



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

Endbericht

**Bewertung der Ableitungen
radioaktiver Stoffe aus
den Abfallgebinden des Lasma
bei Normalbetrieb**

Dok.-Nr. LAB/010/024

BS-Projekt-Nr. 1401-01
Bestellung Nr. EA3-4502837352

erstellt im Auftrag der
Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG
Otto-Hahn-Straße
25541 Brunsbüttel

durch die
Brenk Systemplanung GmbH
Heider-Hof-Weg 23
52080 Aachen

Rev. E, 28.08.2018

Anmerkung:

Dieser Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers (BS) wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (KKB) übereinstimmen.

01160046686 /0055





AUTOREN

Dieser Bericht wurde von folgenden Bearbeitern erstellt:

- [REDACTED]
- [REDACTED]

Es wird versichert, dass dieser Bericht nach bestem Wissen und Gewissen, unparteiisch und ohne Ergebnisweisung angefertigt worden ist.

ERSTELLUNG, PRÜFUNG UND FREIGABE

erstellt	geprüft	freigegeben
<i>i.A.</i> [REDACTED] Projektleiter	[REDACTED] Geschäftsbereichsleiter	[REDACTED] Geschäftsführung



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite:
1. AUFGABENSTELLUNG	1
2. VORGABEN DER STRLSCHV	1
3. AKTIVITÄTSINVENTAR	2
3.1. Berücksichtigte Aktivitäten	2
3.2. Nuklidvektor Aktivierung.....	5
3.3. Nuklidvektor Kontamination.....	6
4. ERMITTLUNG DER POTENTIELLEN AKTIVITÄTSFREISETZUNG	8
5. QUELLEN	14



TABELLENVERZEICHNIS

	Seite:
Tabelle 2-1: Maximal zulässige Aktivitätskonzentrationen gemäß Anl. VII Tab. 4 StrlSchV	2
Tabelle 3-1: Zulässige Einzelaktivitäten der Abfallgebinde und 20'-Container gemäß TA LasmA [KKB 18]	3
Tabelle 3-2: Zur Einlagerung im LasmA vorgesehene Container-Typen nach [NUK 15] sowie Zuordnung zur Verteilung des Abfalltyps auf die Container.....	4
Tabelle 3-3: Verteilung des gesamten Aktivitätsinventars auf die Gebinde	4
Tabelle 3-4: Nuklidvektor für Aktivierung.....	6
Tabelle 3-5: Nuklidvektor für Kontamination	7
Tabelle 4-1: Berechnung des freien Volumens über die Behältertypen	10
Tabelle 4-2: Gesamtaktivität der Gebinde und Zuordnung des Durchlässigkeitsfaktors für Gebinde mit spezifizierter Dichtigkeit	11
Tabelle 4-3: Als Kontamination vorliegenden und freisetzbaren nuklidspezifische Aktivitäten in den einzelnen Gebinden	11
Tabelle 4-4: Nuklidspezifische Gesamtaktivitäten in Behältern mit und ohne spezifizierter Dichtigkeit. Der Wert für H-3 wurde direkt aus dem in Annahmebedingungen für das LasmA angegebenen Grenzwert berechnet.....	12
Tabelle 4-5: Freisetzung aus den Behältern im LasmA.....	12



ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BS	Brenk Systemplanung GmbH
KKB	Kernkraftwerk Brunsbüttel
Lasma	Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle
RCM	Radiochemie München
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
TBH	Transportbereitstellungshallen



1. AUFGABENSTELLUNG

Im November 2012 wurde ein vorbehaltlicher Antrag auf Stilllegung und Abbau des KKB bei der zuständigen Genehmigungsbehörde gestellt [KKB 12]. Darin wird erklärt, dass das KKB beabsichtigt, die beim Abbau anfallenden radioaktiven Abfälle für eine Endlagerung vorzubereiten und am Standort bis zur Abgabe an ein Bundesendlager zwischenzulagern. Dazu sollen die am Standort vorhandenen Lagerkapazitäten genutzt und zusätzliche Lagerkapazitäten durch Nutzungsänderungen und/oder Errichtung eines neuen Lagers geschaffen werden.

Die gegenwärtige Planung sieht vor, ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (Lasma) zu errichten. Dort sollen Gebinde in einem Zustand eingelagert werden, so dass eine Abgabe an ein Bundesendlager jederzeit möglich ist (Berücksichtigung der gesetzlichen Anforderungen an den Transport dieser Gebinde sowie der Einlagerungsbedingungen für das geplante Bundesendlager Schacht Konrad). Im Mai 2014 wurde für das Lasma ein Antrag auf Erteilung einer Genehmigung gemäß § 7 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [SSV 17] zum Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen im Sinne des § 2 Abs. 3 Atomgesetz (AtG) [ATG 12] gestellt [KKB 14].

Im vorliegenden Bericht werden potentielle Ableitungen radioaktiver Stoffe aus den Abfallgebinden des Lasma bei Normalbetrieb abgeschätzt und hinsichtlich der Einhaltung der Vorgaben aus der StrlSchV bewertet.

2. VORGABEN DER STRLSCHV

Beim geplanten Lasma (Genehmigung nach § 7 StrlSchV beantragt) wird nachfolgend der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte gemäß § 47 Abs. 1 StrlSchV durch die Anwendung des § 47 Abs. 4 StrlSchV erbracht:

„Bei Anlagen oder Einrichtungen, die keiner Genehmigung nach §§ 6, 7 oder 9 des Atomgesetzes und keines Planfeststellungsbeschlusses nach § 9b des Atomgesetzes bedürfen, kann die zuständige Behörde von der Festlegung von Aktivitätsmengen und Aktivitätskonzentrationen absehen und den Nachweis nach Absatz 2 (des § 47 StrlSchV, Anm. der Verfasser) zur Einhaltung der in Absatz 1 (des § 47 StrlSchV, Anm. der Verfasser) genannten Grenzwerte als erbracht ansehen, sofern die nach Anlage VII Teil D (StrlSchV, Anm. der Verfasser) zulässigen Aktivitätskonzentrationen für Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser aus Strahlenschutzbereichen im Jahresdurchschnitt nicht überschritten werden. Soweit die zuständige Behörde nichts anderes festlegt, sind die zulässigen Aktivitätskonzentrationen an der Grenze eines Strahlenschutzbereiches einzuhalten. Satz 1 (des § 47 StrlSchV, Anm. der Verfasser) findet keine Anwendung, wenn der zuständigen Behörde Anhaltspunkte vorliegen, dass die in Absatz 1 (des § 47 StrlSchV, Anm. der Verfasser) genannten Grenzwerte an einem Standort durch Ableitungen aus Anlagen oder Einrichtungen oder früheren Tätigkeiten überschritten werden können.“

Anhaltspunkte gemäß § 47 Abs. 4 Satz 3 StrlSchV, die eine Anwendung des § 47 Abs. 2 StrlSchV nicht ermöglichen, liegen u. E. nach nicht vor. Insbesondere kann gezeigt werden, dass auch bei zusätzlicher Berücksichtigung der Ableitungen aus dem KKB (Vorbelastungen im Sinne von § 47 Abs. 5 StrlSchV) die Grenzwerte für die Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung deutlich unterschritten werden [BS 15].

Die maximal zulässigen Aktivitätskonzentrationen in der Fortluft des Lasma ergeben sich aus den Werten der Tabelle 4 in Anlage VII Teil D StrlSchV, wobei für die potentielle Abgabe mehrerer Nuklide die Summenformel zu beachten ist. Die für die Betrachtungen im Lasma relevanten Werte sind in Tabelle 2-1 für Fortluftströme $10^4 \text{ m}^3/\text{h} < Q \leq 10^5 \text{ m}^3/\text{h}$ und $Q \leq 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ zusammengestellt.

Tabelle 2-1: Maximal zulässige Aktivitätskonzentrationen gemäß Anl. VII Tab. 4 StrlSchV.

Nuklid	Aktivitätskonzentration in der Luft [Bq/m ³] für Fortluftströme von	
	$10^4 \text{ m}^3/\text{h} < Q \leq 10^5 \text{ m}^3/\text{h}$ (Wert aus Anl. VII Tab. 4 StrlSchV)	$Q \leq 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ (10-facher Wert aus Anl. VII Tab. 4 StrlSchV)
H-3	100	1000
C-14	6	60
Co-60	1	10
Cs-137	0,9	9
Sr-90	0,1	1
Am-241	$4 \cdot 10^{-4}$	0,004

3. AKTIVITÄTSINVENTAR

3.1. Berücksichtigte Aktivitäten

Für das Lasma wurde ein Wert von $5 \cdot 10^{17}$ Bq für die maximal einzulagernde Gesamtaktivität beantragt. Dieser Aktivitätswert wird den in diesem Bericht durchgeführten Berechnungen zu Grunde gelegt. Zur Abschätzung der im bestimmungsgemäßen Betrieb potentiell freigesetzten Aktivitätsmenge ist es notwendig, plausible Annahmen zu den vorliegenden Nuklidvektoren, Behältertypen und der stofflichen Verteilung der Aktivität zu treffen.

Die gemäß der geplanten Technischen Annahmebedingungen für das Lasma [KKB 18] möglichen maximalen nuklidspezifischen Aktivitäten pro Gebinde sind in Tabelle 3-1 in Abhängigkeit vom Gebindetyp aufgeführt.

Tabelle 3-1: Zulässige Einzelaktivitäten der Abfallgebinde und 20'-Container gemäß TA LAsMA [KKB 18]

Nr.	Typ	Abfallart	maximal zugelassene Einzelaktivität [Bq]			
			H-3	Co-60	Cs-137	Alpha
1	Behälter Typ II	alle	$6,0 \cdot 10^{10}$	$3,4 \cdot 10^{12}$	$1,5 \cdot 10^{12}$	$5,0 \cdot 10^{10}$
2	Behälter Typ II	aktivierte Metalle	$6,0 \cdot 10^{12}$	$3,4 \cdot 10^{14}$	$3,0 \cdot 10^{12}$	$1,0 \cdot 10^{11}$
3	Container Typ II	aktivierte Metalle	$1,0 \cdot 10^{10}$	$1,7 \cdot 10^{13}$	$1,5 \cdot 10^{12}$	$5,0 \cdot 10^{10}$
4	Container Typ II – V	alle	$1,0 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^{12}$	$1,5 \cdot 10^{12}$	$5,0 \cdot 10^{10}$
5	Gusscontainer Typ VI	FKZ	$6,0 \cdot 10^{10}$	$4,0 \cdot 10^{11}$	$1,0 \cdot 10^{12}$	$1,4 \cdot 10^{10}$
6	20'-Container	alle	$5,0 \cdot 10^7$	$3,4 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^7$

Für die Nuklide H-3 und C-14 gelten nach [KKB 18] die folgenden Bedingungen:

1. Die Summe der H-3-Aktivitäten muss die Bedingung

$$\sum_i f_{d,i} \cdot A_{B,i}^{H-3} + \sum_j A_{C,j}^{H-3} \leq 2 \cdot 10^{14} \text{ Bq} \quad (\text{G 3-1})$$

einhalten. Dabei sind $A_{B,i}^{H-3}$ die H-3-Aktivitäten der Behälter mit spezifizierter Dichtigkeit, $A_{C,i}^{H-3}$ die H-3-Aktivitäten der Behälter ohne spezifizierte Dichtigkeit und $f_{d,i}$ der Durchlässigkeitsfaktor für Behälter i . Der Wert von $f_{d,i}$ ist je nach Behälter 0,01 oder kleiner.

2. Die mit der Fortluft abgeleitete C-14-Aktivität wird betriebsbegleitend gemessen, dabei darf die maximal zulässige Aktivitätskonzentration in der Fortluft nach Anl. VII Tab. 4 StrlSchV zu maximal 83 % ausgeschöpft werden. Die Höhe der Ausschöpfung wurde aus betrieblichen Gründen festgelegt und richtet sich nach der Ausschöpfung durch die restlichen Nuklide (siehe Tabelle 4-5 in Abschnitt 4). Details zur Messstelle werden in der „Beschreibung der technischen Ausrüstung“ [NUK 16] aufgeführt. Das Vorgehen bei Erreichen des Grenzwertes wird im Betriebshandbuch des LAsMA geregelt.

Da für die Berechnung der potentiellen Ableitungen alle Gebinde berücksichtigt werden müssen, werden im Folgenden mittlere Aktivitäten pro Gebinde verwendet, wobei die Gesamtaktivität von $5 \cdot 10^{17}$ Bq für das LAsMA ausgeschöpft wird. Nach [NUK 15] ist vorgesehen, im LAsMA bis zu 2550 Endlagergebinde und bis zu 30 20'-Container einzulagern. Dabei wird bei einer Einlagerung von 20'-Containern die für andere Gebinde verfügbare Stellfläche reduziert, wodurch sich die Anzahl der Endlagergebinde verringert. Weiterhin ist die Art der Abfälle in 20'-Containern und Containern des Typs II – V (APG 01 – 06) vergleichbar und das zulässige Aktivitätsinventar in den 20'-Containern ist wesentlich kleiner als in den Containern des Typs II – V. Daher sind bei Betrachtung einer Vollbelegung die 20'-Container durch die Betrachtung der Container des Typs II – V abgedeckt und werden im Folgenden nicht explizit berücksichtigt. Eine Aufteilung auf die verschiedenen Gebindetypen ist in Tabelle 3-2 angegeben. Zusätzlich ist eine Zuordnung nach Abfalltyp angegeben.

Tabelle 3-2: Zur Einlagerung im LasmA vorgesehene Container-Typen nach [NUK 15] sowie Zuordnung zur Verteilung des Abfalltyps auf die Container

Anzahl nach [NUK 15]		Zuordnung nach Abfalltyp		
Gebindetyp	Anzahl	Gebindetyp	Abfalltyp	Anzahl
Gussbehälter Typ II	1450	Behälter Typ II	Akt. Met.	1350
		Behälter Typ II	Mischabfall	100
Stahlblechcontainer Typ II	250	Container Typ II	Akt. Met-	100
Stahlblechcontainer Typ III	200	Container Typ II – V	Mischabfall	750
Stahlblechcontainer Typ V	200			
Container Typ IV	300	Container Typ IV	VKZ	100
Gusscontainer Typ VI	150	Gusscontainer Typ VI	FKZ	150
20'-Container	bis zu 30			

Der Hauptanteil der Aktivität liegt in Form aktivierter Metalle vor. Für die aktivierten Metalle in Gussbehältern des Typs II wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von 1 % der Aktivität in Form von Kontamination vorliegt. Für die aktivierten Metalle in Containern des Typs II wird der Anteil der Kontamination mit 10 % angenommen. Die Zuordnung der mittleren Aktivitäten zu den Gebinden ist in Tabelle 3-3 aufgeführt. Die mittleren Aktivitäten wurden dabei aus der bisherigen Betriebserfahrung sowie aus den voraussichtlich anfallenden Aktivitätsmengen bestimmt. Gegenüber den in Tabelle 3-1 aufgeführten Nukliden werden zusätzliche Nuklide in aktivierten Metallen berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.2 zur Beschreibung des Nuklidvektors). Bei dieser Zuordnung ist berücksichtigt, dass die Gesamtaktivität von $5 \cdot 10^{17}$ Bq nicht überschritten wird.

Tabelle 3-3: Verteilung des gesamten Aktivitätsinventars auf die Gebinde

Typ	Inventar	Nuklidvektor	Anzahl	Bq/Gebinde	Bq gesamt
Behälter Typ II	Aktivierte Metalle	Aktivierung	1350	$3,6 \cdot 10^{14}$	$4,9 \cdot 10^{17}$
		Kontamination		$3,7 \cdot 10^{12}$	$4,9 \cdot 10^{15}$
Behälter Typ II	Mischabfälle	Kontamination	100	$1,0 \cdot 10^{12}$	$1,0 \cdot 10^{14}$
Gusscontainer Typ VI	Filterkonzentrate	Kontamination	150	$5,2 \cdot 10^{11}$	$7,8 \cdot 10^{13}$
Container Typ II	Aktivierte Metalle	Aktivierung	100	$4,5 \cdot 10^{13}$	$4,5 \cdot 10^{15}$
		Kontamination		$5,0 \cdot 10^{12}$	$5,0 \cdot 10^{14}$
Container Typ IV	Verdampferkonzentrate	Kontamination	100	$1,5 \cdot 10^{12}$	$1,5 \cdot 10^{14}$
Container Typ II-V	Mischabfälle	Kontamination	750	$3,6 \cdot 10^{11}$	$2,7 \cdot 10^{14}$
Summe			2550		$5,0 \cdot 10^{17}$

Die in Tabelle 3-3 aufgeführten Aktivitäten sind auch abdeckend für die am Standort KKB vorhandenen Fässer mit Abfällen aus der Anlage in Mol (Belgien). Es befinden sich 35 Fässer in der Transportbereitstellungshalle I (TBH I) und 21 Fässer lagerten in der Kaverne, jetzt in der RCM. Eine Analyse der 21 Fässer ergab eine mittlere Co-60-Aktivität von $1,1 \cdot 10^8$ Bq. Es war keine Cs-137-Aktivität nachweisbar. Für die Gesamt-Alpha-Aktivität wurde 1988 ein Wert von ca. $6 \cdot 10^6$ Bq pro Fass bestimmt. Diese Werte liegen um Größenordnungen unter den in Tabelle 3-3 aufgeführten Aktivitäten, so dass der Aktivitätsinhalt dieser Fässer durch die unterstellten Gesamtaktivitäten abgedeckt ist.

Da für H-3 maximal die durch (G 3-1) vorgegebene Aktivität im LasmA vorhanden sein kann, wird für dieses Nuklid die entsprechende Aktivität berücksichtigt. Eine Hauptquelle für dieses Nuklid besteht in der Aktivierung von Spurenelementen. In dieser Form gebildete Nuklide sind allerdings nur schwer freisetzbar. Eine Quelle für H-3 in freisetzbarer Form besteht in der ternären Spaltung im Brennstoff und der anschließenden Diffusion aus den Hüllrohren ins Reaktorwasser. H-3 wird als Ableitungen mit der Fortluft und dem Abwasser abgegeben. Es ist davon auszugehen, dass H-3 als Wasser (HTO) vorliegt. Die in dieser stofflichen Form vorliegenden Aktivitäten können auch über die Reaktorwasserreinigung in den zwischengelagerten radioaktiven Abfall (insbesondere Verdampferkonzentrate, ggf. auch Ionenaustauscherharze) gelangen.

Für die anderen Nuklide werden je nachdem, ob das Inventar als Aktivierung oder Kontamination vorliegt, unterschiedliche Nuklidvektoren verwendet, die in den folgenden Abschnitten beschrieben werden. Da H-3 (Begrenzung der Gesamtaktivität) und C-14 (Begrenzung der abgeleiteten Aktivität durch Messung) getrennt behandelt werden, sind diese nicht in den Nuklidvektoren berücksichtigt.

3.2. Nuklidvektor Aktivierung

Für den Nuklidvektor wird eine Zusammensetzung aus den typischen Aktivierungsprodukten Co-60, Fe-55 und Ni-63 verwendet. Wenige Monate nach dem Abschalten ergeben sich dabei relative Zusammensetzungen von ca. 85 % Fe-55, 13 % Co-60 und 2 % Ni-63 (normiert auf die Summe der Aktivitäten dieser drei Radionuklide; beispielsweise aus [GRS 11]). Aufgrund der relativ kurzen Halbwertszeit von Fe-55 (2,7 a) ergibt sich innerhalb kurzer Zeiträume eine starke Verschiebung der relativen Beiträge dieser Nuklide an der Gesamtaktivität. Daher wurde über eine Zerfallskorrektur die relative Zusammensetzung der Aktivität aus diesen drei Nukliden bestimmt. Die daraus resultierenden Anteile sind in Abbildung 3-1 grafisch dargestellt.

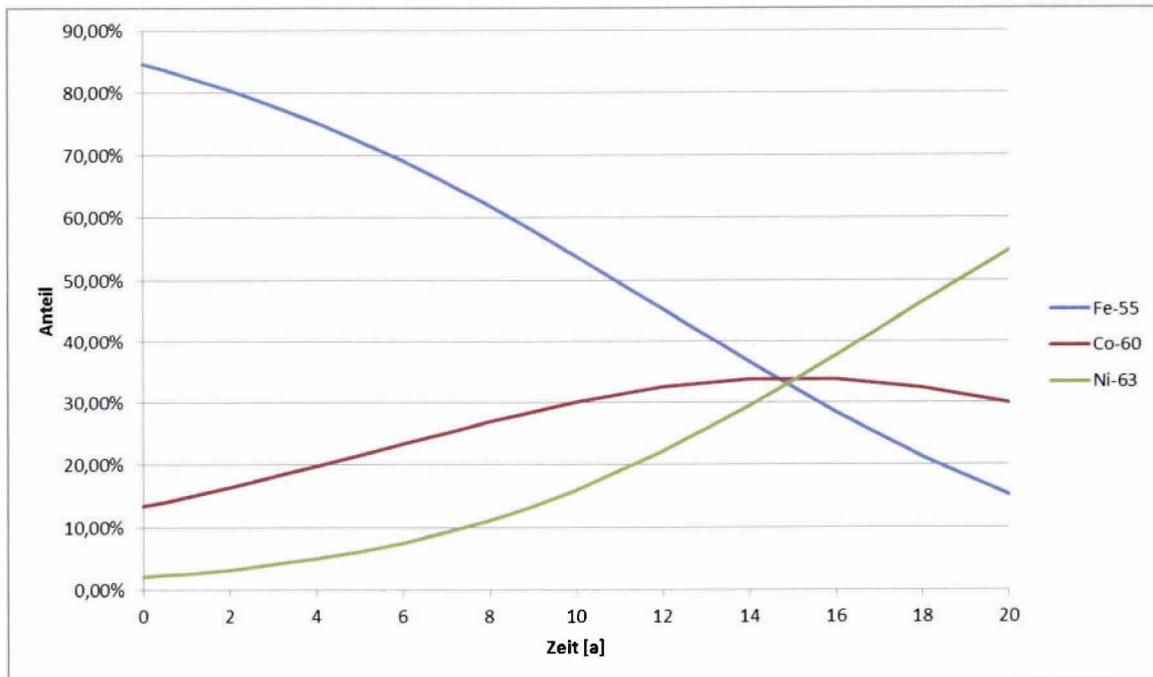


Abbildung 3-1: Relative Anteile der durch Aktivierung entstehenden Nuklide Fe-55, Co-60 und Ni-63 an der durch diese Nuklide resultierenden Gesamtaktivität

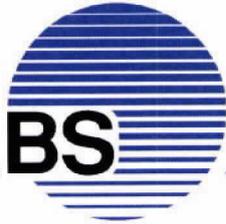
Da Fe-55 und Ni-63 radiologisch weit weniger relevant sind als Co-60, wird der Zeitpunkt ausgewählt, an dem Co-60 den höchsten relativen Anteil an der Aktivität verursacht und die Nuklidzusammensetzung zu diesem Zeitpunkt als abdeckender Nuklidvektor für Aktivierungsprodukte verwendet. Dabei tragen alle drei Nuklide ungefähr mit gleichen Anteilen bei, der entsprechende Nuklidvektor ist in Tabelle 3-4 aufgeführt.

Tabelle 3-4: Nuklidvektor für Aktivierung

Nuklid	Nuklidvektor für Aktivierung
Co-60	33,4 %
Ni-63	33,3 %
Fe-55	33,3 %

3.3. Nuklidvektor Kontamination

Der Nuklidvektor für Kontamination setzt sich zusammen aus Aktivierungsnukliden, die durch Korrosion ins System gelangen, aus Spaltprodukten und ggf. aus primären und sekundären Kernbrennstoffnukliden und weiteren Transuranen. Für die aus Aktivierungsnukliden resultierende Kontamination wird Co-60 als abdeckendes Nuklid verwendet. Bei den Spaltprodukten tritt Cs-137 als Hauptanteil auf. Zusätzlich wird im Folgenden Sr-90 berücksichtigt, für das gemäß der vorliegenden Daten zum nuklidspezifischen Inventar der in den Transportbereitstellungshallen (TBH) vor-



handenen Gebinden ein abdeckendes Verhältnis von $A_{\text{Sr-90}}/A_{\text{Cs-137}} = 2,5/100$ angesetzt wird. Weiterhin wird stellvertretend für alle Kernbrennstoffe/Transurane (α -Strahler) Am-241 mit einem konservativ hohen Gesamtanteil von 1 % berücksichtigt. Da für die Anlage KKB keine Erkenntnisse auf Vorliegen einer signifikanten α -Kontamination vorhanden sind, kann im Mittel über alle Gebinde eher abdeckend von einem Anteil der α -Aktivität von 0,1 % ausgegangen werden. Konservativ wird jedoch bei den folgenden Betrachtungen ein auf 1 % erhöhter Anteil verwendet.

Für das Aktivitätsverhältnis zwischen Co-60 und Cs-137 wird auf den im 2. Teil des ESK-Stresstests [ESK 13] verwendeten Nuklidvektor für Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus Betrieb, Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren zurückgegriffen. Hier wird ein Verhältnis von $A_{\text{Co-60}}/A_{\text{Cs-137}} = 70/30$ angegeben. Die vorliegenden Daten zum nuklidspezifischen Inventar der in den TBH vorhandenen Gebinde sind konsistent zu dieser Annahme.

Insgesamt ergibt sich somit der in Tabelle 3-5 angegebene normierte Nuklidvektor für Kontamination.

Tabelle 3-5: Nuklidvektor für Kontamination

Nuklid	Nuklidvektor bei Kontamination
Co-60	68,79 %
Cs-137	29,48 %
Sr-90	0,73 %
Am-241	1,00 %

4. ERMITTLUNG DER POTENTIELLEN AKTIVITÄTSFREISETZUNG

In [BFS 95] werden Aktivitätsanteile für die potentielle Freisetzung von H-3 und weiteren Nukliden aus den einzulagernden Abfällen angegeben. Für die Freisetzung von H-3 als HTO aus nichtmetallischen Abfällen wird eine Obergrenze von $5 \cdot 10^{-2}$ pro Jahr aufgeführt. Für die Freisetzung von an Aerosolen gebundenen β -/ γ -Nukliden wird eine Obergrenze von $5 \cdot 10^{-10}$ pro Jahr angegeben. Für an Aerosole gebundene α -Nuklide wird eine Obergrenze von $5 \cdot 10^{-12}$ pro Jahr angegeben.

In [BFS 95] wird weiter ausgeführt, dass bei Behältern ohne spezifizierte Dichtigkeit keine Rückhaltung erfolgt. Bei Behältern mit spezifizierter Dichtigkeit kann dagegen ein Durchlässigkeitsfaktor f_d von 0,01 oder kleiner angesetzt werden.

Bei der Ermittlung der potentiellen Aktivitätsfreisetzung aus den im LasmA einzulagernden Behältern im Normalbetrieb wird von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Aus Aktivierungen erfolgt (unabhängig vom Nuklid und unabhängig davon, ob die aktivierten Bauteile in Behältern oder unverpackt eingelagert werden) keine Aktivitätsfreisetzung im Normalbetrieb.
- Aus den in Behältern der ABK II eingelagerten Kontaminationen erfolgt eine Aktivitätsfreisetzung entsprechend der in [BFS 95] angegebenen Freisetzungsraten. Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass die Behälter eine spezifizierte Dichtigkeit aufweisen und damit ein Durchlässigkeitsfaktor von 0,01 oder kleiner für diese Behälter angesetzt werden kann.
- Aus den in Behältern der ABK I eingelagerten Kontaminationen erfolgt eine Aktivitätsfreisetzung entsprechend der in [BFS 95] angegebenen Freisetzungsraten. Es wird nicht davon ausgegangen, dass diese Behälter eine spezifizierte Dichtigkeit aufweisen. Der Durchlässigkeitsfaktor der Behälter wird mit 1,0 angesetzt.
- Die freigesetzte Aktivität des Nuklids n aus Behältern mit spezifizierter Dichtigkeit ergibt sich aus

$$F_B^n = f^n \cdot \sum_i f_{d,i} \cdot A_{B,i}^n \quad (\text{G 4-1})$$

Dabei ist f^n die relative Freisetzungsrates für das Nuklid n , $f_{d,i}$ der Durchlässigkeitsfaktor (0,01 oder kleiner) zur Berücksichtigung der spezifizierten Dichtigkeit von Behälter i und $A_{B,i}^n$ die nuklidspezifische Aktivität in Behälter i mit spezifizierter Dichtigkeit. Für Behälter ohne spezifizierte Dichtigkeit ergibt sich die freigesetzte Aktivität des Nuklids n aus

$$F_C^n = f^n \cdot \sum_j A_{C,j}^n \quad (\text{G 4-2})$$

Dabei ist $A_{C,j}^n$ die nuklidspezifischen Aktivität in Behälter j ohne spezifizierte Dichtigkeit. Insgesamt ergibt sich somit für das Nuklid n eine freigesetzte Aktivität von

$$F^n = F_B^n + F_C^n = f^n \cdot \left(\sum_i f_{d,i} \cdot A_{B,i}^n + \sum_j A_{C,j}^n \right) = f^n \cdot A_{\text{eff}}^n \quad (\text{G 4-3})$$

Anstelle einer Summe über die Einzelaktivitäten in den Behältern kann die über

$$A_{\text{eff}}^n = \sum_i f_{d,i} \cdot A_{B,i}^n + \sum_j A_{C,j}^n \quad (\text{G 4-4})$$

definierte effektive maximale freisetzbare Gesamtaktivität A_{eff}^n verwendet werden. Hier ist zu beachten, dass aufgrund der Berücksichtigung des Durchlässigkeitsfaktors $f_{d,i}$ die maximal freisetzbare Gesamtaktivität A_{eff}^n keine reale in den Behältern vorliegende Aktivität mehr ist, sondern eine aus den real vorliegenden Aktivitäten bestimmte Rechengröße unter Berücksichtigung der Dichtigkeit der Behälter.

- Die maximal im LasmA vorhandene Gesamtaktivität für H-3 wird durch (G 3-1) begrenzt. Somit muss diese Begrenzungen in den weiteren Betrachtungen berücksichtigt werden. Da die Struktur dieser Bedingung (G 4-4) und damit (G 4-3) entspricht, kann die in (G 3-1) angegebene Grenzaktivität direkt als effektive Aktivität verwendet werden. Dadurch erübrigt sich auch eine Zuordnung der H-3-Aktivität auf einzelne Behälter. Somit ergibt sich $A_{\text{eff}}^{\text{H-3}} = 2 \cdot 10^{14}$ Bq.

Für H-3 wird davon ausgegangen, dass nur das als Dampf vorliegende HTO mit der Rate von $5 \cdot 10^2 \text{ a}^{-1}$ zur Freisetzung kommt. Der Anteil der als Wasserdampf vorliegenden Tritium-Aktivität an der gesamten Tritium-Aktivität wird aus einer Gleichgewichtsbetrachtung zwischen Wasserdampf und freiem Wasser im Gebinde bestimmt. Zur Abschätzung der je Gebinde als Wasserdampf vorliegenden Masse wird von einer 100 %-igen Sättigung des noch zur Verfügung stehenden freien Volumens mit Wasserdampf ausgegangen, da dies zum höchsten Anteil an Wasserdampf und somit zur höchsten freisetzbaren Aktivität führt. Im Temperaturbereich 15 °C bis 20 °C ergibt sich dabei eine Sättigungsmenge ρ_S im Bereich 13 - 18 g/m³. Das Verhältnis der im Dampf vorliegenden Tritium-Aktivität $A_D^{\text{H-3}}$ zur gesamten Tritium-Aktivität $A^{\text{H-3}}$ ist proportional zu der als Dampf und insgesamt vorliegenden Masse des Wassers:

$$\frac{A_D^{\text{H-3}}}{A^{\text{H-3}}} = \frac{\rho_S \cdot V_1}{M_1} \quad (\text{G 4-5})$$

Dabei sind V_1 das mittlere freie Volumen pro Behälter und M_1 die als Wasser vorliegende mittlere Masse pro Behälter. (G 4-5) gilt sowohl für die auf einen Behälter bezogenen Aktivitäten wie auch für die Gesamtaktivitäten über alle Behälter, da das mittlere freie Volumen sowie die mittlere Masse jeweils durch Multiplikation mit der Anzahl der Behälter die auf alle Behälter bezogenen Größen ergeben und sich dieser Faktor in (G 4-5) kürzen lässt. Für einen mittleren Restanteil an freiem Wasser von 1 % und eine mittlere Abfallmasse von 10 Mg ergibt sich M_1 zu 0,1 Mg. Das Bruttovolumen der Konradcontainer liegt im Bereich von ca. 4 m³ bis 11 m³. Da ein großer Wert für das mittlere freie Volumen pro Behälter zu großen freisetzbaren H-3-Aktivitäten führt, wird konservativ ein hoher Anteil von 25 % für das freie Volumen angenommen.¹ In Tabelle 4-1 ist das daraus resultierende freie Volumen

¹ In Anlehnung an [ESK 13] (dort im Abschnitt 5.4.3.4 „Überflutung für zehn Tage“) wird für die Gebinde ein zu 75 % mit Abfällen gefülltes Raumvolumen angenommen, was einem Anteil des freien Volumens von 25 % entspricht. Für konditionierte Behälter ist eher ein geringeres freies Volumen zu erwarten, abdeckend wird der Wert von 25 % verwendet.

für die im Lasma vorgesehenen Behältertypen aufgeführt. Damit ergibt sich für die im Lasma vorgesehenen Behälter ein Wert im Bereich zwischen 0,6 m³ und 1,2 m³ für das mittlere freie Volumen pro Behälter. Konservativ wird im Folgenden der Wert von 1,2 m³ verwendet.

Damit ergibt sich für die als Dampf vorliegende Aktivität

$$A_D^{H-3} \approx A^{H-3} \cdot 2,3 \cdot 10^{-4} \quad (G 4-6)$$

Dies gilt sowohl für Behälter mit spezifizierter Dichtigkeit ($A_{D,B,i}^{H-3} = A_{B,i}^{H-3} \cdot 2,3 \cdot 10^{-4}$) wie auch für Behälter ohne spezifizierte Dichtigkeit ($A_{D,C,j}^{H-3} = A_{C,j}^{H-3} \cdot 2,3 \cdot 10^{-4}$). Somit kann eine effektive maximal freisetzbare Gesamtaktivität des als Wasserdampf vorliegenden H-3 definiert werden:

$$A_{D,eff}^{H-3} = \sum_i f_{d,i} \cdot A_{D,B,i}^{H-3} + \sum_j A_{D,C,j}^{H-3} = 2,3 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sum_i f_{d,i} \cdot A_{B,i}^{H-3} + \sum_j A_{C,j}^{H-3} \right) \quad (G 4-7)$$

$$= 2,3 \cdot 10^{-4} \cdot A_{eff}^{H-3} = 4,3 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

Tabelle 4-1: Berechnung des freien Volumens über die Behältertypen

Behältertyp	Anzahl	Bruttovolumen pro Behälter [m ³]	Freies Volumen pro Behälter [m ³]
Behälter Typ II	1350	1,3	0,325
Behälter Typ II	100	1,3	0,325
Gusscontainer Typ VI	150	5,4	1,35
Container Typ II	100	4,6	1,15
Container Typ IV	100	7,4	1,85
Container Typ II – V	750	3,9 – 10,9	0,95 – 2,725
Summe	2550		
freies Volumen aller Behälter [m ³]:			1700 – 3304
mittleres freies Volumen pro Behälter [m ³]:			0,67 – 1,18

- Für C-14 wird eine betriebsbegleitende Messung der abgeleiteten Aktivitätskonzentration durchgeführt. Dabei darf die maximal zulässige Aktivitätskonzentration in der Fortluft nach Anl. VII Tab. 4 StrlSchV zu maximal 83 % ausgeschöpft werden.
- Die Lüftungsrate im Lasma beträgt 1.500 – 6.000 m³/h.

Den in Tabelle 3-3 aufgeführten Gebinden und dem darin befindlichen Inventar werden je nach Abfallbehälterklasse und Art der Aktivität die entsprechenden Faktoren für die Dichtigkeit zugeordnet. Dabei wird für aktivierte Bauteile der Durchlässigkeitsfaktor 0 verwendet (keine Freisetzung). Für Behälter der ABK II wird konservativ der Durchlässigkeitsfaktor 0,01 für Behälter mit spezifizierter Dichtigkeit verwendet und für alle anderen Behälter wird der Durchlässigkeitsfaktor 1

verwendet, also keine Korrektur durchgeführt. Die entsprechenden Zuordnungen sind in Tabelle 4-2 aufgeführt.

Tabelle 4-2: Gesamtaktivität der Gebinde und Zuordnung des Durchlässigkeitsfaktors für Gebinde mit spezifizierter Dichtigkeit

Typ	Inventar	Nuklidvektor	ABK	ges. Aktivität [Bq]	Durchlässigkeitsfaktor für spez. Dichtigkeit
Guss (M II)	Aktivierte Metalle	Aktivierung	ABK II	$4,9 \cdot 10^{17}$	0
		Kontamination		$4,9 \cdot 10^{15}$	0,01
Guss (M II)	Mischabfälle	Kontamination	ABK I	$1,0 \cdot 10^{14}$	1
Guss (KC VI)	Filterkonzentrate	Kontamination	ABK II	$7,8 \cdot 10^{13}$	0,01
KC II	Aktivierte Metalle	Aktivierung	ABK II	$4,5 \cdot 10^{15}$	0
		Kontamination		$5,0 \cdot 10^{14}$	0,01
KC IV	Verdampferkonzentrate	Kontamination	ABK I	$1,5 \cdot 10^{14}$	1
KC II-V	Mischabfälle	Kontamination	ABK I	$2,7 \cdot 10^{14}$	1

Für die als Kontamination vorliegende und damit freisetzbare Aktivität ergeben sich unter Verwendung des in Tabelle 3-5 aufgeführten Nuklidvektors die in Tabelle 4-3 angegebenen nuklidspezifischen Werte.

Tabelle 4-3: Als Kontamination vorliegenden und freisetzbaren nuklidspezifische Aktivitäten in den einzelnen Gebinden

Typ	Inventar	Aktivität [Bq]				
		gesamt	Co-60	Cs-137	Sr-90	Am-241
Behälter mit spezifizierter Dichtigkeit (Durchlässigkeitsfaktor 0,01)						
Guss (M II)	Aktivierte Metalle	$4,9 \cdot 10^{15}$	$3,4 \cdot 10^{15}$	$1,5 \cdot 10^{15}$	$3,6 \cdot 10^{13}$	$4,9 \cdot 10^{13}$
Guss (KC VI)	Filterkonzentrate	$7,8 \cdot 10^{13}$	$5,4 \cdot 10^{13}$	$2,3 \cdot 10^{13}$	$5,7 \cdot 10^{11}$	$7,8 \cdot 10^{11}$
KC II	Aktivierte Metalle	$5,0 \cdot 10^{14}$	$3,4 \cdot 10^{14}$	$1,5 \cdot 10^{14}$	$3,7 \cdot 10^{12}$	$5,0 \cdot 10^{12}$
Summe		$5,5 \cdot 10^{15}$	$3,8 \cdot 10^{15}$	$1,6 \cdot 10^{15}$	$4,0 \cdot 10^{13}$	$5,5 \cdot 10^{13}$
Behälter ohne spezifizierte Dichtigkeit (Durchlässigkeitsfaktor 1)						
Guss (M II)	Mischabfälle	$1,0 \cdot 10^{14}$	$6,9 \cdot 10^{13}$	$3,0 \cdot 10^{13}$	$7,3 \cdot 10^{11}$	$1,0 \cdot 10^{12}$
KC IV	Verdampferkonzentrate	$1,5 \cdot 10^{14}$	$1,0 \cdot 10^{14}$	$4,4 \cdot 10^{13}$	$1,1 \cdot 10^{12}$	$1,5 \cdot 10^{12}$
KC II-V	Mischabfälle	$2,7 \cdot 10^{14}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	$8,0 \cdot 10^{13}$	$2,0 \cdot 10^{12}$	$2,7 \cdot 10^{12}$
Summe		$5,2 \cdot 10^{14}$	$3,6 \cdot 10^{14}$	$1,5 \cdot 10^{14}$	$3,8 \cdot 10^{12}$	$5,2 \cdot 10^{12}$

In Tabelle 4-4 ist die resultierende nuklidspezifische Gesamtaktivität in Behältern mit spezifizierter Dichtigkeit und in Behältern ohne spezifizierte Dichtigkeit aufgeführt, dies entspricht den Werten, die in Tabelle 4-3 in den mit Summe bezeichneten Zeilen angegeben sind. Der Wert für H-3 wurde direkt aus (G 4-7) entnommen, daher ist hier nur die effektive maximal freisetzbare Gesamtaktivität

angegeben. Es ist zu beachten, dass bei der Berechnung der maximal freisetzbaren Gesamtaktivität der Durchlässigkeitsfaktor der Gebinde mit spezifizierter Dichtigkeit schon berücksichtigt wurde und dieser somit bei der weiteren Berechnung nicht noch einmal verwendet werden darf. C-14 ist nicht mit aufgeführt, da für dieses Nuklid eine betriebsbegleitende Messung der Aktivitätskonzentration in der Abluft vorgesehen ist.

Tabelle 4-4: Nuklidspezifische Gesamtaktivitäten in Behältern mit und ohne spezifizierter Dichtigkeit. Der Wert für H-3 wurde direkt aus dem in Annahmebedingungen für das LasmA angegebenen Grenzwert berechnet.

Nuklid	Aktivität in Behältern ohne spez. Dichtigkeit [Bq]	Aktivität in Behältern mit spez. Dichtigkeit [Bq]	effektive maximal freisetzbare Gesamtaktivität ^{a)} [Bq]
H-3			$4,3 \cdot 10^{10}$
Co-60	$3,6 \cdot 10^{14}$	$3,8 \cdot 10^{15}$	$4,0 \cdot 10^{14}$
Cs-137	$1,5 \cdot 10^{14}$	$1,6 \cdot 10^{15}$	$1,7 \cdot 10^{14}$
Sr-90	$3,8 \cdot 10^{12}$	$4,0 \cdot 10^{13}$	$4,2 \cdot 10^{12}$
Am-241	$5,2 \cdot 10^{12}$	$5,5 \cdot 10^{13}$	$5,8 \cdot 10^{12}$

^{a)} berücksichtigt bei Gebinden mit spezifizierter Dichtigkeit den Durchlässigkeitsfaktor

Mit den aufgeführten Angaben wird die maximal zu erwartende nuklidspezifische Aktivitätskonzentration in der Raumluft des LasmA ermittelt. Aus der geplanten Abluftmenge des LasmA von 1.500 – 6.000 m³/h wird die mittlere Aktivitätskonzentration in der Abluft berechnet. Konservativ wird dabei der kleinere Wert von 1.500 m³/h verwendet, da dieser zu größeren volumenbezogenen Aktivitätskonzentrationen führt. Diese Werte sind zusammen mit den gemäß Anl. VII Tab. 4 StrlSchV maximal zulässigen Aktivitätskonzentrationen (die Werte aus der StrlSchV müssen, da die geplante Abluftmenge des LasmA weniger als 10⁴ m³/h beträgt, mit 10 multipliziert werden) in Tabelle 4-5 aufgeführt.

Tabelle 4-5: Freisetzung aus den Behältern im LasmA

Nuklid	eff. max. freisetzbare Gesamtaktivität [Bq]	Freisetzungsrate [1/a]	Freisetzung [Bq/a]	mittl. Konz. [Bq/m ³]	Anl. VII Tab. 4	
					[Bq/m ³]*	Ausschöpfung
H-3	$4,3 \cdot 10^{10}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^2$	1000	16,4 %
C-14	betriebsbegleitende Messung Aktivitätskonzentration			$5,0 \cdot 10^1$	60	83,0 %
Co-60	$4,0 \cdot 10^{14}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	$2,0 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	10	0,15 %
Cs-137	$1,7 \cdot 10^{14}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	$8,5 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	9	0,07 %
Sr-90	$4,2 \cdot 10^{12}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	$2,1 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	1	0,02 %
Am-241	$5,8 \cdot 10^{12}$	$5,0 \cdot 10^{-12}$	$2,9 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^{-6}$	0,004	0,05 %
Summe						99,7 %

* Faktor 10 berücksichtigt

Es ist davon auszugehen, dass die Raumluft des LasmA ungefiltert² in die Umgebung abgeleitet wird. Die berechneten potentiellen Nuklidkonzentrationen sind daher zur Bewertung mit den gemäß Anl. VII Tab. 4 StrlSchV maximal zulässigen Aktivitätskonzentrationen ins Verhältnis (Ausschöpfung) zu setzen. Aus der Aufsummierung der jeweiligen Ausschöpfungen ergibt sich die Bewertung hinsichtlich der Einhaltung der Vorgaben aus § 47 Abs. 4 StrlSchV.

Im betrachteten Fall wird unter Einschluss von C-14 eine Ausschöpfung der Summenformel von maximal 99,7 % ermittelt. Der Hauptanteil der Ausschöpfung der Aktivitätskonzentrationen in der Fortluft wird dabei für das Nuklid C-14 angesetzt. Im Gegensatz zu den anderen aufgeführten Nukliden wird die C-14-Aktivitätskonzentration nicht aus den maximalen Werten für die einzulagernden Aktivitäten berechnet, sondern ist als maximale Ausschöpfung der Aktivitätskonzentration der Anl. VII Tab. 4 StrlSchV definiert. Die C-14-Aktivitätskonzentration selbst wird betriebsbegleitend gemessen, wobei im Betriebshandbuch des LasmA das Vorgehen bei Erreichen von Grenzwerten der C-14-Aktivitätskonzentration vorgeschrieben wird. Diese Grenzwerte wiederum sind als Anteile der maximalen Ausschöpfung von 83 % der Aktivitätskonzentration nach Anl. VII Tab. 4 definiert. Die maximale C-14-Aktivitätskonzentration in der Abluft ergibt sich damit zu $49,8 \text{ Bq/m}^3$, was bei einer Abluftmenge von $1.500 \text{ m}^3/\text{h}$ einer C-14-Ableitung von etwa $6,5 \cdot 10^8 \text{ Bq/a}$ entspricht.

Im Fall eines Stromausfalls erfolgt keine C-14-Messung. Allerdings kann der Wert aus der letzten Messung vor dem Stromausfall extrapoliert werden. Dies ist möglich, da während eines Stromausfalls der Betrieb des Krans im LasmA nicht möglich ist und daher keine Einlagerung stattfinden kann. Somit können während eines Stromausfalls auch keine wesentlichen Änderungen in der C-14-Ableitung und -Konzentration auftreten. Es besteht also keine Notwendigkeit, die C-14-Messstelle mit einer Notstromversorgung auszustatten.

Auch während des normalen Einlagerungsbetriebes sind keine starken Anstiege in der gemessenen C-14-Konzentration zu erwarten, da die Einlagerung sukzessive erfolgt und daher kein extremer Zuwachs des eingelagerten C-14-Aktivitätsinventars innerhalb kurzer Zeiträume stattfindet.

Details zur C-14-Messstelle werden in [NUK 16] aufgeführt.

Für die geplante Einlagerung im LasmA kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass die gemäß Anl. VII Tab. 4 StrlSchV maximal zulässigen Aktivitätskonzentrationen bei Ableitungen mit der Fortluft unterschritten werden, insbesondere da der real zu erwartende Ausschöpfungsgrad durch H-3- bzw. C-14-Aktivitäten als sehr gering zu erwarten ist und die sonstigen Aerosole praktisch nicht zur Ausschöpfung beitragen.

² Die potentielle Aerosolabgabe ist radiologisch unbedeutend, so dass eine Aerosolfilterung keine signifikante Verringerung der potentiellen Dosis für Personen der allgemeinen Bevölkerung bewirkt.

5. QUELLEN

- [ATG 12] ATOMGESETZ
Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)
Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 6 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
- [BFS 95] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
Systemanalyse Konrad, Teil 3: Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachtanlage Konrad –
GRS-A-1522
31.03.1995
- [BFS 10] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, radiologische Aspekte – Endlager Konrad – Stand: Oktober 2010
Fachbereich Sicherheit nuklearer Entsorgung, Bundesamt für Strahlenschutz, Stefan Steyer (Herausgeber), SE-IB-30/08-REV-1, Oktober 2010
- [BS 15] BRENK SYSTEMPLANUNG GMBH
Berechnung der potentiellen Strahlenexposition in der Umgebung des Kernkraftwerks
Brunsbüttel
BS-Projekt-Nr. 1401-01
Aachen, 22.12.2015
- [ESK 13] ENTSORGUNGSKOMMISSION
ESK-Stresstest für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland;
Teil 2: Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, stationäre Einrichtungen zur Konditionierung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, Endlager für radioaktive Abfälle
Stellungnahme der Entsorgungskommission, 11.07.2013
- [GRS 09] GESELLSCHAFT FÜR ANLAGEN- UND REAKTORSICHERHEIT (GRS) MBH
Transportstudie Konrad 2009
Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad
Dezember 2009 mit Corrigendum vom April 2010
GRS-256
- [GRS 11] GESELLSCHAFT FÜR ANLAGEN- UND REAKTORSICHERHEIT (GRS) MBH
Bewertung der Abklinglagerung von Großkomponenten aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen in Deutschland
Abschlussbericht, GRS-A-3626, September 2011



- [KKB 12] KERNKRAFTWERK BRUNSBÜTTEL GMBH & CO. OHG
Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung und Abbau
Schreiben an das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche
Räume des Landes Schleswig-Holstein
01.11.2012
- [KKB 14] KERNKRAFTWERK BRUNSBÜTTEL GMBH & CO. OHG
Antrag auf Genehmigung nach § 7 Strahlenschutzverordnung zum Umgang mit radioaktiven
Stoffen in einem neu zu errichtenden Lager für radioaktive Abfälle und Reststoffe
Schreiben an das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche
Räume des Landes Schleswig-Holstein
05.05.2014
- [KKB 18] KERNKRAFTWERK BRUNSBÜTTEL GMBH & CO. OHG
Technische Annahmebedingungen LasmA; LAB/040/010
- [NUK 15] NUKEM TECHNOLOGIES
LasmA – Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle am Standort des Kernkraftwerks
Brunsbüttel
Sicherheitsbericht
LAB/010/010; Stand: Februar 2015
- [NUK 16] NUKEM TECHNOLOGIES
LasmA – Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle am Standort des Kernkraftwerks
Brunsbüttel: Beschreibung der technischen Ausrüstung
LAB/010/030; Rev. 1; 20.5.2016
- [SSV 17] STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG (STRLSCHV)
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutz-
verordnung - StrlSchV)
vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt nach Maßgabe des Artikel
10 durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. Januar 2017 (BGBl. I S. 114, 1222) geändert wor-
den ist