

# Bundesamt für Strahlenschutz

## Genehmigungsunterlagen

Konrad

EU 280.1

---

**Gesamte Blattzahl dieser Unterlage: 25 Blatt**

Die Übereinstimmung der ~~vorstehenden~~  
Abschrift - ~~auszugweisen~~ Abschrift -  
~~Fotokopie~~ - mit der Urschrift wird beglaubigt.

Hannover, den 15. Jan. 98



Deckblatt

Projekt	PSP-Element	Obj.Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite:
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	XAAXX	AA	NNNN	NN	I
9K			LA	RB	0008	02	Stand: 30.01.95
							EU 280.1

Titel der Unterlage:

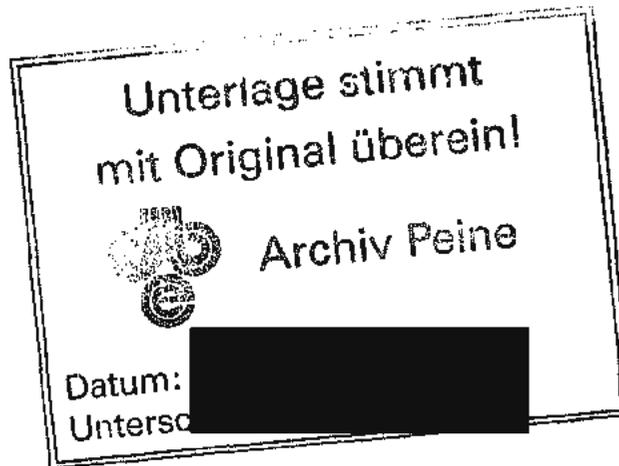
Endlager Konrad, Überwachungs- und Bilanzierungskonzept für die Ableitung radioaktiver Stoffe über Luft und Wasser

Ersteller:

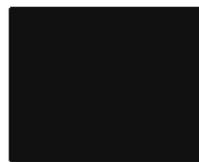
BfS

Textnummer:

Stempelfeld:



Freigabe für Behörden:



01.03.96

Datum und Unterschrift

Freigabe im Projekt:



01.03.96

Datum und Unterschrift

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 des BfS.

## Revisionsblatt

Projekt	PSP-Element	Obj Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev	Seite:	II
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNNNN	XAAXX	AA	NNNN	NN	Stand:	01.08.94
9K			LA	RB	0008	00		EU 280.1

Titel der Unterlage:

Endlager Konrad, Überwachungs- und Bilanzierungskonzept für die Ableitung radioaktiver Stoffe über Luft und Wasser

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer (Kürzel)	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision
01	01.10.94	ET2.3		18 19 22	S R	Inhaltliche Angleichung an EG 63 hinsichtlich Nachweisgrenzen
02	30.01.95	ET2.3		1 2 6 8 9 11 12 15 17 20 20 22 19	R V V R V R V R V V R V	Hinweis auf KTA allgemeiner gefaßt Verdeutlichende Formulierung der Randbedingung für die anschließende radiologische Betrachtung Verdeutlichung der Darstellung durch Ergänzung der Abbildungsunterschrift Wegfall Verweis auf Plan Zur Verdeutlichung Verweis auf EU 284 Literaturzitat aktualisiert Verdeutlichende Verbesserung durch Verweis auf EU 383 statt EU 283 Literaturzitat entfernt Wegfall von Tabelle wegen gleichen Inhalts wie beide Tabellen S. 21 Literaturverzeichnis aktualisiert Begriff Grubenwasser erläutert



\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
 Kategorie S = substantielle Revision  
 mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden

## Endlager Konrad

### Überwachungs- und Bilanzierungskonzept für die Ableitung radioaktiver Stoffe über Luft und Wasser

Erläuternde Unterlage (EU) 280.1, Rev.02  
Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Januar 1995



## Vorbemerkung

Diese Unterlage stellt einen Auszug (Kap. 1, 8 und 9) aus der EU 280 (BIS-ET-1B 28, Febr. 1991) dar. Sie wird im Planfeststellungsbeschluß festgeschrieben.

Bei der Übernahme der o.g. 3 Kapitel wurde in Teilen eine redaktionelle Überarbeitung vorgenommen, um eine Verdeutlichung der Sachaussagen zu erreichen. Diese Textpassagen sind mit einem einfachen Strich am rechten Seitenrand gekennzeichnet. Ferner wurden neben Druckfehlern Rechenfehler (mittlere Aktivitätskonzentration  $c$  und erforderliche Nachweisgrenze  $c(\text{NWGr})$  in Tab. 2.1 und Tab. 2.2 für I 129) beseitigt sowie eine Angleichung an die Inhalte der /EG 63/ vorgenommen (Kap. 3: nuklidspezifische  $\alpha$ -Messungen an den Grubenwässern mit Nachweisgrenzen; H 3-Messungen in den übertägigen Kontrollbereichswässern mit Nachweisgrenze). Die in Tab. 2.1 und Tab. 3.2 genannten Nachweisgrenzen  $c(\text{KTA})$  wurden den beiden genannten KTA-Regeln mit aktuellem Stand angepaßt.

02



## 1. Aktivitätsfreisetzung aus Abfallgebinden während der Handhabung

### Frage:

Im (Plan (Stand und Fassung 9/86) wird in Kap. 3.4.2.3 angegeben, daß in der Pufferhalle weniger als 1 % der Anzahl der in offenen Einlagerungskammern befindlichen Abfallgebinde gelagert werden. Wir bitten Sie, zu erläutern, wie Sie zu diesem Ergebnis kommen und weshalb damit auch der Beitrag der Aktivitätsfreisetzung bei übertägiger Lagerung in der Pufferhalle vernachlässigbar gering ist.

### Antwort:

Die Lagerkapazität der Pufferhalle ist durch folgende Randbedingungen gekennzeichnet:

Es gibt 154 Abstellpositionen (für Container bzw. Paletten). Davon können  $(2 \times 12 + 2 \times 13) = 50$  Positionen nur 1fach belegt werden. Der Rest von 104 Positionen kann mit Containern 2fach, mit Paletten 1fach belegt werden. Für die radiologische Auslegung wird - entsprechend einer Anlieferung von im Mittel 51 Transporteinheiten in 3 Schichten - zur Berücksichtigung unvorhersehbarer Störungen des Endlagerbetriebs und zeitlich ungleichmäßiger Abfallgebindeanlieferungen von einer mittleren Reserve von Abstellpositionen für 51 Transporteinheiten ausgegangen. (Festlegungen hinsichtlich der vom Endlagerer im Einzelfall maximal anzunehmender Abfallgebinde bleiben hiervon unberührt).

02

Daraus ergeben sich folgende Maximalbelegungen der Pufferhalle:

- a)  $104 \times 2 + 50 \times 1 - 51 = 207$  Container oder
- b)  $154 \times 1 - 51 = 103$  Paletten  $\leq 206$  zylindrische Gebinde oder
- c) Gemische aus a) und b).

Um eine bewertbare Vorstellung von der Aktivitätsfreisetzung bei dieser Maximalbelegung der Pufferhalle zu erhalten, wird modellhaft ein Vergleich mit der maximal zulässigen Freisetzung aus unversetzten Einlagerungsbereichen vorgenommen. Dieser modellhafte Vergleich ist abdeckend, weil der Beitrag der Freisetzung aus versetzten Bereichen (HT; C 14 in organischer Form) außer Acht bleibt. Die Zahlen aus a), b) und c) sind somit zu vergleichen mit 4.000 Gebinden, die im Modellszenario der Sicherheitsanalyse zur Ableitung der Garantiewerte als maximale, in unversetzten Bereichen lagernde Anzahl unterstellt sind /GRS 90a/.

Der modellhafte Vergleich liefert folgende Aussagen:



1. Wenn im zeitlichen Mittel nicht mehr als 40 Gebinde in der Pufferhalle lagern oder wenn die Bedingung

$$\sum_n \tau_n \leq 40$$

erfüllt ist (Anzahlbilanzierung), ist gewährleistet, daß im Mittel nicht mehr als 1 % von 4000 in unversetzten Einlagerungsbereichen lagernden Abfallgebinden in der Pufferhalle lagert.

Es bedeuten:

n = laufende Nummer der in einem Jahr zur Pufferung'kommenden Abfallgebinde

$\tau_n$  = Bruchteil eines Jahres, in dem das Abfallgebinde n gepuffert wird

Sofern diese Abfallgebinde mit ihrem Aktivitätsgehalt  $A_i$  sämtlich unter den betreffenden Garantiewerten  $A_i^G$  liegen, ist somit durch die o.g. Anzahlbilanzierung auch gewährleistet, daß die jährliche Aktivitätsfreisetzung aus der Pufferhalle weniger als 1 % der Antragswerte beträgt.

2. Wenn Abfallgebinde mit Aktivitätsinhalten oberhalb der Garantiewerte gepuffert werden sollen, wird durch eine vorgängige **Aktivitätsbilanzierung**, in welche die Pufferzeit  $\tau$  eingeht und deren Ergebnis in der Abruflogistik berücksichtigt wird, gewährleistet, daß in der Pufferhalle pro Jahr weniger als 1 % der in unversetzten Einlagerungsbereichen maximal lagerbaren Aktivität lagert. Die jährliche Freisetzung aus der Pufferhalle beträgt daher ebenso weniger als 1 % der jährlichen Antragswerte aus dem Endlagerbergwerk:

$$\sum_n A_{in}(f,k,p) \cdot \tau_{in} \leq 40 \cdot A_i^G(f,k,p)$$

Es bedeuten:

n laufende Nummer der in einem Jahr zur Pufferung bzw. Endlagerung kommenden Abfallgebinde, die das Radionuklid/die Radionuklidgruppe i enthalten.

i Index für das Radionuklid/die Radionuklidgruppe i

$A_{in}(f,k,p)$  in einem Abfallgebinde Nr. n enthaltene Aktivität bzw. Garantiewert des Radionuklids/der Radionuklidgruppe i, vorliegend in der physikalisch-chemischen Form f, in einem Behälter mit dem jährlichen Durchlässigkeitsfaktor k und in der Abfallproduktgruppe p.

$A_i^G(f,k,p)$

$\tau_{in}$  Bruchteil eines Jahres, in dem das Abfallgebinde Nr. n mit der Aktivität  $A_{in}$  gepuffert wird.



In das Zechenbuch/Betriebshandbuch werden Regelungen über die Anzahl- und Aktivitätsbilanzierung in der Pufferhalle und ihren Einfluß auf die Belegung aufgenommen. Wenn dadurch gewährleistet ist, daß die jährliche Freisetzung aus der Pufferhalle (+ Umschlagshalle) weniger als 1 % der Antragswerte beträgt, ist gleichzeitig gewährleistet, daß die potentielle jährliche Strahlenexposition durch Aktivitätsableitung über den Kamin vernachlässigbar klein ist. Das ist dadurch begründet, daß die atmosphärischen Ausbreitungsverhältnisse über Kamin und Diffusor praktisch gleich sind. Der kleinere Abstand des Kamins zum Zaun bewirkt zwar, daß für einige Expositionspfade bis zum Faktor 3 höhere potentielle Strahlenexpositionen auftreten können, verglichen mit dem Diffusor sowie bezogen auf gleiche Aktivitätsableitung und jeweils ungünstigste Einwirkungsstelle. Da beide ungünstigste Einwirkungsstellen jedoch nicht zusammenfallen, gilt die Aussage, daß die durch Aktivitätsableitung über den Kamin hervorgerufene potentielle Strahlenexposition in der Umgebung vernachlässigbar ist gegenüber derjenigen, die durch die Antragswerte (Diffusor) bestimmt wird.



**2. Konzept für eine Bilanzierung der mit den Abwettern/der Abluft abzuleitenden radioaktiven Stoffe in Verbindung mit einem Konzept zur Überwachung der Grubenwetter/der Raumluft und der Personendosis.**

Das Bilanzierungskonzept einschließlich der Grenzwerte für die Gesamtableitung und der Richtwerte (1 %) für die Ableitung über den Kamin wird nach Planfeststellungsbeschluß in das Zechenbuch /Betriebshandbuch aufgenommen.

**2.1 Ableitung**

Grundsätzlich erfolgt die Messung der Aktivität der abgeleiteten, künstlichen radioaktiven Stoffe nuklid- bzw. nuklidgruppenspezifisch. Dadurch ist weitestgehend sichergestellt, daß wegen der relativ geringen Grundbelastung der Wetter durch die Radionuklide H 3, C 14, I 129 sowie der langlebigen Aerosole - mit der eindeutigen Ausnahme von Rn 222 bzw. dessen Folgeprodukten - eine Bilanzierung der künstlichen, aus den Abfällen freigesetzten Radionuklide erfolgt. Um auszuschließen, daß bei den langlebigen Aerosolen bereits in der Luft (Frischwetter) vorhandene Grundbelastung als künstliche Radioaktivität aus den Abfällen mitbilanziert wird, können die Ergebnisse der Referenzmeßstelle der Umgebungsüberwachung zur Auswertung mit herangezogen werden.

Die vorgesehenen Möglichkeiten der Bilanzierungsmessungen sind in /EU 281 und EU 282/ dargelegt. Im folgenden wird begründet, welche Bilanzierungszeiträume vorgesehen sind und welche Nachweisgrenzen zu realisieren sind.

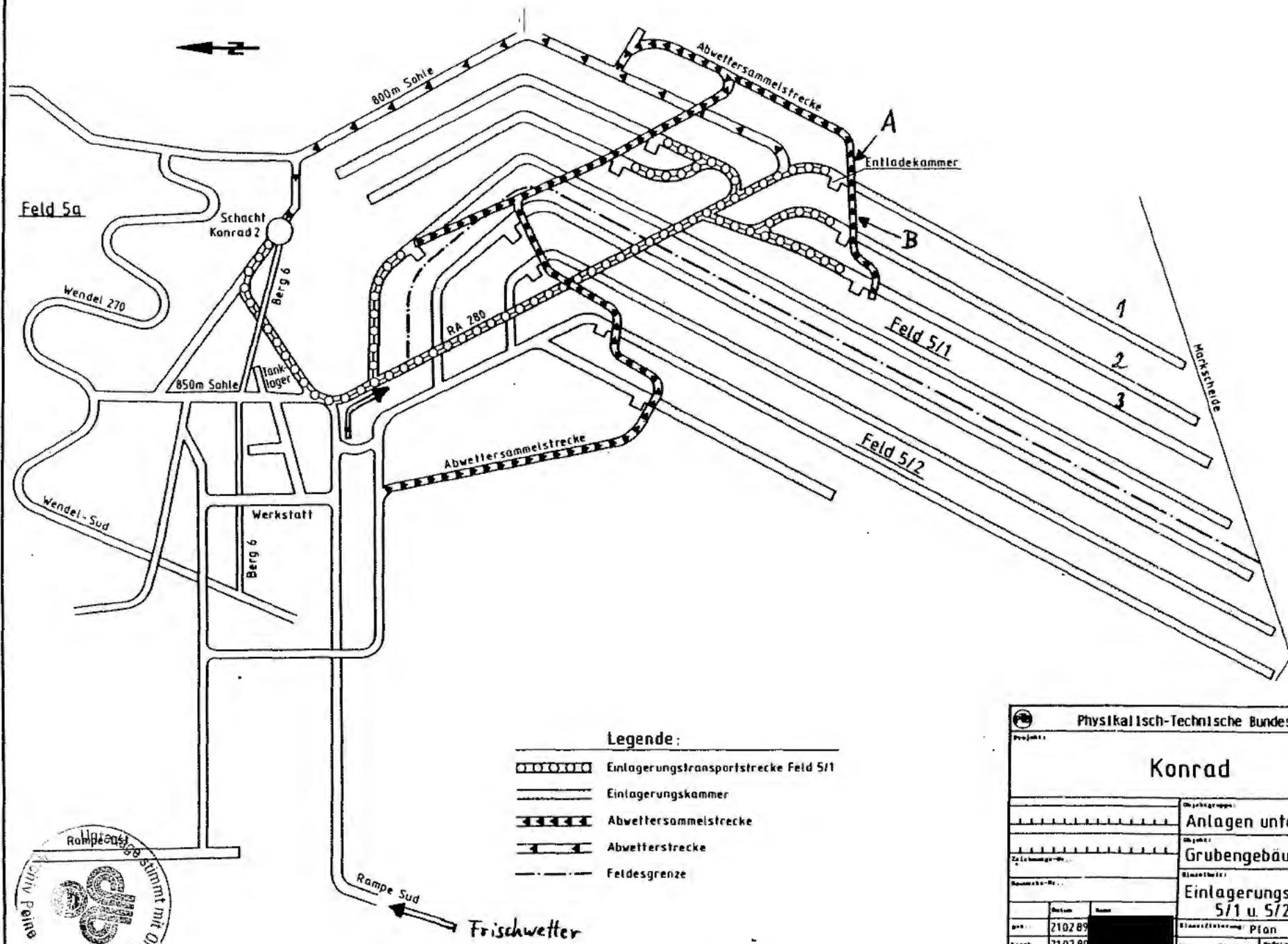
**Abwetter**

Das Konzept wird beispielhaft für den Betriebsfall "Einlagerung in Feld 5/1 (Kammern 1 bis 3) und Auffahrung von Feld 5/2" dargestellt, vgl. Abb. 2.1. Für die später folgenden Betriebsfälle wird entsprechend verfahren.

Die Tabelle 2.1 zeigt die bei voller Ausschöpfung der Antragswerte sich ergebenden mittleren Aktivitätskonzentrationen in den Abwettern, die vorgesehenen Bilanzierungszeiträume einschließlich Meßmethodik und die anzustrebenden Nachweisgrenzen. Bilanzierungszeiträume und Nachweisgrenzen ergeben sich aus folgender Überlegung:

Aufgrund der hohen Konservativitäten in der Aktivitätsfreisetzungs- und Aktivitätsfluß-Analyse wird erwartet, daß die Jahresantragswerte zur Ableitung radioaktiver Stoffe nur wenig ausgeschöpft werden. Die Schwankung in der Höhe der Ableitung wird ebenfalls relativ gering sein, da eine große Anzahl





- Legende:**
- Einlagerungstranstrecke Feld 5/1
  - Einlagerungskammer
  - Abwetersammelstrecke
  - Abwetterstrecke
  - Feldesgrenze



Abb. 2.1: Prinzipdarstellung für das Bilanzierungskonzept

Physikalisch-Technische Bundesanstalt			
Projekt: <b>Konrad</b>			
Objektgruppe: <b>Anlagen unter Tage</b>			
Objekt: <b>Grubengebäude</b>			
Klassifizierung: <b>Einlagerungsfelder 5/1 u. 5/2</b>			
Klassifizierungsplan			
art:	2102 89	Abwetter:	Anteil:
baub:	2102 89	Verdichtungs:	Schema:
gesamt:	2102 89	Behälter mit:	3 2 4 2/5
Auftraggeber: Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE)		Zeichnungsnummer: OBE/T-P	

Radionuklid RN-Gruppe	$\bar{c}$ Bq/m <sup>3</sup>	t	c(NWGR) Bq/m <sup>3</sup>	Meßmethode	c(KTA) Bq/m <sup>3</sup>
H 3	$1,9 \cdot 10^3$	1/M	$1,9 \cdot 10^2$	LSC/Sammelprobe	$1 \cdot 10^3$
C 14	$4,7 \cdot 10^1$	1/M	$4,7 \cdot 10^0$	LSC/Sammelprobe	-
I 129	$9,4 \cdot 10^{-4}$	1/V	$9,4 \cdot 10^{-5}$	ext./Sammelprobe	-
Rn 222	$2,4 \cdot 10^2$	1/2M	$2,4 \cdot 10^1$	passive Dosimeter	-
				Differenzmessung	
$\beta/\gamma$ -Aerosole	$9,3 \cdot 10^{-3}$	1/M	$9,3 \cdot 10^{-4}$	} $\gamma$ -Spektro- metrie	$2 \cdot 10^{-2}$
Cs 137	$4,4 \cdot 10^{-3}$	1/M	$4,4 \cdot 10^{-4}$		(Co 60)
Sr 90	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1/V	$2,5 \cdot 10^{-4}$	LL/radiochem Abtr.	$1 \cdot 10^{-3}$
$\alpha$ -Aerosole	$4,8 \cdot 10^{-4}$	1/V	$4,8 \cdot 10^{-5}$	LL/Sammelprobe	$5 \cdot 10^{-3}$
					(Am 241)
Radon-Folge- produkte*)	$ca. 8 \cdot 10^1$	1/M	$ca. 8 \cdot 10^0$	Schrittfilter/ $\beta$ -Detektion	

\*) Bei einem Gleichgewichtsfaktor für die Folgeprodukte von ca. 0,3  
 Zeichenerklärung: 1/M = monatlich, 1/2M = 2-monatlich, 1/V = vierteljährlich;  
 LL = Low Level-Messung, LSC = Liquid Scintillation Messung

Tab.2.1: Mittlere Aktivitätskonzentrationen  $\bar{c}$  (Diffusor) bei 100 %  
 Ausschöpfung der Antragswerte, vorgesehene Bilanzierungs-  
 zeiträume t, anzustrebende Nachweisgrenzen c(NWGR) =  
 $0,1 \cdot \bar{c}$ , Meßmethoden und zum Vergleich Nachweisgrenzen gemäß  
 KTA 1503.1.

von Abfallbinden zur Freisetzung beiträgt (Herausmittlung unterschiedlicher Abfallbinde-eigen-  
 schaften), auch im Falle eines gerade versetzten Kammerabschnittes, da in mehr als einer Kammer  
 gleichzeitig eingelagert wird. Wird dennoch eine Schwankung der Ableitungsrate im Wochenbereich  
 um den Faktor 2 und eine 10%ige Ausschöpfung der Antragswerte unterstellt, so erscheint es  
 angemessen, für die "sehr flüchtigen" radioaktiven Stoffe H 3, C 14, Rn 222 eine monatliche (M)  
 Bilanzierung und für die restlichen, weniger flüchtigen radioaktiven Stoffe eine vierteljährliche (V)  
 Bilanzierung vorzunehmen sowie eine Nachweisgrenze von ca. 10 % der jeweiligen mittleren Aktivi-  
 tätskonzentration bei 100 %iger Ausschöpfung der Antragswerte anzustreben. Bei der Gruppe der  
 Beta/Gamma-Aerosole kann eine Bilanzierung durch Gammaskopie auch monatlich erfol-  
 gen. Die in der Tabelle 2.1 aufgeführten Nachweisgrenzen können mit der vorgesehenen Instrumen-  
 tierung /EU 281/ erreicht werden.



Hinsichtlich Rn 222 gilt die Bilanzierung zunächst für die Summe aus natürlichen (Gestein) und künstlichen (Abfallgebinde) Quellen. Für die Unterscheidung ist folgendes gestufte Vorgehen geplant:

Als natürlicher Anteil der Ableitung wird zunächst der Wert angegeben, der sich aus den langjährigen Beweissicherungsmessungen bis zum Beginn der Abfallgebinde-Einlagerung ergibt. Er liegt (78 Messungen 9/87 bis 11/90 mit passiven Rn-Dosimetern im 2-Monats-Rhythmus) bei  $(3,19 \pm 0,11) \cdot 10^{11}$  Bq/2M oder bei  $(1,91 \pm 0,07) \cdot 10^{12}$  Bq/a. Auch die Messung der kurzlebigen Folgeprodukte mit einem Schrittfiltergerät wird z.Zt. erprobt und bis zum Einlagerungsbeginn beweisichernde Werte der Ableitung aus natürlichen Quellen (Grundbelastung) liefern. In einem ersten Schritt werden diese eben beschriebenen Beweissicherungswerte als Grundbelastung von den aktuell ermittelten Summenwerten subtrahiert.

Beiträge aus künstlichen Quellen können somit erfaßt werden, wenn sie deutlich über der Schwankung des natürlichen Beitrags von etwa  $\pm 1 \cdot 10^{10}$  Bq/2M liegen.

Um mögliche langfristige Änderungen in der Grundbelastung zu erfassen bzw. eine genauere Aussage zum künstlichen Anteil zu ermöglichen, wird ergänzend der Anteil der Radonableitung bzw. Radonfolgeproduktableitung gesondert ermittelt, der aus Abfallgebinden in nicht versetzten Kammerbereichen stammt. Dazu wird (Erfassung des Radons) in jeder in Befüllung befindlichen Einlagerungskammer des Feldes 5/1 in den Frischwetter (Kammermund bzw. Wendenische für Stapelfahrzeug) durch ein passives Radondosimeter die 2-monatliche Grundbelastung ermittelt /EU 282/. In der Abwettersammelstrecke werden ebenfalls passive Radondosimeter derart positioniert, daß sie die Gesamtradonbelastung aus jeder in Befüllung befindlichen Einlagerungskammer erfassen. Bei z.B. gleichzeitiger Einlagerung in den Kammern 1 und 2 (s. Abb. 2.1) werden passive Radondosimeter an den Stellen A und B positioniert: B erfaßt die Gesamtradonbelastung der Abwetter der Kammer 2, A die Summe der Gesamtradonbelastung der Kammern 1 und 2, A-B die der Kammer 1. Durch Differenzbildung der jeweiligen Meßwerte in den Abwettern und Frischwettern ergeben sich die Radonbeiträge aus den Abfallgebinden.

Hinsichtlich der Genauigkeit gilt folgendes: Die Frischwetter werden den Einlagerungskammern des Feldes 5/1 über die 1100 m-Sohle und die Rampe Süd zugeführt. Aufgrund der bisherigen Messungen weisen sie (Meßorte Rampe Süd bzw. Werkstatt) eine mittlere Grundbelastung von  $(95 \pm 13)$  Bq/m<sup>3</sup> auf (mittlerer statistischer Auswertefehler 23 %) bei Volumenströmen von ca. 80 m<sup>3</sup>/s. Im späteren Betrieb (Einlagerung Feld 5/1) sind Frischwetterströme in der 1100 m-Sohle von ca. 95 m<sup>3</sup>/s vorgesehen. Eine Radonfreisetzung von  $1 \cdot 10^{11}$  Bq/a (künstlich) aus einer in Befüllung befindlichen Kammer (ca. 5 % des Antragswertes) ergibt bei einer Bewetterungsrate der Kammern von 23 m<sup>3</sup>/s eine mittlere künstliche Radonkonzentration von  $(3,18 \cdot 10^3 \text{ Bq/s}) / (23 \text{ m}^3/\text{s}) = 1,38 \cdot 10^2 \text{ Bq/m}^3$  in den Abwettern der Kammer. Es würde also eine gegenüber der mittleren Frischwetterkonzentration von  $(95 \pm 13)$  Bq/m<sup>3</sup> deutlich höheren Radonkonzentration von ca. 233 Bq/m<sup>3</sup> in der Abwettersammelstrecke (Meßstelle B) auftreten, die eindeutig einer Radonfreisetzung aus Abfallgebinden zugeordnet werden könnte. Somit ist es mit dieser Methode möglich, auch für Radon die o.g. anzustrebende Nachweisgrenze zu erreichen, die einer Ausschöpfung des Antragswertes von 10 % entspricht.

| 02



Das Ziel der Aktivitätsbilanzierung der über den Diffusor abgeleiteten radioaktiven Stoffe, der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte für die Ableitung, wird erreicht.

### Fortluft

Die Aktivitätsbilanzierung der über den Kamin abgeleiteten radioaktiven Stoffe erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den Abwettern, siehe /EU 282/. Die vorgesehenen Bilanzierungszeiträume und Nachweisgrenzen sind in Tab. 2.2 aufgeführt. Sie ergeben sich aus folgender Überlegung:

Durch eine Mengen- bzw. Aktivitätsbegrenzung in der Pufferhalle (Kap. 1 dieses Berichtes) ist gewährleistet, daß theoretisch die Ableitung radioaktiver Stoffe über den Kamin auf 1 % der Antragswerte begrenzt ist. Die Bilanzierung der abgeleiteten Aktivität hat deshalb so zu erfolgen, daß die Einhaltung dieses Richtwertes der Ableitung gezeigt werden kann. Hinsichtlich der Nachweisgrenzen gilt folgendes:

Die gesamte Abluflrate über den Kamin ist Schwankungen unterworfen aufgrund wechselnder Betriebszustände der Teilanlagen /EU 383/: Die RLT-Anlage Pufferhalle (ca.  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ) wird höchstens bei Einlagerungsbetrieb und Frost, die der Umladehalle (ca.  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ ) bei Einlagerungsbetrieb und Frost, der Rest außer Labor und Ladestation (ca.  $22 \text{ m}^3/\text{s}$ ) entweder bei Einlagerungsbetrieb und Frost oder bei Bedarf betrieben. Die RLT-Anlagen Labor und Ladestation (mit ca.  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  nur ca. 3 % der gesamten, möglichen Abluflrate) werden im Dauerbetrieb gefahren. Insgesamt gesehen sind die RLT-Anlagen mit ca.  $74 \text{ m}^3/\text{s}$  somit an höchstens ca.  $(230 \cdot 8/24) / 365 + \text{Frostta-geanteil} \approx 20 \% + 5 \% = 25 \%$  der Zeit des Jahres in Betrieb. Die über das Jahr gemittelte Lüftungsrate von somit ca.  $18,5 \text{ m}^3/\text{s}$  beträgt ca. 7 % der Bewetterungsrate über den Diffusor von maximal  $260 \text{ m}^3/\text{s}$  /EU 284 Blatt 15 und Anlage 2/. Da der Richtwert für die jährliche Aktivitätsableitung über den Kamin 1 % der Antragswerte beträgt, kann somit von mittleren Aktivitätskonzentrationen im Kamin von  $0,01/0,07 \approx 14 \%$  der mittleren Konzentration im Diffusor ausgegangen werden. Vor dem Hintergrund, daß für die Aktivitätsbilanzierung über den Diffusor Nachweisgrenzen von  $1/10$  der maximalen mittleren Konzentration angestrebt werden (s.o.), beim Kamin wegen der Kleinheit des Quellterms es jedoch ausreicht, die mittleren Konzentrationen selbst zu erfassen, kann davon ausgegangen werden, daß mit praktisch der gleichen Instrumentierung wie am Diffusor die erforderlichen Nachweisgrenzen erreicht werden. Für Rn 222 wird eine beweisichernde Messung an geeigneter Stelle im Frischluft-Strom vorgenommen, um den natürlichen Anteil der Umgebung zu erfassen.

102

### Gesamtbilanzierung

Das Gesamtbilanzierungskonzept sieht somit eine getrennte nuklid- bzw. nuklidgruppenspezifische Bilanzierung der Ableitungen über den Diffusor und den Fortluftkamin vor. Die Summe der Ableitungen darf die Antragswerte bzw. die genehmigten Ableitungsgrenzwerte nicht überschreiten. Dabei wird als Richtwert für die maximal zulässige Ableitung mit der Fortluft über den Kamin für



jedes Radionuklid bzw. jede Radionuklidgruppe ein Wert von 1 % des jeweiligen Antragswertes angesehen. Kriterium ist, daß die in den Antragsunterlagen angegebene potentielle maximale Strahlenexposition (Höhe, Ort) ihre Gültigkeit behält und die Beiträge durch Ableitung über den Kamin demgegenüber klein sind.

Diese begrenzten Ableitungen über den Kamin können durch eine geeignete Begrenzung der Pufferhallenbelegung erreicht werden, vgl. Kap. 1. Mit der Bilanzierung der Ableitungen über den Kamin wird der Nachweis einer auf ca. 1 % begrenzten Ableitung über den Kamin erbracht und die Einhaltung des o. a. Kriteriums gewährleistet.

Radionuklid RN-Gruppe	$\bar{c}$ Bq/m <sup>3</sup>	t	c(NWGR) Bq/m <sup>3</sup>	Meßmethode
H 3	$2,7 \cdot 10^2$	1/M	$1,9 \cdot 10^2$	LSC/Sammelprobe
C 14	$6,7 \cdot 10^0$	1/M	$4,7 \cdot 10^0$	LSC/Sammelprobe
I 129	$1,3 \cdot 10^{-4}$	1/V	$9,4 \cdot 10^{-5}$	ext./Sammelprobe
Rn 222	$3,4 \cdot 10^1$	1/2M	$2,4 \cdot 10^1$	passive Dosimeter Differenzmessungen
$\beta/\gamma$ -Aerosole	$1,3 \cdot 10^{-3}$	1/M	$9,3 \cdot 10^{-4}$	} $\gamma$ -Spektrometrie
Cs 137	$6,3 \cdot 10^{-4}$	1/M	$4,4 \cdot 10^{-4}$	
Sr 90	$3,6 \cdot 10^{-4}$	1/V	$2,5 \cdot 10^{-4}$	
$\alpha$ -Aerosole	$6,9 \cdot 10^{-5}$	1/V	$4,8 \cdot 10^{-5}$	LL/radiochem. Abtr. LL/Sammelprobe
Radon-Folgeprodukte*)	ca. $1,1 \cdot 10^1$	1/M	ca. $8 \cdot 10^0$	Schrittfilter/ $\beta$ -Detektion

\*) Bei einem Gleichgewichtsfaktor für die Folgeprodukte von ca. 0,3

Zeichenerklärung: 1/M = monatlich, 1/2M = 2-monatlich, 1/V = vierteljährlich;  
LL = Low Level-Messung, LSC = Liquid Scintillation Messung

Tab. 2.2 Mittlere Aktivitätskonzentrationen  $\bar{c}$  (Kamin) bei voller Ausschöpfung der 1 Z-Richtwerte für die Ableitung, vorgesehene Bilanzierungszeiträume t, anzustrebende Nachweisgrenzen c(NWGR) und Meßmethoden



## 2.2 Ermittlung der Personendosis einschließlich Raumluft- und Wetterüberwachung.

Die natürliche Strahlenexposition  $D_{nat.}$  des Personals (unter Tage) setzt sich zusammen aus der äußeren Exposition  $D_{nat.}$  (1) durch Bestrahlung aus natürlich vorkommenden Radionukliden im Gestein und in den Wettern (Radionuklide der Th- und der U-Ra-Zerfallsreihe) sowie der inneren Exposition durch Inhalation der im Staub der Wetter auftretenden natürlichen Radionuklide (Nuklide der Th- und der U-Ra-Zerfallsreihe),  $D_{nat.}$  (2), und des in den Wettern befindlichen (gasförmigen) natürlichen Radons ( $Rn$  220,  $Rn$  222) einschließlich seiner kurzlebigen Folgeprodukte,  $D_{nat.}$  (3).

Die künstliche Strahlenexposition  $D$  des Personals setzt sich zusammen aus der äußeren Exposition  $D$  (1) durch Bestrahlung aus den gehandhabten und gelagerten radioaktiven Abfallgebinden sowie der inneren Exposition  $D$ (2) durch Inhalation von solchen flüchtigen radioaktiven Stoffen, die aus den Abfallgebinden freigesetzt werden.

### Äußere Strahlenexposition

$D_{nat.}$  (1) liegt nach den Angaben in der /PTB 88/ unter Tage bei Werten bis zu 0,225 mSv/a und über Tage bis ca. 0,09 mSv/a.  $D$ (1) beträgt den Planungen entsprechend im Mittel deutlich weniger als 5 mSv/a, liegt für die relevanten Arbeitsplätze (Einzeldosis) bei ungestörtem Betrieb unter 5 mSv/a, kann aber in Einzelfällen theoretisch sehr viel dichter an dem Grenzwert von 50 mSv/a für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A liegen.

Meßtechnisch kann im Betrieb nicht unterschieden werden zwischen  $D_{nat.}$  (1) und  $D$ (1). Es ist daher sinnvoll, die mit dem amtlichen Dosimeter ermittelte Dosis durch äußere Bestrahlung wegen der relativen Geringfügigkeit von  $D_{nat.}$  (1) als die zu bilanzierende Dosis durch äußere Bestrahlung  $D$  (1) anzusehen.

### Innere Strahlenexposition

Nach Angaben in /PTB 88/ liegt unter Tage  $D_{nat.}$  (2) bei ca. 0,08 mSv/a,  $D_{nat.}$  (3) kann bis zu ca. 3,7 mSv/a betragen (alles effektive Äquivalentdosen).  $D$ (2) ist aufgrund der Gestaltung der Betriebsabläufe unter und über Tage auf ca. 0,5 mSv/a effektive Äquivalentdosis begrenzt.

Grundsätzlich werden die inneren Strahlenexpositionen aus gemessenen Werten der Aktivitätskonzentration der Wetter/der Luft ermittelt. Für  $D_{nat.}$  (2) ist es wegen der relativ geringen Höhe ausreichend, in Abständen eine Staubkonzentrationsmessung an geeigneten Orten unter Tage vorzunehmen und die Aktivität dieser Staubproben zu bestimmen. Für die Ermittlung von  $D$ (2) wird in Abständen in den Abwetterstrecken der Einlagerungskammern und an weiteren sinnvollen Örtlichkeiten wie Schacht 2, Bereich zwischen saugender Lutte und Abfallgebindestapel einer Einlagerungskammer oder Pufferhalle die Aktivitätskonzentration gemessen. Eine diskontinuierliche Messung ist ausreichend, da schnelle Änderungen der Aktivitätskonzentration aufgrund der Eigenschaften der Abfallgebinde nicht zu erwarten sind. Die Messungen erfolgen getrennt für Tritium, C 14 (mobile Molekularsiebsammler).



|02

|02

(mobile Aktivkohlefilter), langlebige Aerosole (Festfilter, Schrittfilterbänder u. T.: low level-Messungen und  $\gamma$ -Spektrometrie).

Für  $D_{\text{nat.}}$  (3) und den Radonanteil an D (2) gilt folgendes:

Unter Tage kann im überwiegenden Teil des Grubengebäudes die Strahlenexposition durch natürliches Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte  $D_{\text{nat.}}$  (3) entweder indirekt durch ortsfeste oder direkt durch personengebundene passive Radondosimeter ermittelt werden. Lediglich für Personal, das sich zeitweise auch an Orten aufhält, an denen zusätzliche, abfallbedingte Radonkonzentrationen auftreten (Abwetterstrecken der Einlagerungskammern, Schacht 2, Bereich zwischen Gebindestapel und saugender Lutte), wird durch diese Radondosimeter die **Summe** aus natürlicher und künstlicher Radonexposition ermittelt. Eine Unterscheidung in natürliche und künstliche Strahlenexposition kann in diesen Fällen nur genähert mit Hilfe der unter 2.1 beschriebenen Differenzmessungen mit ortsfesten Geräten erfolgen.

Über Tage (Pufferhalle) treten theoretisch maximal (Freisetzung von  $1,9 \cdot 10^{10}$  Bq/a Rn 222 aus den gepufferten Abfallgebänden) bei laufender Lüftung (ca.  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  Abluftstrom) im Mittel ca.  $5,2 \cdot 10^1 \text{ Bq/m}^3$  an abfallbedingter Radonkonzentration auf. Während der Puffervorgänge soll die Lüftungsanlage abgeschaltet werden, vgl. /EU 383, Blatt 31 und 31a/. Dadurch können theoretisch /EU 283, Kap. 3/ bei einer 6 h Ausschaltung Radonkonzentration bis zu ca.  $13 \cdot 5,2 \cdot 10^1 = 6,76 \cdot 10^2 \text{ Bq/m}^3$  auftreten. Der tatsächliche, mittlere abfallbedingte Konzentrationswert wird zwischen beiden Werten liegen. Mit einem passiven, ortsgelassenen Radondosimeter kann die Summe aus natürlich- und abfallbedingter mittlerer Radonkonzentration gut ermittelt und zu dem anderweitig ermittelten mittleren natürlichen Konzentrationswert in Relation gesetzt werden. Zusätzlich werden Messungen der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte mit einem Schrittfiltergerät durchgeführt, um u.a. auch Aussagen über den Gleichgewichtsfaktor zu erhalten.

Für die **Bilanzierung** zum Nachweis der Einhaltung der Dosisgrenzwerte ist nach den o. g. Ausführungen folgende Vorgehensweise sinnvoll: D(2) ohne den Radonanteil wird aus den Messungen der mittleren Aktivitätskonzentrationen von H 3, C 14, I 129 und langlebigen Aerosolen in den Wettern (s. o.) und in der Pufferhalle unter Berücksichtigung der Aufenthaltszeiten an diesen Orten ermittelt. Der relativ geringe Anteil an Grundbelastung kann durch gesonderte Messungen im Frischwetterstrom bzw. in der Zuluft ermittelt werden.

**Der zu bilanzierende Radonanteil an D(2) ergibt sich genähert aus den Meßergebnissen der ortsfesten oder - soweit eingesetzt - der personengebundenen, passiven Radondosimeter unter Abzug des natürlichen Anteils.** Der Abzug gestaltet sich sehr unterschiedlich:

Für Personen, die regelmäßig einer abfallbedingten Radonexposition ausgesetzt sind oder sein können (Personen im Schacht 2, Abwetterstrecken der Einlagerungskammern, Einlagerungspersonal, Versatzpersonal in den Einlagerungskammern, Luttens- und Beleuchtungsabbau-Personal) werden personengebundene, passive Radondosimeter vorgesehen, soweit sich deren Einsatz als sinnvoll erweist. Bei einer Entscheidung für den Einsatz personengebundener statt ortsfester Radondosimeter muß in jedem Fall der Nachteil der erforderlichen Differenzmessung zur Erfassung des Expositionsanteils außer Acht gelassen werden.



Arbeitszeit sowie der Nachteil des höheren Aufwandes gegen den Nachteil der Nichtübereinstimmung von Personenaufenthaltszeit und Expositionszeit der ortsfesten Dosimeter abgewogen werden.

Der Abzug der natürlichen Komponente ergibt sich dann für Personen mit Arbeitsaufenthalt in den Abwetterstrecken oder im Schacht 2 genähert durch geeigneten Vergleich mit den Meßwerten ortsfester Radondosimeter an diesen Orten, an Orten, die den Einlagerungskammern wettertechnisch vorgeschaltet sind bzw. die im Schacht vor Einmündung der Abwetersammelstrecke liegen und an solchen Orten, an denen das Personal sich sonst aufhält, unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltszeiten. Bei den übrigen genannten Personen (Einlagerungskammern) ergibt sich der Abzug der natürlichen Komponente durch Vergleich vorwiegend mit den Meßwerten der ortsfesten Radondosimeter in den Frischwettern der Einlagerungskammern, soweit die Personen sich nicht auch an Orten mit wesentlich anderem natürlichem Radonpegel aufhalten.

**Für das übertätig arbeitende Personal (Pufferhalle, Umladehalle) wird der Radonanteil an D(2) aus den Ergebnissen örtlicher Messungen (passive Dosimeter, Schrittfiltergeräte) genähert ermittelt unter Berücksichtigung von Aufenthaltszeiten und für die Bilanzierung zum Nachweis der Einhaltung der Dosisgrenzwerte verwendet.**

Die natürlichen Strahlenexpositionen  $D_{nat. (2)}$  und  $D_{nat. (3)}$  (Radon) werden nicht zur Bilanzierung zwecks Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte gemäß § 49 StrlSchV herangezogen. Ihre Ermittlung erfolgt unter dem Aspekt eines konsequenten Strahlenschutzes, z.B. aus den oben angesprochenen Staubmessungen ( $D_{nat. (2)}$ ) sowie durch orts- und personengebundene passive Radondosimeter und aus Messungen mobiler Schrittfiltergeräte ( $D_{nat. (3)}$ ).



### 3. Konzept für eine Entscheidungsmessung an Grubenwässern und Wässern aus dem übertägigen Kontrollbereich vor ihrer Ableitung in Verbindung mit einem Bilanzierungskonzept

Dieses Konzept einschließlich der Grenzwerte für die Ableitung wird nach erfolgter Planfeststellung in das Zechenbuch/Betriebshandbuch übernommen. Eine Übersicht über die im folgenden verwendeten Antragswerte und Konzentrationswerte (Mittelwerte) ist im Anhang gegeben.

#### Ableitungsmodus für die Grubenwässer und die Wässer aus dem übertägigen Kontrollbereich

Die kontrollierte Ableitung der Grubenwässer und der Wässer aus dem übertägigen Kontrollbereich soll durch die Einhaltung zeitproportionaler Aktivitätsgrenzwerte gesteuert werden. Das kleinste Zeitintervall, für das Grenzwerte der ableitbaren Aktivität vorgesehen sind, beträgt 2 Wochen. Ausgehend von den Jahres-Antragswerten für die Ableitung mit den Wässern (H 3:  $7,4 \cdot 10^{12}$  Bq/a; Radionuklidgemisch:  $7,4 \cdot 10^8$  Bq/a) wird unter Anbringung eines Zuschlagfaktors 2 zur Berücksichtigung von Schwankungen  $2 \cdot 1/26 = 1/13$  der Jahres-Antragswerte als Grenzwert für die 14-tägige Aktivitätsableitung festgelegt:

- H 3:  $6 \cdot 10^{11}$  Bq/2 Wochen (1)
- Radionuklidgemisch  $6 \cdot 10^7$  Bq/2 Wochen (2)

Die in (1) und (2) aufgeführten 2 Wochen-Grenzwerte dürfen in der Regel nicht ausgeschöpft werden um zu gewährleisten, daß die Jahres-Antragswerte eingehalten werden.

Durch die 14-Tage-Begrenzung der Aktivitätsableitung ist eine weitgehend gleichmäßige Aktivitätsbeschickung des Pufferbeckens gegeben. Die Ableitung aus dem Pufferbecken erfolgt quasi-kontinuierlich (siehe Systembeschreibung Grubenwasserentsorgung).

#### Entscheidungsmessungen

Die Aktivität der  $\alpha$ -Strahler ist nur mit ca. 4 % im erwarteten Modellspektrum (ohne H 3) der aus den Abfällen stammenden Radionuklide vertreten. Da das Leitnuclid Cs 137, das ca. 40 % der Aktivität des erwarteten Modellspektrums ausmacht, in einer gamma-spektrometrischen Entscheidungsmessung gut erfaßt wird, kann das Ergebnis der Messung von Cs 137 als signifikant und geeignet für die Beurteilung der Aktivität der Wässer im Hinblick auf ihre Ableitung angesehen werden. Aus diesem Grunde wird die Messung von Cs 137 an einer repräsentativen Mischprobe aus dem Übergabebehälter der Grubenwasser-Übergabestation, der Übergabestation für die Diffusorwässer oder der Übergabestation für die Wässer aus dem übertägigen Kontrollbereich als Entscheidungsmessung für das Nuklidgemisch deklariert. Entsprechend dem 40 %-igen Anteil im Modellspektrum darf bei der Ableitung in einem 2-Wochenbereich eine Cs 137-Aktivität von  $2,4 \cdot 10^7$  Bq nicht überschritten werden. Unabhängig davon darf bei der Ableitung von Wässern aus dem übertägigen Kontrollbereich, von Grubenwässern oder von Diffusorwässern in einem 2-Wochenbereich eine H 3-Aktivität von  $6 \cdot 10^{11}$  Bq nicht überschritten



werden. Die H 3-Aktivität wird wie die Cs 137-Aktivität vor jeder Ableitung an einer repräsentativen Probe aus dem Übergabebehälter der Wässer aus dem übertägigen Kontrollbereich, der Grubenwasserübergabestation oder der Übergabestation für die Diffusorwässer bestimmt.

Radio-nuklid	Grenzwert für 14-tägige Aktivitätsableitung	Entscheidungsmessung an repräsentativer Probe aus Übergabebehälter der Übergabestation
H 3	$6 \cdot 10^{11}$ Bq	} der Grubenwässer; der Diffusorwässer; der Wässer aus dem übertägigen Kontrollbereich
Cs 137	$2,4 \cdot 10^7$ Bq	

Durch dieses Konzept der Entscheidungsmessungen ist auch gewährleistet, daß ein wesentlicher Anteil an der potentiellen Gesamtdosis erfaßt wird, da die  $\alpha$ -Strahler nur zu einigen Prozent zur Gesamtdosis ohne H 3 beitragen.

Hinsichtlich der Meßbarkeit der 14-Tage-Grenzwerte gilt folgendes: Wird wie bei der Aktivitätsableitung mit den Abwettern (Kap. 2) eine 10%ige Ausschöpfung der Antragswerte unterstellt und als Kriterium für eine Nachweisbarkeit angesehen, so muß für eine 14-Tage-Ableitung die Nachweisbarkeit einer Cs 137-Aktivität von  $2,4 \cdot 10^6$  Bq und einer H 3-Aktivität von  $6 \cdot 10^{10}$  Bq gegeben sein. Der ungünstigste Fall liegt vor, wenn von der maximal möglichen Menge abzuleitender Grubenwässer auszugehen ist. Bei maximal  $10.000 \text{ m}^3$  jährlicher Grubenwassermenge würden sich mittlere Konzentrationen von ca.  $3 \cdot 10^3 \text{ Bq/m}^3$  Cs 137 und von ca.  $7,4 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3$  H 3 ergeben. Bei Berücksichtigung von Schwankungen um den Faktor 2 wie oben müßten noch Konzentrationen von  $1,5 \cdot 10^3 \text{ Bq/m}^3$  Cs 137 und  $3,7 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3$  H 3 nachgewiesen werden können. Alle anderen Betriebszustände einschließlich der Radionuklid-Konzentrationen in den Wässern aus dem übertägigen Kontrollbereich sind günstiger.

Bei gammaspektrometrischer Ausmessung lassen sich Nachweisgrenzen für Cs 137 von einigen  $10^4 \text{ Bq/m}^3$  in ca. 2 Stunden und für H 3 von ca.  $1 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$  in weniger als 2 Stunden erreichen /EU 281/. Somit ist die Nachweisbarkeit der o. g. Konzentrationen bei 10%iger Ausschöpfung der Antragswerte gegeben und das Kriterium für eine Nachweisbarkeit der o. g. 14-Tage-Aktivitätsableitungen erfüllt.

**Unterscheidung künstliche/natürliche Radioaktivität (Grubenwässer)**

Die natürliche Radioaktivität der Grubenwässer (Grundbelastung) ist in Messungen ermittelt worden. Die Messungen im übertägigen Sammel- und Ableitungsbecken am Schacht Konrad 1 repräsentieren noch am ehesten die späteren Verhältnisse in der geplanten Grubenwasser-Übergabestation am Schacht K. 2. In Tabelle 3.1 sind die Ergebnisse dieser Messungen für natürliche und künstliche Radionuklide aufgeführt. Tab. 3.2 enthält unter anderem die bei 10%iger

02



Ausschöpfung der Antragswerte (für die künstlichen, aus den Abfällen herrührenden Radionuklide) und einer jährlichen Ableitung von  $10.000 \text{ m}^3$  Grubenwasser resultierenden mittleren Aktivitätskonzentrationen  $\bar{c}$  und zum Vergleich die "Erwartungswerte"  $\bar{c}_{\text{nat}}$  für die Grundbelastung künstlicher und natürlicher Radionuklide (letzte Spalte aus Tab. 3.1)

Die Grundbelastung der Grubenwässer an H 3 und an Cs 137 als Leitnuclid für das Radionuklidspektrum ist klein gegen die erwartete Konzentration bei 10%iger Ausschöpfung der Antragswerte und klein gegen die anzustrebende Nachweisgrenze; sie kann bei der Bilanzierung vernachlässigt werden. Das gilt vermutlich auch für Pb 210, da der tatsächliche Wert der natürlichen Pb 210-Konzentration unter der Nachweisgrenze  $30 \text{ Bq/m}^3$  von 1985 liegen dürfte.

Einen weiteren Hinweis darauf, ob eine im Grubenwasser gefundene Cs 137- oder Pb 210-Aktivität aus den Abfällen stammt, gibt die nuklidspezifische Bilanzierung der mit den Abwettern abgeleiteten Radioaktivität. Liegt in den Abwettern keine aus Abfällen herrührende Aktivität (Cs, Pb) vor, ist auch in den Grubenwässern mit keiner solchen Aktivität zu rechnen.

Über die Aktivität der restlichen, aus den Abfällen stammenden Gamma- oder Beta-Strahler werden im Laufe der Zeit aus den Bilanzierungsmessungen (s. u.) Erfahrungen gewonnen.

Umgekehrt wie bei Cs 137 liegen die Verhältnisse bei Ra 226. Die erwarteten Konzentrationen bei 10%iger Ausschöpfung der Antragswerte liegt unter den oben erläuterten "ungünstigsten Verhältnissen" um 3 Größenordnungen unter der Grundbelastung von  $2000 \text{ Bq/m}^3$ ; bei "günstigeren Verhältnissen" (geringere Mengen abzuleitenden Grubenwassers und höhere Ausschöpfung der Antragswerte) kann die künstliche Ra 226-Konzentration theoretisch in die Größenordnung der Grundbelastung kommen. Unter diesen Umständen müßten jedoch auch sehr viel höhere Cs 137-Konzentrationen auftreten. Es ist deshalb zu erwarten, daß der Ra 226-Beitrag aus den Abfällen vernachlässigbar ist und nicht ermittelt werden kann. Die restliche aus den Abfällen stammende  $\alpha$ -Aktivität (erwartete Konzentration unter den "ungünstigen Verhältnissen" ca.  $300 \text{ Bq/m}^3$ ) ist ebenfalls klein gegen die natürliche langlebige  $\alpha$ -Aktivität von einigen  $10^4 \text{ Bq/m}^3$  und wird noch überlagert durch die  $\alpha$ -Aktivität der kurzlebigen Zerfallsprodukte der Th- und U-Ra-Zerfallsreihen: Rn 222/Po 218, Po 214 einerseits und Rn 220/Po 216, Bi 212, Po 212 andererseits. Somit kann die  $\alpha$ -Aktivität der aus den Abfällen freigesetzten Radionuklide, die ins Grubenwasser übergegangen sind, nicht in einer Entscheidungsmessung (z. B.  $\alpha$ -gesamt) erfaßt werden, sondern nur in einer nuklidspezifischen  $\alpha$ -Bilanzierungsmessung (s.u.).



	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Jahresmittel- werte mit be- obachteter Streuung
Sammel- zeitraum	1.2.- 31.3.84	1.4.- 31.5.84	1.6.- 31.7.84	1.8.- 30.9.84	1.10.- 30.11.84	1.12.- 31.1.85	
H 3	1270 ± 50	930 ± 120	700 ± 100	1200 ± 100	600 ± 200	1300 ± 100	1000 ± 30%
Cs 137	≤8	≤80	≤40	≤40	≤50	≤40	≤43
β <sub>tot</sub>	20000 ±6000	29000 ±6000	21000 ±6000	26000 ±6000	27000 ±7000	27000 ±7000	25000 ± 15%
K 40	7000 ±1000	6000 ± 300	7000 ± 300	6000 ± 300	6000 ± 300	5000 ±1000	6200 ± 12%
U 238	≤3000	≤3000	≤2000	≤2000	≤3000	≤2000	≤2500
Ra 226	2000 ± 100	2000 ± 100	2000 ± 100	2000 ± 100	2000 ± 100	2000 ± 100	2000 ± 0%
Pb 210	≤30	-	≤30	-	-	≤30	≤30
Ra 228	12000 ±2000	12000 ±2000	12000 ±2000	15000 ±3000	11000 ±3000	11000 ±3000	12200 ± 12%



Tab. 3.1: Aktivitätskonzentration in den Mischproben aus dem übertägigen Sammelbecken bei Schacht Konrad 1 in Bq/m<sup>3</sup>

Radionuklid RN-Gruppe	$\bar{c}$ Bq/m <sup>3</sup>	c(NWGR) Bq/m <sup>3</sup>	$\bar{c}_{nat}$ Bq/m <sup>3</sup>	t	Meßmethode	c(KTA) Bq/m <sup>3</sup>
H 3	$7,4 \cdot 10^7$	$3,7 \cdot 10^7$ *	$1,0 \cdot 10^3$	1/2W	LSC/Sammelprobe	$4 \cdot 10^4$
Cs 137	$3,0 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$\leq 4,3 \cdot 10^1$	1/2W	$\gamma$ -Spektrometrie	$1 \cdot 10^3$ bzgl. Co 60
Sr 90	$1,7 \cdot 10^3$	$8,5 \cdot 10^{2**}$		1/V	LL/radiochem Abtr.	$5 \cdot 10^2$
Pb 210	$9,0 \cdot 10^1$		$\leq 3,0 \cdot 10^1$	laufende Beweis- sicherung (Gruben- wässer)	$\gamma$ -Spektrometrie soweit möglich (Grubenwässer)	
Ra 226	$3,0 \cdot 10^0$		$2,0 \cdot 10^3$			
U 238 Ra 228 (Th 232)			$\leq 2,5 \cdot 10^3$ $1,2 \cdot 10^4$			
Pu 238, 239, 240, Am 241, Cm 244***				1/V		
					(Grubenwässer; bei $\alpha$ -gesamt in Wässern ubertägiger Kontrollbereich $> 10^3$ Bq/m <sup>3</sup> : auch diese)	
$\alpha$ -gesamt	$7,4 \cdot 10^3$	****		1/V	LL/Sammelprobe (Wässer ubertägiger Kontrollbereich)	$2 \cdot 10^2$

Zeichenerklärung: 1/2W = 2-wöchentlich, 1/V = vierteljährlich;

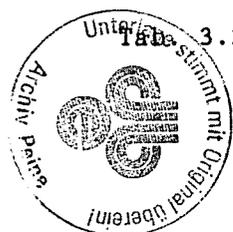
LL = Low Level-Messung, LSC = Liquid Scintillation-Messung

\*) = geplante und nach EG 63 erforderliche Nachweisgrenze  $1 \cdot 10^4$  Bq/m<sup>3</sup>

\*\*\*) = geplante und nach EG 63 erforderliche Nachweisgrenze 500 Bq/m<sup>3</sup>

\*\*\*\*) = geplante und nach EG 63 erforderliche Nachweisgrenze 30 Bq/m<sup>3</sup> bezogen auf Pu 239/240

\*\*\*\*\*) = geplante und nach EG 63 erforderliche Nachweisgrenze 200 Bq/m<sup>3</sup>



3.2: Mittlere Aktivitätskonzentrationen  $\bar{c}$  der künstlichen Radionuklide in den Grubenwässern bei 10ziger Ausschöpfung der Antragswerte und  $10.000 \text{ m}^3/\text{a}$ , Erwartungswerte  $\bar{c}_{nat}$  der Aktivitätskonzentrationen natürlicher Radionuklide, anzustrebende Nachweisgrenzen  $c(\text{NWGr}) = 1/2 \bar{c}$ , vorgesehene Bilanzierungszeiträume t, Meßmethoden und zum Vergleich Nachweisgrenzen gemäß KTA 1504, c(KTA).

### Bilanzierungsmessungen

Die **Bilanzierung** der mit den Grubenwässern und **übertägigen Kontrollbereichswässern** abgeleiteten, aus den Abfällen stammenden radioaktiven Stoffe soll (vgl. Entwurfsplanung Strahlenschutz als begleitende Planunterlage, EU 282) durch **gammaskopimetrische Ausmessungen** der 2-wöchentlichen Mischproben erfolgen. Ebenso ist eine nuklidspezifische Bilanzierung von Sr 90, eine Bilanzierung von  $\alpha_{\text{gesamt}}$  (nur übertägige Kontrollbereichswässer wegen erhöhter Grundbelastung der Grubenwässer) sowie eine nuklidspezifische Bilanzierung der aus den Abfällen herrührenden  $\alpha$ -Strahler wie Pu 238, Pu 239, Pu 240, Am 241 (Grubenwässer) - und bei Überschreitung der  $\alpha_{\text{gesamt}}$ -Aktivitätskonzentration in den übertägigen Kontrollbereichswässern von  $1 \cdot 10^3 \text{ Bq/m}^3$  auch in diesen - in Vierteljahresmischproben vorgesehen. Die Bilanzierung der abgeleiteten H 3-Aktivität erfolgt durch 14-tägige Auswertung der Entscheidungsmessungen. Die Aktivität der mit den Grubenwässern abgeleiteten **natürlich vorkommenden Radionuklide** (U 238 und Folgeprodukte, Th 232 und Folgeprodukte, K 40) wird bei der gammaskopimetrischen Ausmessung der 2-wöchentlichen Mischproben mit erfaßt und getrennt in Form einer **laufenden Beweissicherung** ausgewiesen. Bilanzierungszeiträume t und Meßmethoden sind in Tab. 3.2 zusammenfassend dargestellt.

Hinsichtlich der erforderlichen Nachweisgrenzen c(NWGr) bei den Bilanzierungsmessungen gilt folgendes: Als Kriterium für eine Nachweisbarkeit wird wie bei der Bewertung der Entscheidungsmessungen der sehr ungünstige Fall einer jährlichen Ableitung von  $10^4 \text{ m}^3$  Grubenwässern bei 10%iger Ausschöpfung der Antragswerte unterstellt, was zu den in Tab. 3.2 angegebenen mittleren Konzentrationswerten  $\bar{c}$  führt. Bei Berücksichtigung eines Faktors 2 für Schwankungen sind die ebenfalls in Tab. 3.2 angegebenen Nachweisgrenzen c(NWGr) erforderlich, die gemäß /EU 281/ sicher erreicht werden. Zum Vergleich sind in Tab. 3.2 die in der KTA 1504 geforderten Nachweisgrenzen c(KTA) mit aufgeführt. Ebenfalls sind in Tab. 3.2 die tatsächlich geplanten und nach EG 63 erforderlichen Nachweisgrenzen gesondert aufgeführt, wenn sie von den Werten der Spalte 3 abweichen.

Im Kap. 3 werden unter dem Begriff Grubenwässer generell die unter Tage anfallenden Grubenwässer und die Kondensatwässer im Diffusor subsummiert, sofern sie nicht gesondert aufgeführt werden.

01

02



Anhang zu Kap. 3

Übersicht über die für die Ableitung von Wässern relevanten Antragswerte und Konzentrationswerte (Mittelwerte)

1. Jährliche Ableitung, Antragswerte:

(Modellhafte Annahme: Verteilung Radionuklidgemisch auf Abwasser ü.T. und Grubenwässer 1:1)

02

$7,4 \cdot 10^{12}$ Bq/a $7,4 \cdot 10^8$ Bq/a	H 3 Radionuklidgemisch $\beta/\gamma+\alpha+I$ 129+Pb 210	Grubenwässer und Abwasser ü.T.
$7,4 \cdot 10^{12}$ Bq/a $3,7 \cdot 10^8$ Bq/a	H 3 $\beta/\gamma+\alpha+I$ 129+Pb 210	Grubenwässer
$3,7 \cdot 10^8$ Bq/a	$\beta/\gamma+\alpha+I$ 129	Abwasser ü.T.

02



2. Radionuklidspezifische Konzentrationen, Antragswerte:  
(Modellhafte Annahme: Verteilung Radionuklidgemisch  
auf Abwässer u.T. und Grubenwässer 1:1)

Abwässer u.T.

Radio-nuklid	Bq/a	Bq/m <sup>3</sup> (bei 200 m <sup>3</sup> /a)
Co 60	1,85 · 10 <sup>7</sup>	9,25 · 10 <sup>4</sup>
Sr 90	8,88 · 10 <sup>7</sup>	4,44 · 10 <sup>5</sup>
Ru 106	2,22 · 10 <sup>7</sup>	1,11 · 10 <sup>5</sup>
Sb 125	3,7 · 10 <sup>6</sup>	1,85 · 10 <sup>4</sup>
I 129	3,33 · 10 <sup>7</sup>	1,67 · 10 <sup>5</sup>
Cs 134	3,7 · 10 <sup>7</sup>	1,85 · 10 <sup>5</sup>
Cs 137	1,517 · 10 <sup>8</sup>	7,585 · 10 <sup>5</sup>
α	1,48 · 10 <sup>7</sup>	7,4 · 10 <sup>4</sup>
[ Pu 238	7,4 · 10 <sup>6</sup>	3,7 · 10 <sup>4</sup>
[ Pu 239/40	2,368 · 10 <sup>6</sup>	1,184 · 10 <sup>4</sup>
α [ Am 241	8,88 · 10 <sup>5</sup>	4,44 · 10 <sup>3</sup>
[ Cm 244	3,996 · 10 <sup>6</sup>	1,998 · 10 <sup>4</sup>
[ Ra 226	1,48 · 10 <sup>5</sup>	7,4 · 10 <sup>2</sup>
Summe	3,7 · 10 <sup>8</sup>	1,85 · 10 <sup>6</sup>

Grubenwässer

Radio-nuklid	Bq/a	Bq/m <sup>3</sup> (bei 10000 m <sup>3</sup> /a)
H 3	7,4 · 10 <sup>12</sup>	7,4 · 10 <sup>8</sup>
β/γ +α+		
I 129+ Pb 210	3,7 · 10 <sup>8</sup>	3,7 · 10 <sup>4</sup>
Co 60	1,85 · 10 <sup>7</sup>	1,85 · 10 <sup>3</sup>
Sr 90	8,436 · 10 <sup>7</sup>	8,436 · 10 <sup>3</sup>
Ru 106	2,22 · 10 <sup>7</sup>	2,22 · 10 <sup>3</sup>
Sb 125	3,7 · 10 <sup>6</sup>	3,7 · 10 <sup>2</sup>
I 129	3,33 · 10 <sup>7</sup>	3,33 · 10 <sup>3</sup>
Cs 134	3,7 · 10 <sup>7</sup>	3,7 · 10 <sup>3</sup>
Cs 137	1,517 · 10 <sup>8</sup>	1,517 · 10 <sup>4</sup>
Pb 210	4,44 · 10 <sup>6</sup>	4,44 · 10 <sup>2</sup>
α	1,48 · 10 <sup>7</sup>	1,48 · 10 <sup>3</sup>
[ Pu 238	7,4 · 10 <sup>6</sup>	7,4 · 10 <sup>2</sup>
[ Pu 239/40	2,368 · 10 <sup>6</sup>	2,368 · 10 <sup>2</sup>
α [ Am 241	8,88 · 10 <sup>5</sup>	8,88 · 10 <sup>1</sup>
[ Cm 244	3,996 · 10 <sup>6</sup>	3,996 · 10 <sup>2</sup>
[ Ra 226	1,48 · 10 <sup>5</sup>	1,48 · 10 <sup>1</sup>



#### 4. Literatur

- /GRS 90a/ Gesellschaft für Reaktorsicherheit: Systemanalyse Konrad, Teil 3. Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachtanlage Konrad, GRS-A-1522, /EU 262/, BfS-Dok.-Nr. 33219/LBA/RB/0002.
- /EG 63/ Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe: Abwasserentsorgung Schacht Konrad 2 während Errichtung und Betrieb als Endlager für radioaktive Abfälle, BfS-Dok.-Nr. 5121/FB/FM/0003.
- /EU 281/ Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe: Auslegungsanforderungen Planfeststellungsverfahren Konrad, Strahlenschutz, BfS-Dok.-Nr. 542/LA/RB/0004.
- /EU 282/ Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe: Entwurfplanung Strahlenschutz als begleitende Planunterlage, BfS-Dok.-Nr. 4424/LA/RB/0003.
- /EU 283/ Bundesamt für Strahlenschutz: Planfeststellungsverfahren Konrad, Stellungnahme des BfS zu Fragen des TUV laut Schreiben vom 30.03.1987 ("Auslegungsanforderungen"), ET-IB-43, BfS-Dok.-Nr. LA/RB/0002.
- /EU 284/ Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe: Bewertung, BfS-Dok.-Nr. 5321/GV/TQ/0002.
- /EU 383/ Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe: Systembeschreibung Raumluftechnische Anlagen, Umladeanlage Konrad 2. BfS-Dok.-Nr. 33219/LBA/RB/0002.
- /PTB 88/ Ehrlich, D. und Emmermann, H: Strahlenexposition der auf der Schachtanlage Konrad unter Tage Beschäftigten - Abschätzung und Bewertung der natürlicherweise und zusätzlich bei Abfalleinlagerung auftretenden Strahlenexposition -. Braunschweig, Mai 1988, ISBN 3-88314-778-8.

02

