BfS

Bundesamt für Strahlenschutz

001

ח	ec	k	h	la	Ħ
ப	CL	n	u	ıa	LL

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.		Seite:	T
NAAN	иииииииии	NNNNNN	XAAXX	AA	ииии	ИИ			1
9K	33219		LBA	RB	0002	03	EU 262	Stand:	31.03.95

Titel der Unterlage:

Systemanalyse Konrad, Teil 3: Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachtanlage Konrad; GRS-A-1522

Ersteller: Textnummer:
GRS

Stempelfeld:

Unterlage stimmt mit Original überein!



Archiv Peine

Freigabe für Behörden:

Freigabe im Projekt:

Datum und Unterschrift

Datum und Unterschrift

BfS

Bundesamt für Strahlenschutz

002

Revi	sions	blatt

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.		Seite:	
NAAI	и и и и и и и и и и и и	ииииии	XXAAXX	ΑА	ииии	NN			II .
9K	33219		LBA	RB	0002	03	EU 262	Stand:	02/1989

Titel der Unterlage:

Systemanalyse Konrad, Teil 3: Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachtanlage Konrad; GRS-A-1522

Rev.	RevStand Datum	UVST	Prüfer (Kürzel)	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision
01	Dez. 89	ET2.3			S	Anpassung der Tabelle an den PTB-SE-IB-58, Anpassung der Daten für Kammerabschlußbauwerke Typ I und Typ II an die neuen Planungen Berücksichtigung der Löslichkeit von CO ₂ im Versatz; bei den m-Werten neue Zahlenwerte für unspezifiziertes H ₃ ; Neue Zahlenwerte für JAZ-Werte in Anhang 2 Aufgrund von Seitenverschiebungen wird der gesamte Arbeitsbericht als Revision übergeben
02	Mai 1990	ET2.3			S	Revision des gesamten Arbeitsberichtes aufgrund des vollständigen Übergangs von Schleuder-auf Pumpversatz
03	31.03.95	ET2.3		1, 4, 5, 6,	R	Literaturzitate entfernt
				1 5, 6, 14	R	Literaturzitate aktualisiert
				19 3	R V	Literaturverzeichnis aktualisiert Erläuterung der Zahl für die maximale Anzahl der
				8	S	pro Jahr einlagerbaren Gebinde Präzisierung der relativen jährlichen Freisetzungs- raten,Übernahme des Sachinhalts aus der Prüfunterlage EU 260 Kap.3
				11	V	Präzisierung der Zahl für die Anzahl der jährlich maximal einzulagernden Gebinde
				15	V	Verweis korrigiert
				16	R	"versetzte Bereiche" ergänzt
				A- 6	V	Ergänzung um Aussage zur Konservativität
				A- 7	R	PTB durch BfS ersetzt

Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung

BfS

Bundesamt für Strahlenschutz

003

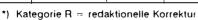
					_	_	
\mathbf{r}	ev	: - :	٠.		L	_ 1	
H	$\boldsymbol{\omega}$	ıcı	111	ne	m	2	П
			•				LL

	Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.		Seite:	
I	NAAN	иииииииии	ииииии	XAA×X	АА	NNNN	NN			III
	9K	33219		LBA	RB	0002	03	EU 262	Stand:	02/1989

Titel der Unterlage:

Systemanalyse Konrad, Teil 3: Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachtanlage Konrad: GRS-A-1522

<u></u>				,		
Rev.	RevStand Datum	UVST	Prüfer (Kürzel)	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision
03	31.03.95	ET2.3		10 12 13 17 18	S	Ergänzung der Definition der Abfallproduktgruppe metallische Feststoffe. Übernahme Sachverhalt aus Prüfunterlage EU 260, Seite 5.
						Archiv Peine



Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung

Kategorie S = substantielle Revision

mindestens bei der Kategorie Simussen Erläuterungen angegeben werden



004

Systemanalyse Konrad, Teil 3

Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemåßen Betrieb der Schachtanlage Konrad

Revision 3

Mārz 1995 Auftrags-Nr.: 41 373

Anmerkung:

Dieser Bericht ist von der GRS im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) erstellt worden. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muß nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1	Einleitung	1
2	Randbedingungen für die Sicherheitsanalysen	2
2.1	Geologische Randbedingungen	2
2.2	Bauliche Auslegung des Endlagers	2
2.3	Betriebsweise des Endlagers	3
2.4	Eigenschaften der einzulagernden Abfälle	4
2.5	Mechanismen der Freisetzung aus den Einlagerungskammern	4
2.6	Antragswerte	4
3	Ableitung der Garantiewerte	6
4	Ableitung betrieblicher Grenzwerte	14
5	Literatur	19
	Anhang 1	
	Anhang 2	



1 EINLEITUNG

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers Konrad werden Aktivitätsbegrenzungen auf verschiedenen Wegen abgeleitet. Zum einen werden in den Unterlagen Garantiewerte der Aktivität pro Abfallgebinde angegeben, bei deren Einhaltung keine weiteren Bedingungen an die Annahme derartiger Abfälle aus der Sicht des bestimmungsgemäßen Betriebes gestellt werden. Diese Werte basieren auf einem Modellszenario, dessen Randbedingungen den heutigen Planungsstand widerspiegeln.

In /MÜL 90/ wird zum anderen ein Verfahren zur Ableitung betrieblicher Aktivitätsgrenzwerte beschrieben, die die einlagerbare Aktivität pro Längeneinheit der Einlagerungskammern begrenzen. Diese Grenzwerte werden erstmals unmittelbar vor Aufnahme des Einlagerungsbetriebes anhand der konkreten Randbedingungen festgelegt.

Im vorliegenden Bericht werden zunächst die Grundlagen und Randbedingungen der Ableitung von Aktivitätbegrenzungen dargestellt. Danach wird zusammenfassend erläutert, wie auf dieser Basis Garantiewerte bzw. betriebliche Aktivitätsgrenzwerte ermittelt werden.



2 RANDBEDINGUNGEN FÜR DIE SICHERHEITSANALYSEN

2.1 Geologische Randbedingungen

Unter geologischen Randbedingungen werden hier die Eigenschaften des Wirtsgesteins verstanden, soweit sie bei der Ermittlung der Garantiewerte und betrieblicher Aktivitätsgrenzwerte berücksichtigt wurden. Bei zukünftigen Sicherheitsbetrachtungen werden für diese Größen keine Veränderungen erwartet, die zu neuen Ergebnissen führen würden.

Als geologische Randbedingungen werden unter diesen Voraussetzungen verwendet:

- Temperatur in den gefüllten Einlagerungskammern

Ohne Bewetterung wird eine Temperatur in den gefüllten Einlagerungskammern unterstellt, die der Gleichgewichtstemperatur im Wirtsgestein entspricht. Die eingelagerten Abfälle liefern hierzu definitionsgemäß einen vernachlässigbaren Beitrag. Ein Wert von 50° C wird dabei herangezogen für

- die Ableitung von Freisetzungsraten aus den Abfallprodukten für verschiedene Radionuklide bzw. Radionuklidgruppen,
- die Ableitung des Durchlässigkeitsanteils bei Abfallgebinden mit spezifizierter Dichtigkeit und
- die Ermittlung der Diffusionskoeffizienten für die Beschreibung der Diffusion von gasförmigen Aktivitäten durch den Kammerversatz und den Kammerabschluß.

2.2 Bauliche Auslegung des Endlagers

Von den mit der Herrichtung des Bergwerks geschaffenen Randbedingungen des Endlagers interessieren für die Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen:

- die gesamte Länge aller Einlagerungskammer
- Für die Ermittlung der betrieblichen Aktivitätsgrenzwerte kann nicht von der Abmessungen einer mittleren Einlagerungskammer ausgegangen weise

sondern es müssen die realen Verhältnisse des Einlagerungsbetriebs zugrunde gelegt werden. Dies geschieht durch die Festlegung der maximalen Länge aller Einlagerungskammern. Hierfür wird nach dem heutigen Planungsstand ein Wert von 26.000 m verwendet.

- die Eigenschaften des Kammerversatzes und des Kammerabschlusses (Ausmaße, Porosität, Permeabilität)

Sofern eine oder mehrere Einlagerungskammern mit einem Kammerabschlußbauwerk verschlossen werden, bestimmen auch dessen Eigenschaften die Rückhalteeigenschaften für die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den versetzten Kammern.

2.3 Betriebsweise des Endlagers

Die Betriebsweise des Endlagers bestimmt die Ableitung von Aktivitätsgrenzwerten in folgenden Punkten:

- Die Aktivität der Abfälle in unversetzten Einlagerungsbereichen wird durch die maximale Länge der mit Abfällen befüllten unversetzten Bereiche beeinflußt.
 Diese Größe wird spätestens mit Beginn der Einlagerung erstmals festgelegt.
- Bei der Ableitung der einlagerbaren Ra 226-Aktivität wird ein mittlerer Wetterstrom von etwa 34 m³/s in Hinblick auf die Radon-Inhalationsbelastung des Betriebspersonals zugrundegelegt. Der Anteil der Arbeitszeit in kontaminierten Abwettern beträgt ≤ 12 % (siehe Anhang).

Bei der Ableitung der Garantiewerte wird unter Berücksichtigung der maximalen Förderspiele und des Abfallgebindeartenspektrums von einem zu erwartenden oberen Wert von 10.000 Abfallgebinden, die pro Jahr einlagerbar sind, ausgegangen.





2.4 Eigenschaften der eingelagerten Abfälle

Die in den Sicherheitsanalysen zugrunde gelegten Eigenschaften der eingelagerten Abfälle sind in Anforderungen an diese Abfälle umgesetzt worden. Die Einhaltung dieser Anforderungen an die Abfallprodukte und an die Verpackungen ist daher notwendige Voraussetzung für die Gültigkeit der Garantiewerte und der betrieblichen Aktivitätsgrenzwerte.

03

2.5 Mechanismen der Freisetzung aus den Einlagerungskammern

Solange die Abfälle unversetzt sind, wird für die aus den Abfallgebinden freigesetzten radioaktiven Stoffe bei ihrem Transport mit den Abwettern zum Diffusor keine Rückhaltung, Verzögerung oder Ablagerung unterstellt. Die freigesetzte Aktivität wird als vollständig luftgetragen angenommen.

Aus versetzten Einlagerungsbereichen wird die Freisetzung luftgetragener Aktivität bewirkt durch

- Austreiben der Restluft oder Gase in bewetterte Strecken infolge Gasbildung (z.B. durch Korrosion, Radiolyse)
- Druckschwankungen in den untertägigen Wettern und Temperaturerhöhungen in den Einlagerungskammern
- ggf. Diffusion durch den Kammerversatz und den Kammerabschluß.

2.6 Antragswerte

Als Basis für die Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen dienen die Antragswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern:

H 3	1.5 · 10 ¹³ Bq/a
C 14	3.7 · 10 ¹¹ Bq/a
l 129	7.4 10 ⁶ Bq/a



Wendet man die zuvor beschriebenen Randbedingungen auf die derzeit spezifizierten Abfalldaten und das hierfür erwartete Mengengerüst (siehe Anhang 1) an, erhält man Erwartungswerte der Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern. Die nachfolgende Tabelle stellt diese Erwartungswerte den o.g. Antragswerten gegnüber /EU 300/:

	Erwartungs-	Anteil	Antrags-
	wert	von	werte
		Antrags-	
	Bq/a	wert	Bq/a
Н 3	2.3E12	12 %	1.5E13
C 14	4.9E10	13 %	3.7E11
I 129	2.1E04	0.3 %	7.4E06
Rn 222	3.2E10	1.7 %	1.9E12
Sonstige B/8 -Strah	ler		
	2.4E06	3.2 %	7.4E07
Sonstige $lpha$ -Strahler			
•	1.5E03	0.04 %	3.7E06



Es zeigt sich, daß die beantragten Aktivitätsableitungswerte z.T. deutlich unterschritten werden.

3 ABLEITUNG DER GARANTIEWERTE

Zur Ableitung der Garantiewerte wird auf der Basis der zuvor beschriebenen Randbedingungen von folgendem Modellszenario ausgegangen:

- Die Einlagerung erfolgt über eine Betriebszeit von 40 a in 52 Einlagerungskammern mit der mittleren Länge von 500 m.
- Es sind 400 m Kammerlänge im Jahresmittel unversetzt.
- Die Maximalzahl der pro Jahr eingelagerten Abfallgebinde beträgt 10.000.

Wegen des relativ hohen Luftaustausches durch Druckschwankungen und Gasbildung wird praktisch die gesamte pro Jahr aus den Abfallgebinden freigesetzte gasförmige Aktivität auch im gleichen Jahr in die Abwetter gelangen. Die Gleichung für die Freisetzungsrate $\overset{\bullet}{F}$ lautet dann (vgl. /MÜL 90/):

03

03

$$\dot{F} = \lambda_2 \cdot A_2 = \lambda_1 \cdot A_{10} \cdot e^{-(\lambda_1 + \lambda)t} \tag{1}$$

mit

- λ_1 = Ratenkonstante der Freisetzung aus den Abfallgebinden
- λ_2 = Ratenkonstante der Freisetzung in die wetterführenden Strecken
- λ = physikalische Zerfallskonstante
- A_{10} = Aktivität im Abfall beim Abschluß der Einlagerungskammer, d. h. zum Zeitpunkt t=0
- A₂ = luft- oder gasgetragene Aktivität innerhalb versetzter Einlagerungsbereiche



Die Freisetzung aus versetzten Einlagerungsbereichen beträgt dann bis zum Zeitpunkt t = T:

$$F = \int_{0}^{T} \lambda_{2} A_{2} dt = \frac{\lambda_{1}}{\lambda + \lambda_{1}} \cdot A_{10} \cdot (1 - e^{-(\lambda_{1} + \lambda)T})$$
 (2)

Normiert auf die Freisetzung aus den Abfällen im ersten Jahr $\lambda_1 \cdot A_{10}$ ergibt dies einen Gewichtsfaktor w_a mit

$$\mathbf{w_a} = \frac{1}{\lambda + \lambda_1} \cdot (1 - e^{-(\lambda + \lambda_1)T}), \tag{3}$$

der den Beitrag der Freisetzung aus versetzten Einlagerungsbereichen in dem betrachteten Zeitraum charakterisiert. Im letzten, dem 40. Betriebsjahr liefern alle in den vorangegangenen Jahren sukzessiv befüllten Einlagerungskammern einen entsprechenden Beitrag, der in der Summe dem Wert F bei Integration über 40 Jahre entspricht.

Um bei der Ermittlung der Aktivitätsableitung und nachfolgend der Garantiewerte zu konservativen Ergebnissen zu gelangen, ist es erforderlich, den Beitrag unversetzter Einlagerungsbereiche zu berücksichtigen. Hierzu wird der Anteil der maximal 10 000 Abfallgebinde pro Jahr abgeschätzt, der gleichzeitig zur Freisetzung von Aktivität aus unversetzten Bereichen beiträgt. Die 10 000 Gebinde entsprechen etwa zwei Einlagerungskammern mittlerer Größe oder 1 000 m befüllter Kammerlänge. Für die 400 m im Jahresmittel unversetzten Abfälle beträgt dann der Gewichtsfaktor $w_0 = 0.4$. D. h. es wird unterstellt, daß permanent 4 000 Abfallgebinde zur Freisetzung aus unversetzten Bereichen beitragen.

Mit den so berechneten Freisetzungsdaten werden die Garantiewerte nach folgender Beziehung abgeleitet:

$$n \cdot A_G \cdot f_0 \cdot w_0 + n \cdot A_G \cdot f_a \cdot w_a = G$$
 (4)

n = Maximalzahl der pro Jahr eingelagerten Abfallgebinde = 10⁴

A_G = Garantiewert der Aktivität pro Abfallgebinde



f₀ /f_a = relative Freisetzungsrate aus dem Abfall in unversetzten bzw. versetzten Einlagerungsbereichen

w_o,w_a = Gewichtsfaktoren zur Charakterisierung des Beitrages zur Freisetzung aus unversetzten bzw. versetzten Einlagerungsbereichen normiert auf die Freisetzung aus den Abfällen im ersten Jahr

G = Antragswerte für die Ableitung von Aktivität mit den Abwettern.

Für f_o gelten die in Tab. 3.1 angegebenen Werte außer im Falle von Abfallgebinden mit spezifizierter Dichtigkeit, bei denen der Wert f_o mit dem Durchlässigkeitsfaktor der Verpackung zu multiplizieren ist. Die spezifizierte Dichtigkeit wird nach dem Einbringen des Versatzes als nicht mehr gegeben unterstellt. Für f_a ergibt sich der Wert 0 (vollständige Rückhaltung im Kammerversatz und Kammerabschluß) außer im Falle von H-3- und C-14-haltigen Abfällen. Bei den H-3-haltigen Abfällen wird keine Rückhaltung für das aus den Abfallgebinden ausgetretene H3 in der Form HT und vollständige Rückhaltung für den als HTO freigesetzten Anteil unterstellt. Bei den flüchtigen bzw. unspezifizierten C-14-haltigen Abfällen wird ein um den Faktor 10 reduzierter Frei- setzungsfaktor zur Ermittlung der luftgetragenen C-14-Aktivität aus versetzten Bereichen der Einlagerungskammern unterstellt, da von einer Freisetzung aus den Abfallgebinden zu 90 % in der Form als CO₂ ausgegangen wird, das in der Feuchte des Versatzes vollständig gelöst wird.

Die obige Gleichung ist für jedes Radionuklid bzw. für jede Radionuklidgruppe in jeder spezifizierten chemischen Form und in jeder spezifizierten Verpackung einzeln zu betrachten. Die Werte für $A_{\rm G}$ ergeben sich dann aus

$$A_{G} = \frac{G}{n \cdot (f_0 \cdot W_0 + f_a \cdot W_a)} \tag{5}$$

Die Aktivitätswerte A_G für die einzelnen Radionuklide und Radionuklidgruppen können für eine gegebene Verpackung und eine gegebene Abfallproduktgruppe gleichzeitig ausgeschöpft werden. Dabei ist zu beachten, daß bei gleichzeitigem Vorliegen eines Radionuklids oder einer Radionuklidgruppe in mehreren Spezifikationen in einem Abfallgebinde entweder der dann restriktivste Garantiewert zugrunde gelegt wird oder die Garantiewerte anteilig entsprechend den Aktivitätsanteilen im Abfallgebinde berücksichtigt werden.

Für Ra 226 bzw. Rn 222 erfolgt die Begrenzung nicht aufgrund des beantragten Abgabewertes, sondern durch die Limitierung der Inhalationsdosis des untertägigen Personals. Hierfür gilt, daß die Strahlenexposition des Personals durch Inhalation ca. 1 % des Grenzwertes für die effektive Äquivalentdosis nach § 49 StrlSchV für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A nicht überschreiten soll. Mit dem im Anhang 2 beschriebenen Verfahren ergeben sich aus diesem Planungsrichtwert die Garantiewerte $A_{\rm G}$ für Ra 226.



03

03

Tab. 3-1: Relative Freisetzungsraten radioaktiver Stoffe aus Abfallprodukten; Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) < 10¹º Bq,
b) ≥10¹⁰ Bq bis 10¹² Bq, c) ≥ 10¹² Bq;
Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt:
d) < 1 %, e) ≥ 1 %.

Radionuklid/ Radionuklidgruppe	Metallische Feststoffe ²) a ⁻¹	Sonstige Abfallproduktgruppen a ⁻¹
Tritium:		
- unspezifiziert		≤ 0.1
- als HTO	b)	5·10 ⁻² (HTO) + 10 ⁻⁵ (HT) 5·10 ⁻² (HTO) + 10 ⁻³ (HT) 5·10 ⁻² (HTO) + 5·10 ⁻² (HT)
- als HT	5 · 10⁴	
C-14:		
 unspezifiziert oder in flüchtiger Form 	1 · 10 ⁵	5 · 10 ⁻²
- als Feststoff		5 · 10 ⁻¹⁰
l-129:		
- unspezifiziert		10⁴
 auf silberhaltigen Filtern der Abgasreinigung von Wie- deraufarbeitungsanlagen 		10-6
Rn-222: 1)		
 Behälter ohne Dichtig		
 unfixierte Abfälle 		53
• fixierte Arbfälle		3.3
- Behälter mit spezifizierter Dichtigkeit		1.0
Leicht lösliche Feststoffe	ď) 5 · 10 ⁻¹²
(Ra-226 und β/γ -Aerosole außer Pu-241)) 5 · 10 ⁻¹⁰
Schwer lösliche Feststoffe		5 · 10 ⁻¹²
(α-Aerosole und Pu-241 außer Ra-226)		

2) Abfallproduktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-Reaktoren

Abfällen bezogen.

03

Mit den dargestellten Verfahren und Randbedingungen erhält man die in Tabelle 3-2 zusammengestellten Garantiewerte.

Die Garantiewerte für die sonstigen B/ $^{\prime\prime}$ – und α -Strahler in Verpackungen mit spezifizierter Dichtigkeit liegen so hoch, daß sie vermutlich nie von praktischer Bedeutung sind. Daher wird bei den Annahmebedingungen die Steigerung der Garantiewerte mit steigender spezifizierter Dichtigkeit bei den genannten Radionuklidgruppen nicht übernommen.

Aus den so gewonnenen Garantiewerten läßt sich durch Multiplikation mit der maximalen Gebindeanzahl (= 10⁴) ein Maximalwert der pro Jahr einlagerbaren Aktivität für die Schachtanlage Konrad ermitteln. Diese Aktivitätswerte pro Jahr werden für die einzelnen Radionuklide und Radionuklidgruppen als Richtwerte verstanden. Bei geänderten Randbedingungen können sich diese Richtwerte ändern. Eine entsprechende Festlegung ist erstmals spätestens vor Aufnahme des Einlagerungsbetriebes erforderlich.

Die Garantiewerte werden u.a. mit der Randbedingung ermittelt,daß die eingelagerten Abfallgebinde in Pumpversatztechnik versetzt werden und die Einlagerungskammern nicht mit einem zusätzlichen Abschlußbauwerk verschlossen werden. Für spezielle Abfälle, z.B. hoch Tritium- oder C 14-haltige Abfälle, kann es erforderlich sein, ein quasi-dichtes zusätzliches Abschlußbauwerk zu errichten. Dieses Abschlußbauwerk setzt gleichzeitig voraus, daß die Gasbildungsrate und die Konvergenz in den betreffenden Einlagerungskammernbegrenzt werden, um einen unzulässigen Druckaufbau in der Einlagerungskammer oder eine unzulässige Freisetzung zu verhindern.



Tabelle 3-2: Aktivitätswerte (Garantiewerte) für Radionuklide und Radionuklidgruppen pro Abfallgebinde, die aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren (Angaben in Bq/Abfallgebinde)

		ckung ohne orte Dichtigkeit				ung mit spezifizierte icher Durchlässigke		
Radionuklid/			≤ 0.01			0.001	≤ (0.0001
Radionuklid- gruppe	Metallische Feststoffe*	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen
Tritium								
- unspezifiziert		3.0 · 10°		3.3 · 10°		3.3 · 10 ⁹		3.3 · 10°
- als HTO		a) 7.4 · 10 ¹⁰ b) 4.2 · 10 ¹⁰ c) 3.0 · 10 ⁹		a) 4.2 · 10 ¹² b) 9.4 · 10 ¹⁰ c) 3.3 · 10 ⁹		a) 8.4 · 10 ¹² b) 9.5 · 10 ¹⁰ c) 3.3 · 10 ⁹		a) 9.3 · 10 ¹² b) 9.5 · 10 ¹⁰ c) 3.3 · 10 ⁹
- als HT	1.9 · 1011		1.9 · 1011		1.9 · 1011		1.9 · 10"	
C 14								
 unspezifiziert oder in flüchti- ger Form 	8.4 · 10 ¹²	1.8 · 10 ⁸	9.2 · 10 ¹²	2.0 · 10 ⁸	9.2 · 1012	2.0 · 10 ⁸	9.2 · 10 ¹²	2.0 · 10 ⁸
- Anteil in flüchti- ger Form ≤ 10 %		1.8 · 10°		2.0 · 10°		2.0 · 10°		2.0 · 10°
- Anteil in flüchti- ger Form ≤ 1 %		1.8 · 1010		2.0 · 1010		2.0 · 1010		2.0 · 10 ¹⁰

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) $< 10^{10}$ Bq, b) $\ge 10^{10}$ Bq bis $< 10^{12}$ Bq, c) $\ge 10^{12}$ Bq; Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) < 1 %, e) ≥ 1 %;

Amena produktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-

Aktivitätswerte (Garantiewerte) für Radionuklide und Radionuklidgruppen pro Abfallgebinde, die aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren (Angaben in Bq/Abfallgebinde)

			kung ohne te Dichtigkeit		,	Verpackung mit spe jährlicher Durch		
Radionuklid/			≤ 0.01		4	0.001	≤ (.0001
Radionuklid- gruppe	Metallische Feststoffe≭)	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen
l 129								
- unspezifiziert		1.9 · 10 ⁷		1.9 · 10°		1.9 · 10 ¹⁰		1.9 · 1011
 auf silberhalti- gen Filtern aus der Abgasreini- gung von Wie- deraufarbei- tungsanlagen 		1.9 · 10°		1.9 · 1011		1.9 · 10 ¹²		1.9 · 1013
Ra 226								
- unfixiert		9.0 · 10 ⁶		4.8 · 10 ¹⁰		4.8 · 1011		4.8 · 1012
- fixiert		1.4 · 108		4.8 · 10 ¹⁰		4.8 · 10 ¹¹		4.8 · 1012
sonstige β/γ-Strahler außer Pu 241		d) 3.7 · 10 ¹⁵ e) 3.7 · 10 ¹³		d) 3.7 · 10 ¹⁷ e) 3.7 · 10 ¹⁵		d) 3.7 · 10 ¹⁷ e) 3.7 · 10 ¹⁵		d) 3.7 · 10 ¹⁷ e) 3.7 · 10 ¹⁵
sonstige α-Strahler sowie Pu 241		1.9 · 1014		1.9 · 10¹6		1.9 · 10 ¹⁶		1.9 · 10 ¹⁶

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) < 10¹⁰ Bq, b) ≥ 10¹⁰ Bq bis < 10¹² Bq, c) ≥ 10¹² Bq;

Unterlage Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) < 1 %, e) ≥ 1 %;

fallproduktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-Reaktoren

4 ABLEITUNG BETRIEBLICHER GRENZWERTE

Da die spätere Einlagerung sicher nicht in allen Details dem Modellszenario für die Ableitung der Garantiewerte folgt, ergibt sich die Notwendigkeit, ein Verbindungsglied zwischen den beantragten Ableitungen mit den Abwettern und der betrieblichen Praxis zu schaffen. Es gilt also, ein praktisch handhabbares Kriterium zu entwickeln, dessen Anwendung die Einhaltung der Antragswerte sicherstellt und trotzdem die Flexibilität des Einlagerungsbetriebes nicht unnötig einschränkt.

Zu diesem Zweck wird zunächst unterschieden zwischen szenarienunabhängigen Parametern und solchen, die nur zu Charakterisierung des Modellszenarios (z.B. jährlich einlagerbare Gebindezahl) dienen. Da die betrieblichen Aktivitätsgrenzwerte unabhängig von dem ursprünglichen Modell gelten, haben die Parameter der zweiten Gruppe keine weitere Bedeutung. Hierauf wurde im Kapitel 2 bereits hingewiesen.

Auf der Basis der betrieblich relevanten Grundlagen und Randbedingungen wird in (/MÜL90/) ein Verfahren abgeleitet, mit dem unter den aktuellen Vorgaben für die betriebliche Praxis betriebliche Aktivitätsgrenzwerte bestimmt werden können, die die Einhaltung der Antragswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern gewährleisten. Kennzeichnend für dieses Verfahren ist die Ermittlung eines im Mittel einzuhaltenden längenbezogenen Aktivitätsgrenzwertes.

Hierbei wird die Menge der Abfälle in unversetzten und versetzten Bereichen in verallgemeinerter Form bei der Ableitung längenbezogener Aktivitätsgrenzwerte berücksichtigt.

Mit den genannten Parametern wird ein längenbezogener Aktivitätsgrenzwert R nach folgender Beziehung ermittelt (/MÜL90/):

$$R = \frac{G}{I_{\text{omax}} \cdot I_0 + I \cdot I_0 \cdot K_0} \tag{6}$$

wobei

G = Antragswert für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern



03

03

- f_o ,f_a = relative Freisetzungsrate der Aktivität aus dem Abfall in unversetzten bzw. versetzten Einlagerungsbereichen (siehe Kapitel 3)
- I_{omax} = maximale L\u00e4nge der mit Abf\u00e4llen bef\u00fcllten unversetzten Einlagerungsbereiche (siehe Kapitel 2.3 und 3)
- Gesamtlänge aller vorgesehenen Einlagerungskammern (siehe Kapitel 2.2)
- k_a = Gewichtsfaktor der Freisetzung aus versetzten Einlagerungsbereichen unter Berücksichtigung des zeitlichen Einlagerungsablaufs und des radioaktiven Zerfalls, normiert auf die Freisetzung aus den Abfällen im ersten Jahr.

Die längenbezogenen Aktivitätsgrenzwerte sind für jedes Radionuklid bzw. für jede Radionuklidgruppe in jeder spezifizierten chemischen Form und jeder spezifizierten Verpackung einzeln zu ermitteln. Hinsichtlich ihrer Ausnutzung gelten dieselben Summationsregeln wie bei den Garantiewerten (vgl. Kap. 3).

Da die Antragswerte (= G) und die Freisetzungseigenschaften (= f_o, f_a) bereits feststehen, folgt aus der obigen Gleichung, daß spätestens bis zur Aufnahme des Einlagerungsbetriebes die Größen I, I_{omax} und k_a festgelegt werden müssen. Eine spätere Änderung ist dann möglich, wenn erkennbar ist, daß R nicht ausgeschöpft wird. Hierfür können verschiedene Gründe vorliegen, z.B..

- die mittlere Aktivitätskonzentration der Abfälle ist geringer als durch R vorgegeben oder
- die Dauer der Betriebszeit des Endlagers ändert sich.

Das Verfahren zur Bestimmung betrieblicher Aktivitätsgrenzwerte gestattet somit nicht nur eine flexible Anpassung der Aktivitätsbegrenzung an die betriebliche Praxis bei Aufnahme der Einlagerung. Es erlaubt auch eine nachträgliche Berücksichtigung betrieblicher Gegebenheiten, die bei Aufnahme der Einlagerung u. U. noch nicht absehbar sind.

Die Grenzwerte für die betriebliche Praxis resultieren damit aus:

- den Antragswerten für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern,

- den Freisetzungsraten und den Durchlässigkeitsfaktoren bei Abfallgebinden mit spezifizierter Dichtigkeit,
- der maximalen Länge offenstehender, unversetzter Einlagerungsbereiche und
- der maximalen Länge der zu befüllenden Einlagerungskammern sowie der dafür vorgesehenen Betriebsdauer.

Sie stellen sicher, daß auch im ungünstigsten Betriebsjahr des Endlagers die Antragswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern eingehalten werden.

Beispielhaft werden derartige betriebliche Grenzwerte für folgende Randbedingungen berechnet:

- $I_{omax} = 400 \text{ m}$
- I = 26 000 m
 Die Gesamtlänge ergibt sich aus 52 Einlagerungskammern mittlerer Länge (500 m).
- t_a = 40 a
 Die geplante Betriebszeit des Endlagers beträgt 40 Jahre.

Mit diesen Randbedingungen erhält man die in Tabelle 4-1 dargestellten betrieblichen Aktivitätsgrenzwerte.

Die Freisetzungsraten für versetzte und unversetzte Einlagerungsbereiche werden dabei den Ausführungen des Kap. 3 und der Tabelle 3-1 entnommen. Die Gewichtsfaktoren w_a bzw. $k_a = w_a/t_a$ werden nach der Formel (3) (siehe Kapitel 3) ermittelt.





Tabelle 4-1: Beispielhafte betriebliche Aktivitätsgrenzwerte für Radionuklide und Radionuklidgruppen, die aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren (Angaben in Bq/m)

		ckung ohne erte Dichtigkeit				ung mit spezifizierte icher Durchlässigke		
Radionuklid/			≤ 0.01		4	0.001	<u> </u>	0.0001
Radionuklid- gruppe	Metallische Feststoffe*)	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen
Tritium								
- unspezifiziert		4.4 · 1010		5.0 · 10 ¹⁰		5.0 · 10 ¹⁰		5.0 · 10 ¹⁰
- als HTO		a) 7.5 · 10 ¹¹ b) 4.9 · 10 ¹¹ c) 4.4 · 10 ¹⁰		a) 4.9 · 10 ¹³ b) 1.4 · 10 ¹² c) 5.0 · 10 ¹⁰		a) 1.2 · 10 ¹⁴ b) 1.5 · 10 ¹² c) 5.0 · 10 ¹⁰		a) 1.4 · 10 ¹⁴ b) 1.5 · 10 ¹² c) 5.0 · 10 ¹⁰
- als HT	2.8 · 1012		2.9 · 10 ¹²		2.9 · 10 ¹²		2.9 · 10 ¹²	
C 14								
 unspezifiziert oder in flüchtiger Form 	1.2 · 1014	2.7 · 10°	1.4 · 1014	3.1 · 10 ^a	1.4 - 1014	3.1 · 10°	1.4 · 10 ¹⁴	3.1 · 10°
- Anteil in flüchti- ger Form ≤ 10 %		2.7 · 10 ¹⁰		3.1 · 10 ¹⁰		3.1 · 10 ¹⁰		3.1 · 10 ¹⁰
Anteil in flüchti- ger Form ≤ 1 %	,	2.7 · 10 ¹¹		3.1 · 10 ¹¹		3.1 · 10 ¹¹		3.1 · 10 ¹¹

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) $< 10^{10}$ Bq, b) $\ge 10^{10}$ Bq bis $< 10^{12}$ Bq, c) $\ge 10^{12}$ Bq; Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) < 1 %, e) ≥ 1 %;

*) Abfallproduktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-



03

Beispielhafte betriebliche Aktivitätsgrenzwerte für Radionuklide und Radionuklidgruppen, die aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren (Angaben in Bq/m)

		kung ohne rte Dichtigkeit	Verpackung mit spezifizierter Dichtigkeit jährlicher Durchlässigkeitsanteil						
Radionuklid/			≤ 0.01		<u> </u>	0.001	≤ 0	.0001	
Radionuklid- gruppe	Metallische Feststoffe */	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	Metallische Feststoffe	Sonstige Abfallprodukt- gruppen	
i 129					[
- unspezifiziert		1.9 · 108		1.9 · 10 ¹⁰		1.9 · 1011		1.9 · 10 ¹²	
- auf silberhalti- gen Filtern aus der Abgasreini- gung von Wie- deraufarbeitungs- anlagen		1.9 · 10 ¹⁰		1.9 · 1012		1.9 · 10 ¹³		1.9 · 1014	
Ra 226									
- unfixiert		9.0 10 ⁷		4.8 - 10"		4.8 · 1012	i 	4.8 · 10 ¹³	
- fixiert		1.4 · 10 ⁹		4.8 · 10 ¹¹		4.8 · 10 ¹²		4.8 · 10 ¹³	
sonstige β/γ-Strahler außer Pu 241		d) 3.7 · 10 ¹⁶ e) 3.7 · 10 ¹⁴		d) 3.7 · 10 ¹⁸ e) 3.7 · 10 ¹⁶					
sonstige α-Strahler sowie Pu 241		1.9 · 1015		1.9 · 10 ¹⁷					

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität: a) < 10¹⁰ Bq, b) ≥ 10¹⁰ Bq bis < 10¹² Bq, c) ≥ 10¹² Bq; Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt: d) < 1 %, e) ≥ 1 %;

Abfallproduktgruppe umfaßt auch Absorberstäbe und Steuerelemente aus Leichtwasser-Recktoren 18

03

5 LITERATUR

/MÜL 90/

Ableitung von Aktivitätsgrenzwerten für die betriebliche Praxis der Einlagerung radioaktiver Abfälle GRS-A-1452, Erläuternde Unterlagen 261, BfS-Dok.-Nr. 33219/LBA/RB/0003.



ANHANG 1

Tabelle A-1:

Mittleres jährliches Abfallaufkommen (gemittelt über 19 Jahre)

F24060KF	0.3
F24080KF	4.0
F42040KF	10.0
F4204AKF	58.0
F4204BKF	1575.0
F42070KF	20.0
F4208AKF	50.0
F4208BKF	43.0
F4208CKF	15.0
F52020KF	100.0
F52030KF	320.0
F52040KF	2.0
F5208AKF	2250.0
F5208BKF	230.0
F54070KF	400.0
F54080KF	200.0
F62020KF	8.0
F6204AKF	31.0
F6204BKF	100.0
F6208AKF	10.0
F6208BKF	10.0
F6208CKF	30.0
F6208DKF	11.0
F6208EKF	10.0
F6208FKF	5.0
F6208GKF	13.0
F6208HKF	6.0
F6304AKF	40.0
F6304BKF	126.0
F64080KF	8.0
I22090KW	2.0
I42050AL	75.0
I42070UR	35.4
I42080KW	1.0
I52010EX	0.1
I52010NU	30.0
I52010RB	6.0
I52030NU	20.0
I52050AL	75.0
I52070EX	3.0
I52090KW	60.0
I54020EX	25.0
I54020RB	25.0
154020UR	23.6
I54040NU	10.0
I54060AL	10.0
I54100KW	40.0
J52090KW	60.0
K23010DW	133.6
K24010DW	89.0
K24020SW	34.5
K24030DW	22.3
K24040DW	138.5
K24050SW	414.5
K24060SN	14.8
K24080SW	5.2
K24090SW	86.4
K24100SW	103.6
K24110DS	32.6
K2411055	8.9
K24120AV	0.9
K24120AV K24130AV	1.4
K42020SW	
K42030DW	859.0
K42030DW	178.2

K42040DW

483.0



Tabelle A-1 (Fortsetzung):

Mittleres jährliches Abfallaufkommen (gemittelt über 19 Jahre)

	(5
K42050SW	425.5
K42060SN	355.0
K42110DS	326.4
K42120AV	1.4
K42120DS	39.2
K42130AV	3.2
K52030AV	0.4
K52040DW	928.0
K52050SW	1381.0
K52070AV	1.8
K52110DS	481.4
K52110HT	75.0
K52120AV	1.4
K52120DS	70.8
K52120BB	4.8
K52140AV	5.4
K52150AV	0.4
K52160HT	327.0
K541 30AV	9.1
K54130DS	544.0
K54130HT	8.9
K54130M1	
	59.1
K62130DS	27.2
L52010NR	150.0
L5206ALH	0.2
L5206BLH	0.1
L54020NR	20.0
S24010AV	1.8
S24010FJ	1.2
S24010FR	5.1
S240100H	9.5
S2401AVA	0.9
S2401BVA	1.6
S2401CVA	0.2
S2401DVA	
	0.2
S2401EVA	0.1
S24020AV	1.8
S24020FJ	2.0
S24030FR	5.0
S42020FR	6.8
S42020KK	34.1
S42030FR	
	9.1
S420400H	0.2
S52020FR	7.7
S52020HD	64.5
S52030FR	40.0
S520400H	2.3
S540300H	14.5
S62020AV	0.1
S6202AAV	0.1
S6202BAV	1.0
S6202CAV	2.6
S6204AVA	1.0
S6204BVA	0.3
S6204CVA	0.1
S6204DVA	0.4
S6402AVA	0.1
S6402BVA	0.4
S6402CVA	1,1
S640200H	0.9
S64C3AVA	1.9
S6403BVA	0.4
S6403CVA	0.4
S64030KK	3.0



Tabelle A-1 (Fortsetzung):

Mittleres jährliches Abfallaufkommen (gemittelt über 19 Jahre)

U42020HO	2.0
U520100B	120.0
U520200B	5.0
U52040HO	3.0
U540300B	30.0
U54050HO	26.0
•••••	
U54060HO	3.0
W32200WA	103.0
W4205AWA	982.6
W4205BWA	1.4
W42060WA	49.5
W42070WA	62.5
W42080WA	862.0
W42100WA	3.6
W42110CB	650.0
W42130WA	4.4
W42150CB	614.5
W43080CB	293.2
W52080WA	530.0
W52090WA	68.0
W52100WA	33.5
W52110WA	130.0
W52140WA	36.4
	127.0
W52150WA	127.0

Tabelle A-2: Abfallaufkommen für das Jahr 2000

F24060KF	0.3
F24080KF	4.0
F42040KF	10.0
F4204AKF	58.0
F4204BKF	1.575.0
F42070KF	20.0
F4208AKF	50.0
F4208BKF	43.0
F4208CKF	15.0
F52020KF	100.0
F52030KF	320.0
F52040KF	2.0
F5208AKF	2250.0
F5208BKF	230.0
F54070KF	400.0
F54080KF	200.0
F62020KF	8.0
F6204AKF	31.C
F6204BKF	100.0
F6208AKF	10.C
F6208BKF	10.0
F6208CKF	30.0
F6208DKF	11.0
F6208EKF	10.0
F6208FKF	5.0
F6208GKF	13.0
F6208HKF	6.0
F6304AKF	40.0
F6304BKF	126.0
F64080KF	8.0
I22090KW	2.0
I42050AL .	75.0
I42070UR	60.0



Tabelle A-2 (Fortsetzung): Abfallaufkommen für das Jahr 2000

K52050SW 1600.0 K52070AV 0.0 K52110DS 690.0 K52110HT 110.0 K52120DS 102.0 K52120HT 7.0 K52140AV 0.0 K52150AV 0.0 K52160HT 480.0 K54130AV 0.0 K54130DS 766.0 K54130HT 13.0 K54130SN 100.0 K62130DS 38.0 L52010NR 150.0 L5206ALH 0.2 L5206BLH 0.2 L5206BLH 0.2 L524010AV 0.1 S24010FJ 1.8 S24010FR 5.1 S24010VA 0.0 S2401BVA 0.0 S2401CVA 0.0 S2401DVA 0.0 S2401EVA 0.0	142080KW 152010EX 152010NU 152010RB 152030NU 152050AL 152070EX 152090KW 154020EX 154020UR 154020UR 154060AL 154100KW J52090KW K24010DW K24010DW K24010DW K24010DW K24050SW K24060SN K24080SW K24110DS K24110DS K24110DS K24110DS K42120AV K42060SN K42060SN K42060SN K42110DS K42120AV K42120AV K42120AV K42120AV K42120AV K42120DS K42130AV K52030AV K52030AV K52030AV	1.0 0.1 30.0 6.0 20.0 75.0 3.0 60.0 25.0 40.0 10.0 40.0 204.0 136.0 40.0 214.2 480.0 25.0 60.0 214.2 480.0 120.0 46.0 15.0 0.0 15.0 0.0 15.0 0.0 10.0 10.0
C2401EW3 0 0	K52110HT K52120AV K52120DS K52120HT K52140AV K52150AV K52150AV K54130AV K54130HT K54130SN K62130DS L52010NR L52010NR L52016ALH L54020NR S24010AV S24010FR S24010FR S24010CH S2401BVA S2401CVA S2401DVA	110.0 0.0 102.0 7.0 0.0 0.0 480.0 0.0 766.0 13.0 100.0 0.2 0.1 20.0 0.1 1.8 5.1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0



Tabelle A-2 (Fortsetzung): Abfallaufkommen für das Jahr 2000

W42100WA 10.0	S42020KK S42030FR S420400H S52020FR S52020HD S52030FR S520400H S540300H S62020AV S6202AAV S6202AAV S6202CAV S6204AVA S6204EVA S6204EVA S6204EVA S6402AVA S6402AVA S6402AVA S6402BVA S6402CVA S6403AVA S6403AVA S6403BVA S6403OH U520200B U520200B U52040HO U520100B U520200B U52040HO U54050HO U54050HO U54050HO U54050WA W4205AWA W4205AWA W4205AWA W4205AWA W4205AWA W42070WA W42070WA	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	W42080WA W42100WA	10.0
	W42130WA W42150CB W43080CB W52080WA W52090WA W52100WA W52110WA W52140WA W52150WA	12.0 614.5 0.0 1458.0 187.0 92.0 357.0 100.0 350.0



ANHANG 2:

<u>Ermittlung der Aktivitätsgrenzwerte für Radium aufgrund der Begrenzung der</u> Inhalationsdosis des Personals

Die Inhalationsdosis des Personals der Schachtanlage Konrad wird bestimmt durch die flüchtigen Radionuklide H 3, C 14 und Rn 222. Will man die beantragten Abgaberaten für H 3 (1,5 \cdot 10¹³ Bq/a) und C 14 (3,7 \cdot 10¹¹ Bq) ausschöpfen, so ergibt sich die zulässige Rn 222-Emission aus den übrigen Randbedingungen.

Die Jahresaktivitätszufuhr (JAZ) von H 3 und C 14 bei dauerndem Aufenthalt in kontaminierten Abwettern läßt sich aus den beantragten Abgaberaten nach folgender Gleichung ermitteln:

$$JAZ = \frac{G_i \cdot AR}{LR \cdot n_0}$$

wobei

 G_{i} = pro Jahr mit den Abwettern abgeleitete Aktivität von H 3 und C 14 (Antragswerte)

AR= Atemrate $(2500 \text{ m}^3/\text{a})$

LR= Wetterstrom (23 m 3 /s = 7.25 · 10 8 m 3 /a)

n_o= maximale Anzahl der Einlagerungskammern, die gleichzeitig Abfälle in unversetzten Einlagerungsbereichen enthalten (= 4)

Hiermit erhält man

JAZ (H 3) =
$$1.3 \cdot 10^7$$
 Bq
JAZ (C 14) = $3.2 \cdot 10^5$ Bq

Die Grenzwerte der JAZ über Inhalation betragen gemäß Anlage IV, StrlSchV (konservativ wurde der jeweils restriktivste Wert unterstellt):



03

$$JAZ_{max} (H-3) = 3 \cdot 10^9 Bq/a$$

$$JAZ_{max}$$
 (C-14) = 9 · 10⁷ Bq/a.

Drückt man die JAZ als Vielfaches des Planungsrichtwertes des BfS (1 % § 49 StrlSchV, Kat. A) aus ($\stackrel{\triangle}{=} 0.01 \cdot \text{JAZ}_{\text{max}}$) so ergibt sich

$$j = \frac{JAZ}{JAZ_{max} \cdot 0.01} = 0.43 \text{ für H-3/0.35 für C-14}$$

Folglich beträgt die JAZ an C-14 und H-3 bei dauerndem Aufenthalt in kontaminierten Abwettern das 0. 8-fache des BfS-Planungsrichtwertes.

Für die tatsächliche JAZ ist zum einen zu berücksichtigen, daß gegenüber den unterstellten bisher 2 000 h Aufenthaltsdauer die tatsächliche Arbeitszeit unter Tage 1200 h beträgt (200 Schichten a` 6 h). Zum anderen macht die Arbeitszeit in kontaminierten Abwettern wiederum nur einen Bruchteil der Jahresarbeitszeit aus. Legt man einen Anteil von 12 % der Jahresarbeitszeit zugrunde, so ergibt sich eine JAZ, die das 0.06-fache des Planungsrichtwertes beträgt. Der Anteil von 12 % deckt alle derzeit absehbaren Arbeiten in kontaminierten Abwettern ab.

Die zulässige Aktivitätsabgaberate für Rn-222 errechnet sich daraus mit Hilfe der Gleichungen (1) und (2) nach

$$G = \frac{LR \cdot A_j \cdot JAZ_{max} \cdot 0.01 \cdot n_o}{AR \cdot a_t \cdot a_w}$$
 (3)

mit

A_j = verbleibender Anteil der JAZ, bezogen auf den Planungsrichtwert (= 0.94)

JAZ_{max} = Grenzwert der JAZ unter Berücksichtigung eines Gleichgewichtsfaktors von 0.3 (= 1.3 · 10⁷ Bq/a)

- a_t = maximale Arbeitszeit untertage (1 200 h), bezogen auf die der JAZ zugrunde gelegten Aufenthaltsdauer von 2 000 h (= 0.6)
- a_w = Anteil der Arbeitszeit in kontaminierten Abwettern (= 0.12)

Die zulässige Aktivitätsableitung für Rn-222 mit den Abwettern errechnet sich daraus zu

$$G_{Rn-222} = 1.9 \cdot 10^{12} \, Bq/a$$

Die für Abfallgebinde ohne Dichtigkeitsspezifikationen einlagerbare Aktivität pro Jahr bei unfixierten Abfällen beträgt damit 9°10¹⁰ Bq oder 9°10⁶ Bq pro Abfallgebinde, wenn man die Einlagerung von maximal 10 000 Abfallgebinden pro Jahr unterstellt.

