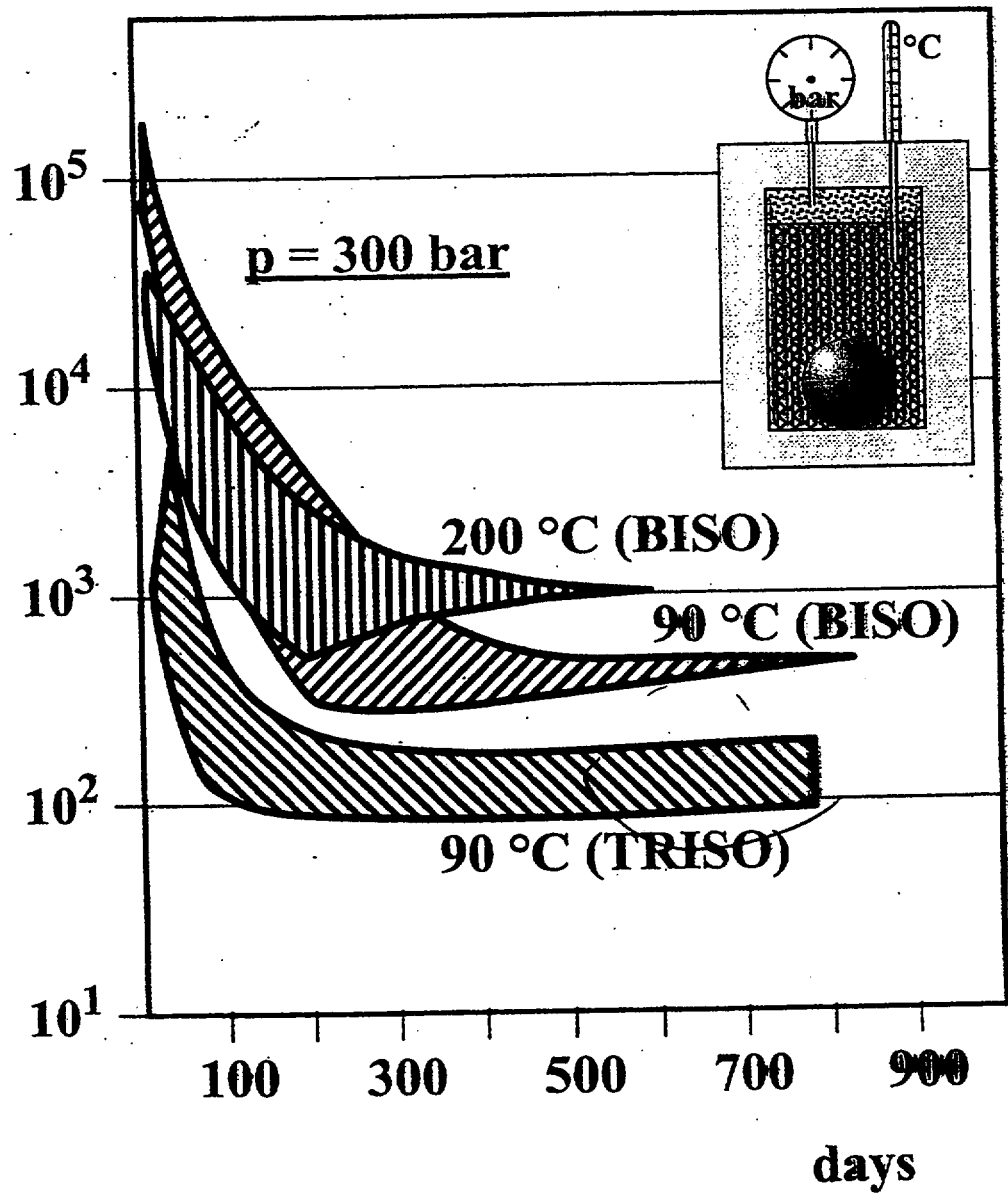


- release of radioactive material from the final storage can happen just after a very long time
- the amounts of radioactive material are relatively small
- only very small higher doses than the normal doses can be caused on the surface of earth even after extreme accidents inside the final storage system

# Final storage of radioactive waste

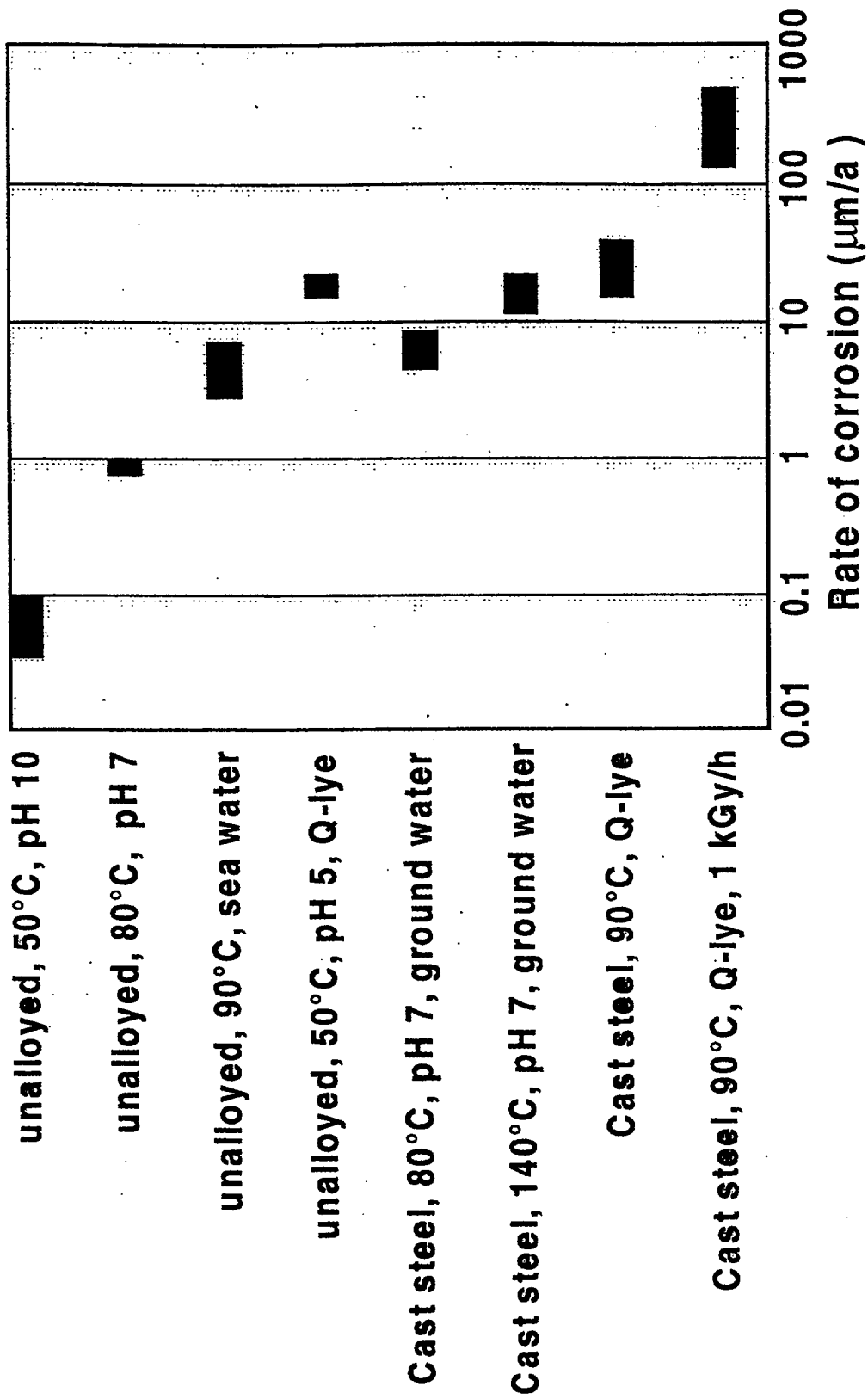
## Results of leaching experiments on HTR - fuel elements

Release rate  
of Cs 137 to  
alkaline  
solution  
Bq / days



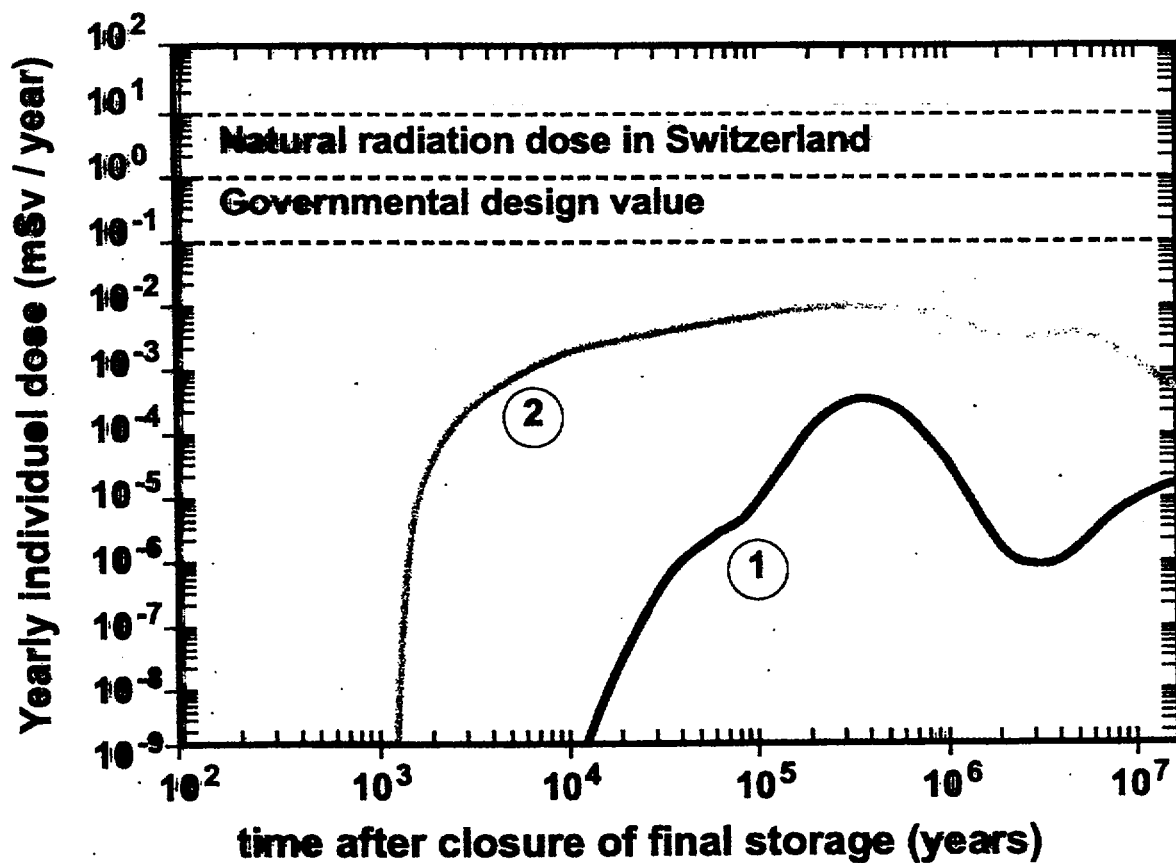
# Final storage of spent HTR-fuel elements

corrosion rates of steel and cast steel in different media



# Final storage of high level radioactive waste

## Yearly individual doses from final storage of glass containers in granite



①

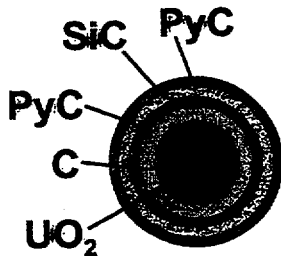
Reference case (glas blocks stored in granite)

②

Accident assumption: water flow is higher by a factor of 100

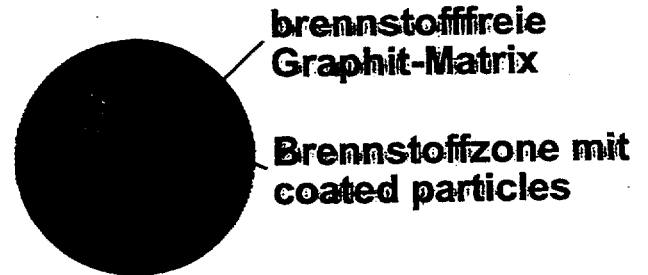
# voneinander unabhängige Barrieren

## 1. coated particle

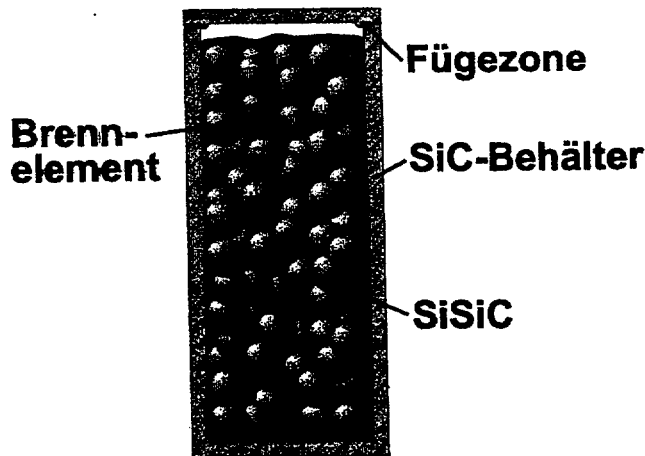


TRISO- oder BISO-coated particle

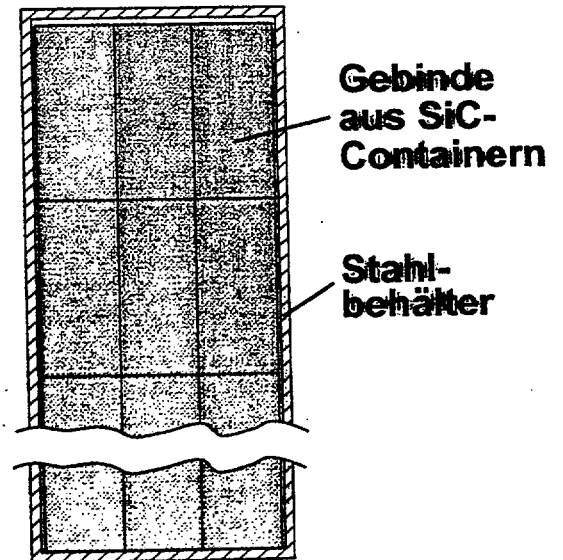
## 2. Brennelement



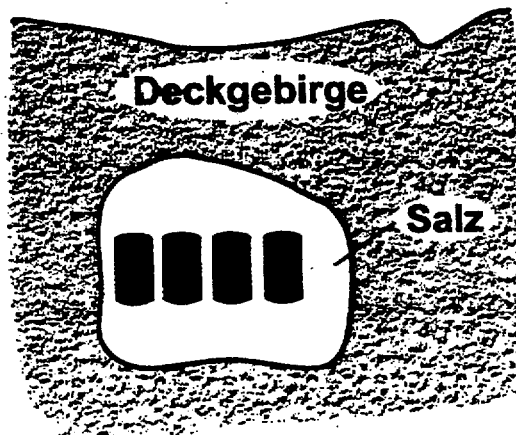
## 3. SiC-Container



## 4. Stahlbehälter

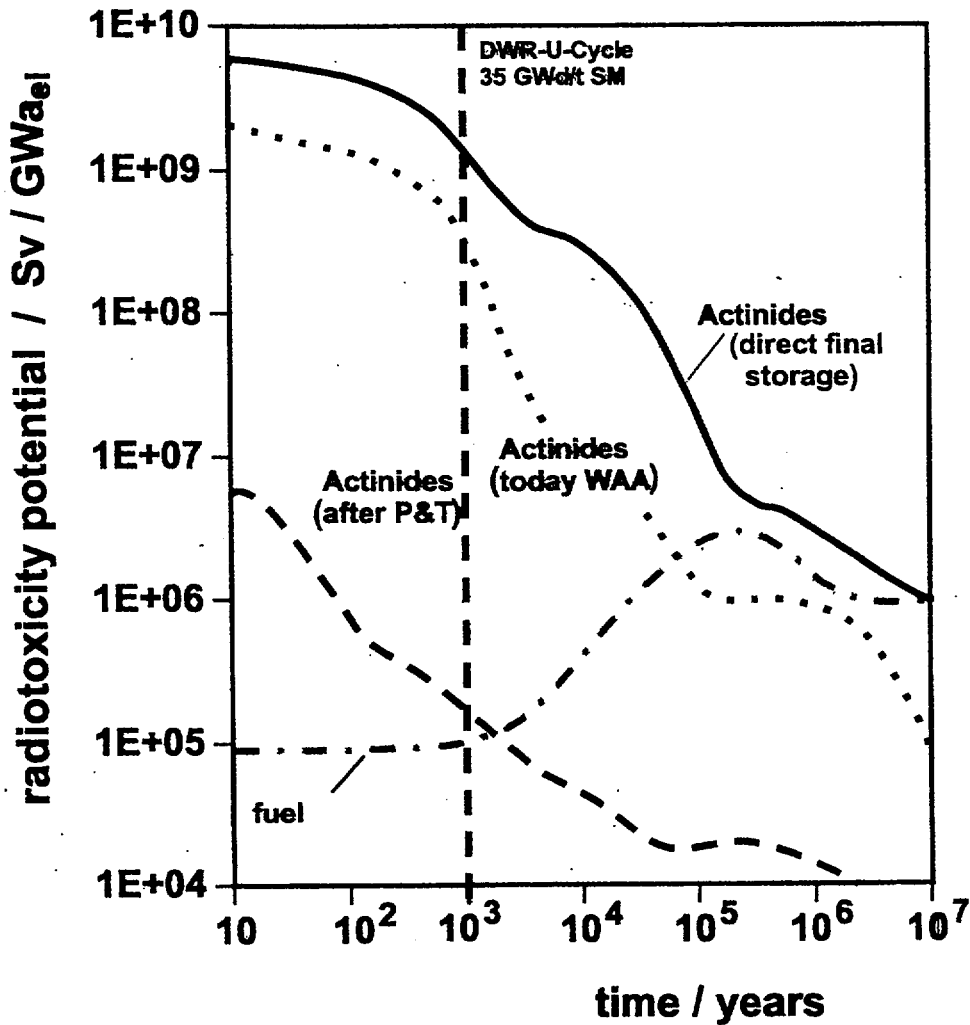


## 5. Geologische Barriere





# Radiotoxicity of waste: direct final storage of spent fuel elements compared to partitioning and transmutation



- direct final storage of burned fuel elements  
→ proof of safety of storage for 10<sup>6</sup> years
- partitioning and transmutation  
→ proof of safety of storage for 1000 years

# Plutonium - ways of further handling

Comparison of disposition options to consume and degrade weapons plutonium (after General Atomics)

