



Physikalisch-Technische Bundesanstalt

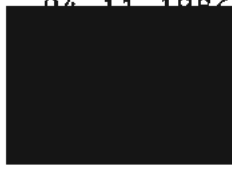
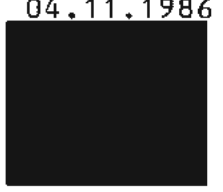
DECKBLATT

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	NNNNNNNNNN	NNNNNN	X A A X X	A A	NNNN	NN
EU 072.3	9K	333623		EBK	RB	0002	00

Titel der Unterlage: Systemanalyse Konrad, Teil 2: Zur Kritikali- tätssicherheit im Endlager Konrad bei inhomo- gener Spaltstoffverteilung GRS-A-1148	Seite: I.
	Stand: 10/1985
Ersteller: GRS	Textnummer:

Stempelfeld:

PSP-Element TP..9K./.: 21274	zu Plan-Kapitel: 3.7
------------------------------	----------------------

	PL 04.11.1986  Freigabe für Behörden	PL 04.11.1986  Freigabe im Projekt
--	---	--

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

Revisionsblatt



EU 072.3	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	333623		EBK	RB	0002	00

Titel der Unterlage: Systemanalyse Konrad, Teil 2: Zur Kritikalitätssicherheit im Endlager Konrad bei inhomogener Spaltstoffverteilung GRS-A-1148	Seite: II.
	Stand: 10/1985

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.



Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH

SYSTEMANALYSE KONRAD, TEIL 2
ZUR KRITIKALITÄTSSICHERHEIT
IM ENDLAGER KONRAD BEI INHOMOGENER
SPALTSTOFFVERTEILUNG

GRS-A-1148

(Oktober 1985)

Auftragsnummer: 41330



Anmerkung:

Dieser Bericht ist von der GRS im Auftrag der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt erstellt worden. Der Eigentümer behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des Auftraggebers zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ZUSAMMENFASSUNG	3
1. EINLEITUNG	4
2. AUFGABENSTELLUNG UND ERGEBNISSE	5
2.1 Randbedingungen und Berechnungsmethoden	5
2.2 Betrachtung des gesamten Plutoniuminventares	5
2.3 Inhomogene Massenansammlung von spaltbarem Material	6
3. ZUSAMMENFASSENDER BEWERTUNG	12
UNTERLAGENVERZEICHNIS	13
VERTEILER	

ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend vom Inventar an spaltbaren Radionukliden im Endlager KONRAD zu Beginn der Nachbetriebsphase sind Rechnungen zur Kritikalitätssicherheit durchgeführt worden. Dabei wird konservativ unterstellt, daß nach Zutritt von Wässern der Spaltstoff aus den Abfallgebinden ausgelaugt wird und sich örtlich begrenzt ansammelt ("inhomogene Verteilung"). Es zeigt sich, daß bei Berücksichtigung des experimentell ermittelten Salzgehaltes der Grubenwässer aus der Schachtanlage KONRAD auch unter sonst konservativsten Annahmen eine Kritikalität nicht zu erwarten ist.

Dieser Bericht ergänzt frühere Analysen zur homogenen Spaltstoffverteilung in der Nachbetriebsphase des Endlagers KONRAD.

1. EINLEITUNG

Zur Endlagerung in der ehemaligen Eisenerzgrube KONRAD sind u.a. Abfallgebinde vorgesehen, die Restmengen an Spaltstoff (Uran und Plutonium) in fester Form enthalten können. Im Rahmen einer Sicherheitsanalyse für die Nachbetriebsphase des Endlagers soll basierend auf dem heutigen Kenntnisstand untersucht werden, ob die Möglichkeit eines Kritikalitätsstörfalles nach Zutritt von Wässern in verfüllte Einlagerungskammern gegeben ist.

Hierzu sind bereits kritische Spaltstoffkonzentrationen berechnet worden, die hinsichtlich der Kritikalitätssicherheit als konservativ ermittelte Grenzwerte bei homogener Verteilung des spaltbaren Materials anzusehen sind /1/.

Ergänzend dazu sind nun Berechnungen für inhomogene Spaltstoffverteilungen durchgeführt worden, die vom vorhandenen Spaltstoffinventar zu Beginn der Nachbetriebsphase des Endlagers KONRAD ausgehen. Nach einem Wasserzutritt wird Korrosion der Gebindematrix und Auslaugen des Spaltstoffes unterstellt. In der Folge werden dann verschiedene Szenarien von Spaltstoffverteilungen in den verfüllten Einlagerungskammern untersucht /2/.

2. AUFGABENSTELLUNG UND ERGEBNISSE

2.1 Randbedingungen und Berechnungsmethode

Da die Einlagerungsstrecken Unebenheiten und u.U. ein leichtes Gefälle aufweisen können, ist nicht mit Sicherheit auszuschließen, daß sich nach einem Wassereinbruch Wasser mit gelösten Korrosionsprodukten und Spaltstoffresten aus den Abfallgebänden in einer Senke ansammeln kann. Über einen längeren Zeitraum betrachtet wäre es dann denkbar - wenn auch unwahrscheinlich - , daß durch Aufkonzentration der Lösung eine lokale Spaltstoffansammlung entsteht ('inhomogene Verteilung'). Diese sehr konservative Annahme bildet den Ausgangspunkt für die nachfolgenden Kritikalitätsbetrachtungen /2/.

Analog wie in /1/ sind die hier vorgestellten Kritikalitätsrechnungen mit dem Transportcode XSDRNPM des Programmsystems SCALE und einer auf ENDF/B-IV Daten beruhenden Wirkungsquerschnittsbibliothek mit 27 Energiegruppen durchgeführt worden /3/.

2.2 Betrachtung des gesamten Plutoniuminventars

Die als Planungsdaten vorgegebenen Radionuklidzusammensetzungen und -aktivitäten zu Beginn der Nachbetriebsphase ergeben für Plutonium eine Menge von ca. 427 kg für das gesamte Endlager. Für einzelne Pu-Isotope sind die Aktivitätswerte aus /2/ und die daraus berechneten Massen in der Tabelle 1 angegeben.

Setzt man die kumulierte einzulagernde Menge an spaltbarem Pu in Relation zum gesamten vorgesehenen Einlagerungsvolumen von $5 \times 10^5 \text{ m}^3$, so ergibt sich eine 'verschmierte' Pu-Konzentration von $8 \times 10^{-4} \text{ g/l}$. Bei Verschmierung der gesamten Pu-Menge über das Volumen einer Einlagerungskammer (40 m^2 Querschnittsfläche, 500 m Länge) erhält man einen Konzentrationswert von $2,1 \times 10^{-2} \text{ g/l}$.

Durch Vergleich mit den in /1/ angegebenen kritischen Pu-Konzentrationen für infinit berechnete Spaltstoffsysteme ist leicht zu erkennen, daß bei den o.g. Konzentrationswerten die Kritikalitätssicherheit gewährleistet ist.

2.3 Inhomogene Massenansammlung von spaltbarem Material

Zur Untersuchung einer inhomogenen Verteilung wird für eine begrenzte Anzahl von Abfallgebinden unterstellt, daß nach Korrosion der Abfallgebindematrix (Zement) das gesamte Spaltstoffinventar ausgelaugt wird und sich dann auf die Kammersohle im Bereich einer zufällig vorhandenen Senke absetzt. Dabei wird mit einer Aufkonzentration der Spaltstofflösung gerechnet. Das durch die ausgewählten Abfälle vorgegebene Aktivitätsinventar für Uran und Plutonium /2/ und die daraus berechneten Schwermetallmengen sind in der Tabelle 2 angegeben. Danach beträgt die Schwermetallmenge (U und Pu) 32,34 kg bei einem Anteil der thermisch spaltbaren Radionuklide von 5,2 %.

Hinsichtlich Geometrie und Spaltstoffdichte wurden die unter den gegebenen Umständen konservativsten Randbedingungen angesetzt. Es ist in Kugelgeometrie mit einem 30 cm dicken Betonreflektor gerechnet worden. Zur Ermittlung der reaktivsten Spaltstoffkonzentration für das vorliegende UO_2 - PuO_2 -Gemisch ist eine Serienrechnung bei reiner Wassermoderation mit variabler Schwermetalldichte durchgeführt worden (s. Tabelle 3 und Abbildung 1). Dabei wurde analog wie in /1/ eine Betonzusammensetzung mit hohem Wasseranteil (127 l pro m^3) als Reflektormaterial gewählt. Gegenüber den Planungsdaten /2/ ist diese Annahme konservativ. Die reaktivste Spaltstoffkonzentration liegt danach bei 0,5 g Schwermetall pro cm^3 , was einem Kugelvolumen der Spaltstoffzone von ca. 65 l entspricht.

Ausgehend davon ist dann der an Wasserproben aus dem Bereich der Schachtanlage KONRAD gemessene Salzgehalt /4/ in die Kritikalitätsrechnungen für inhomogene Spaltstoffverteilung mit einbezogen worden. Dies ist aufgrund der reaktivitätsmindernden Wirkung des Chloranteils im Salz im Hinblick auf die Kritikalitätsbetrachtungen von Bedeutung. Die Rechnungen liefern folgende Ergebnisse:

- Bei einem Salzgehalt entsprechend der Wasserprobe Nr. 670 mit 125000 mg Cl pro l und 100 mg BO_3^{3-} pro l ergibt sich ein effektiver Multiplikationsfaktor von $k_{\text{eff}} = 0,65$.

- Bei einem Salzgehalt entsprechend dem Analyseergebnis für Hils-Wasser mit 95970 mg Cl pro l ergibt sich $k_{\text{eff}} = 0,71$.

Auf eine zusätzliche Variation des Konzentrationsverhältnisses zwischen Schwermetall- und Salzanteil wurde verzichtet, da hierbei kein qualitativ anderes Ergebnis zu erwarten ist.

Tabelle 1:

Plutoniumaktivität im Endlager KONRAD zu Beginn der Nachbetriebsphase nach /2/

Radionuklid	Aktivität in Bq	Masse in kg
Pu-236	9,10E+08	---
Pu-238	5,89E+15	9,1
Pu-239	6,23E+14	274,5
Pu-240	9,30E+14	111,0
Pu-241	7,37E+16	17,7
Pu-242	2,15E+12	14,9
Pu-244	1,26E+01	---

Tabelle 2:

Spaltstoffinventar für Kritikalitätsberechnungen einer inhomogenen Spaltstoffverteilung im Endlager KONRAD in der Nachbetriebsphase nach /2/.

Radionuklid	Aktivität in Bq	Masse in kg
Pu-238	2,0E+13	0,031
Pu-239	2,8E+12	1,230
Pu-240	4,4E+12	0,525
Pu-241	9,3E+14	0,224
Pu-242	1,5E+10	0,104
U-235	1,8E+07	0,227
U-238	3,7E+08	30,0

Tabelle 3:

Ermittlung der reaktivsten Schwermetallkonzentration in Wasser

Randbedingungen:

Kugelgeometrie, 30 cm Betonreflektor ('Oak Ridge-Concrete', 127 l Wasser pro m³, Dichte 2,30 g/cm³, 41,0 % O, 32,1 % Ca, 17,5 % C, 3,4 % Si, 3,3 % Mg, 1,1 % Al, 0,8 % Fe, 0,6 % H, 0,2 % Na und K) /3/.

30,2 kg U (0,8 %)

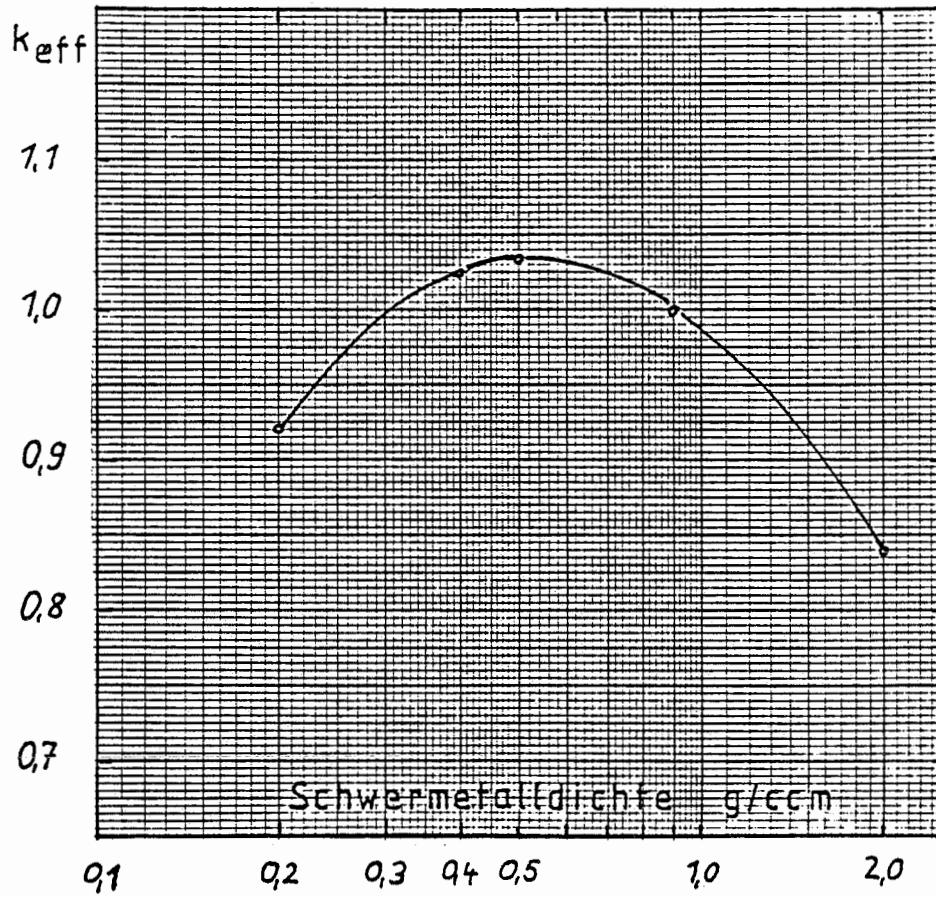
2,11 kg Pu (Pu-239 64,6 %, Pu-240 24,8 %, Pu-241 10,6 %)

Metalloxid in Wasser

Kugelrad.	Volumen	U-Dichte	Pu-Dichte	Moderator-Dichte	Reflektor	k _{eff}
cm	l	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³		
11,6	6,5	4,625	0,325	---	Beton	0,337
11,6	6,5	4,675	0,325	0,484	Beton	0,574
23,3	53,0	0,57	0,04	0,937	Beton	1,028
23,3	53,0	0,57	0,04	0,937	Erzgestein	1,010
23,3	53,0	0,57	0,04	Wasser 0,5 Beton 0,5	Erzgestein	0,869
20,5	36,0	0,84	0,06	0,907	Beton	0,996
15,7	16,2	1,87	0,13	0,794	Beton	0,838
26,8	80,8	0,37	0,03	0,960	Beton	1,024
33,8	161,7	0,187	0,013	0,979	Beton	0,918
24,9	64,7	0,47	0,03	0,948	Beton	1,033

Abbildung 1:

Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3



32,3 kg Schwermetall, 6,54% Pu(65/25/10%)

Kugel, Betonreflektor

Tabelle 4:

Rechnungen zur inhomogenen Spaltstoffverteilung im Endlager

Randbedingungen:

Kugelgeometrie, Reflektor 30 cm Normalbeton (ca. 63 l Wasser pro m³, Dichte 2,33 g/cm³, 49,4 % O, 25,0 % Ca, 18,8 % Si, 5,6 % C, 0,7 % Al, 0,3 % Fe, 0,2 % H) /5/ oder Erzgestein, Dichte 2,6.

30,2 kg U (0,8 %)

2,11 kg Pu (Pu-238 1,5 %, Pu-239 58,2 %, Pu-240, 24,8 %, Pu-241 10,6 %, Pu-242 4,9 %)

Schwermetalldichte 0,5 g/cm³, Kugelvolumen 64,7 l

Ergebnisse:

Spaltstoff	Moderator	Reflektor	k _{eff}
UO ₂ , PuO ₂	Wasser	Beton	1,001
UO ₂ , PuO ₂	Wasser	Erzgestein	0,986
UO ₂ , Pu-Nitrat	Wasser	Beton	0,997
UO ₂ , PuO ₂	Salzwasser (Nr. 670)	Beton	0,647
UO ₂ , PuO ₂	Hils-Wasser	Beton	0,704
		Beton (40 cm)	0,705

3. ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG

Ausgehend vom Radionuklidinventar spaltbarer Reststoffe im Endlager KONRAD zu Beginn der Nachbetriebsphase ist die Möglichkeit einer Kritikalität untersucht worden. Legt man eine homogene Verteilung des Spaltstoffes über das Endlagervolumen zugrunde, so ergeben sich Konzentrationen weit unterhalb des kritischen Wertes.

Um auch den Fall einer lokalen Spaltstoffansammlung abzudecken, wurden die hierfür konservativsten Randbedingungen, Kugelgeometrie, reaktivste Spaltstoffkonzentration und Betonreflektor, angesetzt. Eine zu erwartende Vermischung des spaltbaren Materials mit Korrosionsprodukten aus den Abfallgebinden oder dem vor Ort vorhandenen Grubenerz ist konservativ vernachlässigt worden; lediglich der experimentell bestimmte Salzgehalt des Grubenwassers ist in die Berechnungen eingegangen. Die Ergebnisse zeigen auch in diesem Fall, daß keine kritische Spaltstoffanordnung entstehen kann.

Zusammenfassend läßt sich aus den dargestellten Kritikalitätsrechnungen der Schluß ziehen, daß unter den genannten Bedingungen die Kritikalitätssicherheit im Endlager KONRAD in der Nachbetriebsphase auch bei inhomogenen Spaltstoffverteilungen gewährleistet ist.

VERWENDETE UNTERLAGEN:

- /1/ B. Gmal: Systmanalyse KONRAD, Teil 2. Zur Kritikalitätssicherheit im Endlager KONRAD, GRS-A-1049 (1984)

- /2/ PTB: Schreiben an GRS vom 3.6.85
SE1 - Bg./Sp.

- /3/ J.A. Bucholz, SCALE: A Modular Code-System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation, ORNL/NUREG/CSD-2, 1980

- /4/ H. Brühl: Migrationsuntersuchungen im Bereich der Schachtanlage KONRAD, nebst Probenahme, Institut für Angewandte Geologie der FU Berlin, I. Halbjahresbericht 1984

- /5/ R. Jaeger: Hrsgb., Engineering Compendium on Radiation Shielding, Vol. II, Springer Verlag, Berlin 1975