



01140091491 /0017



*Ver. 01*

**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

Endbericht

**Berechnung der Strahlenexposition  
infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe  
mit Wasser während des Restbetriebs  
des Kernkraftwerks Brunsbüttel**

BS-Projekt-Nr. 1401-11  
Bestellung Nr. EA2-4502834189

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

Aachen, 06.11.2015

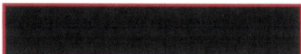
**Anmerkung:**

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




**AUTOREN**

Dieser Bericht wurde von folgendem Bearbeiter erstellt:

- 

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
		
Projektleiter	Geschäftsbereichsleiter	Geschäftsführung



## **ZUSAMMENFASSUNG**

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wurde für die geplante zukünftige Einleitung der radioaktiven Abwässer des Kernkraftwerks Brunsbüttel im Restbetrieb über eine Rohrleitung in den Vorfluter Elbe die über den Wasserpfad resultierende potenzielle Strahlenexposition von Referenzpersonen in der Umgebung des Kernkraftwerks Brunsbüttel gemäß § 47 StrlSchV (StrlSchV) berechnet. Dabei wurde entsprechend der derzeitigen Planungen des Kernkraftwerks Brunsbüttel unterstellt, dass die früheren Genehmigungswerte für die radioaktiven Ableitungen mit Wasser der Anlage im Leistungsbetrieb unverändert fortgelten. Als Berechnungsgrundlage wurde die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV“ (AVV) vom 28. August 2012 verwendet. Die besonderen standort- und anlagenspezifischen Gegebenheiten sowie mögliche Vorbelastungen des Vorfluters Elbe durch andere inländische Einleiter oder Einleitungen wurden in geeigneter Weise berücksichtigt.

Im Ergebnis der durchgeführten Dosisberechnungen zeigt sich, dass die resultierende potenzielle Strahlenexposition infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Kernkraftwerks Brunsbüttel im Restbetrieb über eine im Entnahmekanal verlegte und über das Entnahmebauwerk herausgeführte Rohrleitung in einem hier zugrunde gelegten Abstand von 40 m jenseits der anlagenseitigen Tiefenlinie der Elbe von 4 m sowohl im Fernbereich als auch im Nahbereich der Anlage unterhalb der nach § 47 Abs. 1 StrlSchV einzuhaltenden Dosisgrenzwerte liegt. Unter Einbeziehung möglicher Vorbelastungen ergibt sich die maximale Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 52,4 % mit einer zugehörigen potenziellen Jahresdosis von ca. 157,3  $\mu\text{Sv}$  für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ $\leq 1$  Jahr mit Muttermilch“ im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des Kernkraftwerks Brunsbüttel, dem Fernbereich des Kernkraftwerks Brokdorf und dem Fernbereich des Kernkraftwerks Stade. Für die Effektivdosis resultiert mit einer entsprechenden potenziellen Gesamtjahresdosis von ca. 141,1  $\mu\text{Sv}$  die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 47,0 % ebenfalls in diesem Überschneidungsbereich und in dieser Altersgruppe.



## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite:
<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2. EXPOSITIONSSZENARIEN .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Vorbemerkungen .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Potenzielle Expositionspfade.....</b>	<b>2</b>
<b>2.3. Entfernungsbereiche.....</b>	<b>3</b>
<b>2.4. Randbedingungen .....</b>	<b>4</b>
<b>2.4.1. Kernkraftwerk KKB.....</b>	<b>4</b>
<b>2.4.2. Sonstige Einleiter.....</b>	<b>7</b>
<b>3. AKTIVITÄTSABGABEN MIT WASSER.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Aktivitätsabgaben des KKB.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Potenzielle Vorbelastungen.....</b>	<b>11</b>
<b>4. BERECHNUNG DER POTENZIELLEN STRAHLENEXPOSITION .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Erläuterungen zur Dosisberechnung .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2. Ergebnisse der Dosisberechnung.....</b>	<b>16</b>
<b>4.2.1. Nahbereich KKB, Fernbereich KBR und Fernbereich KKS.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2.2. Nahbereich KBR, Fernbereich KKB und Fernbereich KKS.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.3. Nahbereich KKS, Fernbereich KKB und Fernbereich KBR.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.4. Fernbereich KKB, Fernbereich KBR und Fernbereich KKS.....</b>	<b>21</b>
<b>5. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>22</b>

ANHANG

## 1. EINLEITUNG

Das sich im Restbetrieb<sup>1</sup> befindliche Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB)<sup>2</sup> liegt nordwestlich der Hansestadt Hamburg unterhalb der Tidegrenze der Elbe, die als Vorfluter für die Abwässer der Anlage genutzt wird. Der Einwirkungsbereich der eingeleiteten Abwässer des KKB erstreckt sich aufgrund des Tideinflusses über den gesamten Bereich der Tideelbe vom Wehr Geesthacht (Flusskilometer 585,9) bis zur Mündung in die Nordsee an der Seegrenze bei Cuxhaven-Kugelbake (Flusskilometer 727,7). Um die Ableitung der Betriebsabwässer vom Kühlkreislauf zu separieren, beabsichtigt das KKB, anfallende radioaktive Abwässer zukünftig über eine Rohrleitung direkt in den Vorfluter Elbe einzuleiten.

Nach § 47 Abs. 1 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [SSV 14] darf die durch Ableitung radioaktiver Stoffe aus einer kerntechnischen Anlage oder Einrichtung mit Luft oder Wasser bedingte Strahlenexposition des Menschen jeweils folgende Dosisgrenzwerte im Kalenderjahr nicht überschreiten:

- |  |               |
|--|---------------|
| 1) Effektive Dosis sowie Teilkörperdosis für Keimdrüsen, Gebärmutter und rotes Knochenmark | 300 $\mu$ Sv  |
| 2) Teilkörperdosis für alle Organe und Gewebe soweit nicht unter 1) und 3) genannt         | 900 $\mu$ Sv  |
| 3) Teilkörperdosis für Knochenoberfläche und Haut  | 1800 $\mu$ Sv |

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wurde für die geplante zukünftige Einleitung der radioaktiven Abwässer des KKB im Restbetrieb über eine Rohrleitung in den Vorfluter Elbe die über den Wasserpfad resultierende potenzielle Strahlenexposition von Referenzpersonen in der Umgebung des KKB gemäß § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [SSV 14] berechnet. Dabei wurde entsprechend der derzeitigen Planungen des KKB unterstellt, dass die früheren Genehmigungswerte<sup>3</sup> für die radioaktiven Ableitungen mit Wasser der Anlage im Leistungsbetrieb unverändert fortgelten. Als Berechnungsgrundlage wurde die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV“ (AVV) vom 28. August 2012 [AVV 12] verwendet. Die besonderen standort- und anlagenspezifischen Gegebenheiten sowie mögliche Vorbelastungen des Vorfluters Elbe durch andere inländische Einleiter oder Einleitungen wurden in geeigneter Weise berücksichtigt.

<sup>1</sup> Im Rahmen dieses Berichts werden sämtliche sich nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs anschließenden Betriebsphasen bzw. -zustände eines Kernkraftwerks unter der Bezeichnung „Restbetrieb“ zusammengefasst.

<sup>2</sup> Für Flexionen abgekürzter Begriffe wird dasselbe Kürzel verwendet.

<sup>3</sup> Im Rahmen dieses Berichts wird der Begriff Genehmigungswert im Sinne festgelegter Wert für die zulässige Ableitung radioaktiver Stoffe verwendet.

## 2. EXPOSITIONSSZENARIEN

### 2.1. Vorbemerkungen

Gemäß der AVV [AVV 12] sind bei der Abschätzung der Strahlenexposition der allgemeinen Bevölkerung infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser aus einer kerntechnischen Anlage alle aufgrund der örtlichen Besonderheiten des Anlagenstandorts oder aufgrund der Art der Anlage begründeten Expositionspfade zu berücksichtigen. Zu berechnen ist die Strahlenexposition an den ungünstigsten durch die Ableitungen der betrachteten Anlage beeinflussten Einwirkungsstellen (Nutzungsstelle bzw. Expositionsort). Diese sind entsprechend der AVV durch die Stellen in der Umgebung der Anlage bestimmt, an denen aufgrund der Verteilung der abgeleiteten Radionuklide und unter Berücksichtigung realer Nutzungsmöglichkeiten durch Aufenthalt oder Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die jeweils potenziell höchsten Strahlenexpositionen für die Referenzpersonen resultieren.

Bei Ableitungen mit Wasser sind zudem aufgrund der sich mit der Entfernung zur Einleitstelle verändernden Ausbreitungsbedingungen unterschiedliche Entfernungsbereiche zu berücksichtigen. Ausgehend von den Vorgaben der AVV werden nachfolgend die zu betrachtenden Expositionsszenarien in Abhängigkeit von den relevanten Entfernungsbereichen festgelegt.

### 2.2. Potenzielle Expositionspfade

Im Zusammenhang mit der hier untersuchten Aufgabenstellung (vgl. Abschnitt 1) kommen für den Standort des KKB in Abhängigkeit von der Entfernung zur Einleitstelle folgende, mit E1 bis E5, E7, E8 und E12 (Abkürzungen aus Berechnungsprogramm) bezeichnete, potentielle Expositionspfade in Betracht, deren Gesamtheit im Weiteren abkürzend auch kurz „*Wasserpfad*“ genannt wird:

- |  |      |
|--|------|
| E1: Trinkwasser  |      |
| - Trinkwasser,   | (Tw) |
| - Muttermilch;   | (Mu) |
| E2: Fischverzehr (kurz: Fisch)                                   |      |
| - Fisch,   | (Fi) |
| - Muttermilch;   | (Mu) |
| E3: Viehtränke   |      |
| - Tier - Milch,  | (Mi) |
| - Tier - Fleisch,  | (Fl) |
| - Muttermilch;   | (Mu) |
| E4: Beregnung landwirtschaftlicher Nutzflächen (kurz: Beregnung) |      |
| - Aufenthalt,  | (Bo) |
| - Weidepflanze - Futter - Tier - Milch,                          | (Mi) |
| - Weidepflanze - Futter - Tier - Fleisch,                        | (Fl) |
| - Blattgemüse,   | (Bl) |
| - pflanzliche Produkte ohne Blattgemüse,                         | (Pf) |
| - Muttermilch;   | (Mu) |

- |  |      |
|--|------|
| E5: Aufenthalt auf Ufersediment (kurz: Ufersediment);  | (Bo) |
| E7: Aufenthalt auf Sedimentspülfeldern (kurz: Sedimentspülfelder);                             | (Bo) |
| E8: Bodenverbesserung durch Flusssediment (kurz: Sedimentaufbringung)                          |      |
| - Aufenthalt,  | (Bo) |
| - Weidepflanze - Futter - Tier - Milch,  | (Mi) |
| - Weidepflanze - Futter - Tier - Fleisch,  | (Fl) |
| - Blattgemüse,   | (Bl) |
| - pflanzliche Produkte ohne Blattgemüse,   | (Pf) |
| - Muttermilch;   | (Mu) |
| E12: Landwirtschaftliche Nutzung von Überschwemmungsgebieten<br>(kurz: Überschwemmungsgebiete) |      |
| - Aufenthalt,  | (Bo) |
| - Weidepflanze - Futter - Tier - Milch,  | (Mi) |
| - Weidepflanze - Futter - Tier - Fleisch,  | (Fl) |
| - Blattgemüse,   | (Bl) |
| - pflanzliche Produkte ohne Blattgemüse,   | (Pf) |
| - Muttermilch.   | (Mu) |

Eine Bündelung aller oben aufgeführten Einzelexpositionspfade des Wasserpfads ist als sehr hypothetisch einzustufen und gemäß AVV auch nicht anzusetzen. Dies gilt insbesondere für eine Addition der verschiedenen – im Weiteren auch kurz „Aufenthaltspfade A1 bis A3“ genannten – potenziellen Einzelexpositionspfade zur äußeren Strahlenexposition durch Bodenstrahlung:

- A1: Aufenthalt auf Ufersediment (E5: Bo),
- A2: Aufenthalt auf Sedimentspülfeldern (E7: Bo),
- A3: Superposition von Aufenthalt auf Beregnungsflächen (E4: Bo), Aufenthalt auf Flächen mit Sedimentaufbringung zur Bodenverbesserung (E8: Bo) und Aufenthalt auf Überschwemmungsgebieten (E12: Bo).

Im Unterschied zur Berechnung der inneren Strahlenexposition, bei der konservativ eine Überlagerung aller potenziellen Einzelexpositionspfade zur Ingestion zu unterstellen ist, wird daher bei der Abschätzung der äußeren Strahlenexposition durch Bodenstrahlung zur Vermeidung unrealistisch hoher Gesamtexpositionszeiten nur derjenige der drei Aufenthaltspfade A1 bis A3 berücksichtigt, der potenziell den jeweils höchsten Dosisbetrag liefert.

### **2.3. Entfernungsbereiche**

Infolge des Tideeinflusses erstreckt sich der Einwirkungsbereich der radioaktiven Einleitungen des KKB in den Vorfluter Elbe über den gesamten Bereich der Tideelbe. Zur konservativ abdeckenden Abschätzung der potentiellen Strahlenexposition durch die zukünftig vorgesehene Rohreinleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb sowie der möglichen Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen sind gemäß AVV aufgrund sich verändernder Ausbreitungsbedingungen unterschiedliche Entfernungsbereiche relativ zur Einleitstelle des KKB zu betrachten.

Im Rahmen dieses Berichts wird daher unterschieden zwischen dem „*Nahbereich des KKB*“, d. h. dem Bereich geringer Vermischung und kürzerer Fließzeiten bzw. entsprechend kürzerer Anlagerungszeiten der Radionuklide an Wasserschwebstoffen in unmittelbarer Nähe der Einleitstelle, sowie dem „*Fernbereich des KKB*“, d. h. dem Bereich vollständiger Vermischung und längerer Fließzeiten bzw. entsprechend längerer Anlagerungszeiten der Radionuklide an Wasserschwebstoffen in größerer Entfernung von der Einleitstelle.

Entsprechend wird zur adäquaten Berücksichtigung möglicher Vorbelastungen infolge der Einleitungen radioaktiver Abwässer der Kernkraftwerke Stade (KKS) und Brokdorf (KBR) auch zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KKS*“ sowie zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KBR*“ unterschieden. Beide Anlagen liegen wie das KKB an der Elbe unterhalb der Tidegrenze. Aufgrund des Tideeinflusses erstrecken sich die Einwirkungsbereiche der Einleitungen dieser beiden Anlagen, wie der Einwirkungsbereich der Einleitungen des KKB, ebenfalls über den gesamten Bereich der Tideelbe.

Ausgehend von den Vorgaben der AVV werden bei den hier durchgeführten Dosisberechnungen die beiden Expositionsszenarien NB für den Nahbereich und FB für den Fernbereich des KKB betrachtet. Beide Szenarien sind hinsichtlich der zu betrachtenden Expositionspfade identisch und unterscheiden sich lediglich in den zugrunde liegenden Randbedingungen (z. B. Vermischungswassermengen, Fließ- bzw. Anlagerungszeiten). Die entsprechend den Vorgaben der AVV in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Einleitszenarien jeweils anzusetzenden Parameterwerte werden im nachfolgenden Abschnitt 2.4 beschrieben.

NB/FB: Kombination der Summe der Einzelexpositionspfade *Trinkwasser* (E1: Tw, Mu), *Fisch* (E2: Fi, Mu), *Viehtränke* (E3: Mi, Fl, Mu), *Beregnung* (E4: Mi, Fl, Bl, Pf, Mu), *Sedimentaufbringung* (E8: Mi, Fl, Bl, Pf, Mu) und *Überschwemmungsgebiete* (E12: Mi, Fl, Bl, Pf, Mu) zur inneren Strahlenexposition durch Ingestion mit demjenigen der drei Aufenthaltspfade A1 *Aufenthalt auf Ufersediment* (E5: Bo), A2 *Aufenthalt auf Sedimentspülfeldern* (E7: Bo) und A3 *Superposition von Aufenthalt auf Beregnungsflächen* (E4: Bo), auf *Flächen mit Sedimentaufbringung zur Bodenverbesserung* (E8: Bo) und auf *Überschwemmungsgebieten* (E12: Bo) zur äußeren Strahlenexposition durch Bodenstrahlung, der den jeweils höchsten potentiellen Dosisbeitrag liefert.

## **2.4. Randbedingungen**

### **2.4.1. Kernkraftwerk KKB**

Infolge der stattfindenden Vermischung der abgeleiteten Abwässer des KKB mit dem Wasser des Vorfluters verringern sich die Konzentrationen der emittierten radioaktiven Stoffe im Vorfluter mit zunehmender Entfernung von der Einleitstelle, wobei sich der Einwirkungsbereich der Einleitungen des KKB aufgrund des bestehenden Tideeinflusses über den gesamten Bereich der Tideelbe erstreckt (vgl. Abschnitt 2.3). Das Ausmaß der Vermischung und damit der potenziell resultierenden Strahlenexposition über den Wasserpfad wird von dem Abflussanteil des Vorfluters (Vermischungswassermenge  $Q_V$ ) bestimmt, mit dem sich die abgeleitete Aktivität auf dem Weg von der Einleitstelle bis zur betrachteten Einwirkungsstelle (Nutzungsstelle bzw. Expositionsort) vermischt hat.



In größerer Entfernung von der Einleitstelle in den Vorfluter (Fernbereich) kann von einer vollständigen Durchmischung der eingeleiteten Abwässer mit dem Wasser des Vorfluters ausgegangen werden, wobei gemäß AVV bei Einleitungen bzw. Einwirkungsstellen unterhalb der Tidegrenze nicht die gesamte vorbeiflutende Wassermenge in Ansatz gebracht werden darf, sondern nur der jeweils anfallende mittlere Oberwasserzufluss. Die Festlegung der Vermischungswassermenge  $Q_V$  im Fernbereich erfolgte daher auf Basis der in Tabelle 2-1 angegebenen Langzeitmittelwerte (Zeitraum 1926 bis 2008) für den Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau bei Flusskilometer 536,4 oberhalb der Tidegrenze [DGJ 08]. In unmittelbarer Nähe der Einleitstelle in den Vorfluter (Nahbereich) hängt die Vermischungswassermenge allgemein stark von den örtlichen Gegebenheiten und Einleitungsbedingungen ab.

Tabelle 2-1: Mittlerer Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau bei Flusskilometer 536,4 (Langzeitmittelwert 1926-2008) [DGJ 08]

<b>Mittlerer Abfluss Pegel Neu Darchau (Langzeitmittelwert 1926-2008)</b>	
im Abflussjahr <sup>1)</sup>	709,0 m <sup>3</sup> /s
im Sommerhalbjahr	556,0 m <sup>3</sup> /s

<sup>1)</sup> Abflussjahr: 01.11. des Vorjahres bis zum 31.10.

Das KKB beabsichtigt zukünftig am Standort anfallende radioaktive Abwässer über eine im Entnahmekanal verlegte und über das Entnahmebauwerk herausgeführte Rohrleitung in die Elbe einzuleiten. Der Austrittspunkt der Rohrleitung soll nach derzeitigem Planungsstand mindestens 40 m über die anlagenseitige Tiefenlinie des Vorfluters von 4 m (gemäß 54. Peilung vom 19.03.2015 durch das Vermessungsbüro Hanack und Partner) hinausgehen [KKB 15]. Ab dieser Linie kann über den gesamten anlagenseitigen Uferbereich bis zur Fahrrinne eine mittlere Wassertiefe von mindestens 4,0 m und eine mittleren Fließgeschwindigkeit des Elbe von mindestens 0,25 m/s angenommen werden [KKB 15].

Ausgehend vom derzeitigen Kenntnisstand wurden bei der Berechnung der im Nahbereich des KKB resultierenden potenziellen Strahlenexposition infolge der Einleitung radioaktiver Stoffe der Anlage über eine Rohrleitung folgende Annahmen und Randbedingungen unterstellt:

- Die Abgabe der radioaktiven Abwässer des KKB erfolgt voraussichtlich diskontinuierlich, aber dennoch zeitlich gleichmäßig verteilt über das gesamte Jahr bei ablaufender Tide.
- Mit den eingeleiteten radioaktiven Abwässern werden insbesondere keine Abwärme oder Nährstoffe in den Vorfluter abgeführt noch der Sauerstoffgehalt besonders erhöht. Daher wird davon ausgegangen, dass der Austrittsbereich der Rohrleitung kein bevorzugter Aufenthaltsort für Fische sein wird.
- Der Abstand des Rohraustrittspunktes vom Uferufer beträgt mindestens 40 m über die anlagenseitige Tiefenlinie der Elbe von 4 m hinausgehend.
- Wegen der Entfernung des vorgesehenen Einleitpunktes vom Elbufer ist eine deutliche Verbreiterung der Abwasserfahne bis zum Erreichen des Elbufers und damit ufernaher Einwirkungsstellen zu erwarten.
- Die eingeleiteten radioaktiven Abwässer vermischen sich relativ schnell in einem ufernahen Vermischungstreifen vor der ersten relevanten Einwirkungsstelle.

- Die Querschnittbreite  $b$  des Vermischungstreifens wird mit  $80,0\text{ m}$  ( $= 2 \cdot 40\text{ m}$ ) angesetzt, entsprechend dem 2-fachen Abstand des Rohraustrittspunkts von der anlagenseitigen 4m-Tiefenlinie der Elbe.
- Im Bereich des Vermischungstreifens beträgt während der Einleitung die mittlere Wassertiefe  $h$  mindestens  $4\text{ m}$  und die mittlere Fließgeschwindigkeit  $v$  etwa  $0,25\text{ m/s}$ .

Damit ergibt sich gemäß der Beziehung  $Q_v = v \cdot h \cdot b$  für den Nahbereich des KKB eine Vermischungswassermenge von ca.  $80,0\text{ m}^3/\text{s}$  ( $= 0,25\text{ m/s} \cdot 4\text{ m} \cdot 80\text{ m}$ ) oder etwa  $11,3\%$  des als Oberwasserzuflusses im Bereich der Tideelbe angesetzten mittleren Abflusses der Elbe am Pegel Neu Darchau im Abflussjahr bzw.  $14,4\%$  im Sommerhalbjahr (vgl. Tabelle 2-1).

Bei diskontinuierlicher, aber dennoch zeitlich über das gesamte Jahr gleichmäßig verteilter Ableitung der anfallenden radioaktiven Stoffe kann in Übereinstimmung mit der AVV zum Zwecke der Expositionsrechnung von einer quasikontinuierlichen Ableitung ausgegangen werden. Diese Vorgehensweise ist auch wegen der dann ebenfalls über das Gesamtjahr bzw. Sommerhalbjahr verteilten, d. h. ebenfalls quasikontinuierlichen Nutzung des kontaminierten Wassers bzw. Exposition über den Wasserpfad gerechtfertigt. Für eine über das Gesamtjahr bzw. Sommerhalbjahr verteilte, d. h. quasikontinuierliche Ableitung sind somit dosisbestimmend (1) die abgeleitete Gesamtaktivität und (2) die wirksame Vermischungswassermenge wie oben angesetzt.

Die nachfolgende Tabelle 2-2 fasst die hier unterstellten Vermischungswassermengen bezüglich der Aktivitätsabgaben des KKB in Abhängigkeit von den verschiedenen Entfernungsbereichen der Anlage zusammen.

Tabelle 2-2: Vermischungswassermengen bezüglich der Aktivitätsabgaben des KKB in Abhängigkeit von den verschiedenen Entfernungsbereichen der Anlage

Einleiter	Vermischungswassermenge $Q_v$			
	Abflussjahr		Sommerhalbjahr	
	Nahbereich <sup>1)</sup>	Fernbereich	Nahbereich	Fernbereich
KKB	$80,0\text{ m}^3/\text{s}$	$709,0\text{ m}^3/\text{s}$	$80,0\text{ m}^3/\text{s}$	$556,0\text{ m}^3/\text{s}$

<sup>1)</sup> Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des KKB

Die in den Vorfluter eingeleiteten Radionuklide reichern sich infolge von Sorptionsprozessen an vorhandenen Wasserschwebstoffen an, die dann durch die Wasserströmung transportiert werden und schließlich – z. B. am Flussufer – sedimentieren können. Das Ausmaß der Anreicherung ist abhängig von der jeweils zur Verfügung stehenden sogenannten Anlagerungszeit  $t_{Anl}$ . Die im Rahmen dieses Berichts angesetzten Anlagerungszeiten wurden konservativ gemäß der entsprechenden Fließzeitbedingungen der AVV festgelegt und sind in der nachfolgenden Tabelle 2-3 bezüglich der Einleitungen des KKB in Abhängigkeit von den betrachteten Entfernungsbereichen der Anlage angegeben.

Tabelle 2-3: Anlagerungszeiten bezüglich der Einleitungen des KKB in Abhängigkeit von den verschiedenen Entfernungsbereichen der Anlage

Einleiter	Anlagerungszeit $t_{Anl}$	
	Nahbereich <sup>1)</sup>	Fernbereich
KKB	10 Stunden	5 Tage

<sup>1)</sup> Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des KKB

#### **2.4.2. Sonstige Einleiter**

Mögliche Vorbelastungen der Elbe im Einwirkungsbereich der Einleitungen des KKB – der sich wie bereits erwähnt aufgrund des Tideeinflusses über den gesamten Bereich der Tideelbe erstreckt – ergeben sich durch verschiedene andere inländische Einleiter oder Einleitungen. Hierzu gehören die genehmigten Ableitungen der unterhalb der Tidegrenze liegenden Kernkraftwerke Brokdorf (KBR) und Stade (KKS), ferner die genehmigten Ableitungen des oberhalb der Tidegrenze liegenden Kernkraftwerks Krümmel (KKK) und des ebenfalls oberhalb der Tidegrenze liegenden Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG) sowie die radioaktiven Einleitungen weiterer Anlagen und Einrichtungen (Krankenhäuser, Forschungsinstitute etc.), die ebenfalls mit radioaktiven Stoffen umgehen und diese ggf. direkt oder indirekt mit Wasser ableiten.

Die Abschätzung der möglichen Vorbelastungen erfolgt im Rahmen dieses Berichts für die oben namentlich genannten Einleiter auf Basis spezifischer Einzelfallbetrachtungen, hingegen für die nicht explizit aufgeführten weiteren Anlagen und Einrichtungen (Krankenhäuser, Forschungsinstitute etc.) auf pauschale Weise durch die ersatzweise Berechnung der potenziellen Strahlenexposition infolge Radionuklidausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin (PA) entsprechend der Empfehlung [SSK 04] der Strahlenschutzkommission.

Bei der Abschätzung möglicher Vorbelastungen der Elbe im Einwirkungsbereich der Einleitungen des KKB durch die o. g. sonstigen Einleiter bzw. Einleitungen wurden insbesondere folgende Aspekte und Annahmen berücksichtigt bzw. vorausgesetzt:

- Die Einleitstellen der Kernkraftwerke KBR und KKS liegen beide flussaufwärts der Einleitstelle des KKB und unterhalb der Tidegrenze der Elbe. Aufgrund des Tideeinflusses erstrecken sich die Einwirkungsbereiche der Einleitungen dieser beiden Anlagen, wie der Einwirkungsbereich der Einleitungen des KKB, über den gesamten Bereich der Tideelbe (vgl. Abschnitt 2.3). Bezogen auf die Ableitungen der beiden Anlagen KBR und KKS ist jeweils – analog zum KKB – zwischen dem Nah- und dem Fernbereich des KBR sowie zwischen dem Nah- und dem Fernbereich des KKS zu unterscheiden. Im Fernbereich des KBR und im Fernbereich des KKS kann jeweils eine vollständige Vermischung der zugehörigen radioaktiven Emissionen dieser Anlagen mit dem Oberwasserzufluss der Elbe unterhalb der Tidegrenze angenommen werden, während im Nahbereich des KBR und im Nahbereich des KKS jeweils nur von einer teilweisen Vermischung auszugehen ist.
- Im Unterschied zu den zuvor betrachteten Anlagen befinden sich die Einleitstellen des Kernkraftwerks KKK und des Forschungszentrums HZG oberhalb der Tidegrenze der Elbe. Folglich können in der unmittelbaren Umgebung des KKK und der HZG durch radioaktive Einleitungen des KKB keine radiologischen Belastungen der Elbe resultieren. Eine Betrachtung der Nahbereiche dieser beiden oberhalb der Tidegrenze liegenden Anlagen ist daher im Zusammenhang mit der hier untersuchten Aufgabenstellung nicht erforderlich. Hingegen liegen die Fernbereiche des KKK und des HZG im Bereich der Tideelbe, somit im Einwirkungsbereich der radioaktiven Einleitungen des KKB und sind folglich hinsichtlich der Abschätzung möglicher Vorbelastungen zu berücksichtigen. Im hier relevanten Bereich der Tideelbe kann eine vollständige Vermischung der radioaktiven Einleitungen des KKB und des HZG mit dem Oberwasserzufluss der Elbe unterstellt werden.

- Aufgrund der relativ langen Fließzeiten der Elbe im Einwirkungsbereich der radioaktiven Einleitungen des KKB infolge des Tideeinflusses wird als zu berücksichtigendes Einzugsgebiet für die ersatzweise – anstelle weiterer nicht explizit angegebener Anlagen und Einrichtungen – betrachteten Patientenausscheidungen das gesamte Einzugsgebiet der Tideelbe unterstellt. Der Eintrag der Patientenausscheidungen erfolgt diffus über das gesamte Einzugsgebiet der Tideelbe und vermischt sich vollständig mit dem Oberwasserzufluss der Elbe.

Die nachfolgende Tabelle 2-4 fasst die hier unterstellten Vermischungswassermengen für die Aktivitätsabgaben der zu den möglichen Vorbelastungen der Elbe im Einwirkungsbereich der radioaktiven Einleitungen des KKB beiträgenen sonstigen Einleiter bzw. Einleitungen in Abhängigkeit von den jeweils zugehörigen Einleitbedingungen und den zugeordneten Entfernungsbereichen zusammen. Bei unterstellter vollständiger Vermischung im Bereich der Tideelbe wurden als Vermischungswassermengen – entsprechend der Vorgehensweise bei KKB (vgl. Abschnitt 2.4.1) – die in Tabelle 2-1 angegebenen Langzeitmittelwerte (Zeitraum 1926 bis 2008) für den Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau bei Flusskilometer 536,4 oberhalb der Tidegrenze [DGJ 08] in Ansatz gebracht.

Tabelle 2-4: Vermischungswassermengen der sonstigen Einleiter bzw. Einleitungen in Abhängigkeit von den zugehörigen Einleitbedingungen und den zugeordneten Entfernungsbereichen

Einleiter	Vermischungswassermenge $Q_v$			
	Abflussjahr		Sommerhalbjahr	
	Nahbereich <sup>1)</sup>	Fernbereich	Nahbereich	Fernbereich
KBR (KBR Nahbereich)	-	114,0 m <sup>3</sup> /s	-	114,0 m <sup>3</sup> /s
KBR (KBR Fernbereich)	709,0 m <sup>3</sup> /s	709,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s
KKS (KKS Nahbereich)	-	25,0 m <sup>3</sup> /s	-	25,0 m <sup>3</sup> /s
KKS (KKS Fernbereich)	709,0 m <sup>3</sup> /s	709,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s
KKK (Bereich Tideelbe)	709,0 m <sup>3</sup> /s	709,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s
HZG (Bereich Tideelbe)	709,0 m <sup>3</sup> /s	709,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s
PA (Bereich Tideelbe)	709,0 m <sup>3</sup> /s	709,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s	556,0 m <sup>3</sup> /s

<sup>1)</sup> Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des KKB

Das KBR liegt flussaufwärts der Einleitstelle des KKB in dessen Fernbereich am rechten Ufer der Tideelbe und befindet sich im Leistungsbetrieb. Anfallende radioaktive Abwässer werden zusammen mit dem anfallenden Kühlwasser in die Elbe abgegeben, wobei im Rahmen dieses Berichts pessimistisch von einer durchschnittlich abgeleiteten Kühlwassermenge von 40,0 m<sup>3</sup>/s ausgegangen wird. Beispielsweise betrug die vom KBR über den Zeitraum von 1993 bis 2002 aus der Elbe entnommene mittlere Kühlwasserentnahmemenge ca. 60,0 m<sup>3</sup>/s [KKB 15]. Infolge des Tideeinflusses kann sich im Nahbereich der Einleitstelle des KBR sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts eine Abwasserfahne ausbilden, wobei von einer zumindest teilweisen Vermischung mit dem Wasser des Vorfluters Elbe auszugehen ist. Im Ergebnis entsprechender Untersuchungen für das KBR wird einheitlich für das Abflussjahr und für das Sommerhalbjahr ein Vermischungsverhältnis  $f_v$  der abgeleiteten Kühlwassermenge mit dem Oberwasserabfluss der Elbe von 0,35 – entsprechend einer Vermischungswassermenge  $Q_v$  von ca. 114,0 m<sup>3</sup>/s oder etwa 16,1 % bzw. 20,5 % des angesetzten mittleren Oberwasserzuflusses der Elbe im Abflussjahr bzw. Sommerhalbjahr – im Nahbereich des KBR zugrunde gelegt [KKB 15]. Im Fernbereich des KBR ist von einer vollständigen Vermischung

der radioaktiven Einleitungen der Anlage mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Elbe auszugehen.

Das KKS liegt flussaufwärts der Einleitstelle des KKB in dessen Fernbereich am linken Ufer der Tideelbe und befindet sich im Restbetrieb. Die in dieser Betriebsphase anfallenden radioaktiven Betriebsabwässer werden über eine Rohrleitung in den Vorfluter Elbe eingeleitet. Während im Fernbereich des KKS eine vollständige Vermischung der radioaktiven Einleitungen der Anlage mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Elbe angenommen werden kann, ist im Nahbereich des KKS nur von einer teilweisen Vermischung auszugehen. Entsprechend der technischen Ausgestaltung der Rohreinleitung wird daher im Nahbereich des KKS eine gegenüber dem angesetzten Oberwasserabfluss der Elbe deutlich reduzierte Vermischungswassermenge von  $25,0 \text{ m}^3/\text{s}$  – entsprechend etwa 3,5 % des mittleren Oberwasserzuflusses der Elbe im Abflussjahr bzw. etwa 4,5 % im Sommerhalbjahr – für die radioaktiven Einleitungen des KKS unterstellt [KKB 15].

Als Vermischungswassermengen für die radioaktiven Einleitungen der oberhalb der Tidegrenze liegenden Anlage KKK und Einrichtung HZG sowie für die ersatzweise betrachteten Patientenausscheidungen (s. o.) werden sowohl im Nahbereich als auch im Fernbereich des KKB aufgrund der im Bereich der Tideelbe unterstellten vollständigen Vermischung mit dem Oberwasserabfluss der Elbe die in Tabelle 2-1) angegebenen Langzeitmittelwerte (Zeitraum 1926 bis 2008) für den Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau bei Flusskilometer 536,4 oberhalb der Tidegrenze zugrunde gelegt.

Die im Rahmen dieses Berichts für die sonstigen betrachteten Einleiter angesetzten Anlagerungszeiten eingeleiteter Radionuklide an Wasserschwebstoffe wurden konservativ – analog wie in Abschnitt 2.4.1 für die Anlage KKB – gemäß der entsprechenden Fließzeitbedingungen der AVV festgelegt und sind in der nachfolgenden Tabelle 2-5 in Abhängigkeit von den zugehörigen Einleitbedingungen und den zugeordneten Entfernungsbereichen angegeben.

**Tabelle 2-5:** Anlagerungszeiten der sonstigen Einleiter bzw. Einleitungen in Abhängigkeit von den zugehörigen Einleitbedingungen und den zugeordneten Entfernungsbereichen

Einleiter	Anlagerungszeit $t_{\text{Anl}}$	
	Nahbereich <sup>1)</sup>	Fernbereich
KBR (KBR Nahbereich)	-	10 Stunden
KBR (KBR Fernbereich)	5 Tage	5 Tage
KKS (KKS Nahbereich)	-	10 Stunden
KKS (KKS Fernbereich)	5 Tage	5 Tage
KKK (Bereich Tideelbe)	5 Tage	5 Tage
HZG (Bereich Tideelbe)	5 Tage	5 Tage
PA (Bereich Tideelbe)	5 Tage	5 Tage

<sup>1)</sup> Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des KKB

### 3. AKTIVITÄTSABGABEN MIT WASSER

#### 3.1. Aktivitätsabgaben des KKB

Wie einleitend in Abschnitt 1 bereits erwähnt, sollen nach den Planungen des KKB die früheren Genehmigungswerte der Anlage im Leistungsbetrieb für die radioaktiven Ableitungen mit Wasser auch zukünftig für die Ableitung anfallender radioaktiver Abwässer im Restbetrieb unverändert fortgelten. Demnach dürfen gemäß [KKB 15] die zulässigen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KKB im Restbetrieb bei der geplanten Rohreinleitung die in Tabelle 3-1 angegebenen Jahreshöchstwerte (Genehmigungswerte) für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch nicht überschreiten.

Tabelle 3-1: Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KKB im Restbetrieb bei der geplanten Rohreinleitung

<b>Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KKB im Restbetrieb bei der geplanten Rohreinleitung</b>	
Tritium H 3	$3,70 \cdot 10^{13}$ Bq/a
Nuklidgemisch ohne H 3	$1,85 \cdot 10^{11}$ Bq/a

Bei Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren kann für den bestimmungsgemäßen Leistungsbetrieb zur Berechnung der resultierenden potenziellen Strahlenexposition über den Wasserpfad für das abgeleitete Radionuklidgemisch ohne Tritium das in der AVV vorgegebene Modellgemisch (MG) angesetzt werden. Die Anwendung dieses Modellgemisches ergibt eine konservative Abschätzung der Strahlenexposition, verglichen mit der durch reale Ableitungen über den Wasserpfad verursachten Strahlenexposition [BMU 92]. Die entsprechenden nuklidspezifischen Höchstwerte für den Leistungsbetrieb des KKB sind nachfolgend in Tabelle 3-2 durch den Nuklidvektor NV1 gegeben.

Zur konservativ abdeckenden Berechnung der potenziellen Strahlenexposition aufgrund radioaktiver Einleitungen des KKB im Restbetrieb wird der in Tabelle 3-2 angegebene Nuklidvektor NV2 zugrunde gelegt. Dieser Nuklidvektor ergibt sich unter der Annahme einer Abklingzeit von mindestens 0,5 Jahren unmittelbar aus dem zugehörigen Modellgemisch der AVV (Nuklidvektor NV1) für den Leistungsbetrieb, wobei pessimistisch der jeweils verbleibende und vergleichsweise schnell abklingende Restanteil an Co 58 vollständig dem Anteil an Co 60 hinzugeschlagen wurde. Der dabei resultierende Nuklidvektor wurde anschließend um einen durch das Radionuklid Am 241 repräsentierten Aktinidenanteil von 3 % ergänzt. Die Ergänzung eines Aktinidenanteils berücksichtigt den Umstand, dass sich infolge der Rückbauarbeiten (Zerlegung, Dekontamination etc.) sowie aufgrund längerer Abklingvorgänge der relative Anteil mit Wasser freisetzbarer Aktinide im Anlagennuklidvektor erhöhen könnte und eine Ableitung dieser Nuklide mit dem Abwasser des KKB nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Die Höhe des angesetzten Aktinidenanteils orientiert sich dabei an den in [DIN 12] enthaltenen Beispielen möglicher Nuklidvektoren aus Kernkraftwerken im Rückbau für komplexere Kontaminationen mit geringfügigem Alpha-Anteil (vgl. [DIN 12], Tabelle B.1).

Tabelle 3-2: Nuklidspezifische Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit Wasser für das KKB im Leistungsbetrieb (Nuklidvektor NV1) und im Restbetrieb (Nuklidvektor NV2)

Nuklidspezifische Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit Wasser für das KKB im Leistungsbetrieb (Nuklidvektor NV1) und im Restbetrieb (Nuklidvektor NV2)				
Nuklid	KKB Nuklidvektor NV1 (Leistungsbetrieb)		KKB Nuklidvektor NV2 (Restbetrieb)	
	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil
<b>Tritiumfreies Nuklidgemisch</b>				
Co 58	3,515·10 <sup>10</sup>	19,0 %	-	-
Co 60	3,700·10 <sup>10</sup>	20,0 %	5,735·10 <sup>10</sup>	31,0 %
Sr 90	1,850·10 <sup>09</sup>	1,0 %	3,700·10 <sup>09</sup>	2,0 %
I 131	1,850·10 <sup>10</sup>	10,0 %	-	-
Cs 134	3,700·10 <sup>10</sup>	20,0 %	4,255·10 <sup>10</sup>	23,0 %
Cs 137	5,550·10 <sup>10</sup>	30,0 %	7,585·10 <sup>10</sup>	41,0 %
Am 241	-	-	5,550·10 <sup>09</sup>	3,0 %
Summe	1,850·10 <sup>11</sup>	100,0 %	1,850·10 <sup>11</sup>	100,0 %
<b>Tritium</b>				
H 3	3,700·10 <sup>13</sup>	100,0 %	3,700·10 <sup>13</sup>	100,0 %

Bemerkung: Fortgeltende bzw. geplante Genehmigungswerte sind in der Tabelle farblich grün hinterlegt

### 3.2. Potenzielle Vorbelastungen

Mögliche Vorbelastungen der Elbe im Bereich der Tideelbe, dem Einwirkungsbereich der radioaktiven Ableitungen des KKB, ergeben sich – wie bereits in Abschnitt 2.4.2 erläutert – durch die genehmigten Ableitungen der beiden Kernkraftwerke KBR und KKS, des Kernkraftwerks KKK sowie des Forschungszentrums HZG. Die Abschätzung der potenziellen Strahlenexposition durch die Einleitungen dieser Anlagen und Einrichtungen erfolgte im Rahmen dieses Berichts ausgehend von den jeweils geltenden Genehmigungswerten für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. Hinzu kommen Ableitungen aus weiteren Einrichtungen und Anlagen (Krankenhäuser, Forschungsinstitute etc.), die ebenfalls mit radioaktiven Stoffen umgehen und diese ggf. direkt oder indirekt mit Wasser ableiten. Die Abschätzung der möglichen Vorbelastungen erfolgte in diesem Fall nicht explizit, sondern ersatzweise durch die Abschätzung der potenziellen Strahlenexposition infolge von Patientenausscheidungen (PA) gemäß der Empfehlung [SSK 04] der Strahlenschutzkommission.

Das Kernkraftwerk Brokdorf liegt flussaufwärts der Einleitstelle des KKB am rechten Ufer der Tideelbe und befindet sich im Leistungsbetrieb. Die vom KBR abgeleiteten radioaktiven Stoffe können folglich zu potentiellen Vorbelastungen im gesamten Bereich der Tideelbe und somit sowohl im Nahbereich als auch im Fernbereich des KKB führen (vgl. Abschnitt 2.4.2). Die Berechnung der möglichen Vorbelastungen durch das KBR erfolgte im Rahmen dieses Berichts konservativ für den Restbetrieb der Anlage unter der Annahme fortgeltender Genehmigungswerte für den Leistungsbetrieb [KKB 15]. Die für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch unterstellten nuklidspezifischen Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben des KBR wurden entsprechend des in Abschnitt 3.1 – zur radiologischen Charakterisierung des im Restbetrieb eines Kernkraftwerks mit dem Abwasser abgeleiteten Nuklidgemischs – definierten Nuklidvektors NV2 festgelegt und sind in

der nachfolgenden Tabelle 3-3 zusammen mit den zugrunde gelegten Genehmigungswerten des KBR (in der Tabelle farblich grün hinterlegt) aufgelistet.

**Tabelle 3-3:** Nuklidspezifische Höchstwerte für die jährliche Aktivitätsabgaben mit Wasser sonstiger zur Vorbelastung der Tideelbe beitragender Einleiter oder Einleitungen

<b>Nuklidspezifische Höchstwerte für die jährliche Aktivitätsabgaben mit Wasser sonstiger zur Vorbelastung der Tideelbe beitragender Einleiter oder Einleitungen</b>						
Nuklid	KBR (Restbetrieb NV2)		KKS (Restbetrieb)		KKK (Restbetrieb NV2)	
	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil
<b>Tritiumfreies Nuklidgemisch</b>						
Co 58	-	-	-	-	-	-
Co 60	1,721·10 <sup>10</sup>	31,0%	4,496·10 <sup>08</sup>	24,3%	1,550·10 <sup>10</sup>	31,0%
Zn 65	-	-	-	-	-	-
Sr 89	-	-	-	-	-	-
Sr 90	1,110·10 <sup>09</sup>	2,0%	1,998·10 <sup>08</sup>	10,8%	1,000·10 <sup>09</sup>	2,0%
Sb 125	-	-	-	-	-	-
I 131	-	-	-	-	-	-
Cs 134	1,277·10 <sup>10</sup>	23,0%	4,496·10 <sup>08</sup>	24,3%	1,150·10 <sup>10</sup>	23,0%
Cs 137	2,276·10 <sup>10</sup>	41,0%	7,511·10 <sup>08</sup>	40,6%	2,050·10 <sup>10</sup>	41,0%
Am 241	1,665·10 <sup>09</sup>	3,0%	-	-	1,500·10 <sup>09</sup>	3,0%
Summe	5,550·10 <sup>10</sup>	100,0%	1,850·10 <sup>09</sup>	100,0%	5,000·10 <sup>10</sup>	100,0%
<b>Tritium</b>						
H 3	3,500·10 <sup>13</sup>	100,0%	3,500·10 <sup>12</sup>	100,0%	1,850·10 <sup>13</sup>	100,0%
Nuklid	HZG (Nuklidvektor 2011 - 2013)		PA (gemäß [SSK 04])			
	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil		
<b>Tritiumfreies Nuklidgemisch</b>						
Co 58	-	-	-	-		
Co 60	5,939·10 <sup>08</sup>	29,70%	-	-		
Zn 65	6,264·10 <sup>07</sup>	3,1%	-	-		
Sr 89	1,703·10 <sup>07</sup>	0,9%	-	-		
Sr 90	1,032·10 <sup>08</sup>	5,2%	-	-		
Sb 125	2,886·10 <sup>07</sup>	1,4%	-	-		
I 131	-	-	1,508·10 <sup>11</sup>	100,0%		
Cs 134	1,863·10 <sup>07</sup>	0,9%	-	-		
Cs 137	1,176·10 <sup>09</sup>	58,8%	-	-		
Am 241	-	-	-	-		
Summe	2,000·10 <sup>09</sup>	100,0%	1,508·10 <sup>11</sup>	100,0%		
<b>Tritium</b>						
H 3	4,000·10 <sup>10</sup>	100,0 %	-	-		

Bemerkung: Genehmigungswerte sind in der Tabelle farblich grün hinterlegt

Das Kernkraftwerk Stade liegt flussaufwärts der Einleitstelle des KKB am linken Ufer der Tideelbe und befindet sich im Restbetrieb. Die anfallenden radioaktiven Betriebsabwässer des KKS werden über eine Rohrleitung in die Elbe eingeleitet und können daher ebenfalls zu potentiellen Vorbelastungen im gesamten Bereich der Tideelbe und somit sowohl im Nahbereich als auch im Fernbereich des KKB führen (vgl. Abschnitt 2.4.2). Ausgehend von den Genehmigungswerten und einer unterstellten konservativ abdeckenden Nuklidverteilung für die Einleitung radioaktiver Abwässer



des KKS während des Rückbaus wurden die in Tabelle 3-3 zusammengefassten nuklidspezifischen Höchstwerte für die jährlichen wassergetragenen Aktivitätsabgaben der Anlage ermittelt und bei den hier durchgeführten Dosisberechnungen zugrunde gelegt [KKB 15]. Die Genehmigungswerte des KKS sind in der Tabelle farblich grün hinterlegt.

Das Kernkraftwerk Krümmel liegt oberhalb der Tidegrenze der Elbe, die als Vorfluter für die radioaktiven Abwässer der Anlage genutzt wird, und befindet sich derzeit im Stillstandsbetrieb. Entsprechend der Lage des Standorts resultieren durch die abgeleiteten radioaktiven Abwässer des KKK potentielle Vorbelastungen im gesamten Bereich der Tideelbe, also sowohl im Nahbereich als auch im Fernbereich des KKB. Entsprechend der Vorgehensweise beim KKB und beim KBR erfolgte die Ermittlung der potenziellen Vorbelastungen der Tideelbe durch das KKK konservativ für den Restbetrieb der Anlage unter der Annahme fortgeltender Genehmigungswerte für den Leistungsbetrieb [KKB 15]. Die angesetzten nuklidspezifischen Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben des KKK für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch wurden entsprechend des in Abschnitt 3.1 definierten Nuklidvektoren NV2 festgelegt und sind in der Tabelle 3-3 zusammen mit den zugrunde gelegten Genehmigungswerten des KKK (in der Tabelle farblich grün hinterlegt) angegeben.

Weitere potentielle Vorbelastungen der Tideelbe resultieren aus den genehmigten Einleitungen flüssiger radioaktiver Stoffe durch das Helmholtz-Zentrum Geesthacht. Die Einrichtung liegt wie das KKK oberhalb der Tidegrenze der Elbe und nutzt die Elbe als Vorfluter für anfallende radioaktive Abwässer. Die Abschätzung möglicher Vorbelastungen der Tideelbe durch die Einleitungen des HZG erfolgte im Rahmen dieses Berichtes mit Hilfe der in Tabelle 3-3 aufgeführten nuklidspezifischen Höchstwerte für die jährlichen Aktivitätsabgaben der Einrichtung. Zur Festlegung dieser Höchstwerte wurde die Nuklidverteilung der über den Zeitraum von 2011 bis 2013 gemessenen und in den zugehörigen Jahresberichten zur Emissionsüberwachung [HZG 12, HZG 13, HZG 14] veröffentlichten realen Aktivitätsabgaben des HZG herangezogen. Die in der Tabelle dargestellten nuklidspezifischen Abgabehöchstwerte ergeben sich aus Genehmigungswerten des HZG für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser (in der Tabelle farblich grün hinterlegt) durch entsprechende Gewichtung mit den relativen Radionuklidanteilen des sich aus den bilanzierten realen Ableitungen von 2011 bis 2013 ergebenden Nuklidvektors.

Zur Abschätzung möglicher Vorbelastungen der Tideelbe durch Einleitungen weiterer nicht explizit betrachteter Anlagen und Einrichtungen wie Krankenhäuser, Forschungsinstitute etc. wird im Rahmen dieses Berichts ersatzweise die potenzielle Strahlenexposition durch Radionuklidausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin (PA) entsprechend der Empfehlung [SSK 04] der Strahlenschutzkommission berechnet (vgl. Abschnitt 2.4.2). Nach dieser Empfehlung ist zur Ermittlung der Vorbelastungen durch Patientenausscheidungen von der Anzahl der im relevanten Einzugsgebiet des betrachteten Vorfluters lebenden Menschen sowie von einem Eintrag von 40 kBq I 131 pro Einwohner und Jahr auszugehen. Aufgrund der relativ langen Fließzeiten der Elbe im Einwirkungsbereich der eingeleiteten Abwasser des KKB infolge des Tideeinflusses wird als zu berücksichtigendes Einzugsgebiet das der Tideelbe unterstellt. Dieses umfasst ca. 15.900 km<sup>2</sup> mit rund 3.770.000 Einwohnern (vgl. [EM 04]). Durch Patientenausscheidungen resultiert somit ein im Bereich der Tideelbe anzusetzender und in Tabelle 3-3 angegebener Gesamteintrag an I 131 von ca.  $1,51 \cdot 10^{11}$  Bq/a.

## 4. BERECHNUNG DER POTENZIELLEN STRAHLENEXPOSITION

### 4.1. Erläuterungen zur Dosisberechnung

Die Berechnung der potenziellen Strahlenexposition infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb über eine Rohrleitung in den Vorfluter Elbe erfolgte auf Basis des in Abschnitt 2.4.1 festgelegten Randbedingungen. Betrachtet wurden Referenzpersonen der Altersgruppen „ $\leq 1$  Jahr ohne Muttermilch“, „ $\leq 1$  Jahr mit Muttermilch“, „ $> 1$  Jahr - 2 Jahre“, „ $> 2$  Jahre - 7 Jahre“, „ $> 7$  Jahre - 12 Jahre“, „ $> 12$  Jahre - 17 Jahre“ und „ $> 17$  Jahre“ an den jeweils ungünstigsten durch die Einleitungen des KKB beeinflussten Einwirkungsstellen im Bereich des Vorfluters. Diese sind entsprechend der AVV durch die Stellen in der Umgebung der Einleitstelle bestimmt, an denen aufgrund der Verteilung der abgeleiteten Radionuklide und unter Berücksichtigung realer Nutzungsmöglichkeiten durch den Aufenthalt oder Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die jeweils höchsten potenziellen Strahlenexpositionen für die Referenzpersonen resultieren.

Die von der hier betrachteten Einleitungen des KKB verursachten potenziellen Strahlenexpositionen wurden daher sowohl im Fernbereich als auch im Nahbereich der Einleitstelle der Anlage ermittelt. Mögliche Vorbelastungen der Elbe durch Einleitungen weiterer relevanter Einleiter bzw. Einleitungen (KBR, KKS, KKK, HZG, PA) wurden ebenfalls an diesen Einwirkungsstellen im Nah- und Fernbereich des KKB berechnet. Aufgrund der besonderen Standortlage der beiden Kernkraftwerke KBR und KKS – beide Anlagen liegen wie das KKB unterhalb der Tidegrenze der Elbe, so dass der Einwirkungsbereich ihrer Einleitungen ebenfalls den gesamten Bereich der Tideelbe umfasst (vgl. Abschnitt 2.4.2) – kommt es im Fernbereich des KKB zu Überschneidungen mit den Nah- und Fernbereichen des KBR und des KKS, im Nahbereich des KKB hingegen nur mit den Fernbereichen dieser beiden Anlagen.

Die bei den Berechnungen zugrunde gelegten Lebensgewohnheiten der Referenzpersonen (Lebensmittelverbrauch, Aufenthaltszeiten) wurden gemäß den Vorgaben der AVV angesetzt. Die entsprechenden Parameterwerte sind in der folgenden Tabelle 4-1 angegeben.

Tabelle 4-1: Lebensgewohnheiten für Referenzpersonen der allgemeinen Bevölkerung

Lebensmittelgruppe	Altersgruppenabhängige jährliche Verzehrsmenge in [kg]						
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	
						mMu	oMu
Trinkwasser	700	400	300	200	200	110	430
Muttermilch	0	0	0	0	0	320	0
Fisch	37,5	25	22,5	15	15	2,5	2,5
Milchprodukte	390	510	510	480	480	135	135
Fleischprodukte	180	160	130	100	26	10	10
Blattgemüse	39	33	27	21	18	9	9
pfl. Produkte ohne Blattgemüse	610	670	655	580	366	204	204
Expositionspfad	Altersgruppenabhängige jährliche Aufenthaltszeiten in [h]						
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$	
Ufersediment (E5: Bo)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Überschwemmungsg. (E12: Bo)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Entsprechendes gilt für die unterstellten Akkumulationszeiträume für die Anreicherung emittierter Radionuklide in der Umwelt (d. h. im Boden bzw. im Sediment) vor dem Bezugsjahr der Strahlenexposition sowie für die angenommenen Reduktionsfaktoren der  $\gamma$ -Dosisleistung (Uferfaktoren) zur Berücksichtigung einer ggf. endlichen Flächengeometrie (z. B. schmaler Uferstreifen) gegenüber einer unendlich ausgedehnten Flächenquelle bei Bodenstrahlung. Auch diese Parameter wurden gemäß den Vorgaben der AVV unter Einbeziehung der örtlichen Gegebenheiten festgelegt und sind in der nachfolgenden Tabelle 4-2 zusammengestellt.

**Tabelle 4-2:** Akkumulationszeiträume von Radionukliden im Boden oder Sediment und Reduktionsfaktoren der Bodenstrahlung in Abhängigkeit von den zugeordneten Entfernungsbereichen

Einleiter	Akkumulation von Radionukliden für den Expositionspfad					Reduktionsfaktor $\gamma$ -Bodenstrahlung für den Expositionspfad				
	E4	E5	E7	E8	E12	E4	E5	E7	E8	E12
KKB (KKB Nahbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KKB (KKB Fernbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KBR (KBR Nahbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KBR (KBR Fernbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KKS (KKS Nahbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KKS (KKS Fernbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KKK (Bereich Tideelbe)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
HZG (Bereich Tideelbe)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
PA (Bereich Tideelbe)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Als Akkumulationszeitraum für die Anreicherung von Radionukliden im Boden oder Ufersediment wurde bei den Expositionspfaden Beregnung (E4), Ufersediment (E5), Sedimentspülfelder (E7), Sedimentaufbringung (E8) und Überschwemmungsgebiete (E12) für alle betrachteten Einleiter bzw. Einleitungen und zugeordneten Entfernungsbereiche die gemäß AVV zu unterstellende Betriebszeit kerntechnischer Anlagen von 50 a zugrunde gelegt. Bei der Berechnung der externen Strahlenexposition durch  $\gamma$ -Bodenstrahlung über die Aufenthaltspfade A1 bis A3 (vgl. Abschnitt 2.2) wurde unabhängig vom Entfernungsbereich der betrachteten Einleiter bzw. Einleitungen bei den berücksichtigten Einzelexpositionspfaden Aufenthalt auf Beregnungsflächen (E4: Bo), Aufenthalt auf Ufersediment (E5: Bo), Aufenthalt auf Sedimentspülfeldern (E7: Bo), Aufenthalt auf Flächen mit Sedimentaufbringung zur Bodenverbesserung (E8: Bo) und Aufenthalt auf Überschwemmungsgebieten (E12: Bo) von einer unendlichen Flächenquelle ausgegangen. Entsprechend wurde gemäß den Vorgaben der AVV für die Reduktionsfaktoren der  $\gamma$ -Bodenstrahlung jeweils ein Wert von 1,0 angesetzt.

Die für die Expositionspfade Sedimentspülfelder (E7) und Sedimentaufbringung (E8) zur Sedimentcharakterisierung angesetzten Parameterwerte sind in der nachfolgenden Tabelle 4-3 zusammengefasst. Die Zeitspannen  $t_{se}$  von 1 Jahr zwischen zwei Ausbaggerungen von Sediment und  $t_{sp}$  von 3 Jahren zwischen dem Aufspülen und der Begehbarkeit eines Sedimentspülfeldes wurden entsprechend den Vorgaben der AVV angesetzt. Die Sedimentaufbringungsrate auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kann nach [BMU 88] bis zu  $0,5 \text{ kg}_{TS} \text{ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  an Trockenmasse (TS) betragen. Konservativ wurde im Rahmen dieses Berichtes von einer kontinuierlichen Sedimentaufbringung mit dieser Aufbringungsrate ausgegangen.

Tabelle 4-3: Parameterwerte zur Sedimentcharakterisierung für die Expositionspfade Sedimentspülfelder (E7) und Sedimentdüngung (E8)

<b>Parameterwerte zur Sedimentcharakterisierung für die Expositionspfade E7 (Sedimentspülfelder) und E8 (Sedimentdüngung)</b>	
Zeitspanne $t_{se}$ zwischen 2 Sedimentausbaggerungen (E7, E8)	1 a
Zeitspanne $t_{sp}$ zwischen Aufspülen und Begehbarkeit eines Sedimentspülfelds (E7)	3 a
Aufbringungsrate von Sediment bei Bodendüngung (E8)	$0,5 \text{ kg}_{TS} \text{ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$

## 4.2. Ergebnisse der Dosisberechnung

Die berechneten Dosishöchstwerte für die resultierende potenzielle Strahlenexposition von Referenzpersonen der zu berücksichtigenden Altersgruppen (vgl. Abschnitt 4.1) infolge der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des KKB im Restbetrieb liegen sowohl im Fernbereich als auch im Nahbereich des KKB einschließlich möglicher Vorbelastungen unterhalb der nach § 47 Abs. 1 StrlSchV einzuhaltenden Dosisgrenzwerte (vgl. Abschnitt 1).

Die Detailergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen sind im Anhang dieses Berichts in Form von ganzseitigen Tabellen dargestellt. Angegeben sind jeweils die ermittelten Höchstwerte für die effektive Jahresdosis und für die Jahresdosis der betrachteten Organe/Gewebe sowie die zugehörige Grenzwertausschöpfung in Abhängigkeit von den verschiedenen Altersgruppen. Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist dabei mit Fettschrift hervorgehoben und farbig hinterlegt.

Die Tabellen A1 bis A4 des Anhangs fassen die insgesamt resultierenden Strahlenexpositionen einschließlich der potenziellen Vorbelastungen zusammen. Aufgrund des Tideeinflusses kommt es zu Überschneidungen der verschiedenen Entfernungsbereiche der unterhalb der Tidegrenze der Elbe liegenden Einleiter KKB, KBR und KKK (vgl. Abschnitt 2.4.2). Zu betrachten waren daher die Überschneidungsbereiche zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS (vgl. Tabelle A1), zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS (vgl. Tabelle A2), zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR (vgl. Tabelle A3) sowie zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS (vgl. Tabelle A4). Die durch die Ableitungen des KKB verursachten potenziellen Strahlenexpositionen sind in der Tabelle A5 für die verschiedenen betrachteten Entfernungsbereichen des KKB angegeben. Die entsprechenden Detailergebnisse zu möglichen Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen (KBR, KKS, KKK, HZG, PA) sind in den Tabellen A6 bis A10 enthalten.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass den durchgeführten Berechnungen Annahmen zugrunde liegen, die den hier dargestellten Dosiswerten eine deutlich konservative Tendenz verleihen. So wird insbesondere unterstellt, dass die angesetzten maximalen jährlichen Ableitungswerte der betrachteten Einleiter vollständig ausgeschöpft werden und dass sich die betrachteten Referenzpersonen ausschließlich von Nahrungsmitteln ernähren, die an den jeweils ungünstigsten Einwirkungsstellen erzeugt wurden. Ferner ist davon auszugehen, dass die angewendeten Rechenverfahren der AVV hinsichtlich der flächenbezogenen Aktivität abgelagerter Sedimente zu ungünstigeren Werten führen als detailliertere standortspezifische Betrachtungen.

In den nachfolgenden Unterabschnitten werden die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen in Abhängigkeit von den o. g. Überschneidungsbereichen und Entfernungsbereichen der Einleiter KKB, KBR und KKK in Tabellen zusammengefasst. Angegeben sind jeweils die ermittelten Höchstwerte der potenziellen effektiven Jahresdosis sowie die ermittelten Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis für die Körperbereiche mit maximaler Grenzwertausschöpfung. Die mit den Angaben zur Grenzwertausschöpfung korrespondierenden Dosiswerte – und damit auch die zugehörigen potenziell am stärksten exponierten Altersgruppen – sind dabei in Fettschrift dargestellt. Die jeweiligen ableitungsabhängigen Maximalwerte sind zudem farblich hinterlegt.

#### 4.2.1. Nahbereich KKB, Fernbereich KBR und Fernbereich KKS

Die nachfolgende Tabelle 4-4 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der radioaktiven Ableitungen des KKB im Restbetrieb unter Einbeziehung möglicher Vorbelastungen der Elbe durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA die maximale Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 52,4 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 157,3  $\mu\text{Sv}$  für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ $\leq 1$  Jahr mit Muttermilch“. Bei der Effektivdosis ergibt sich mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 141,1  $\mu\text{Sv}$  die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 47,0 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

Tabelle 4-4: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis der Körperbereiche mit maximaler Grenzwertausschöpfung im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]							Grenzwertausschöpfung
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>		
						mMu	oMu	
<b>Ableitungen KKB mit Vorbelastungen</b>								
Effektiv	123,2	117,0	106,7	102,8	114,4	141,1	113,5	47,0%
Rotes Knochenmark	123,5	122,8	108,6	101,1	112,1	<b>157,3</b>	142,0	<b>52,4%</b>
Schilddrüse	132,4	128,0	119,9	120,6	141,1	172,2	124,9	19,1%
<b>Ableitungen KKB (KKB Nahbereich)</b>								
Effektiv	99,5	92,0	82,1	77,4	86,0	107,8	84,7	35,9%
Rotes Knochenmark	100,4	98,2	84,8	77,1	85,6	<b>124,9</b>	112,1	<b>41,6%</b>
Schilddrüse	101,4	94,9	85,2	80,9	90,1	106,9	83,2	11,9%
<b>Ableitungen KBR (KBR Fernbereich)</b>								
Effektiv	11,9	12,5	12,3	12,7	14,0	16,2	14,4	5,4%
Rotes Knochenmark	11,8	12,5	12,1	12,2	13,5	<b>16,5</b>	15,2	<b>5,5%</b>
Schilddrüse	12,9	13,6	13,5	13,9	15,4	17,5	15,7	1,9%
<b>Ableitungen KKS (KKS Fernbereich)</b>								
Effektiv	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,2%
Rotes Knochenmark	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	<b>0,5</b>	0,5	<b>0,2%</b>
Schilddrüse	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1%
<b>Ableitungen KKK</b>								
Effektiv	10,7	11,2	11,0	11,3	12,5	14,5	12,9	4,8%
Rotes Knochenmark	10,5	11,2	10,8	10,9	12,1	<b>14,8</b>	13,7	<b>4,9%</b>
Schilddrüse	11,6	12,2	12,1	12,4	13,8	15,6	14,1	1,7%
<b>Vorbelastungen HZG</b>								
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,53	0,2%
Rotes Knochenmark	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	<b>0,6</b>	0,54	<b>0,2%</b>
Schilddrüse	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,59	0,1%
<b>Vorbelastungen PA</b>								
Effektiv	0,3	0,3	0,4	0,6	1,0	1,5	0,5	0,5%
Rotes Knochenmark	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	<b>0,0%</b>
Schilddrüse	5,6	6,3	8,2	12,4	20,7	<b>31,0</b>	10,8	<b>3,4%</b>

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

#### 4.2.2. Nahbereich KBR, Fernbereich KKB und Fernbereich KKS

Die nachfolgende Tabelle 4-5 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der radioaktiven Ableitungen des KKB im Restbetrieb unter Einbeziehung möglicher Vorbelastungen der Elbe durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA die höchste Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 32,6 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 97,9  $\mu\text{Sv}$  für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ $\leq 1$  Jahr mit Muttermilch“. Mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 94,4  $\mu\text{Sv}$  ergibt sich bei der Effektivdosis die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 31,5 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

Tabelle 4-5: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis der Körperbereiche mit maximaler Grenzwertausschöpfung im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]						$\leq 1a$ <sup>1)</sup>		Grenzwertausschöpfung
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	mMu	oMu		
<b>Ableitungen KKB mit Vorbelastungen</b>									
Effektiv	72,8	73,8	71,0	71,7	79,7	94,4	80,5	31,5%	
Rotes Knochenmark	71,9	74,7	70,1	69,1	76,5	97,9	89,3	32,6%	
Schilddrüse	82,7	85,1	84,3	89,5	106,5	129,3	96,2	14,4%	
<b>Ableitungen KKB (KKB Fernbereich)</b>									
Effektiv	39,5	41,4	40,7	41,7	46,0	53,2	47,6	17,7%	
Rotes Knochenmark	38,8	41,3	39,8	40,2	44,4	54,3	50,4	18,1%	
Schilddrüse	42,7	45,0	44,5	45,8	50,8	57,4	52,0	6,4%	
<b>Ableitungen KBR (KBR Nahbereich)</b>									
Effektiv	21,5	20,0	18,0	17,2	19,2	24,1	18,5	8,0%	
Rotes Knochenmark	21,7	21,3	18,6	17,1	19,1	27,8	24,3	9,3%	
Schilddrüse	21,9	20,6	18,7	17,9	20,1	24,0	18,2	2,7%	
<b>Ableitungen KKS (KKS Fernbereich)</b>									
Effektiv	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,2%	
Rotes Knochenmark	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,2%	
Schilddrüse	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1%	
<b>Ableitungen KKK</b>									
Effektiv	10,7	11,2	11,0	11,3	12,5	14,5	12,9	4,8%	
Rotes Knochenmark	10,5	11,2	10,8	10,9	12,1	14,8	13,7	4,9%	
Schilddrüse	11,6	12,2	12,1	12,4	13,8	15,6	14,1	1,7%	
<b>Vorbelastungen HZG</b>									
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,53	0,2%	
Rotes Knochenmark	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,54	0,2%	
Schilddrüse	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,59	0,1%	
<b>Vorbelastungen PA</b>									
Effektiv	0,3	0,3	0,4	0,6	1,0	1,5	0,5	0,5%	
Rotes Knochenmark	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	
Schilddrüse	5,6	6,3	8,2	12,4	20,7	31,0	10,8	3,4%	

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

### 4.2.3. Nahbereich KKS, Fernbereich KKB und Fernbereich KBR

Die nachfolgende Tabelle 4-6 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der radioaktiven Ableitungen des KKB im Restbetrieb unter Einbeziehung möglicher Vorbelastungen der Elbe durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA die höchste Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 30,5 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 91,5  $\mu\text{Sv}$  für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ $\leq 1$  Jahr mit Muttermilch“. Mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 90,1  $\mu\text{Sv}$  ergibt sich bei der Effektivdosis die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 30,0 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

Tabelle 4-6: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis der Körperbereiche mit maximaler Grenzwertausschöpfung im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]						Grenzwertausschöpfung	
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup> mMu	oMu	
<b>Ableitungen KKB mit Vorbelastungen</b>								
Effektiv	66,3	69,2	67,9	69,6	77,3	<b>90,1</b>	78,7	<b>30,0%</b>
Rotes Knochenmark	65,4	70,1	67,0	67,1	74,2	<b>91,5</b>	83,7	<b>30,5%</b>
Schilddrüse	76,7	80,9	81,7	87,9	104,7	<b>126,2</b>	96,0	<b>14,0%</b>
<b>Ableitungen KKB (KKB Fernbereich)</b>								
Effektiv	39,5	41,4	40,7	41,7	46,0	<b>53,2</b>	47,6	<b>17,7%</b>
Rotes Knochenmark	38,8	41,3	39,8	40,2	44,4	<b>54,3</b>	50,4	<b>18,1%</b>
Schilddrüse	42,7	45,0	44,5	45,8	50,8	<b>57,4</b>	52,0	<b>6,4%</b>
<b>Ableitungen KBR (KBR Fernbereich)</b>								
Effektiv	11,9	12,5	12,3	12,7	14,0	<b>16,2</b>	14,4	<b>5,4%</b>
Rotes Knochenmark	11,8	12,5	12,1	12,2	13,5	<b>16,5</b>	15,2	<b>5,5%</b>
Schilddrüse	12,9	13,6	13,5	13,9	15,4	<b>17,5</b>	15,7	<b>1,9%</b>
<b>Ableitungen KKS (KKS Nahbereich)</b>								
Effektiv	3,4	3,3	3,0	2,9	3,3	<b>4,1</b>	2,8	<b>1,4%</b>
Rotes Knochenmark	3,8	4,6	3,8	3,3	3,7	<b>5,3</b>	3,9	<b>1,8%</b>
Schilddrüse	3,4	3,2	3,0	2,9	3,3	<b>4,0</b>	2,8	<b>0,4%</b>
<b>Ableitungen KKK</b>								
Effektiv	10,7	11,2	11,0	11,3	12,5	<b>14,5</b>	12,9	<b>4,8%</b>
Rotes Knochenmark	10,5	11,2	10,8	10,9	12,1	<b>14,8</b>	13,7	<b>4,9%</b>
Schilddrüse	11,6	12,2	12,1	12,4	13,8	<b>15,6</b>	14,1	<b>1,7%</b>
<b>Vorbelastungen HZG</b>								
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	<b>0,6</b>	0,53	<b>0,2%</b>
Rotes Knochenmark	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	<b>0,6</b>	0,54	<b>0,2%</b>
Schilddrüse	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	<b>0,7</b>	0,59	<b>0,1%</b>
<b>Vorbelastungen PA</b>								
Effektiv	0,3	0,3	0,4	0,6	1,0	<b>1,5</b>	0,5	<b>0,5%</b>
Rotes Knochenmark	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	<b>0,0%</b>
Schilddrüse	5,6	6,3	8,2	12,4	20,7	<b>31,0</b>	10,8	<b>3,4%</b>

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



#### 4.2.4. Fernbereich KKB, Fernbereich KBR und Fernbereich KKS

Die nachfolgende Tabelle 4-7 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der radioaktiven Ableitungen des KKB im Restbetrieb unter Einbeziehung möglicher Vorbelastungen der Elbe durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA die höchste Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 28,9 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 86,7  $\mu\text{Sv}$  für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ $\leq 1$  Jahr mit Muttermilch“. Mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 86,5  $\mu\text{Sv}$  ergibt sich bei der Effektivdosis die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 28,8 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

Tabelle 4-7: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis der Körperbereiche mit maximaler Grenzwertausschöpfung im Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]						$\leq 1\text{a}^{1)}$		Grenzwertausschöpfung
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	mMu	oMu		
<b>Ableitungen KKB mit Vorbelastungen</b>									
Effektiv	63,2	66,3	65,3	67,2	74,5	<b>86,5</b>	76,4	<b>28,8%</b>	
Rotes Knochenmark	62,0	65,9	63,6	64,2	70,9	<b>86,7</b>	80,3	<b>28,9%</b>	
Schilddrüse	73,7	78,1	79,1	85,4	101,8	<b>122,8</b>	93,7	<b>13,6%</b>	
<b>Ableitungen KKB (KKB Fernbereich)</b>									
Effektiv	39,5	41,4	40,7	41,7	46,0	<b>53,2</b>	47,6	<b>17,7%</b>	
Rotes Knochenmark	38,8	41,3	39,8	40,2	44,4	<b>54,3</b>	50,4	<b>18,1%</b>	
Schilddrüse	42,7	45,0	44,5	45,8	50,8	<b>57,4</b>	52,0	<b>6,4%</b>	
<b>Ableitungen KBR (KBR Fernbereich)</b>									
Effektiv	11,9	12,5	12,3	12,7	14,0	<b>16,2</b>	14,4	<b>5,4%</b>	
Rotes Knochenmark	11,8	12,5	12,1	12,2	13,5	<b>16,5</b>	15,2	<b>5,5%</b>	
Schilddrüse	12,9	13,6	13,5	13,9	15,4	<b>17,5</b>	15,7	<b>1,9%</b>	
<b>Ableitungen KKS (KKS Fernbereich)</b>									
Effektiv	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	<b>0,5</b>	0,4	<b>0,2%</b>	
Rotes Knochenmark	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	<b>0,5</b>	0,5	<b>0,2%</b>	
Schilddrüse	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	<b>0,5</b>	0,5	<b>0,1%</b>	
<b>Ableitungen KKK</b>									
Effektiv	10,7	11,2	11,0	11,3	12,5	<b>14,5</b>	12,9	<b>4,8%</b>	
Rotes Knochenmark	10,5	11,2	10,8	10,9	12,1	<b>14,8</b>	13,7	<b>4,9%</b>	
Schilddrüse	11,6	12,2	12,1	12,4	13,8	<b>15,6</b>	14,1	<b>1,7%</b>	
<b>Vorbelastungen HZG</b>									
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	<b>0,6</b>	0,53	<b>0,2%</b>	
Rotes Knochenmark	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	<b>0,6</b>	0,54	<b>0,2%</b>	
Schilddrüse	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	<b>0,7</b>	0,59	<b>0,1%</b>	
<b>Vorbelastungen PA</b>									
Effektiv	0,3	0,3	0,4	0,6	1,0	<b>1,5</b>	0,5	<b>0,5%</b>	
Rotes Knochenmark	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	<b>0,0%</b>	
Schilddrüse	5,6	6,3	8,2	12,4	20,7	<b>31,0</b>	10,8	<b>3,4%</b>	

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

## **5. LITERATURVERZEICHNIS**

- [AVV 12] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT  
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung (AVV) vom  
28.08.2012: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe  
aus Anlagen oder Einrichtungen; BAnz AT 05.09.2012 B1
- [BMU 88] BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (HRSG.)  
Radionuklide in Wasser-Schwebstoff-Sediment-Systemen und Abschätzung der  
Strahlenexposition; Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 9,  
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1988
- [BMU 92] BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (HRSG.)  
Modelle, Annahmen und Daten mit Erläuterungen zur Berechnung der Strahlen-  
exposition bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser zum Nachweis  
der Einhaltung der Dosisgrenzwerte nach § 45 StrlSchV; Veröffentlichungen der  
Strahlenschutzkommission, Band 17, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1992
- [DIN 12] DIN 25457-4:2012-10  
Aktivitätsmessverfahren für die Freigabe von radioaktiven Stoffen und  
kerntechnischen Anlagenteilen – Teil 4: Kontaminierter und aktivierter Metallschrott
- [DGJ 08] FREIE UND HANSSTADT HAMBURG, HAMBURG PORT AUTHORITY (HRSG.)  
Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Elbegebiet, Teil III, 2008; Hamburg 2012
- [EM 04] BEHÖRDE FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT DER FREIEN UND HANSESTADT  
HAMBURG, NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM, MINISTERIUM FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN (HRSG.)  
Bericht über die Umsetzung der Anhänge II, III und IV der Richtlinie 2000/60/EG im  
Koordinierungsraum Tideelbe (B-Bericht); Vorlage zur Elbe-Ministerkonferenz am 9.  
Dezember 2004
- [HZG 12] EMISSIONSÜBERWACHUNG DES HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT  
Jahresbericht 2011, Geesthacht, 29. März 2012
- [HZG 13] EMISSIONSÜBERWACHUNG DES HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT  
Jahresbericht 2012, Geesthacht, 25. März 2013
- [HZG 14] EMISSIONSÜBERWACHUNG DES HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT  
Jahresbericht 2013, Geesthacht, 20. März 2014



- [KKB 15] KERNKRAFTWERK BRUNSBÜTTEL GMBH & CO. OHG  
Eingangsdaten für die Berechnung der Strahlenexposition über den Wasserpfad infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser während des Restbetriebs des Kernkraftwerks Brunsbüttel, Brunsbüttel, 2015
- [SSK 04] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION  
Ermittlung der Vorbelastung durch Radionuklid-Ausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin; Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 197. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 16./17. Dezember 2004
- [SSV 14] VERORDNUNG ÜBER DEN SCHUTZ VOR SCHÄDEN DURCH IONISIERENDE STRAHLEN (STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG - STRLSCHV)  
Vom 20. Juli 2001 (BGBl. I 2001 S. 1714; BGBl. I 2002 S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I 2014 S. 2010)



## ANHANG

- Tabelle A1-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA
- Tabelle A2-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA
- Tabelle A3-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA
- Tabelle A4-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA
- Tabelle A5-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KKB infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage im Restbetrieb
- Tabelle A5-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KKB infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage im Restbetrieb
- Tabelle A6-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage
- Tabelle A6-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage
- Tabelle A7-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage
- Tabelle A7-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage
- Tabelle A8-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tideelbe infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKK
- Tabelle A9-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tideelbe infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des HZG
- Tabelle A10-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tideelbe infolge von Patientenausscheidungen (PA)



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG**  
**- NAHBEREICH KKB, FERNBEREICH KBR UND KKS -**

Tabelle A1-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen													
	Jahresdosis [ $\mu$ Sv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	126,8	121,7	111,7	108,2	120,4	141,2	114,1	14,1%	13,5%	12,4%	12,0%	13,4%	15,7%	12,7%
Lunge	120,7	115,5	103,8	99,2	110,5	130,6	105,4	13,4%	12,8%	11,5%	11,0%	12,3%	14,5%	11,7%
Blase	123,8	113,4	104,0	100,9	107,3	126,8	99,6	13,8%	12,6%	11,6%	11,2%	11,9%	14,1%	11,1%
Brust	111,7	107,5	99,3	97,2	109,0	127,0	105,3	12,4%	11,9%	11,0%	10,8%	12,1%	14,1%	11,7%
Gehirn	114,8	109,6	101,5	98,8	109,7	129,7	105,0	12,8%	12,2%	11,3%	11,0%	12,2%	14,4%	11,7%
Haut	113,3	106,9	101,5	100,4	112,5	131,3	109,7	6,3%	5,9%	5,6%	5,6%	6,3%	7,3%	6,1%
Hoden	115,5	109,4	99,2	95,8	105,8	128,2	104,9	38,5%	36,5%	33,1%	31,9%	35,3%	42,7%	35,0%
Knochenoberfl.	211,1	211,2	174,2	151,4	153,7	303,6	335,7	11,7%	11,7%	9,7%	8,4%	8,5%	16,9%	18,7%
Leber	125,7	118,1	108,1	104,0	113,0	147,3	126,0	14,0%	13,1%	12,0%	11,6%	12,6%	16,4%	14,0%
Speiseröhre	114,4	108,1	95,3	90,4	99,2	119,0	93,5	12,7%	12,0%	10,6%	10,0%	11,0%	13,2%	10,4%
Magen	119,0	110,8	99,6	97,4	107,7	130,2	100,7	13,2%	12,3%	11,1%	10,8%	12,0%	14,5%	11,2%
Dünndarm	123,2	113,6	100,9	96,0	105,6	125,9	97,5	13,7%	12,6%	11,2%	10,7%	11,7%	14,0%	10,8%
O Dickdarm	124,9	116,6	109,4	106,5	122,9	144,8	106,8	13,9%	13,0%	12,2%	11,8%	13,7%	16,1%	11,9%
U Dickdarm	138,5	122,8	124,0	126,8	150,9	178,0	118,9	15,4%	13,6%	13,8%	14,1%	16,8%	19,8%	13,2%
Dickdarm	129,9	119,8	114,5	115,4	134,4	159,4	112,3	14,4%	13,3%	12,7%	12,8%	14,9%	17,7%	12,5%
Milz	119,1	111,8	101,0	96,2	106,5	126,3	99,6	13,2%	12,4%	11,2%	10,7%	11,8%	14,0%	11,1%
Muskel	113,5	107,3	97,5	93,7	103,9	123,4	98,6	12,6%	11,9%	10,8%	10,4%	11,5%	13,7%	11,0%
Nebennieren	122,0	113,5	99,5	93,2	103,1	122,8	95,6	13,6%	12,6%	11,1%	10,4%	11,5%	13,6%	10,6%
Nieren	119,5	112,3	101,5	96,8	107,1	129,0	103,2	13,3%	12,5%	11,3%	10,8%	11,9%	14,3%	11,5%
Ovarien	126,2	117,6	104,9	99,3	108,7	132,0	104,6	42,1%	39,2%	35,0%	33,1%	36,2%	44,0%	34,9%
Pankreas	123,0	113,2	100,2	94,0	102,8	123,1	95,4	13,7%	12,6%	11,1%	10,4%	11,4%	13,7%	10,6%
R Knochenmark	123,5	122,8	108,6	101,1	112,1	157,3	142,0	41,2%	40,9%	36,2%	33,7%	37,4%	<b>52,4%</b>	47,3%
Schilddrüse	132,4	128,0	119,9	120,6	141,1	172,2	124,9	14,7%	14,2%	13,3%	13,4%	15,7%	19,1%	13,9%
Thymus	119,9	114,1	101,8	97,5	107,5	127,7	102,2	13,3%	12,7%	11,3%	10,8%	11,9%	14,2%	11,4%
Uterus	121,4	111,2	97,9	92,0	100,3	119,9	92,4	40,5%	37,1%	32,6%	30,7%	33,4%	40,0%	30,8%
Effektiv	123,2	117,0	106,7	102,8	114,4	141,1	113,5	41,1%	39,0%	35,6%	34,3%	38,1%	47,0%	37,8%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG**  
**- NAHBEREICH KBR, FERNBEREICH KKB UND KKS -**

Tabelle A2-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen													
	Jahresdosis [ $\mu$ Sv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	77,1	78,8	76,1	77,1	85,7	98,2	85,4	8,6%	8,8%	8,5%	8,6%	9,5%	10,9%	9,5%
Lunge	72,8	74,3	70,7	70,9	78,9	90,8	78,8	8,1%	8,3%	7,9%	7,9%	8,8%	10,1%	8,8%
Blase	72,6	71,9	69,2	70,2	75,4	86,9	74,0	8,1%	8,0%	7,7%	7,8%	8,4%	9,7%	8,2%
Brust	69,2	70,9	68,9	70,2	78,6	89,6	79,1	7,7%	7,9%	7,7%	7,8%	8,7%	10,0%	8,8%
Gehirn	70,2	71,5	69,5	70,6	78,5	90,3	78,5	7,8%	7,9%	7,7%	7,8%	8,7%	10,0%	8,7%
Haut	70,9	71,5	71,0	72,8	81,7	93,0	82,5	3,9%	4,0%	3,9%	4,0%	4,5%	5,2%	4,6%
Hoden	69,2	70,0	67,1	67,8	75,0	87,6	76,3	23,1%	23,3%	22,4%	22,6%	25,0%	29,2%	25,4%
Knochenoberfl.	106,7	109,8	97,2	90,8	95,0	158,6	165,4	5,9%	6,1%	5,4%	5,0%	5,3%	8,8%	9,2%
Leber	73,2	74,0	71,2	71,6	78,2	96,2	84,9	8,1%	8,2%	7,9%	8,0%	8,7%	10,7%	9,4%
Speiseröhre	67,4	68,2	63,8	63,7	70,1	81,6	69,4	7,5%	7,6%	7,1%	7,1%	7,8%	9,1%	7,7%
Magen	70,3	70,5	67,0	68,3	75,5	88,5	74,5	7,8%	7,8%	7,4%	7,6%	8,4%	9,8%	8,3%
Dünndarm	71,6	71,1	66,9	66,8	73,5	85,4	71,9	8,0%	7,9%	7,4%	7,4%	8,2%	9,5%	8,0%
O Dickdarm	73,1	73,3	71,9	73,0	82,6	95,4	77,4	8,1%	8,1%	8,0%	8,1%	9,2%	10,6%	8,6%
U Dickdarm	78,9	75,9	78,5	82,5	95,0	110,5	82,9	8,8%	8,4%	8,7%	9,2%	10,6%	12,3%	9,2%
Dickdarm	75,1	74,7	74,0	77,2	87,6	102,1	79,9	8,3%	8,3%	8,2%	8,6%	9,7%	11,3%	8,9%
Milz	70,5	71,0	67,7	67,8	75,0	86,7	74,0	7,8%	7,9%	7,5%	7,5%	8,3%	9,6%	8,2%
Muskel	68,1	68,9	66,2	66,6	73,9	85,4	73,5	7,6%	7,7%	7,4%	7,4%	8,2%	9,5%	8,2%
Nebennieren	70,8	70,9	66,0	65,3	72,1	83,7	70,8	7,9%	7,9%	7,3%	7,3%	8,0%	9,3%	7,9%
Nieren	70,7	71,2	68,0	68,1	75,2	87,9	75,4	7,9%	7,9%	7,6%	7,6%	8,4%	9,8%	8,4%
Ovarien	73,4	73,5	69,3	69,1	75,7	88,9	75,7	24,5%	24,5%	23,1%	23,0%	25,2%	29,6%	25,2%
Pankreas	71,0	70,6	66,2	65,6	71,9	83,7	70,6	7,9%	7,8%	7,4%	7,3%	8,0%	9,3%	7,8%
R Knochenmark	71,9	74,7	70,1	69,1	76,5	97,9	89,3	24,0%	24,9%	23,4%	23,0%	25,5%	<b>32,6%</b>	29,8%
Schilddrüse	82,7	85,1	84,3	89,5	106,5	129,3	96,2	9,2%	9,5%	9,4%	9,9%	11,8%	14,4%	10,7%
Thymus	71,7	72,8	69,0	69,2	76,4	88,4	76,2	8,0%	8,1%	7,7%	7,7%	8,5%	9,8%	8,5%
Uterus	69,8	69,1	64,5	63,9	69,8	81,2	68,1	23,3%	23,0%	21,5%	21,3%	23,3%	27,1%	22,7%
Effektiv	72,8	73,8	71,0	71,7	79,7	94,4	80,5	24,3%	24,6%	23,7%	23,9%	26,6%	31,5%	26,8%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch





**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG**  
**- NAHBEREICH KKS, FERNBEREICH KKB UND KBR -**

Tabelle A3-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen													
	Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	71,1	74,6	73,5	75,5	83,9	95,2	85,2	7,9%	8,3%	8,2%	8,4%	9,3%	10,6%	9,5%
Lunge	66,9	70,1	68,1	69,4	77,2	87,9	78,5	7,4%	7,8%	7,6%	7,7%	8,6%	9,8%	8,7%
Blase	65,9	67,5	66,2	68,1	73,4	83,7	73,6	7,3%	7,5%	7,4%	7,6%	8,2%	9,3%	8,2%
Brust	64,4	67,6	66,9	69,0	77,3	87,2	79,0	7,2%	7,5%	7,4%	7,7%	8,6%	9,7%	8,8%
Gehirn	64,9	67,9	67,2	69,2	76,8	87,5	78,3	7,2%	7,5%	7,5%	7,7%	8,5%	9,7%	8,7%
Haut	66,2	68,6	69,2	71,7	80,4	90,6	82,5	3,7%	3,8%	3,8%	4,0%	4,5%	5,0%	4,6%
Hoden	63,3	65,9	64,5	66,1	73,1	84,2	75,2	21,1%	22,0%	21,5%	22,0%	24,4%	28,1%	25,1%
Knochenoberfl.	88,7	96,7	87,2	83,3	88,2	133,4	132,8	4,9%	5,4%	4,8%	4,6%	4,9%	7,4%	7,4%
Leber	66,0	69,0	67,7	69,2	75,6	90,5	81,0	7,3%	7,7%	7,5%	7,7%	8,4%	10,1%	9,0%
Speiseröhre	61,3	63,8	61,1	62,0	68,3	78,5	69,0	6,8%	7,1%	6,8%	6,9%	7,6%	8,7%	7,7%
Magen	64,1	66,2	64,3	66,5	73,3	85,0	74,0	7,1%	7,4%	7,1%	7,4%	8,1%	9,4%	8,2%
Dünndarm	64,6	66,4	63,8	64,9	71,3	81,9	71,3	7,2%	7,4%	7,1%	7,2%	7,9%	9,1%	7,9%
O Dickdarm	66,2	68,5	68,5	70,6	79,2	90,6	76,5	7,4%	7,6%	7,6%	7,8%	8,8%	10,1%	8,5%
U Dickdarm	70,7	70,6	73,8	78,5	89,2	102,9	81,0	7,9%	7,8%	8,2%	8,7%	9,9%	11,4%	9,0%
Dickdarm	67,8	69,7	70,1	74,0	83,3	96,1	78,6	7,5%	7,7%	7,8%	8,2%	9,3%	10,7%	8,7%
Milz	64,2	66,6	64,9	66,1	73,0	83,5	73,6	7,1%	7,4%	7,2%	7,3%	8,1%	9,3%	8,2%
Muskel	62,4	65,0	63,7	65,0	72,2	82,5	73,2	6,9%	7,2%	7,1%	7,2%	8,0%	9,2%	8,1%
Nebennieren	63,9	66,1	63,0	63,5	70,0	80,4	70,3	7,1%	7,3%	7,0%	7,1%	7,8%	8,9%	7,8%
Nieren	64,3	66,8	65,1	66,3	73,2	84,3	74,5	7,1%	7,4%	7,2%	7,4%	8,1%	9,4%	8,3%
Ovarien	66,3	68,6	66,1	67,1	73,5	85,0	74,6	22,1%	22,9%	22,0%	22,4%	24,5%	28,3%	24,9%
Pankreas	64,0	65,8	63,1	63,6	69,8	80,3	70,0	7,1%	7,3%	7,0%	7,1%	7,8%	8,9%	7,8%
R Knochenmark	65,4	70,1	67,0	67,1	74,2	91,5	83,7	21,8%	23,4%	22,3%	22,4%	24,7%	<b>30,5%</b>	27,9%
Schilddrüse	76,7	80,9	81,7	87,9	104,7	126,2	96,0	8,5%	9,0%	9,1%	9,8%	11,6%	14,0%	10,7%
Thymus	65,6	68,5	66,3	67,7	74,7	85,4	75,9	7,3%	7,6%	7,4%	7,5%	8,3%	9,5%	8,4%
Uterus	62,7	64,3	61,3	62,0	67,7	77,8	67,6	20,9%	21,4%	20,4%	20,7%	22,6%	25,9%	22,5%
Effektiv	66,3	69,2	67,9	69,6	77,3	90,1	78,7	22,1%	23,1%	22,6%	23,2%	25,8%	30,0%	26,2%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG  
- FERNBEREICH KKB, KBR UND KKS -**

Tabelle A4-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KBR, KKS, KKK, HZG und PA

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen													
	Jahresdosis [ $\mu$ Sv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	68,0	71,8	70,9	73,0	81,1	91,7	82,9	7,6%	8,0%	7,9%	8,1%	9,0%	10,2%	9,2%
Lunge	64,0	67,4	65,7	67,1	74,6	84,7	76,4	7,1%	7,5%	7,3%	7,5%	8,3%	9,4%	8,5%
Blase	62,8	64,8	63,7	65,7	70,7	80,5	71,5	7,0%	7,2%	7,1%	7,3%	7,9%	8,9%	7,9%
Brust	61,7	65,1	64,6	66,8	74,7	84,0	76,9	6,9%	7,2%	7,2%	7,4%	8,3%	9,3%	8,5%
Gehirn	62,2	65,4	64,8	66,9	74,2	84,3	76,2	6,9%	7,3%	7,2%	7,4%	8,2%	9,4%	8,5%
Haut	63,6	66,1	66,9	69,4	77,8	87,4	80,3	3,5%	3,7%	3,7%	3,9%	4,3%	4,9%	4,5%
Hoden	60,5	63,3	62,2	63,9	70,6	81,0	73,2	20,2%	21,1%	20,7%	21,3%	23,5%	27,0%	24,4%
Knochenoberfl.	84,3	88,4	81,7	79,3	84,1	127,5	128,4	4,7%	4,9%	4,5%	4,4%	4,7%	7,1%	7,1%
Leber	63,0	66,3	65,2	66,8	72,9	87,2	78,8	7,0%	7,4%	7,2%	7,4%	8,1%	9,7%	8,8%
Speiseröhre	58,4	61,2	58,9	59,8	65,8	75,4	67,1	6,5%	6,8%	6,5%	6,6%	7,3%	8,4%	7,5%
Magen	61,1	63,6	62,0	64,2	70,7	81,7	71,9	6,8%	7,1%	6,9%	7,1%	7,9%	9,1%	8,0%
Dünndarm	61,5	63,7	61,4	62,6	68,7	78,6	69,3	6,8%	7,1%	6,8%	7,0%	7,6%	8,7%	7,7%
O Dickdarm	63,1	65,7	65,8	67,9	76,0	86,8	74,2	7,0%	7,3%	7,3%	7,5%	8,4%	9,6%	8,2%
U Dickdarm	67,1	67,5	70,6	75,2	85,0	97,9	78,1	7,5%	7,5%	7,8%	8,4%	9,4%	10,9%	8,7%
Dickdarm	64,5	66,7	67,2	71,1	79,7	91,8	76,0	7,2%	7,4%	7,5%	7,9%	8,9%	10,2%	8,4%
Milz	61,3	64,0	62,5	63,8	70,4	80,3	71,5	6,8%	7,1%	6,9%	7,1%	7,8%	8,9%	7,9%
Muskel	59,7	62,5	61,4	62,8	69,6	79,3	71,2	6,6%	6,9%	6,8%	7,0%	7,7%	8,8%	7,9%
Nebennieren	60,8	63,4	60,6	61,3	67,4	77,2	68,3	6,8%	7,0%	6,7%	6,8%	7,5%	8,6%	7,6%
Nieren	61,4	64,2	62,7	64,0	70,6	81,1	72,4	6,8%	7,1%	7,0%	7,1%	7,8%	9,0%	8,0%
Ovarien	63,2	65,8	63,6	64,8	70,8	81,7	72,5	21,1%	21,9%	21,2%	21,6%	23,6%	27,2%	24,2%
Pankreas	60,9	63,1	60,7	61,4	67,2	77,1	68,0	6,8%	7,0%	6,7%	6,8%	7,5%	8,6%	7,6%
R Knochenmark	62,0	65,9	63,6	64,2	70,9	86,7	80,3	20,7%	22,0%	21,2%	21,4%	23,6%	<b>28,9%</b>	26,8%
Schilddrüse	73,7	78,1	79,1	85,4	101,8	122,8	93,7	8,2%	8,7%	8,8%	9,5%	11,3%	13,6%	10,4%
Thymus	62,7	65,8	63,9	65,4	72,1	82,1	73,8	7,0%	7,3%	7,1%	7,3%	8,0%	9,1%	8,2%
Uterus	59,6	61,6	58,9	59,7	65,2	74,6	65,6	19,9%	20,5%	19,6%	19,9%	21,7%	24,9%	21,9%
Effektiv	63,2	66,3	65,3	67,2	74,5	86,5	76,4	21,1%	22,1%	21,8%	22,4%	24,8%	28,8%	25,5%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

## **ABLEITUNGEN KKB**

Tabelle A5-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KKB infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KKB infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage im Restbetrieb													
	Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	101,4	94,9	85,2	80,9	90,1	106,9	83,2	11,3%	10,5%	9,5%	9,0%	10,0%	11,9%	9,2%
Lunge	96,9	90,3	79,3	74,1	82,7	98,9	76,9	10,8%	10,0%	8,8%	8,2%	9,2%	11,0%	8,5%
Blase	100,4	89,3	80,2	76,3	80,8	96,7	73,0	11,2%	9,9%	8,9%	8,5%	9,0%	10,7%	8,1%
Brust	88,7	83,2	75,1	72,3	81,1	95,5	76,7	9,9%	9,2%	8,3%	8,0%	9,0%	10,6%	8,5%
Gehirn	91,6	85,2	77,3	73,8	81,9	98,2	76,6	10,2%	9,5%	8,6%	8,2%	9,1%	10,9%	8,5%
Haut	89,6	82,2	76,6	74,5	83,5	98,6	79,7	5,0%	4,6%	4,3%	4,1%	4,6%	5,5%	4,4%
Hoden	93,0	85,8	76,0	71,9	79,5	97,9	77,7	31,0%	28,6%	25,3%	24,0%	26,5%	32,6%	25,9%
Knochenoberfl.	179,8	178,2	143,7	121,8	122,3	256,3	288,3	10,0%	9,9%	8,0%	6,8%	6,8%	14,2%	16,0%
Leber	102,2	93,3	83,7	79,0	85,8	114,7	96,6	11,4%	10,4%	9,3%	8,8%	9,5%	12,7%	10,7%
Speiseröhre	92,7	85,3	73,3	68,0	74,6	90,7	68,4	10,3%	9,5%	8,1%	7,6%	8,3%	10,1%	7,6%
Magen	96,2	87,1	76,5	73,4	81,3	99,6	73,8	10,7%	9,7%	8,5%	8,2%	9,0%	11,1%	8,2%
Dünndarm	100,3	89,8	78,0	72,6	80,0	96,5	71,6	11,1%	10,0%	8,7%	8,1%	8,9%	10,7%	8,0%
O Dickdarm	101,4	92,1	84,9	81,2	94,5	112,3	79,2	11,3%	10,2%	9,4%	9,0%	10,5%	12,5%	8,8%
U Dickdarm	113,4	97,6	97,7	98,7	119,2	141,3	89,8	12,6%	10,8%	10,9%	11,0%	13,2%	15,7%	10,0%
Dickdarm	105,9	94,9	89,4	88,9	104,6	125,0	83,9	11,8%	10,5%	9,9%	9,9%	11,6%	13,9%	9,3%
Milz	96,3	88,0	77,7	72,4	80,2	96,3	72,9	10,7%	9,8%	8,6%	8,0%	8,9%	10,7%	8,1%
Muskel	91,2	84,0	74,6	70,2	77,8	93,7	72,1	10,1%	9,3%	8,3%	7,8%	8,6%	10,4%	8,0%
Nebennieren	99,3	89,9	76,9	70,3	77,9	93,9	70,1	11,0%	10,0%	8,5%	7,8%	8,7%	10,4%	7,8%
Nieren	96,6	88,4	78,1	72,9	80,7	98,7	76,2	10,7%	9,8%	8,7%	8,1%	9,0%	11,0%	8,5%
Ovarien	102,6	93,1	81,1	75,1	82,2	101,4	77,6	34,2%	31,0%	27,0%	25,0%	27,4%	33,8%	25,9%
Pankreas	100,3	89,6	77,6	71,1	77,7	94,2	70,0	11,1%	10,0%	8,6%	7,9%	8,6%	10,5%	7,8%
R Knochenmark	100,4	98,2	84,8	77,1	85,6	124,9	112,1	33,5%	32,7%	28,3%	25,7%	28,5%	<b>41,6%</b>	37,4%
Schilddrüse	101,4	94,9	85,2	80,9	90,1	106,9	83,2	11,3%	10,5%	9,5%	9,0%	10,0%	11,9%	9,2%
Thymus	96,5	89,6	78,0	73,1	80,5	97,0	74,7	10,7%	10,0%	8,7%	8,1%	8,9%	10,8%	8,3%
Uterus	99,2	88,2	75,9	69,7	76,0	91,9	67,9	33,1%	29,4%	25,3%	23,2%	25,3%	30,6%	22,6%
Effektiv	99,5	92,0	82,1	77,4	86,0	107,8	84,7	33,2%	30,7%	27,4%	25,8%	28,7%	35,9%	28,2%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A5-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KKB infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KKB infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage im Restbetrieb													
	Jahresdosis [ $\mu$ Sv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	42,7	45,0	44,5	45,8	50,8	57,4	52,0	4,7%	5,0%	4,9%	5,1%	5,6%	6,4%	5,8%
Lunge	40,1	42,3	41,2	42,1	46,7	53,0	47,9	4,5%	4,7%	4,6%	4,7%	5,2%	5,9%	5,3%
Blase	39,4	40,6	39,9	41,2	44,3	50,3	44,9	4,4%	4,5%	4,4%	4,6%	4,9%	5,6%	5,0%
Brust	38,7	40,8	40,5	41,8	46,8	52,6	48,2	4,3%	4,5%	4,5%	4,6%	5,2%	5,8%	5,4%
Gehirn	39,0	41,0	40,6	41,9	46,5	52,8	47,8	4,3%	4,6%	4,5%	4,7%	5,2%	5,9%	5,3%
Haut	39,9	41,5	41,9	43,5	48,7	54,7	50,4	2,2%	2,3%	2,3%	2,4%	2,7%	3,0%	2,8%
Hoden	37,9	39,7	39,0	40,0	44,2	50,7	45,9	12,6%	13,2%	13,0%	13,3%	14,7%	16,9%	15,3%
Knochenoberfl.	53,0	55,4	51,3	49,7	52,7	80,2	81,0	2,9%	3,1%	2,8%	2,8%	2,9%	4,5%	4,5%
Leber	39,5	41,6	40,9	41,9	45,7	54,6	49,5	4,4%	4,6%	4,5%	4,7%	5,1%	6,1%	5,5%
Speiseröhre	36,6	38,4	36,9	37,5	41,2	47,2	42,1	4,1%	4,3%	4,1%	4,2%	4,6%	5,2%	4,7%
Magen	38,3	39,9	38,8	40,2	44,3	51,1	45,1	4,3%	4,4%	4,3%	4,5%	4,9%	5,7%	5,0%
Dünndarm	38,6	39,9	38,5	39,2	43,0	49,2	43,4	4,3%	4,4%	4,3%	4,4%	4,8%	5,5%	4,8%
O Dickdarm	39,6	41,2	41,2	42,5	47,6	54,3	46,5	4,4%	4,6%	4,6%	4,7%	5,3%	6,0%	5,2%
U Dickdarm	42,1	42,3	44,2	47,1	53,2	61,3	48,9	4,7%	4,7%	4,9%	5,2%	5,9%	6,8%	5,4%
Dickdarm	40,4	41,8	42,1	44,5	49,9	57,4	47,6	4,5%	4,6%	4,7%	4,9%	5,5%	6,4%	5,3%
Milz	38,4	40,1	39,2	40,0	44,1	50,2	44,9	4,3%	4,5%	4,4%	4,4%	4,9%	5,6%	5,0%
Muskel	37,4	39,2	38,5	39,4	43,6	49,6	44,6	4,2%	4,4%	4,3%	4,4%	4,8%	5,5%	5,0%
Nebennieren	38,1	39,7	38,0	38,4	42,2	48,3	42,8	4,2%	4,4%	4,2%	4,3%	4,7%	5,4%	4,8%
Nieren	38,5	40,2	39,3	40,1	44,2	50,7	45,4	4,3%	4,5%	4,4%	4,5%	4,9%	5,6%	5,0%
Ovarien	39,6	41,3	39,9	40,6	44,4	51,1	45,5	13,2%	13,8%	13,3%	13,5%	14,8%	17,0%	15,2%
Pankreas	38,2	39,6	38,0	38,4	42,1	48,2	42,7	4,2%	4,4%	4,2%	4,3%	4,7%	5,4%	4,7%
R Knochenmark	38,8	41,3	39,8	40,2	44,4	54,3	50,4	12,9%	13,8%	13,3%	13,4%	14,8%	18,1%	16,8%
Schilddrüse	42,7	45,0	44,5	45,8	50,8	57,4	52,0	4,7%	5,0%	4,9%	5,1%	5,6%	6,4%	5,8%
Thymus	39,3	41,3	40,1	41,0	45,2	51,4	46,3	4,4%	4,6%	4,5%	4,6%	5,0%	5,7%	5,1%
Uterus	37,4	38,6	36,9	37,4	40,8	46,7	41,2	12,5%	12,9%	12,3%	12,5%	13,6%	15,6%	13,7%
Effektiv	39,5	41,4	40,7	41,7	46,0	53,2	47,6	13,2%	13,8%	13,6%	13,9%	15,3%	17,7%	15,9%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**VORBELASTUNGEN**

**- ABLEITUNGEN KBR -**



Tabelle A6-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage													
	Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	21,9	20,6	18,7	17,9	20,1	24,0	18,2	2,4%	2,3%	2,1%	2,0%	2,2%	2,7%	2,0%
Lunge	21,0	19,6	17,4	16,5	18,5	22,3	16,9	2,3%	2,2%	1,9%	1,8%	2,1%	2,5%	1,9%
Blase	21,7	19,4	17,6	17,0	18,1	21,8	16,0	2,4%	2,2%	2,0%	1,9%	2,0%	2,4%	1,8%
Brust	19,3	18,1	16,6	16,1	18,2	21,6	16,8	2,1%	2,0%	1,8%	1,8%	2,0%	2,4%	1,9%
Gehirn	19,9	18,6	17,0	16,4	18,4	22,1	16,8	2,2%	2,1%	1,9%	1,8%	2,0%	2,5%	1,9%
Haut	19,4	17,9	16,9	16,6	18,7	22,2	17,5	1,1%	1,0%	0,9%	0,9%	1,0%	1,2%	1,0%
Hoden	20,2	18,7	16,8	16,0	17,8	22,1	17,0	6,7%	6,2%	5,6%	5,3%	5,9%	7,4%	5,7%
Knochenoberfl.	38,4	38,1	31,0	26,5	26,9	55,4	61,4	2,1%	2,1%	1,7%	1,5%	1,5%	3,1%	3,4%
Leber	22,1	20,3	18,4	17,5	19,2	25,6	21,0	2,5%	2,3%	2,0%	1,9%	2,1%	2,8%	2,3%
Speiseröhre	20,1	18,6	16,2	15,2	16,8	20,6	15,1	2,2%	2,1%	1,8%	1,7%	1,9%	2,3%	1,7%
Magen	20,8	18,9	16,9	16,3	18,2	22,4	16,2	2,3%	2,1%	1,9%	1,8%	2,0%	2,5%	1,8%
Dünndarm	21,7	19,5	17,2	16,2	17,9	21,8	15,8	2,4%	2,2%	1,9%	1,8%	2,0%	2,4%	1,8%
O Dickdarm	21,9	20,0	18,6	18,0	21,0	25,1	17,4	2,4%	2,2%	2,1%	2,0%	2,3%	2,8%	1,9%
U Dickdarm	24,5	21,2	21,3	21,7	26,2	31,2	19,6	2,7%	2,4%	2,4%	2,4%	2,9%	3,5%	2,2%
Dickdarm	22,9	20,6	19,6	19,6	23,1	27,8	18,4	2,5%	2,3%	2,2%	2,2%	2,6%	3,1%	2,0%
Milz	20,9	19,1	17,1	16,1	18,0	21,7	16,0	2,3%	2,1%	1,9%	1,8%	2,0%	2,4%	1,8%
Muskel	19,8	18,3	16,4	15,7	17,5	21,2	15,9	2,2%	2,0%	1,8%	1,7%	1,9%	2,4%	1,8%
Nebennieren	21,5	19,5	16,9	15,7	17,5	21,2	15,5	2,4%	2,2%	1,9%	1,7%	1,9%	2,4%	1,7%
Nieren	20,9	19,2	17,2	16,2	18,1	22,2	16,7	2,3%	2,1%	1,9%	1,8%	2,0%	2,5%	1,9%
Ovarien	22,2	20,2	17,8	16,7	18,4	22,8	17,0	7,4%	6,7%	5,9%	5,6%	6,1%	7,6%	5,7%
Pankreas	21,7	19,5	17,1	15,9	17,5	21,3	15,4	2,4%	2,2%	1,9%	1,8%	1,9%	2,4%	1,7%
R Knochenmark	21,7	21,3	18,6	17,1	19,1	27,8	24,3	7,2%	7,1%	6,2%	5,7%	6,4%	<b>9,3%</b>	8,1%
Schilddrüse	21,9	20,6	18,7	17,9	20,1	24,0	18,2	2,4%	2,3%	2,1%	2,0%	2,2%	2,7%	2,0%
Thymus	20,9	19,5	17,2	16,3	18,1	21,9	16,4	2,3%	2,2%	1,9%	1,8%	2,0%	2,4%	1,8%
Uterus	21,5	19,2	16,7	15,6	17,1	20,8	15,0	7,2%	6,4%	5,6%	5,2%	5,7%	6,9%	5,0%
Effektiv	21,5	20,0	18,0	17,2	19,2	24,1	18,5	7,2%	6,7%	6,0%	5,7%	6,4%	8,0%	6,2%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A6-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KBR infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage													
	Jahresdosis [ $\mu$ Sv]							Grenzwertausschöpfung						
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>		>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	
					mMu	oMu						mMu	oMu	
ET Luftwege	12,9	13,6	13,5	13,9	15,4	17,5	15,7	1,4%	1,5%	1,5%	1,5%	1,7%	1,9%	1,7%
Lunge	12,1	12,8	12,5	12,8	14,2	16,1	14,5	1,3%	1,4%	1,4%	1,4%	1,6%	1,8%	1,6%
Blase	11,9	12,3	12,1	12,5	13,5	15,4	13,6	1,3%	1,4%	1,3%	1,4%	1,5%	1,7%	1,5%
Brust	11,7	12,4	12,3	12,7	14,2	16,0	14,6	1,3%	1,4%	1,4%	1,4%	1,6%	1,8%	1,6%
Gehirn	11,8	12,4	12,3	12,7	14,1	16,1	14,4	1,3%	1,4%	1,4%	1,4%	1,6%	1,8%	1,6%
Haut	12,1	12,5	12,7	13,2	14,8	16,7	15,2	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,8%	0,9%	0,8%
Hoden	11,5	12,0	11,8	12,2	13,4	15,5	13,9	3,8%	4,0%	3,9%	4,1%	4,5%	5,2%	4,6%
Knochenoberfl.	16,0	16,7	15,5	15,1	16,0	24,3	24,4	0,9%	0,9%	0,9%	0,8%	0,9%	1,3%	1,4%
Leber	12,0	12,6	12,4	12,7	13,9	16,6	15,0	1,3%	1,4%	1,4%	1,4%	1,5%	1,8%	1,7%
Speiseröhre	11,1	11,6	11,2	11,4	12,5	14,4	12,7	1,2%	1,3%	1,2%	1,3%	1,4%	1,6%	1,4%
Magen	11,6	12,1	11,8	12,2	13,5	15,6	13,6	1,3%	1,3%	1,3%	1,4%	1,5%	1,7%	1,5%
Dünndarm	11,7	12,1	11,7	11,9	13,1	15,0	13,1	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,5%	1,7%	1,5%
O Dickdarm	12,0	12,5	12,5	12,9	14,5	16,5	14,1	1,3%	1,4%	1,4%	1,4%	1,6%	1,8%	1,6%
U Dickdarm	12,7	12,8	13,4	14,3	16,2	18,6	14,8	1,4%	1,4%	1,5%	1,6%	1,8%	2,1%	1,6%
Dickdarm	12,2	12,7	12,8	13,5	15,2	17,5	14,4	1,4%	1,4%	1,4%	1,5%	1,7%	1,9%	1,6%
Milz	11,6	12,1	11,9	12,1	13,4	15,3	13,6	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,5%	1,7%	1,5%
Muskel	11,3	11,9	11,7	12,0	13,3	15,1	13,5	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,5%	1,7%	1,5%
Nebennieren	11,5	12,0	11,5	11,7	12,9	14,7	13,0	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,4%	1,6%	1,4%
Nieren	11,6	12,2	11,9	12,2	13,4	15,5	13,7	1,3%	1,4%	1,3%	1,4%	1,5%	1,7%	1,5%
Ovarien	12,0	12,5	12,1	12,3	13,5	15,6	13,8	4,0%	4,2%	4,0%	4,1%	4,5%	5,2%	4,6%
Pankreas	11,6	12,0	11,5	11,7	12,8	14,7	12,9	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,4%	1,6%	1,4%
R Knochenmark	11,8	12,5	12,1	12,2	13,5	16,5	15,2	3,9%	4,2%	4,0%	4,1%	4,5%	<b>5,5%</b>	5,1%
Schilddrüse	12,9	13,6	13,5	13,9	15,4	17,5	15,7	1,4%	1,5%	1,5%	1,5%	1,7%	1,9%	1,7%
Thymus	11,9	12,5	12,1	12,4	13,7	15,7	14,0	1,3%	1,4%	1,3%	1,4%	1,5%	1,7%	1,6%
Uterus	11,3	11,7	11,2	11,4	12,4	14,3	12,5	3,8%	3,9%	3,7%	3,8%	4,1%	4,8%	4,2%
Effektiv	11,9	12,5	12,3	12,7	14,0	16,2	14,4	4,0%	4,2%	4,1%	4,2%	4,7%	5,4%	4,8%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**VORBELASTUNGEN  
- ABLEITUNGEN KKS-**

Tabelle A7-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage													
	Jahresdosis [ $\mu$ Sv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	3,4	3,2	3,0	2,9	3,3	4,0	2,8	0,4%	0,4%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,3%
Lunge	3,3	3,1	2,8	2,7	3,1	3,8	2,6	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Blase	3,4	3,1	2,8	2,8	3,0	3,7	2,5	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Brust	3,0	2,9	2,7	2,6	3,0	3,6	2,6	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Gehirn	3,1	2,9	2,7	2,7	3,0	3,7	2,6	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Haut	3,1	2,8	2,7	2,7	3,1	3,7	2,6	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,1%
Hoden	3,2	2,9	2,7	2,6	2,9	3,6	2,5	1,1%	1,0%	0,9%	0,9%	1,0%	1,2%	0,8%
Knochenoberfl.	4,8	9,0	6,0	4,4	4,5	6,5	4,9	0,3%	0,5%	0,3%	0,2%	0,3%	0,4%	0,3%
Leber	3,4	3,1	2,8	2,7	3,1	3,8	2,5	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Speiseröhre	3,2	3,0	2,6	2,5	2,8	3,5	2,3	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Magen	3,3	3,0	2,7	2,7	3,0	3,8	2,5	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Dünndarm	3,4	3,1	2,8	2,7	3,0	3,7	2,5	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
O Dickdarm	3,5	3,2	3,1	3,0	3,6	4,3	2,8	0,4%	0,4%	0,3%	0,3%	0,4%	0,5%	0,3%
U Dickdarm	4,0	3,5	3,6	3,8	4,7	5,5	3,4	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,5%	0,6%	0,4%
Dickdarm	3,7	3,3	3,3	3,4	4,1	4,9	3,1	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,5%	0,5%	0,3%
Milz	3,3	3,0	2,8	2,6	3,0	3,7	2,5	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Muskel	3,1	2,9	2,7	2,6	2,9	3,6	2,4	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Nebennieren	3,4	3,1	2,7	2,6	2,9	3,6	2,4	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Nieren	3,3	3,0	2,8	2,7	3,0	3,7	2,5	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Ovarien	3,5	3,2	2,8	2,7	3,0	3,8	2,5	1,2%	1,1%	0,9%	0,9%	1,0%	1,3%	0,8%
Pankreas	3,4	3,1	2,8	2,6	2,9	3,6	2,4	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
R Knochenmark	3,8	4,6	3,8	3,3	3,7	5,3	3,9	1,3%	1,5%	1,3%	1,1%	1,2%	<b>1,8%</b>	1,3%
Schilddrüse	3,4	3,2	3,0	2,9	3,3	4,0	2,8	0,4%	0,4%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,3%
Thymus	3,3	3,1	2,8	2,7	3,0	3,7	2,5	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%
Uterus	3,4	3,1	2,7	2,6	2,9	3,6	2,3	1,1%	1,0%	0,9%	0,9%	1,0%	1,2%	0,8%
Effektiv	3,4	3,3	3,0	2,9	3,3	4,1	2,8	1,1%	1,1%	1,0%	1,0%	1,1%	1,4%	0,9%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A7-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des KKS infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage													
	Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%
Lunge	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Blase	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Brust	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Gehirn	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Haut	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hoden	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%
Knochenoberfl.	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Leber	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Speiseröhre	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Magen	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Dünndarm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
O Dickdarm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%
U Dickdarm	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Dickdarm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%
Milz	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Muskel	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Nebennieren	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Nieren	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Ovarien	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%
Pankreas	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
R Knochenmark	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	<b>0,2%</b>	0,2%
Schilddrüse	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%
Thymus	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Uterus	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Effektiv	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**VORBELASTUNGEN**

**- ABLEITUNGEN KKK-**

Tabelle A8-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tideelbe infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKK

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tideelbe infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des KKK													
	Jahresdosis [ $\mu$ Sv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	11,6	12,2	12,1	12,4	13,8	15,6	14,1	1,3%	1,4%	1,3%	1,4%	1,5%	1,7%	1,6%
Lunge	10,9	11,5	11,2	11,4	12,7	14,4	13,0	1,2%	1,3%	1,2%	1,3%	1,4%	1,6%	1,4%
Blase	10,7	11,0	10,8	11,2	12,0	13,7	12,2	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,5%	1,4%
Brust	10,5	11,1	11,0	11,4	12,7	14,3	13,1	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,4%	1,6%	1,5%
Gehirn	10,6	11,1	11,0	11,4	12,6	14,3	13,0	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,4%	1,6%	1,4%
Haut	10,8	11,2	11,4	11,8	13,2	14,9	13,7	0,6%	0,6%	0,6%	0,7%	0,7%	0,8%	0,8%
Hoden	10,3	10,8	10,6	10,9	12,0	13,8	12,4	3,4%	3,6%	3,5%	3,6%	4,0%	4,6%	4,1%
Knochenoberfl.	14,4	15,0	13,9	13,5	14,3	21,8	21,9	0,8%	0,8%	0,8%	0,7%	0,8%	1,2%	1,2%
Leber	10,7	11,3	11,1	11,4	12,4	14,9	13,4	1,2%	1,3%	1,2%	1,3%	1,4%	1,7%	1,5%
Speiseröhre	9,9	10,4	10,0	10,2	11,2	12,8	11,4	1,1%	1,2%	1,1%	1,1%	1,2%	1,4%	1,3%
Magen	10,4	10,8	10,5	10,9	12,0	13,9	12,2	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,5%	1,4%
Dünndarm	10,5	10,8	10,4	10,6	11,7	13,4	11,8	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,5%	1,3%
O Dickdarm	10,7	11,2	11,2	11,6	12,9	14,8	12,6	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,4%	1,6%	1,4%
U Dickdarm	11,4	11,5	12,0	12,8	14,5	16,7	13,3	1,3%	1,3%	1,3%	1,4%	1,6%	1,9%	1,5%
Dickdarm	11,0	11,3	11,4	12,1	13,6	15,6	12,9	1,2%	1,3%	1,3%	1,3%	1,5%	1,7%	1,4%
Milz	10,4	10,9	10,6	10,9	12,0	13,7	12,2	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,5%	1,4%
Muskel	10,1	10,6	10,4	10,7	11,8	13,5	12,1	1,1%	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,5%	1,3%
Nebennieren	10,3	10,8	10,3	10,4	11,5	13,1	11,6	1,1%	1,2%	1,1%	1,2%	1,3%	1,5%	1,3%
Nieren	10,4	10,9	10,7	10,9	12,0	13,8	12,3	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,3%	1,5%	1,4%
Ovarien	10,7	11,2	10,8	11,0	12,1	13,9	12,3	3,6%	3,7%	3,6%	3,7%	4,0%	4,6%	4,1%
Pankreas	10,4	10,7	10,3	10,4	11,4	13,1	11,6	1,2%	1,2%	1,1%	1,2%	1,3%	1,5%	1,3%
R Knochenmark	10,5	11,2	10,8	10,9	12,1	14,8	13,7	3,5%	3,7%	3,6%	3,6%	4,0%	<b>4,9%</b>	4,6%
Schilddrüse	11,6	12,2	12,1	12,4	13,8	15,6	14,1	1,3%	1,4%	1,3%	1,4%	1,5%	1,7%	1,6%
Thymus	10,7	11,2	10,9	11,1	12,3	14,0	12,6	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,4%	1,6%	1,4%
Uterus	10,1	10,5	10,0	10,2	11,1	12,7	11,2	3,4%	3,5%	3,3%	3,4%	3,7%	4,2%	3,7%
Effektiv	10,7	11,2	11,0	11,3	12,5	14,5	12,9	3,6%	3,7%	3,7%	3,8%	4,2%	4,8%	4,3%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**VORBELASTUNGEN  
- ABLEITUNGEN HZG-**



Tabelle A9-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tidelbe infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des HZG

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tidelbe infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer des HZG													
	Jahresdosis [ $\mu\text{Sv}$ ]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Lunge	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Blase	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Brust	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Gehirn	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Haut	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hoden	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Knochenoberfl.	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Leber	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Speiseröhre	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%
Magen	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Dünndarm	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
O Dickdarm	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
U Dickdarm	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Dickdarm	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Milz	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Muskel	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Nebennieren	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%
Nieren	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Ovarien	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Pankreas	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%
R Knochenmark	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Schilddrüse	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Thymus	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Uterus	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	<b>0,2%</b>	0,2%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk  
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich  
technischen Umweltschutz

**VORBELASTUNGEN  
- PATIENTENAUSSCHIEDUNGEN-**

Tabelle A10-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tidelbe infolge von Patientenausscheidungen (PA)

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Bereich der Tidelbe infolge von Patientenausscheidungen (PA)													
	Jahresdosis [ $\mu$ Sv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ <sup>1)</sup>	mMu	oMu
ET Luftwege	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lunge	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Blase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brust	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gehirn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Haut	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hoden	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Knochenoberfl.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Leber	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Speiseröhre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Magen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dünndarm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
O Dickdarm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
U Dickdarm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dickdarm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Milz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muskel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nebennieren	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nieren	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ovarien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pankreas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R Knochenmark	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Schilddrüse	5,6	6,3	8,2	12,4	20,7	31,0	10,8	0,6%	0,7%	0,9%	1,4%	2,3%	<b>3,4%</b>	1,2%
Thymus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uterus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Effektiv	0,3	0,3	0,4	0,6	1,0	1,5	0,5	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,3%	0,5%	0,2%

Hinweis: Der Maximalwert der Grenzwertausschöpfung ist in Fettschrift dargestellt und farbig hinterlegt.

<sup>1)</sup> mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch