



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

Endbericht

**Berechnung der Strahlenexposition
in der Umgebung des
Helmholtz-Zentrums Geesthacht
durch Ableitung radioaktiver Stoffe
mit Wasser nach AVV zu § 47 StrlSchV²⁰⁰¹**

- Revision 2 -

BS-Projekt-Nr. 1806-02a
Bestellung Nr. 35045919

erstellt im Auftrag des
Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Hereon)
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht

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

Aachen, 20.08.2021

Anmerkung:

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



AUTOREN

Dieser Bericht wurde von folgendem Bearbeiter erstellt:

- [REDACTED]

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

ERSTELLUNG, PRÜFUNG UND FREIGABE

erstellt	geprüft	freigegeben
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Projektleiter	Geschäftsbereichsleiter	Geschäftsführung



ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht dient als Nachweisunterlage für den von Hereon gestellten Antrag nach § 7 Abs. 3 Atomgesetz ([ATG 12], [ATG 15]) auf Stilllegung des FRG–1 sowie Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors“ vom 21. März 2013 mit Präzisierung vom 6. September 2016 und enthält die Ergebnisse der dazu durchgeführten Dosisberechnungen zur Abschätzung der resultierenden potentiellen Strahlenexposition der Bevölkerung infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Hereons in die Elbe gemäß § 47 der Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (StrlSchV²⁰⁰¹) [SSV 17]. Als Berechnungsgrundlage wurde die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV²⁰⁰¹“ vom 28. August 2012 (AVV) [AVV 12] verwendet. Die besonderen standort- und anlagenspezifischen Gegebenheiten sowie mögliche Vorbelastungen durch radioaktive Ableitungen anderer inländischer Einleiter oder Einleitungen wurden dabei in geeigneter Weise berücksichtigt.

Im Ergebnis der durchgeführten Dosisberechnungen ist festzustellen, dass die resultierende potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser während der beantragten Stilllegungs- und Abbautätigkeit einschließlich möglicher Vorbelastungen durch andere Einleiter oder Einleitungen sowohl im Fernbereich als auch im Nahbereich der Anlage unterhalb der nach § 47 Abs. 1 StrlSchV²⁰⁰¹ einzuhaltenen Dosisgrenzwerte liegt.

Die maximale rechnerische Grenzwertausschöpfung (inkl. potenzieller Vorbelastungen) von insgesamt ca. 52,5 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 157,4 μSv für das Organ „Rotes Knochenmark“ ergibt sich in der Altersgruppe „ ≤ 1 Jahr mit Muttermilch“ in dem im Fernbereich des Helmholtz-Zentrums Geesthacht liegenden 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 Gesamtjahresdosis von ca. 141,1 μSv die höchste rechnerische Grenzwertausschöpfung von ca. 47,0 % ebenfalls in diesem Überschneidungsbereich und in dieser Altersgruppe.



INHALTSVERZEICHNIS

Seite:

1. EINLEITUNG	1
2. RANDBEDINGUNGEN	3
2.1. Vorbemerkungen	3
2.2. Potenzielle Expositionspfade.....	4
2.3. Entfernungsbereiche.....	5
2.3.1. Entfernungsbereiche Hereon.....	6
2.3.2. Entfernungsbereiche anderer Einleiter oder Einleitungen	6
2.3.3. Entfernungsbereiche und deren Überschneidungsbereiche	7
2.4. Vermischungswassermengen und Anlagerungszeiten.....	7
2.4.1. Vorbetrachtungen	7
2.4.2. Ableitungen Hereon	8
2.4.3. Ableitungen anderer Einleiter oder Einleitungen	11
3. AKTIVITÄTSABGABEN MIT WASSER	17
3.1. Vorbemerkung	17
3.2. Aktivitätsabgaben Hereon	18
3.3. Aktivitätsabgaben anderer Einleiter oder Einleitungen	18
4. BERECHNUNG DER POTENZIELLEN STRAHLENEXPOSITION	21
4.1. Erläuterungen zur Dosisberechnung	21
4.2. Ergebnisse der Dosisberechnung.....	24
4.2.1. Nahbereich Hereon.....	25
4.2.2. Fernbereich Hereon (Tideelbe)	26
4.2.2.1. Nahbereich KKB, Fernbereich KBR und Fernbereich KKS	26
4.2.2.2. Nahbereich KBR, Fernbereich KKB und Fernbereich KKS	27
4.2.2.3. Nahbereich KKS, Fernbereich KKB und Fernbereich KBR	28
4.2.2.4. Fernbereich KKB, Fernbereich KBR und Fernbereich KKS.....	29
5. LITERATURVERZEICHNIS	30
ANHANG	

1. EINLEITUNG

Der Standort der Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Hereon) liegt etwa 35 km südöstlich des Stadtzentrums von Hamburg auf einem ca. 200 ha großen Industriegelände der Stadt Geesthacht im Landkreis Herzogtum Lauenburg (Schleswig-Holstein) am rechten Ufer der Elbe, die als Vorfluter für anfallende Abwässer der Anlage genutzt wird. Auf dem Gelände des Hereons befinden sich die Forschungsreaktoranlage Geesthacht (FRG)¹, bestehend aus dem stillzulegenden Forschungsreaktor FRG-1 und den noch vorhandenen Anlagenteilen des Forschungsreaktors FRG-2, sowie das Heiße Labor (HL). Der Standort des Hereons wird im Süden durch die parallel zur Elbe verlaufende Elbuferstraße und im Nordwesten durch das Kernkraftwerk Krümmel begrenzt. Im Nordosten bzw. Osten der Anlage liegt der Geesthachter Ortsteil Grünhof mit Tesperhude. Die Elbe verläuft im Bereich des Standorts ca. 250 m entfernt in nordwestlicher Richtung. Die Einleitstelle für die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Hereons liegt oberhalb der durch das Wehr Geesthacht (Flusskilometer 585,9) gebildeten Tidegrenze der Elbe.

Der Forschungsreaktor FRG-1 ist seit dem 28.06.2010 endgültig abgeschaltet und befindet sich in der Nachbetriebsphase. Am 21.03.2013 wurde ein Genehmigungsantrag [HER 13] mit Präzisierung vom 6. September 2016 [HER 16] nach § 7 Abs. 3 Atomgesetz (AtG) [ATG 12], [ATG 15] auf Stilllegung des FRG-1 sowie Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors bei der zuständigen Genehmigungsbehörde, dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, gestellt. Hierbei wurden auch neue Genehmigungswerte² für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und mit dem Abwasser beantragt. Die Betriebsphase der Stilllegung des FRG-1 sowie des Abbaus der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors wird im Weiteren kurz „Rückbaubetrieb des Hereons“ genannt.

Für die beantragten Genehmigungswerte ist von Hereon der Nachweis zu erbringen, dass die Grenzwerte gemäß § 47 Abs. 1 der Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (StrlSchV²⁰⁰¹) [SSV 17] unter Berücksichtigung der Vorbelastungen durch Ableitungen aus dem Betrieb anderer inländischer Anlagen oder Einrichtungen oder aus früheren Tätigkeiten gemäß § 47 Abs. 5 StrlSchV²⁰⁰¹ [SSV 17] eingehalten werden. Demnach 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 | 0,3 mSv |
| 2) Teilkörperdosis für alle Organe und Gewebe soweit nicht unter 1) und 3) genannt | 0,9 mSv |
| 3) Teilkörperdosis für Knochenoberfläche und Haut | 1,8 mSv |

¹ Für Flexionen abgekürzter Begriffe wird dasselbe Kürzel verwendet.

² Im Rahmen dieses Berichts wird der Begriff „Genehmigungswert“ im Sinne festgelegter Wert für die zulässige Ableitung radioaktiver Stoffe verwendet.

Der vorliegende Bericht wurde als Nachweisunterlage für den oben genannten Genehmigungsantrag [HER 13] erstellt und bezieht sich auf die potenziellen radiologischen Auswirkungen für die Bevölkerung infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Hereons während des zukünftigen Rückbaubetrieb. Berechnet wurde die resultierende potenzielle Strahlenexposition von Referenzpersonen der Bevölkerung an den ungünstigsten Einwirkungsstellen in der Umgebung des Hereon gemäß § 47 StrlSchV²⁰⁰¹ [SSV 17]. Als Berechnungsgrundlage wurde die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV²⁰⁰¹“ vom 28. August 2012 (AVV) [AVV 12] verwendet. Die besonderen standort- und anlagenspezifischen Gegebenheiten sowie mögliche Vorbelastungen des Vorfluters Elbe durch andere im Geltungsbereich der AVV bzw. der StrlSchV²⁰⁰¹ liegende Einleiter oder Einleitungen wurden in geeigneter Weise berücksichtigt. Den derzeitigen Planungen des Hereons entsprechend wurde bei den durchgeführten Dosisberechnungen unterstellt, dass die bisherigen betrieblichen Genehmigungswerte³ für die radioaktiven Ableitungen des Hereons mit dem Abwasser unverändert für den Rückbaubetrieb der Einrichtung fortgelten sowie dass die bisherigen Einleitbedingungen und die bisherige Einleitpraxis beibehalten bleiben [HER 18].

Mögliche radiologische Vorbelastungen der Elbe ergeben sich insbesondere durch die genehmigten Ableitungen im Leistungs- bzw. Restbetrieb⁴ der unterhalb der Tidegrenze liegenden Kernkraftwerke Brunsbüttel (KKB), Brokdorf (KBR) und Stade (KKS) sowie des oberhalb der Tidegrenze und unterhalb der Einleitstelle des Hereons liegenden Kernkraftwerks Krümmel (KKK). Hinzu kommen die radioaktiven Einleitungen durch sonstige Anlagen oder Einrichtungen (SAE), wie beispielsweise Forschungsinstitute, Krankenhäuser oder Kläranlagen, die ebenfalls mit radioaktiven Stoffen umgehen und diese ggf. direkt oder indirekt mit Wasser in die Elbe ableiten.

Die Abschätzung der resultierenden potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung durch mögliche radiologische Vorbelastungen der Elbe wurde bereits mit der Version dieses Berichts vom 17.12.2017 vorgelegt. Die dort durchgeführten Dosisberechnungen wurden in der hier vorliegenden Revision 2 dieses Berichts bezüglich der radioaktiven Ableitungen des Hereons mit dem Abwasser während des zukünftigen Rückbaubetrieb ergänzt. Auftragsgemäß wurden die in der Berichtsversion vom 17.12.2017 angewendeten Randbedingungen – soweit für die hier durchgeführten Dosisberechnungen relevant – auch im Rahmen dieser revidierten Berichtsversion zugrunde gelegt. Auf eine Neuberechnung der potenziellen Strahlenexposition durch mögliche Vorbelastungen wurde daher hier verzichtet.

³ Im Rahmen dieses Berichts wird der Begriff Genehmigungswert im Sinn eines festgelegten Werts für die zulässige Ableitung radioaktiver Stoffe verwendet.

⁴ Im Rahmen dieses Berichts werden sämtliche sich nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs anschließenden Betriebsphasen bzw. -zustände eines Kernkraftwerks unter der Bezeichnung „Restbetrieb“ zusammengefasst.

2. RANDBEDINGUNGEN

2.1. Vorbemerkungen

Die im Rahmen dieses Berichts verwendete AVV zu § 47 StrlSchV²⁰⁰¹ [AVV 12] wurde im März 2012 vom Bundesrat genehmigt und im September 2012 in Kraft gesetzt. Mit der Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 29. November 2018 (StrlSchV²⁰¹⁸) [SSV 18] liegt mittlerweile eine Revision der Strahlenschutzverordnung StrlSchV²⁰⁰¹ [SSV 17] vor. Die Ermittlung der für Einzelpersonen der Bevölkerung zu erwartenden Exposition bei Genehmigungs- oder Anzeigeverfahren wird dabei in § 100 StrlSchV²⁰¹⁸ geregelt, wobei § 100 Abs. 3 StrlSchV²⁰¹⁸ auch eine Änderung der Berechnungsgrundlage beinhaltet:

Die Bundesregierung erlässt mit Zustimmung des Bundesrates Allgemeine Verwaltungsvorschriften über zugrunde zu legende Annahmen und Berechnungsverfahren für die Ermittlung der zu erwartenden Exposition einer repräsentativen Person. Die Kriterien für die nach § 80 Absatz 4 des Strahlenschutzgesetzes und § 99 Absatz 2 dieser Verordnung erforderliche Berücksichtigung anderer Tätigkeiten werden ebenfalls in die Allgemeinen Verwaltungsvorschriften aufgenommen.

Es gilt jedoch gemäß § 193 Abs. 1 StrlSchV eine Übergangsvorschrift:

§ 99 Absatz 1 und § 100 Absatz 1 und 4 sind erst anzuwenden auf

- 1. Genehmigungsverfahren, für die ein Genehmigungsantrag ab dem ersten Tag des 13. Kalendermonats gestellt wird, der auf das Inkrafttreten Allgemeiner Verwaltungsvorschriften nach § 100 Absatz 3 folgt.*
- 2. Anzeigeverfahren, für die eine Anzeige ab dem ersten Tag des 19. Kalendermonats erstattet wird, der auf das Inkrafttreten Allgemeiner Verwaltungsvorschriften nach § 100 Absatz 3 folgt.*

Bis zu dem in Satz 1 Nummer 1 und 2 jeweils genannten Zeitpunkt ist § 47 Absatz 2 in Verbindung mit Absatz 1 und Anlage VII der Strahlenschutzverordnung in der bis zum 31. Dezember 2018 geltenden Fassung weiter anzuwenden.

Die gemäß § 100 Abs. 3 StrlSchV²⁰¹⁸ geforderten Allgemeinen Verwaltungsvorschriften wurden am 16.06.2020 mit der sogenannten AVV Tätigkeiten vom 08.06.2020 [AVV 20] veröffentlicht und traten am 01.09.2020 in Kraft. Die im Rahmen dieses Berichts durchgeführten Dosisberechnungen erfolgten unter Berücksichtigung des Zeitpunkts des Genehmigungsantrags ([HER 13], [HER 16]) und daher unter Anwendung des Regelwerks gemäß [SSV 17] und [AVV 12].

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 (vgl. Abschnitt 2.2) 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 (vgl. Abschnitt 2.3). Infolge der stattfindenden Vermischung der abgeleiteten Abwässer mit dem Wasser des Vorfluters verringern sich die Konzentrationen der emittierten radioaktiven Stoffe im Vorfluter mit zunehmender Entfernung von der Einleitstelle. Das Ausmaß der Vermischung und damit der potenziell resultierenden Strahlenexposition 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 vermischt hat (vgl. Abschnitt 2.4). Ferner sind in Abhängigkeit von der Entfernung von der Einleitstelle geeignete Anlagerungszeiten der abgeleiteten Radionuklide an Wasserschwebstoffe festzulegen (vgl. Abschnitt 2.4).

2.2. Potenzielle Expositionspfade

Im Zusammenhang mit der hier untersuchten Aufgabenstellung (vgl. Abschnitt 1) kommen im Abstrom der Einleitstelle des Hereons (und damit im Einflussbereich der Ableitungen des Hereons) folgende, mit E1 bis E5, E7, E8 und E12 (Abkürzungen aus Berechnungsprogramm) bezeichnete, potenzielle 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
(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

Zur Abschätzung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung, sowohl durch die vorgesehene Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb als auch durch andere Einleiter oder Einleitungen, die zur Vorbelastung der Elbe beitragen können, sind gemäß AVV aufgrund

- der unterschiedlichen geografischen Lagen der zugehörigen Einleitstellen und
- der sich mit zunehmender Entfernung von den Einleitstellen verändernden Ausbreitungsbedingungen

unterschiedliche Entfernungsbereiche sowohl relativ zur Einleitstelle des Hereons (vgl. Abschnitt 2.3.1) als auch relativ zu den Einleitstellen der verschiedenen anderen zu den Vorbelastungen der

Elbe beitragenden Einleiter oder Einleitungen (vgl. Abschnitt 2.3.2) zu betrachten. Einen zusammenfassenden Überblick über die Lage der verschiedenen im Rahmen dieses Berichts betrachteten Entfernungsbereiche und deren Überschneidungsbereiche gibt Abschnitt 2.3.3.

2.3.1. Entfernungsbereiche Hereon

Der radiologisch relevante Einwirkungsbereich der betrachteten radioaktiven Ableitungen des Hereons mit dem Abwasser erstreckt sich oberhalb der Tidegrenze der Elbe von der Einleitstelle der Anlage (etwa in Höhe des Flusskilometers 579) bis zum Wehr Geesthacht (Flusskilometer 585,9) und unterhalb der Tidegrenze über den gesamten Bereich der Tideelbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee an der Seegrenze bei Cuxhaven-Kugelbake (Flusskilometer 727,7).

Gemäß AVV wird daher im Rahmen dieses Berichts unterschieden zwischen dem oberhalb der Tidegrenze liegenden, sich von der Einleitstelle des Hereons bis zum Wehr Geesthacht erstreckenden „*Nahbereich des Hereons*“, d. h. dem Bereich geringer Vermischung und kürzerer Fließzeiten bzw. entsprechend kürzerer Anlagerungszeiten der Radionuklide an Wasserschwebstoffen in unmittelbarer Nähe der Einleitstelle, sowie dem sich über den gesamten Bereich der Tideelbe erstreckenden „*Fernbereich des Hereons*“, d. h. dem Bereich vollständiger Vermischung und längerer Fließzeiten bzw. entsprechend längerer Anlagerungszeiten der Radionuklide an Wasserschwebstoffen in größerer Entfernung von der Einleitstelle (vgl. Abbildung 2-1).

2.3.2. Entfernungsbereiche anderer Einleiter oder Einleitungen

In Analogie zu Hereon wird zur adäquaten Berücksichtigung möglicher Vorbelastungen infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Kernkraftwerke Krümmel (KKK), Stade (KKS), Brokdorf (KBR) und Brunsbüttel (KKB) ebenfalls zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KKK*“, zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KKS*“, zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KBR*“ sowie zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KKB*“ unterschieden.

Aufgrund der geografischen Lage der Einleitstelle des KKK oberhalb der Tidegrenze, kurz unterhalb der Einleitstelle des Hereons, fallen die Nahbereiche dieser beiden Anlagen praktisch zusammen. Der Einwirkungsbereich der Ableitungen des KKK erstreckt sich somit sowohl über den Nahbereich (oberhalb der Tidegrenze) als auch über den Fernbereich (unterhalb der Tidegrenze) des Hereons (vgl. Abbildung 2-1).

Die drei Anlagen KKS, KBR und KKB liegen hingegen unterhalb der Tidegrenze der Elbe. Infolge des Tideeinflusses erstrecken sich daher die Einwirkungsbereiche der Einleitungen dieser drei Anlagen über den gesamten Bereich der Tideelbe und somit über den gesamten Fernbereich des Hereons (vgl. Abbildung 2-1).

Im Rahmen dieses Berichts wird unterstellt, dass die radioaktiven Einleitungen der zu berücksichtigenden SAE (Forschungsinstitute, Krankenhäuser, Kläranlagen etc.) sich entlang der gesamten Elbe verteilen und sich schnell mit dem gesamten Abfluss der Elbe vollständig vermischen. Eine explizite Betrachtung unterschiedlicher Entfernungsbereiche bezogen auf die Einleitstellen der SAE wird daher als nicht erforderlich erachtet (vgl. Abbildung 2-1).

2.3.3. Entfernungsbereiche und deren Überschneidungsbereiche

Aufgrund der besonderen Standortlage der Kernkraftwerke KKB, KBR und KKS kommt es im Fernbereich des Hereons zu Überschneidungen der unterschiedlichen Nah- und Fernbereiche der drei genannten Anlagen. Im Fernbereich des Hereons sind diese Überschneidungsbereiche daher gesondert zu betrachten.

Die nachfolgende Abbildung 2-1 gibt einen schematischen Überblick über die Lage der verschiedenen im Rahmen dieses Berichts betrachteten Entfernungsbereiche und deren Überschneidungsbereiche bezüglich des Hereons und der anderen berücksichtigten Einleiter oder Einleitungen (KKK, KKS, KBR, KKB und SAE).

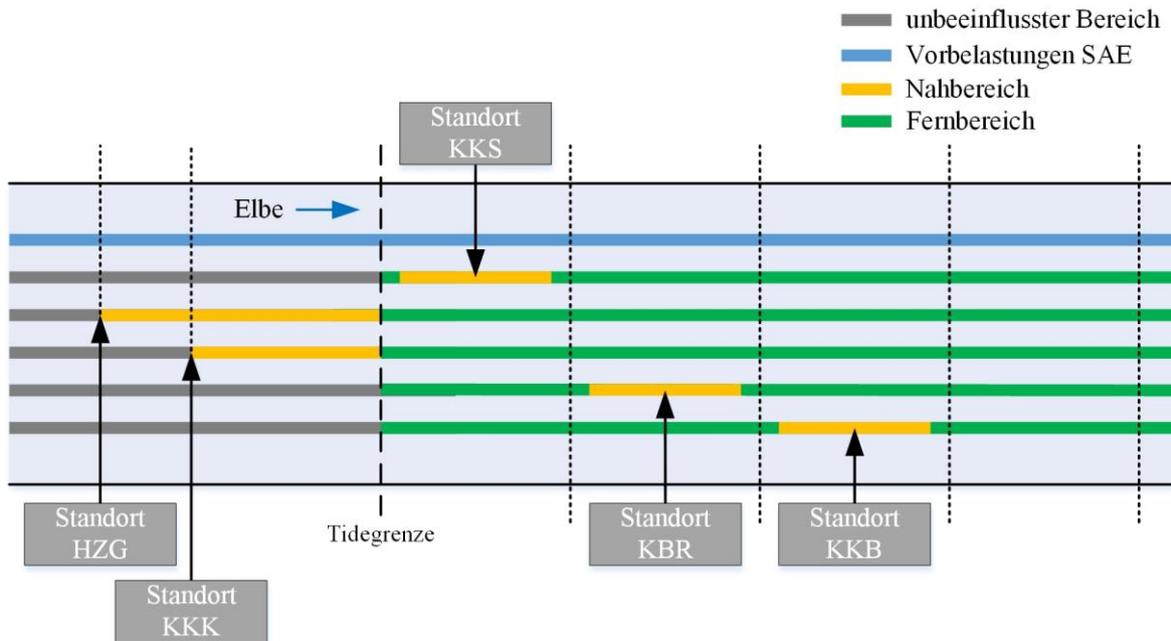


Abbildung 2-1: Schematische Darstellung der verschiedenen Entfernungsbereiche und deren Überschneidungsbereiche bezüglich der betrachteten Einleiter oder Einleitungen

2.4. Vermischungswassermengen und Anlagerungszeiten

2.4.1. Vorbetrachtungen

Infolge der stattfindenden Vermischung der abgeleiteten Abwässer mit dem Wasser des Vorfluters verringern sich die Konzentrationen der emittierten radioaktiven Stoffe im Vorfluter mit zunehmender Entfernung von der jeweiligen Einleitstelle. 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. Expositions-ort) vermischt hat.

In größerer Entfernung einer Einleitstelle (Fernbereich) kann gemäß AVV stets von einer vollständigen Durchmischung der abgeleiteten Abwässer mit dem Wasser des Vorfluters ausgegangen werden, wobei 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 bei vollständiger Vermischung sowohl oberhalb als auch unterhalb der Tidegrenze erfolgt daher im Rahmen dieses Berichts auf Basis der Langzeitmittelwerte für den Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau bei Flusskilometer 536,4 oberhalb der Tidegrenze und oberhalb der Einleitstelle des Hereons. In der näheren Umgebung einer Einleitstelle (Nahbereich) hingegen hängt die Vermischungswassermenge zumeist stark von den örtlichen Gegebenheiten und Einleitungsbedingungen ab und beträgt nur einen bestimmten Anteil des Abflusses des Vorfluters.

Ein weiterer gemäß AVV zu berücksichtigender dosisrelevanter Effekt ist die Anreicherung der abgeleiteten Radionuklide an Wasserschwebstoffen infolge von Sorptionsprozessen. Das Ausmaß der Radionuklidanlagerung ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Anlagerungszeit bis zur Sedimentation der Schwebstoffe und damit von der Fließzeit zwischen der Einleitungsstelle der radioaktiven Stoffe und der betrachteten Einwirkungsstelle. Im Fernbereich der Einleitstelle ist daher eine höhere Kontamination abgelagerter Schwebstoffe durch freigesetzte Radionuklide zu erwarten als im entsprechenden Nahbereich. Die Festlegung der Anlagerungszeiten erfolgt im Rahmen dieses Berichts konservativ gemäß der entsprechenden Fließzeitbedingungen der AVV. Im Nahbereich einer Einleitstelle wird somit eine Anlagerungszeit von 10 h und im zugehörigen Fernbereich von 5 d angesetzt.

2.4.2. Ableitungen Hereon

Hereon beabsichtigt die gegenwärtige Abgabepaxis hinsichtlich der Ableitung radioaktiver Abwässer auch im zukünftigen Rückbaubetrieb des Hereons beizubehalten. Die anfallende radioaktive Abwässer des Hereons sollen demnach auch im zukünftigen Rückbaubetrieb weiterhin zunächst gesammelt und anschließend chargenweise über die bestehenden Abgabevorrichtungen flussmittig in die Elbe abgeleitet werden.

Radiologische Vorbelastungen der Elbe durch den Betrieb weiterer am Standort des Hereons vorhandener Anlagen und Einrichtungen, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, sind nicht zu erwarten [HER 15]:

- Eine direkte Abwasserableitung vom Gelände der Betriebsstätte **Zerlegehalle** in die Elbe ist nicht vorgesehen. Das im Kontrollbereich der Zerlegehalle anfallende Abwasser soll gesammelt und extern konditioniert werden.
- Eine technische Anwendung von Wasser im Bereich der **Transportbereitstellungshalle** (THB) ist nicht vorgesehen. Im Routinebetrieb ist daher mit einer Abwasserableitung aus dem Kontrollbereich der THB nicht zu rechnen.
- Anfallende Abwässer aus der **Sammelstelle** (inklusive **Landessammelstelle**), der **Bereitstellungshalle** und der **Halle zur Komponentennachuntersuchung** (HAKONA) werden der Abwasserbehandlungsanlage im Bereich FRG zugeführt.

Ausgehend vom derzeitigen Kenntnisstand wurden zur Berechnung der in den verschiedenen hier betrachteten Entfernungsbereichen des Hereons (vgl. Abschnitt 2.3.1) resultierenden potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb folgende Randbedingungen (R1) bis (R6) unterstellt [HER 15]:

- (R1) Die von den radioaktiven Ableitungen des Hereons beeinflussten Einwirkungsstellen liegen im Uferbereich der Elbe.
- (R2) Die Abgabe der radioaktiven Abwässer des Hereons erfolgt diskontinuierlich, aber dennoch zeitlich gleichmäßig verteilt über das gesamte Jahr.
- (R3) Mit den abgeleiteten radioaktiven Abwässern des Hereons werden weder 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.
- (R4) Die Ableitung der radioaktiven Abwässer des Hereons erfolgt flussmittig über das bestehende Einleitbauwerk.
- (R5) Ausgehend vom Einleitpunkt in der Flussmitte ist eine annähernd symmetrische Verbreiterung der Abwasserfahne in Richtung des links- und rechtsseitigen Elbufers zu erwarten. Die eingeleiteten radioaktiven Abwässer vermischen sich somit über die gesamte Flussbreite und folglich mit dem gesamten Abfluss der Elbe oberhalb der Tidegrenze vor dem Erreichen der ersten relevanten Einwirkungsstelle (vgl. Randbedingung R1). Im Nahbereich des Hereons wird daher eine vollständige Durchmischung der abgeleiteten Abwässer mit dem gesamten Abfluss der Elbe unterstellt.
- (R6) Im Fernbereich des Hereons wird gemäß AVV eine vollständige Durchmischung der abgeleiteten Abwässer mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Tideelbe unterstellt.

Wie einleitend in Abschnitt 1 bereits erwähnt werden die in der Version dieses Berichts vom 17.12.2017 angewendeten Randbedingungen – soweit relevant – ebenfalls im Rahmen der hier vorliegenden revidierten Berichtsversion zugrunde gelegt. Aufgrund der unterstellten vollständigen Vermischung der abgeleiteten Abwässer des Hereons mit dem gesamten Abfluss der Elbe bzw. dem gesamten Oberwasserzufluss der Tideelbe (vgl. Randbedingungen (R5) und (R6)) werden daher als Vermischungswassermenge Q_V für die radioaktiven Ableitungen des Hereons mit dem Abwasser im Rückbaubetrieb sowohl im Nahbereich als auch im Fernbereich des Hereons die Langzeitmittelwerte des Abflusses der Elbe am Pegel Neu Darchau für den Zeitraum von 1926 bis 2008 [DGJ 08] angesetzt.

In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, dass diese Langzeitmittelwerte mittlerweile für den Zeitraum von 1926 bis 2014 vorliegen [DGJ 14]. In der nachfolgenden Tabelle 2-1 sind die Langzeitmittelwerte für den Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau im Abflussjahr und im Sommerhalbjahr für die beiden genannten Zeiträume angegeben. Ein Vergleich zeigt, dass die Langzeitmittelwerte des Abflusses der Elbe am genannten Pegel für den Zeitraum von 1926 bis 2008 geringfügig niedriger (< 1 %) als die entsprechenden aktuellen Langzeitmittelwerte für den Zeitraum von 1926 bis 2014 sind. Die Verwendung der Langzeitmittelwerte des Abflusses der Elbe am Pegel Neu Darchau für den Zeitraum von 1926 bis 2008 als Vermischungswassermenge bei voll-

ständiger Durchmischung führt daher zu geringfügig höheren Dosiswerten (< 1 %) als die Verwendung der derzeit aktuellen Langzeitmittelwerte für den Zeitraum von 1926 bis 2014.

Tabelle 2-1: Mittlerer Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau bei Flusskilometer 536,4 (Langzeitmittelwerte für die Zeiträume 1926-2008 [DGJ 08] und 1926-2014 [DGJ 14])

Bezugszeitraum	Langzeitmittelwert	
	1926-2008 [DGJ 08]	1926-2014 [DGJ 14]
Abflussjahr ¹⁾	709,0 m ³ /s	712,0 m ³ /s
Sommerhalbjahr	556,0 m ³ /s	560,0 m ³ /s

¹⁾ Abflussjahr: 01.11. des Vorjahres bis zum 31.10.

Die nachfolgende Tabelle 2-2 fasst die im Rahmen dieses Berichts unterstellten Vermischungswassermengen bezüglich der Aktivitätsabgaben des Hereons in Abhängigkeit von den verschiedenen Entfernungsbereichen der Anlage zusammen.

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

Einleiter	Vermischungswassermenge Q _v			
	Abflussjahr		Sommerhalbjahr	
	Nahbereich ¹⁾	Fernbereich	Nahbereich	Fernbereich
Hereon	709,0 m ³ /s	709,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s

¹⁾ Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des Hereons.

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 hier angesetzt.

Wie im Rahmen der Vorbetrachtungen in Abschnitt 2.4.1 bereits erwähnt, reichern sich die abgeleiteten Radionuklide 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 Hereons in Abhängigkeit von den betrachteten Entfernungsbereichen der Anlage angegeben.

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

Einleiter	Anlagerungszeit t _{Anl}	
	Nahbereich ¹⁾	Fernbereich
Hereon	10 Stunden	5 Tage

¹⁾ Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des Hereons.

2.4.3. Ableitungen anderer Einleiter oder Einleitungen

Bei der Abschätzung möglicher Vorbelastungen der Elbe im Einwirkungsbereich der Einleitungen des Hereons durch andere Einleiter bzw. Einleitungen wurden insbesondere folgende Aspekte und Annahmen berücksichtigt bzw. vorausgesetzt:

Kernkraftwerk Brunsbüttel: Das KKB liegt flussabwärts der Einleitstellen des KBR und des KKS in deren Fernbereichen am rechten Ufer der Tideelbe (vgl. Abbildung 2-1) und befindet sich im Restbetrieb. Während im Fernbereich des KKB eine vollständige Vermischung der radioaktiven Ableitungen der Anlage mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Tideelbe angenommen werden kann, ist im Nahbereich des KKB nur von einer teilweisen Vermischung auszugehen.

Die im Restbetrieb anfallenden radioaktiven Betriebsabwässer des KKB sollen über eine im Entnahmekanal verlegte und über das Entnahgebauwerk herausgeführte Rohrleitung in die Elbe eingeleitet werden. Der Austrittspunkt der Rohrleitung soll mindestens 40 m über die anlagenseitige Tiefenlinie des Vorfluters von 4 m hinausgehen. Ab dieser Linie kann über den gesamten anlagenseitigen Uferbereich bis zur Fahrrinne eine mittlere Wassertiefe von mindestens 4,0 m und eine mittleren Fließgeschwindigkeit der Elbe von mindestens 0,25 m/s angenommen werden.

Bei der Berechnung der im Nahbereich des KKB resultierenden potenziellen Strahlenexposition infolge der Einleitung radioaktiver Stoffe der Anlage über eine Rohrleitung wurden folgende Annahmen und Randbedingungen unterstellt [HER 15]:

- Die von den radioaktiven Ableitungen des KKB beeinflussten Einwirkungsstellen liegen im Uferbereich der Elbe.
- 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 Rohraustrittspunkts vom Flussufer beträgt mindestens 40 m über die anlagenseitige Tiefenlinie der Elbe von 4 m hinausgehend.
- Ausgehend vom Einleitpunkt ist eine annähernd symmetrische Verbreiterung der Abwasserfahne in Richtung des Elbufers und in Richtung der Fahrrinne zu erwarten. Die eingeleiteten radioaktiven Abwässer vermischen sich somit in einem ufernahen Vermischungstreifen vor dem Erreichen der ersten relevanten Einwirkungsstelle.
- Die Querschnittsbreite b des Vermischungstreifens wird mit 80,0 m ($= 2 \cdot 40$ 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 m und die mittlere Fließgeschwindigkeit v etwa 0,25 m/s.

Damit ergibt sich gemäß der Beziehung $Q_V = v \cdot h \cdot b$ für den Nahbereich des KKB eine Vermischungswassermenge von ca. $80,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($= 0,25 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ m} \cdot 80 \text{ m}$).

Entsprechend der genannten technischen Ausgestaltung der Rohreinleitung wurde daher im Nahbereich des KKB eine gegenüber dem Oberwasserzufluss der Elbe deutlich reduzierte Vermischungswassermenge von $80,0 \text{ m}^3/\text{s}$ – entsprechend etwa 11,3 % des mittleren Oberwasserzuflusses der Elbe im Abflussjahr bzw. etwa 14,4 % im Sommerhalbjahr – für die radioaktiven Ableitungen des KKB unterstellt [HER 15].

Weitere am Standort des KKB vorhandene Anlagen und Einrichtungen, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, sind das Standortzwischenlager Brunsbüttel, Transportbereitstellungshallen TBH I und THB II sowie das Lager für schwach und mittelaktive Abfälle (Lasma). Nach derzeitigem Kenntnisstand fallen beim Betrieb dieser Anlagen und Einrichtungen keine radioaktiven Stoffe an, die mit Wasser in die Elbe abgeleitet werden. Radiologische Vorbelastungen der Elbe durch den Betrieb dieser Anlagen und Einrichtungen sind daher nicht zu erwarten [HER 15].

Kernkraftwerk Brokdorf: Das KBR liegt flussaufwärts der Einleitstelle des KKB und flussabwärts der Einleitstelle des KKS in deren Fernbereichen am rechten Ufer der Tideelbe (vgl. Abbildung 2-1) und befindet sich im Leistungsbetrieb. Anfallende radioaktive Abwässer werden zusammen mit dem Kühlwasser in die Elbe abgegeben, wobei pessimistisch von einer durchschnittlich abgeleiteten Kühlwassermenge von $40,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgegangen wird. Beispielsweise betrug die vom KBR über den Zeitraum von 1993 bis 2002 aus der Elbe entnommene mittlere Kühlwassermenge ca. $60,0 \text{ m}^3/\text{s}$ [HER 15].

Infolge des Tideeinflusses kann sich im Nahbereich der Einleitstelle des KBR sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts eine Abwasserfahne ausbilden, wobei von einer teilweisen Vermischung mit dem Wasser des Vorfluters auszugehen ist. Im Ergebnis entsprechender Untersuchungen für das KBR wurde in dessen Nahbereich einheitlich für das Abflussjahr und für das Sommerhalbjahr ein Vermischungsverhältnis f_V der abgeleiteten Kühlwassermenge mit dem Oberwasserzufluss der Tideelbe von 0,35 – entsprechend einer Vermischungswassermenge Q_V von ca. $114,0 \text{ m}^3/\text{s}$ oder etwa 16,1 % bzw. 20,5 % des angesetzten mittleren Oberwasserzuflusses der Elbe im Abfluss- bzw. Sommerhalbjahr – zugrunde gelegt [HER 15]. Im Fernbereich des KBR wurde von einer vollständigen Vermischung der radioaktiven Ableitungen der Anlage mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Tideelbe ausgegangen.

Aus dem Betrieb der am Standort des KBR vorhandenen Transportbereitstellungshalle (TBH) fallen nach derzeitigem Kenntnisstand keine radioaktiven Stoffe an, die mit Wasser in die Elbe abgeleitet werden. Radiologische Vorbelastungen der Elbe durch den Betrieb der TBH am Standort des KBR sind daher nicht zu erwarten [HER 15].

Kernkraftwerk Stade: Das KKS liegt flussaufwärts der Einleitstellen des KKB und des KBR in deren Fernbereichen am linken Ufer der Tideelbe (vgl. Abbildung 2-1) und befindet sich im Restbetrieb. Während im Fernbereich des KKS eine vollständige Vermischung der radioaktiven Ableitungen der Anlage mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Tideelbe angenommen werden kann, ist im Nahbereich des KKS nur von einer teilweisen Vermischung auszugehen.

Die im Restbetrieb anfallenden radioaktiven Abwässer des KKS sollen über eine Rohrleitung, die in etwa 50 m Entfernung vom Ufer ungefähr 1 bis 2 m über den Grund des Vorfluters geführt werden soll, direkt in die Elbe eingeleitet werden. Im anlagenseitigen Uferbereich kann im Mittel von einer

Wassertiefe von etwa 5,0 m und einer Fließgeschwindigkeit von ca. 0,3 m/s ausgegangen werden. Die Einleitung soll mit Impuls bei einer Austrittsgeschwindigkeit von mehr als 1,0 m/s erfolgen.

Bei der Festlegung der Vermischungswassermenge im Nahbereich der vorgesehenen Einleitstelle des KKS wurden folgende Annahmen und Randbedingungen unterstellt [HER 15]:

- Die von den radioaktiven Ableitungen des KKS beeinflussten Einwirkungsstellen liegen im Uferbereich der Elbe.
- Die Abgabe der radioaktiven Abwässer des KKS 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.
- Infolge der mit Impuls erfolgenden Direkteinleitung ist bereits im Austrittsbereich der Rohrleitung eine relativ zügige und ausgedehnte Anfangsvermischung mit Anteilen des Tidestroms der Elbe anzunehmen.
- Ausgehend vom Einleitpunkt ist eine annähernd symmetrische Verbreiterung der Abwasserfahne in Richtung des Elbufers und in Richtung der Fahrrinne zu erwarten. Die eingeleiteten radioaktiven Abwässer vermischen sich somit in einem ufernahen Vermischungstreifen vor dem Erreichen der ersten relevanten Einwirkungsstelle.
- Die Querschnittbreite b des Vermischungstreifens wird mit 20 m angesetzt.
- Im Bereich des Vermischungstreifens beträgt während der Einleitung die mittlere Wassertiefe h beträgt ungefähr 5 m und die mittlere Fließgeschwindigkeit v etwa 0,25 m/s.

Damit ergibt sich gemäß der Beziehung $Q_V = v \cdot h \cdot b$ für den Nahbereich des KKS eine Vermischungswassermenge von ca. $25,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($= 0,25 \text{ m/s} \cdot 5 \text{ m} \cdot 20 \text{ m}$).

Entsprechend der genannten technischen Ausgestaltung der Rohreinleitung wurde daher im Nahbereich des KKS eine gegenüber dem Oberwasserzufluss der Tideelbe 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 Ableitungen des KKS unterstellt [HER 15].

Aus dem Betrieb des am Standort des KKS vorhandenen Lagers für radioaktive Abfälle (LarA) fallen nach derzeitigem Kenntnisstand keine radioaktiven Stoffe an, die mit Wasser in die Elbe abgeleitet werden. Radiologische Vorbelastungen der Elbe durch den Betrieb des LarA am Standort des KKS sind daher nicht zu erwarten [HER 15].

Kernkraftwerk Krümmel: Das KKK liegt oberhalb der Tidegrenze der Elbe im Nahbereich des Hereons etwa 1 km unterhalb dessen Einleitstelle (vgl. Abbildung 2-1) und befindet sich im Restbetrieb. Während unterhalb der Tidegrenze im Fernbereich des KKK eine vollständige Vermischung der radioaktiven Ableitungen der Anlage mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Tideelbe angenommen werden kann, ist im oberhalb der Tidegrenze liegenden Nahbereich der Anlage nur von einer teilweisen Vermischung auszugehen.

Das KKK beabsichtigt, zukünftig am Standort anfallende radioaktive Abwässer über eine Rohrleitung im Bereich des bestehenden Kühlwasserauslaufbauwerks bei Flusskilometer 580,4 in die Elbe einzuleiten. Der Austrittspunkt der Rohrleitung soll mindestens 30 m über die gedachte im Bereich des Auslaufbauwerks liegende Uferlinie hinausgehen. In diesem Bereich kann über den gesamten anlagenseitigen Uferabschnitt bis zur Fahrrinne eine mittlere Wassertiefe von mindestens 2,5 m und eine mittleren Fließgeschwindigkeit der Elbe von mindestens 0,2 m/s angenommen werden.

Bei der Festlegung der Vermischungswassermenge im Nahbereich der vorgesehenen Einleitstelle des KKK wurden folgende Annahmen und Randbedingungen unterstellt [HER 15]:

- Die von den radioaktiven Ableitungen des KKB beeinflussten Einwirkungsstellen liegen im Uferbereich der Elbe.
- Die Abgabe der radioaktiven Abwässer des KKK erfolgt voraussichtlich diskontinuierlich, aber dennoch zeitlich gleichmäßig verteilt über das gesamte Jahr.
- Mit den eingeleiteten radioaktiven Abwässern werden insbesondere weder 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 Rohraustrittspunkts vom Elbufer beträgt mindestens 30 m über die gedachte Uferlinie im Bereich der Einleitstelle hinausgehend.
- Ausgehend vom Einleitpunkt ist eine annähernd symmetrische Verbreiterung der Abwasserfahne in Richtung des Elbufers und in Richtung der Fahrrinne zu erwarten. Die eingeleiteten radioaktiven Abwässer vermischen sich somit in einem ufernahen Vermischungstreifen vor dem Erreichen der ersten relevanten Einwirkungsstelle.
- Die Querschnittbreite b des Vermischungstreifens wird mit 50,0 m ($= 2 \cdot (30 \text{ m} - 5 \text{ m})$) angesetzt, entsprechend dem 2-fachen Abstand des Rohraustrittspunkts von der gedachten Uferlinie im Bereich der Einleitstelle mit einem Sicherheitsabzug von 5 m.
- Im Bereich des Vermischungstreifens beträgt während der Einleitung die mittlere Wassertiefe h mindestens 2,5 m und die mittlere Fließgeschwindigkeit v etwa 0,2 m/s.

Damit ergibt sich gemäß der Beziehung $Q_V = v \cdot h \cdot b$ für den Nahbereich des KKK eine Vermischungswassermenge von ca. $25,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($= 0,2 \text{ m/s} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 50 \text{ m}$).

Entsprechend der genannten technischen Ausgestaltung der Rohreinleitung wurde daher oberhalb der Tidegrenze im Nahbereich des KKK eine gegenüber dem Abfluss der Elbe deutlich reduzierte Vermischungswassermenge von $25,0 \text{ m}^3/\text{s}$ – entsprechend etwa 3,5 % des Abflusses der Elbe im Abflussjahr bzw. etwa 4,5 % im Sommerhalbjahr – für die radioaktiven Ableitungen der Anlage angesetzt [HER 15].

Weitere am Standort des KKK vorhandene Anlagen, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, sind das Standortzwischenlager Krümmel und das Lager für schwach und mittelaktive Abfälle am Zwischenlager (LasmAaZ). Nach derzeitigem Kenntnisstand fallen beim Betrieb dieser beiden Anlagen keine radioaktiven Stoffe an, die mit Wasser in die Elbe abgeleitet werden. Radiologische Vorbelastungen der Elbe durch den Betrieb dieser beiden Anlagen sind daher nicht zu erwarten [HER 15].

Sonstige Anlagen oder Einrichtungen: Für die Ableitungen der SAE (Forschungsinstitute, Krankenhäuser, Kläranlagen etc.) wurde sowohl im Nahbereich als auch im Fernbereich des Hereons eine vollständige Vermischung mit dem gesamten Abfluss der Elbe (im Nahbereich) bzw. mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Tideelbe (im Fernbereich) zugrunde gelegt.

Die nachfolgende Tabelle 2-4 fasst die im Rahmen dieses Berichts zugrunde gelegten Vermischungswassermengen für die Aktivitätsabgaben der zu den potenziellen Vorbelastungen der Elbe im Einwirkungsbereich der radioaktiven Ableitungen des Hereons beitragenden anderen Einleiter oder Einleitungen in Abhängigkeit von den verschiedenen zugehörigen Entfernungsbereichen zusammen. Bei unterstellter vollständiger Durchmischung wurden 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 (vgl. hierzu die Diskussion in Abschnitt 2.4.2).

Tabelle 2-4: Vermischungswassermengen für die Ableitungen anderer Einleiter oder Einleitungen in Abhängigkeit von den zugeordneten Entfernungsbereichen

Einleiter	Vermischungswassermenge Q_v			
	Abflussjahr		Sommerhalbjahr	
	Nahbereich ¹⁾	Fernbereich	Nahbereich	Fernbereich
KKB (KKB Nahbereich)	-	80,0 m ³ /s	-	80,0 m ³ /s
KKB (KKB Fernbereich)	-	709,0 m ³ /s	-	556,0 m ³ /s
KBR (KBR Nahbereich)	-	114,0 m ³ /s	-	114,0 m ³ /s
KBR (KBR Fernbereich)	-	709,0 m ³ /s	-	556,0 m ³ /s
KKS (KKS Nahbereich)	-	25,0 m ³ /s	-	25,0 m ³ /s
KKS (KKS Fernbereich)	-	709,0 m ³ /s	-	556,0 m ³ /s
KKK (KKK Nahbereich)	25,0 m ³ /s	-	25,0 m ³ /s	-
KKK (KKK Fernbereich)	-	709,0 m ³ /s	-	556,0 m ³ /s
SAE	709,0 m ³ /s	709,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s

¹⁾ Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des Hereons.

Die bezüglich der verschiedenen anderen Einleiter oder Einleitungen angesetzten Anlagerungszeiten für die Anreicherung abgeleiteter Radionuklide an Wasserschwebstoffe wurden konservativ gemäß der entsprechenden Fließzeitbedingungen der AVV festgelegt (vgl. Abschnitt 2.4.1) und sind in der nachfolgenden Tabelle 2-5 in Abhängigkeit von den verschiedenen zugehörigen Entfernungsbereichen angegeben.

Tabelle 2-5: Anlagerungszeiten für die Ableitungen anderer Einleiter oder Einleitungen in Abhängigkeit von den zugeordneten Entfernungsbereichen

Einleiter	Anlagerungszeit t_{Anl}	
	Nahbereich ¹⁾	Fernbereich
KKB (KKB Nahbereich)	-	10 Stunden
KKB (KKB Fernbereich)	-	5 Tage
KBR (KBR Nahbereich)	-	10 Stunden
KBR (KBR Fernbereich)	-	5 Tage
KKS (KKS Nahbereich)	-	10 Stunden
KKS (KKS Fernbereich)	-	5 Tage
KKK (KKK Nahbereich)	10 Stunden	-
KKK (KKK Fernbereich)	-	5 Tage
SAE	5 Tage	5 Tage

¹⁾ Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des Hereons.

3. AKTIVITÄTSABGABEN MIT WASSER

3.1. Vorbemerkung

Gemäß AVV kann bei Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren für den bestimmungsgemäßen Leistungsbetrieb zur Berechnung der resultierenden potenziellen Strahlenexposition über den Wasserpfad der in der nachfolgenden Tabelle 3-1 angegebene Nuklidvektor NV1 zugrunde gelegt werden [AVV 12]. Die Anwendung dieses Nuklidvektors, der aus einem separaten Tritiumanteil und einem Modellgemisch für den verbleibenden Radionuklidanteil ohne Tritium (tritiumfreies Nuklidgemisch) besteht, ergibt eine konservative Abschätzung der Strahlenexposition, verglichen mit der durch reale Ableitungen über den Wasserpfad verursachten Strahlenexposition [BMU 92].

Zur konservativ abdeckenden Berechnung der potenziellen Strahlenexposition aufgrund radioaktiver Einleitungen eines Kernkraftwerks im Restbetrieb kann der in Tabelle 3-1 dargestellte Nuklidvektor NV2 angesetzt werden. Dieser Nuklidvektor ergibt sich unter der Annahme einer Abklingzeit von mindestens 0,5 Jahren unmittelbar aus dem Nuklidvektor NV1 für den Leistungsbetrieb, wobei pessimistisch der verbleibende und vergleichsweise schnell abklingende Restanteil an Co-58 vollständig dem Anteil an Co-60 hinzugeschlagen sowie anschließend ein durch das Radionuklid Am-241 repräsentierter Actinoidenanteil von 3 % beigemischt werden.

Die Ergänzung eines Actinoidenanteils berücksichtigt den Umstand, dass sich infolge der Rückbauarbeiten (Zerlegung, Dekontamination etc.) sowie aufgrund längerer Abklingvorgänge der relative Anteil mit Wasser freisetzbare Actinoide im Anlagennuklidvektor erhöhen könnte und eine Ableitung dieser Nuklide mit dem Abwasser eines Kernkraftwerks im Restbetrieb nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Die Höhe des angesetzten Actinoidenanteils 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 3-1: Nuklidvektoren von Kernkraftwerken im Leistungsbetrieb (Nuklidvektor NV1) und im Restbetrieb (Nuklidvektor NV2) für Ableitungen von radioaktiven Stoffen mit Wasser

Nuklid	Nuklidvektor NV1 - Leistungsbetrieb -	Nuklidvektor NV2 - Restbetrieb -
Tritiumfreies Nuklidgemisch		
Co-58	19 %	-
Co-60	20 %	31 %
Sr-90	1 %	2 %
I-131	10 %	-
Cs-134	20 %	23 %
Cs-137	30 %	41 %
Am-241	-	3 %
Summe	100 %	100 %
Tritium		
H-3	100 %	100 %

3.2. Aktivitätsabgaben Hereon

Wie einleitend in Abschnitt 1 erwähnt, wurden mit dem gestellten Genehmigungsantrag auch neue Genehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser beantragt [HER 13]. Die neu beantragten Genehmigungswerte entsprechen den bisherigen betrieblichen Genehmigungswerten, die für den Rückbau des Hereons unverändert übernommen werden sollen. Demnach dürfen die zulässigen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des Hereons im Rückbaubetrieb die in Tabelle 3-2 angegebenen Jahreshöchstwerte (beantragte Genehmigungswerte) für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch nicht überschreiten.

Tabelle 3-2: Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des Hereons im Rückbaubetrieb (beantragte Genehmigungswerte)

Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des Hereons im Rückbaubetrieb	
Nuklidgemisch ohne H 3	2,00·10 ⁰⁹ Bq/a
Tritium H 3	4,00·10 ¹⁰ Bq/a

Zur radiologischen Charakterisierung der während des Rückbaubetriebs des Hereons anfallenden radioaktiven Abwässer wurde von Hereon der in der nachfolgenden Tabelle 3-3 angegebene Nuklidvektor vorgegeben [HER 18]. Dieser Nuklidvektor bezieht sich auf die neu beantragten Genehmigungswerte (vgl. Tabelle 3-2) und wurde auftragsgemäß im Rahmen dieses Berichts bei der Berechnung der resultierenden potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung durch die vorgesehene Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Hereons im Rückbaubetrieb zugrunde gelegt.

Tabelle 3-3: Nuklidspezifische Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des Hereons im Rückbaubetrieb nach [HER 18]

Nuklidspezifische Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des Hereons im Rückbaubetrieb nach [HER 18]		
Nuklid	Hereon (Rückbaubetrieb)	
	Abgabe [Bq/a]	Anteil
Tritiumfreies Nuklidgemisch		
Co 60	5,00·10 ⁰⁸	25,0 %
Zn 65	4,00·10 ⁰⁷	2,0 %
Sr 90	1,00·10 ⁰⁸	5,0 %
Cs 137	1,30·10 ⁰⁹	65,0 %
Am 241	6,00·10 ⁰⁷	3,0 %
Summe	2,00·10 ⁰⁹	100,0 %
Tritium		
H 3	4,00·10 ¹⁰	100,0 %

Bemerkung: Genehmigungswerte sind in der Tabelle grün hinterlegt.

3.3. Aktivitätsabgaben anderer Einleiter oder Einleitungen

Nachfolgend werden die bei der Berechnung der über den Wasserpfad durch andere Einleiter oder Einleitungen resultierenden Strahlenexpositionen zugrunde gelegten Nuklidvektoren angegeben so-

wie die wesentlichen im Zusammenhang mit deren Festlegung stehenden Aspekte kurz zusammengefasst.

Kernkraftwerk Brunsbüttel: Die Berechnung der möglichen Vorbelastungen durch die Ableitung anfallender radioaktiver Betriebsabwässer des KKB erfolgte radiologisch konservativ für den zukünftigen Restbetrieb der Anlage unter der Annahme fortgeltender Genehmigungswerte für den Leistungsbetrieb [BFS 00], [HER 15]. Die für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch unterstellten nuklidspezifischen Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben des KKB wurden entsprechend dem in Abschnitt 3.1 erläuterten Nuklidvektor NV2 – zur radiologischen Charakterisierung des im Restbetrieb eines Kernkraftwerks mit dem Abwasser abgeleiteten Nuklidgemischs – festgelegt und sind in der nachfolgenden Tabelle 3-4 zusammen mit den zugrunde gelegten Genehmigungswerten des KKB (in der Tabelle farblich grün hinterlegt) angegeben.

Kernkraftwerk Brokdorf: Das KBR befindet sich noch im Leistungsbetrieb. Die Berechnung der möglichen Vorbelastungen durch das KBR erfolgte radiologisch konservativ für den Restbetrieb der Anlage unter der Annahme fortgeltender Genehmigungswerte für den Leistungsbetrieb [BFS 00], [HER 15]. Die für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch unterstellten nuklidspezifischen Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben des KBR wurden entsprechend dem in Abschnitt 3.1 erläuterten Nuklidvektor NV2 – zur radiologischen Charakterisierung des im Restbetrieb eines Kernkraftwerks mit dem Abwasser abgeleiteten Nuklidgemischs – festgelegt und sind in Tabelle 3-4 zusammen mit den zugrunde gelegten Genehmigungswerten des KBR (in der Tabelle farblich grün hinterlegt) aufgelistet.

Kernkraftwerk Stade: Für die Nuklidverteilung des abgeleiteten Radionuklidgemisches ohne Tritium wurde der in früheren Genehmigungsverfahren zum Rückbau des KKS verwendete Nuklidvektor zugrunde gelegt [HER 15]. Ausgehend von den Genehmigungswerten des KKS für die Einleitung radioaktiver Abwässer während des Rückbaus der Anlage [HER 15] wurden damit die in Tabelle 3-4 angegebenen nuklidspezifischen Höchstwerte für die jährlichen wassergetragenen Aktivitätsabgaben des KKS ermittelt und bei den durchgeführten Dosisberechnungen angesetzt. Die zugrunde gelegten Genehmigungswerte des KKS sind in der Tabelle farblich grün hinterlegt.

Kernkraftwerk Krümmel: Die Abschätzung der möglichen durch das KKK verursachten Vorbelastungen erfolgte radiologisch konservativ für den Restbetrieb der Anlage unter der Annahme fortgeltender Genehmigungswerte für den Leistungsbetrieb [BFS 00], [HER 15]. Die für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch unterstellten nuklidspezifischen Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben des KKK wurden entsprechend dem in Abschnitt 3.1 genannten Nuklidvektor NV2 – zur radiologischen Charakterisierung des im Restbetrieb eines Kernkraftwerks mit dem Abwasser abgeleiteten Nuklidgemischs – festgelegt und sind in Tabelle 3-4 zusammen mit den zugrunde gelegten Genehmigungswerten des KKK (in der Tabelle farblich grün hinterlegt) angegeben.

Sonstige Anlagen oder Einrichtungen: Zur Abschätzung möglicher Vorbelastungen der Elbe durch SAE (Forschungsinstitute, Krankenhäuser, Kläranlagen etc.) wurde ersatzweise die potenzielle Strahlenexposition durch Radionuklidausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin entsprechend der Empfehlung [SSK 04] der Strahlenschutzkommission berechnet. 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 infolge des Tideein-

flusses relativ langen Fließzeiten der Elbe im Bereich der Tideelbe wurde als zu berücksichtigendes Einzugsgebiet im Fernbereich des Hereons das Einzugsgebiet der Tideelbe mit einer Fläche von ca. 15.900 km² mit rund 3.770.000 Einwohnern [EM 04] und im Nahbereich des Hereons das Gesamteinzugsgebiet der Elbe (ca. 148.300 km² mit rund 24.520.000 Einwohnern [IKSE 05]) abzüglich des Einzugsgebiets der Tideelbe mit einer Differenzfläche von ca. 132.400 km² mit rund 20.750.000 Einwohnern unterstellt. Durch Patientenausscheidungen resultiert somit ein im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) anzusetzender Gesamteintrag an I 131 von ca. 1,51·10¹¹ Bq/a und im Nahbereich von ca. 8,30·10¹¹ Bq/a (vgl. Tabelle 3-4).

In der nachfolgende Tabelle 3-4 sind die zugrunde gelegten nuklidspezifische Höchstwerte für die jährlichen Aktivitätsabgaben der zu den potenziellen Vorbelastungen beitragenden anderen Einleiter oder Einleitungen zusammengefasst angegeben. Zugrunde gelegte Genehmigungswerte sind in der Tabelle farblich grün hinterlegt.

Tabelle 3-4: Nuklidspezifische Höchstwerte für die jährlichen Aktivitätsabgaben mit Wasser sonstiger zur Vorbelastung der Tideelbe beitragender Einleiter oder Einleitungen

Nuklidspezifische Höchstwerte für die jährlichen Aktivitätsabgaben mit Wasser sonstiger zur Vorbelastung der Tideelbe beitragender Einleiter oder Einleitungen						
Nuklid	KKB (Restbetrieb NV2)		KBR (Restbetrieb NV2)		KKS (Restbetrieb)	
	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil
Tritiumfreies Nuklidgemisch						
Co-60	5,735·10 ¹⁰	31,0 %	1,721·10 ¹⁰	31,0 %	4,496·10 ⁰⁸	24,3 %
Sr-90	3,700·10 ⁰⁹	2,0 %	1,110·10 ⁰⁹	2,0 %	1,998·10 ⁰⁸	10,8 %
I-131	-	-	-	-	-	-
Cs-134	4,255·10 ¹⁰	23,0 %	1,277·10 ¹⁰	23,0 %	4,496·10 ⁰⁸	24,3 %
Cs-137	7,585·10 ¹⁰	41,0 %	2,276·10 ¹⁰	41,0 %	7,511·10 ⁰⁸	40,6 %
Am-241	5,550·10 ⁰⁹	3,0 %	1,665·10 ⁰⁹	3,0 %	-	-
Summe	1,850·10 ¹¹	100,0 %	5,550·10 ¹⁰	100,0 %	1,850·10 ⁰⁹	100,0 %
Tritium						
H-3	3,700·10 ¹³	100,0 %	3,500·10 ¹³	100,0 %	3,500·10 ¹²	100,0 %
Nuklid	KKK (Restbetrieb NV2)		SAE - Nahbereich Hereon		SAE - Fernbereich Hereon	
	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil
Tritiumfreies Nuklidgemisch						
Co-60	1,550·10 ¹⁰	31,0 %	-	-	-	-
Sr-90	1,000·10 ⁰⁹	2,0 %	-	-	-	-
I-131	-	-	8,300·10 ¹¹	100,0 %	1,508·10 ¹¹	100,0 %
Cs-134	1,150·10 ¹⁰	23,0 %	-	-	-	-
Cs-137	2,050·10 ¹⁰	41,0 %	-	-	-	-
Am-241	1,500·10 ⁰⁹	3,0 %	-	-	-	-
Summe	5,000·10 ¹⁰	100,0 %	8,300·10 ¹¹	100,0 %	1,508·10 ¹¹	100,0 %
Tritium						
H 3	1,850·10 ¹³	100,0 %	-	-	-	-

Bemerkung: Genehmigungswerte sind in der Tabelle grün hinterlegt.

4. BERECHNUNG DER POTENZIELLEN STRAHLENEXPOSITION

4.1. Erläuterungen zur Dosisberechnung

Die Berechnung der potenziellen Strahlenexposition infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb sowie der potenziellen Vorbelastungen durch die Ableitungen anderer relevanter Einleiter oder Einleitungen (KKB, KBR, KKS, KKK und SAE) erfolgte auf Basis der in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Randbedingungen und Aktivitätsabgaben. Betrachtet wurden Referenzpersonen der Altersgruppen „ ≤ 1 Jahr ohne Muttermilch“, „ ≤ 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 im Einwirkungsbereich der Ableitungen des Hereons liegenden Einwirkungsstellen. Diese sind entsprechend der AVV durch die Stellen in der Umgebung der jeweiligen 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.

In Anlage VII Teil C StrlSchV²⁰⁰¹ [SSV 17] wird festgelegt, dass zur Dosisberechnung gemäß der hier verwendeten AVV die Dosiskoeffizienten aus [BMU 01] zu verwenden sind. Diese dort aufgeführten Dosiskoeffizienten wurden daher im Rahmen dieses Berichts angewendet.

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	$\leq 1a$ ¹⁾	
						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	$\leq 1a$	
Beregnung (E4: Bo)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ufersediment (E5: Bo)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Sedimentspülfelder (E7: Bo)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Sedimentaufbringung (E8: Bo)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Überschwemmungsgeb. (E12: Bo)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

¹⁾ 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 Strahlen-

exposition sowie für die angenommenen Reduktionsfaktoren der γ -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.

Die Forschungsreaktoren FRG-1 und FRG-2 wurden Jahr 1958 bzw. im Jahr 1963 in Betrieb genommen [HER 18]. Die gemäß AVV zu unterstellende Betriebszeit kerntechnischer Anlagen von 50 a wird folglich bei Berücksichtigung des Rückbaubetriebs des Hereons überschritten. Im Rahmen dieses Berichts wurde daher pessimistisch bezüglich der Ableitungen des Hereons als Akkumulationszeitraum für die Anreicherung von Radionukliden im Boden oder Ufersediment – relevant bei den Expositionspfaden Beregnung (E4), Ufersediment (E5), Sedimentspülfelder (E7), Sedimentaufbringung (E8) und Überschwemmungsgebiete (E12) (vgl. Abschnitt 2.2) – eine sowohl den Leistungsbetrieb als auch den Rückbaubetrieb der Anlage umfassende Gesamtbetriebszeit von 80 a unterstellt. Auf diese Weise kann davon ausgegangen werden, dass mögliche aus früheren Tätigkeiten am Standort des Hereons resultierende potenzielle Strahlenexpositionen durch die im Rahmen dieses Berichts für die radioaktiven Ableitungen des Hereons im Rückbaubetrieb durchgeführten Dosisberechnungen effektiv mit berücksichtigt werden.

Bezüglich der Ableitungen der zu den Vorbelastungen der Elbe beitragenden anderen Einleitern oder Einleitungen (KKB, KBR, KKS, KKK und SAE) wurde als Akkumulationszeitraum die gemäß AVV zu unterstellende Betriebszeit kerntechnischer Anlagen von 50 a zugrunde gelegt. Bei diesen anderen Einleitern oder Einleitungen kann analog zu Hereon ebenfalls davon ausgegangen werden, dass mögliche aus früheren Tätigkeiten resultierende Vorbelastungen durch die hier durchgeführten Dosisberechnungen aufgrund der unterstellten Betriebszeit von jeweils 50 a ab dem heutigen Zeitpunkt mit abgedeckt sind.

Die Rechtfertigung der hier unterstellten Annahme, dass potenzielle Strahlenexpositionen infolge früherer Tätigkeiten an den Standorten der hier betrachteten Anlagen und Einrichtungen durch die bei den durchgeführten Dosisberechnungen angesetzten Akkumulationszeiträume abgedeckt werden, ergibt sich insbesondere aus folgenden Aspekten:

- Genehmigungswerte wurden in der Vergangenheit bei Weitem nicht ausgeschöpft,
- Parameter zu den Lebensgewohnheiten der Referenzpersonen wie z. B. Verzehrsmengen oder Aufenthaltszeiten wurden gemäß AVV konservativ angesetzt,
- Ergebnisse der langjährigen Umgebungsüberwachung geben keine Hinweise auf signifikante Expositionsbeiträge in der Umwelt infolge früherer Tätigkeiten.

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 γ -Bodenstrahlung für den Expositionspfad				
	E4	E5	E7	E8	E12	E4	E5	E7	E8	E12
Hereon (Hereon Nahbereich)	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0
Hereon (Hereon Fernbereich)	80 a	80 a	80 a	80 a	80 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
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 (KKK Nahbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0
KKK (KKK Fernbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SAE (Hereon Nahbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0
SAE (Hereon Fernbereich)	50 a	50 a	50 a	50 a	50 a	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Bei der Berechnung der externen Strahlenexposition durch γ -Bodenstrahlung über die Aufenthaltspfade A1 bis A3 (vgl. Abschnitt 2.2) wurde mit Ausnahme des Einzelexpositionspfads Aufenthalt auf Ufersediment (E5: Bo) bei den berücksichtigten Einzelexpositionspfaden Aufenthalt auf Beregnungsflächen (E4: Bo), Aufenthalt auf Sedimentspülfeldern (E7: Bo), Aufenthalt auf Flächen mit Sedimentaufbringung zur Bodenverbesserung (E8: Bo) und Aufenthalt auf Überschwemmungsgebieten (E12: Bo) unabhängig vom Entfernungsbereich der betrachteten Einleiter bzw. Einleitungen von einer unendlichen Flächenquelle ausgegangen. Entsprechend wurde gemäß den Vorgaben der AVV für die Reduktionsfaktoren der γ -Bodenstrahlung jeweils ein Wert von 1,0 angesetzt. Beim Einzelexpositionspfad Aufenthalt auf Ufersediment (E5: Bo) hingegen wurde gemäß AVV im Nahbereich des Hereons (bzw. des KKK) ein Wert von 0,2 und im Fernbereich des Hereons (d. h. im Bereich der Tideelbe) ein Wert von 1,0 zugrunde gelegt.

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 Sedimentspülfelds 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 Berichts von einer kontinuierlichen Sedimentaufbringung mit dieser Aufbringungsrate ausgegangen.

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

Parameterwerte zur Sedimentcharakterisierung für die Expositionspfade E7 (Sedimentspülfelder) und E8 (Sedimentdüngung)	
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 resultierenden potenziellen Strahlenexpositionen von Referenzpersonen der zu berücksichtigenden Altersgruppen (vgl. Abschnitt 4.1) infolge der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des Hereons im Rückbaubetrieb liegen sowohl im Fernbereich als auch im Nahbereich des Hereons einschließlich möglicher Vorbelastungen durch andere Einleiter oder Einleitungen (KKB, KBR, KKS, KKK und SAE) unterhalb der nach § 47 Abs. 1 StrlSchV²⁰⁰¹ 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 A5 des Anhangs fassen die insgesamt resultierenden Strahlenexpositionen einschließlich der potenziellen Vorbelastungen zusammen. Aufgrund des Tideeinflusses kommt es im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) zu Überschneidungen der verschiedenen Entfernungsbereiche der unterhalb der Tidegrenze der Elbe liegenden Einleiter KKB, KBR und KKS (vgl. Abschnitt 2.3.3). Neben dem Nahbereich des Hereons (vgl. Tabelle A1) waren daher speziell im Fernbereich des Hereons die Überschneidungsbereiche zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS (vgl. Tabelle A2), zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS (vgl. Tabelle A3), zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR (vgl. Tabelle A4) sowie zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS (vgl. Tabelle A5) zu betrachten. Die durch die Ableitungen des Hereons verursachten potenziellen Strahlenexpositionen sind in der Tabelle A6 für die verschiedenen betrachteten Entfernungsbereiche des Hereons angegeben. Die entsprechenden Detailergebnisse zu möglichen Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen (KKB, KBR, KKS, KKK, SAE) sind in den Tabellen A7 bis A11 dargestellt.

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 verschiedenen Entfernungsbereichen des Hereons und den betrachteten Überschneidungsbereichen bezüglich der Einleiter KKB, KBR und KKS 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 Hereon

Die nachfolgende Tabelle 4-4 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den Nahbereich des Hereons zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der potenziellen Vorbelastungen der Elbe durch KKK und SAE die maximale Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 34,3 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 102,8 μSv für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ ≤ 1 Jahr mit Muttermilch“. Bei der Effektivdosis ergibt sich mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 95,8 μSv die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 31,9 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

Tabelle 4-4: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis der Körperbereiche mit maximaler Grenzwertausschöpfung im Nahbereich des Hereons

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis [μSv]							Grenzwertausschöpfung
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾		
						mMu	oMu	
Gesamt								
Effektiv	83,5	76,8	68,5	65,1	74,3	95,8	69,1	31,9%
Rotes Knochenmark	83,0	80,7	68,9	61,9	68,7	102,8	90,5	34,3%
Schilddrüse	113,9	111,6	113,2	132,4	185,4	256,6	123,5	28,5%
Ableitungen Hereon								
Effektiv	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%
Rotes Knochenmark	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1%
Schilddrüse	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%
Ableitungen KKK								
Effektiv	81,8	74,9	66,0	61,7	68,4	87,3	66,1	29,1 %
Rotes Knochenmark	82,8	80,5	68,7	61,8	68,5	102,6	90,3	34,2 %
Schilddrüse	82,9	76,7	67,9	63,8	71,1	85,6	63,9	9,5 %
Ableitungen SAE								
Effektiv	1,6	1,8	2,4	3,3	5,8	8,4	3,0	2,8 %
Rotes Knochenmark	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0 %
Schilddrüse	31,0	34,8	45,2	68,5	114,2	170,9	59,5	19,0 %

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

4.2.2. Fernbereich Hereon (Tideelbe)

4.2.2.1. Nahbereich KKB, Fernbereich KBR und Fernbereich KKS

Die nachfolgende Tabelle 4-5 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den im Fernbereich des Hereons liegenden Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der potenziellen Vorbelastungen der Elbe durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE die maximale Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 52,5 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 157,4 μSv für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ ≤ 1 Jahr mit Muttermilch“. Bei der Effektivdosis ergibt sich mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 141,1 μSv die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 47,0 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

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

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis durch Vorbelastungen [μSv]							Grenzwert- ausschöpfung
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾		
						mMu	oMu	
Gesamt								
Effektiv	123,3	117,0	106,8	102,9	114,5	141,1	113,5	47,0%
Rotes Knochenmark	123,6	122,9	108,6	101,1	112,2	157,4	142,1	52,5%
Schilddrüse	132,4	128,0	119,9	120,7	141,1	172,3	125,0	19,1%
Ableitungen Hereon								
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%
Rotes Knochenmark	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%
Schilddrüse	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,1%
Ableitungen KKB (KKB Nahbereich)								
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	124,9	112,1	41,6 %
Schilddrüse	101,4	94,9	85,2	80,9	90,1	106,9	83,2	11,9 %
Ableitungen KBR (KBR Fernbereich)								
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	16,5	15,2	5,5 %
Schilddrüse	12,9	13,6	13,5	13,9	15,4	17,5	15,7	1,9 %
Ableitungen KKS (KKS Fernbereich)								
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 %
Ableitungen KKK								
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 %
Ableitungen SAE								
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 %

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

4.2.2.2. Nahbereich KBR, Fernbereich KKB und Fernbereich KKS

Die nachfolgende Tabelle 4-6 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den im Fernbereich des Hereons liegenden Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der potenziellen Vorbelastungen der Elbe durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE die höchste Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 32,7 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 98,0 μSv für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ ≤ 1 Jahr mit Muttermilch“. Mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 94,5 μSv ergibt sich bei der Effektivdosis die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 31,5 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

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

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis durch Vorbelastungen [μSv]						Grenzwert- ausschöpfung	
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	oMu	
Gesamt								
Effektiv	72,8	73,8	71,0	71,7	79,7	94,5	80,5	31,5%
Rotes Knochenmark	72,0	74,8	70,2	69,1	76,5	98,0	89,4	32,7%
Schilddrüse	82,7	85,1	84,4	89,5	106,5	129,3	96,2	14,4%
Ableitungen Hereon								
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%
Rotes Knochenmark	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%
Schilddrüse	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,1%
Ableitungen KKB (KKB Fernbereich)								
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 %
Ableitungen KBR (KBR Nahbereich)								
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 %
Ableitungen KKS (KKS Fernbereich)								
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 %
Ableitungen KKK								
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 %
Ableitungen SAE								
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 %

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

4.2.2.3. Nahbereich KKS, Fernbereich KKB und Fernbereich KBR

Die nachfolgende Tabelle 4-7 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den im Fernbereich des Hereons liegenden Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der potenziellen Vorbelastungen der Elbe durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE die höchste Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 30,5 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 91,6 μSv für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „ ≤ 1 Jahr mit Muttermilch“. Mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 90,1 μSv ergibt sich bei der Effektivdosis die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 30,0 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

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

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis durch Vorbelastungen [μSv]						Grenzwert- ausschöpfung	
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	oMu	
Gesamt								
Effektiv	66,3	69,3	68,0	69,7	77,3	90,1	78,8	30,0%
Rotes Knochenmark	65,5	70,1	67,1	67,1	74,2	91,6	83,8	30,5%
Schilddrüse	76,7	80,9	81,7	87,9	104,7	126,3	96,0	14,0%
Ableitungen Hereon								
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%
Rotes Knochenmark	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%
Schilddrüse	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,1%
Ableitungen KKB (KKB Fernbereich)								
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 %
Ableitungen KBR (KBR Fernbereich)								
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	16,5	15,2	5,5 %
Schilddrüse	12,9	13,6	13,5	13,9	15,4	17,5	15,7	1,9 %
Ableitungen KKS (KKS Nahbereich)								
Effektiv	3,4	3,3	3,0	2,9	3,3	4,1	2,8	1,4 %
Rotes Knochenmark	3,8	4,6	3,8	3,3	3,7	5,3	3,9	1,8 %
Schilddrüse	3,4	3,2	3,0	2,9	3,3	4,0	2,8	0,4 %
Ableitungen KKK								
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 %
Ableitungen SAE								
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 %

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

4.2.2.4. Fernbereich KKB, Fernbereich KBR und Fernbereich KKS

Die nachfolgende Tabelle 4-8 fasst die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für den im Fernbereich des Hereons liegenden Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS zusammen. Demnach ergibt sich in diesem Bereich infolge der potenziellen Vorbelastungen der Elbe durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE die höchste Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 28,9 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 86,8 µSv für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe „≤ 1 Jahr mit Muttermilch“. Mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 86,5 µSv ergibt sich bei der Effektivdosis die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 28,8 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

Tabelle 4-8: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis der Körperbereiche mit maximaler Grenzwertausschöpfung im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS

Körperbereich	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis durch Vorbelastungen [µSv]						Grenzwert- ausschöpfung	
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	≤1a ¹⁾ mMu	oMu	
Gesamt								
Effektiv	63,3	66,3	65,3	67,2	74,5	86,5	76,4	28,8%
Rotes Knochenmark	62,0	66,0	63,6	64,2	70,9	86,8	80,4	28,9%
Schilddrüse	73,7	78,1	79,2	85,5	101,9	122,8	93,7	13,6%
Ableitungen Hereon								
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%
Rotes Knochenmark	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%
Schilddrüse	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,1%
Ableitungen KKB (KKB Fernbereich)								
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 %
Ableitungen KBR (KBR Fernbereich)								
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	16,5	15,2	5,5 %
Schilddrüse	12,9	13,6	13,5	13,9	15,4	17,5	15,7	1,9 %
Ableitungen KKS (KKS Fernbereich)								
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 %
Ableitungen KKK								
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 %
Ableitungen SAE								
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 %

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

5. LITERATURVERZEICHNIS

- [ATG 12] GESETZ ÜBER DIE FRIEDLICHE VERWENDUNG DER KERNENERGIE UND DEN SCHUTZ GEGEN IHRE GEFAHREN (ATOMGESETZ)
In der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565) zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 6 des Gesetzes am 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)
- [ATG 15] GESETZ ÜBER DIE FRIEDLICHE VERWENDUNG DER KERNENERGIE UND DEN SCHUTZ GEGEN IHRE GEFAHREN (ATOMGESETZ)
In der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565) zuletzt geändert durch Artikel 307 Absatz 1 und Absatz 2 des Gesetzes am 31.08.2015 (BGBl. I S. 1474)
- [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
- [AVV 20] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten (AVV Tätigkeiten) vom 8. Juni 2020 (BAnz AT B3 vom 16.06.2020)
- [BFS 00] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
Zusammenstellung der Genehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen der Bundesrepublik Deutschland (Stand Juli 2000), BfS-KT-25/00, Salzgitter, Oktober 2000
- [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 Strahlenexposition 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
- [BMU 01] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT
Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strahlenexposition vom 23. Juli 2001, Bundesanzeiger Nr. 160 a/b vom 28. August 2001

- [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 HANSESTADT HAMBURG, HAMBURG PORT AUTHORITY (HRSG.)
Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Elbegebiet, Teil III, 2008; Hamburg, 2012
- [DGJ 14] FREIE UND HANSESTADT HAMBURG, HAMBURG PORT AUTHORITY (HRSG.)
Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Elbegebiet, Teil III, 2014; Hamburg 2017
- [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
- [IKSE 05] INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DER ELBE (IKSE)
Die Elbe und ihr Einzugsgebiet - Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick, Magdeburg, 2005
- [HER 13] HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT
Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung des Forschungsreaktors FRG–1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors der Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH, Geesthacht, 21.03.2013
- [HER 15] HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT
Eingangsdaten für die Berechnung der Strahlenexposition über den Wasserpfad infolge radiologischer Vorbelastungen der Elbe durch andere Einleiter bzw. Einleitungen, Geesthacht, 2015
- [HER 16] HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT
Präzisierungsschreiben – Präzisierung zum Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung des Forschungsreaktors FRG–1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors der Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH vom 21. März 2013, Geesthacht, 9. September 2016
- [HER 18] HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT
Eingangsdaten für die Berechnung der Strahlenexposition über den Wasserpfad infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abwasser des HZG während der Stilllegung des FRG–1 sowie des Abbaus der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors, Geesthacht, 2018
- [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 17] 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 6 des Gesetzes vom 27. Januar 2017 (BGBl. I 2017, S. 114)
- [SSV 18] VERORDNUNG ZUM SCHUTZ VOR DER SCHÄDLICHEN WIRKUNG IONISIERENDER
STRAHLUNG (STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG – STRLSCHV)
Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036) zuletzt
geändert durch Artikel 83 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436)

ANHANG

- Tabelle A1-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB und SAE
- Tabelle A2-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE
- Tabelle A3-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE
- Tabelle A4-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE
- Tabelle A5-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE
- Tabelle A6-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb
- Tabelle A6-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb
- Tabelle A7-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb
- Tabelle A7-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb
- Tabelle A8-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KBR im Restbetrieb
- Tabelle A8-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KBR im Restbetrieb



- Tabelle A9-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKS im Restbetrieb
- Tabelle A9-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKS im Restbetrieb
- Tabelle A10-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKK im Restbetrieb
- Tabelle A10-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKK im Restbetrieb
- Tabelle A11-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe durch SAE
- Tabelle A11-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe durch SAE



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG
NAHBEREICH HEREON**

Tabelle A1-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKK und SAE

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKK und SAE													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu
ET Luftwege	83,0	76,8	68,1	64,0	71,3	85,9	64,1	9,2%	8,5%	7,6%	7,1%	7,9%	9,5%	7,1%
Lunge	79,5	73,4	63,4	58,7	65,4	79,4	59,1	8,8%	8,2%	7,0%	6,5%	7,3%	8,8%	6,6%
Blase	82,9	72,8	64,7	61,1	64,3	78,2	56,3	9,2%	8,1%	7,2%	6,8%	7,1%	8,7%	6,3%
Brust	72,1	66,8	59,4	56,5	63,3	75,8	58,2	8,0%	7,4%	6,6%	6,3%	7,0%	8,4%	6,5%
Gehirn	75,0	69,0	61,8	58,4	64,7	78,8	58,8	8,3%	7,7%	6,9%	6,5%	7,2%	8,8%	6,5%
Haut	72,4	65,5	60,2	57,9	64,9	77,9	60,3	4,0%	3,6%	3,3%	3,2%	3,6%	4,3%	3,4%
Hoden	76,2	69,5	60,8	56,9	62,7	78,7	59,9	25,4%	23,2%	20,3%	19,0%	20,9%	26,2%	20,0%
Knochenoberfl.	151,0	149,2	119,0	99,6	99,3	215,4	241,8	8,4%	8,3%	6,6%	5,5%	5,5%	12,0%	13,4%
Leber	84,4	76,3	67,7	63,4	68,6	93,7	76,8	9,4%	8,5%	7,5%	7,0%	7,6%	10,4%	8,5%
Speiseröhre	76,7	69,9	59,3	54,5	59,8	73,8	53,2	8,5%	7,8%	6,6%	6,1%	6,6%	8,2%	5,9%
Magen	79,3	71,0	61,6	58,7	64,9	81,0	57,3	8,8%	7,9%	6,8%	6,5%	7,2%	9,0%	6,4%
Dünndarm	83,1	73,6	63,1	58,3	64,1	78,4	55,6	9,2%	8,2%	7,0%	6,5%	7,1%	8,7%	6,2%
O Dickdarm	84,0	75,5	69,1	65,6	76,5	92,1	62,1	9,3%	8,4%	7,7%	7,3%	8,5%	10,2%	6,9%
U Dickdarm	94,4	80,2	80,1	80,7	97,9	117,2	71,3	10,5%	8,9%	8,9%	9,0%	10,9%	13,0%	7,9%
Dickdarm	87,9	77,9	73,0	72,2	85,2	103,2	66,2	9,8%	8,7%	8,1%	8,0%	9,5%	11,5%	7,4%
Milz	79,3	71,7	62,5	57,7	63,7	77,7	56,2	8,8%	8,0%	6,9%	6,4%	7,1%	8,6%	6,2%
Muskel	75,0	68,4	59,9	55,8	61,8	75,7	55,7	8,3%	7,6%	6,7%	6,2%	6,9%	8,4%	6,2%
Nebennieren	82,4	73,8	62,3	56,4	62,4	76,3	54,4	9,2%	8,2%	6,9%	6,3%	6,9%	8,5%	6,0%
Nieren	79,6	72,0	62,9	58,1	64,2	79,8	59,1	8,8%	8,0%	7,0%	6,5%	7,1%	8,9%	6,6%
Ovarien	85,1	76,4	65,8	60,4	65,8	82,6	60,7	28,4%	25,5%	21,9%	20,1%	21,9%	27,5%	20,2%
Pankreas	83,3	73,7	63,0	57,2	62,4	76,8	54,6	9,3%	8,2%	7,0%	6,4%	6,9%	8,5%	6,1%
R Knochenmark	83,0	80,7	68,9	61,9	68,7	102,8	90,5	27,7%	26,9%	23,0%	20,6%	22,9%	34,3%	30,2%
Schilddrüse	113,9	111,6	113,2	132,4	185,4	256,6	123,5	12,7%	12,4%	12,6%	14,7%	20,6%	28,5%	13,7%
Thymus	79,4	72,9	62,6	58,1	63,8	78,2	57,6	8,8%	8,1%	7,0%	6,5%	7,1%	8,7%	6,4%
Uterus	82,4	72,6	61,7	56,1	60,9	75,0	52,8	27,5%	24,2%	20,6%	18,7%	20,3%	25,0%	17,6%
Effektiv	83,5	76,8	68,5	65,1	74,3	95,8	69,1	27,8%	25,6%	22,8%	21,7%	24,8%	31,9%	23,0%

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

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG
FERNBEREICH HEREON (TIDEELBE)
- NAHBEREICH KKB, FERNBEREICH KBR UND KKS -**

Tabelle A2-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE													
	Jahresdosis [μSv]							Grenzwertausschöpfung						
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾		>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾	
					mMu	oMu						mMu	oMu	
ET Luftwege	126,8	121,7	111,7	108,2	120,4	141,2	114,2	14,1%	13,5%	12,4%	12,0%	13,4%	15,7%	12,7%
Lunge	120,8	115,5	103,9	99,3	110,6	130,6	105,5	13,4%	12,8%	11,5%	11,0%	12,3%	14,5%	11,7%
Blase	123,8	113,5	104,0	100,9	107,3	126,9	99,7	13,8%	12,6%	11,6%	11,2%	11,9%	14,1%	11,1%
Brust	111,7	107,5	99,3	97,3	109,0	127,0	105,4	12,4%	11,9%	11,0%	10,8%	12,1%	14,1%	11,7%
Gehirn	114,9	109,6	101,6	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	101,6	100,5	112,6	131,3	109,7	6,3%	5,9%	5,6%	5,6%	6,3%	7,3%	6,1%
Hoden	115,6	109,5	99,3	95,8	105,9	128,2	105,0	38,5%	36,5%	33,1%	31,9%	35,3%	42,7%	35,0%
Knochenoberfl.	211,2	211,3	174,3	151,5	153,8	303,9	336,1	11,7%	11,7%	9,7%	8,4%	8,5%	16,9%	18,7%
Leber	125,7	118,1	108,1	104,0	113,1	147,4	126,1	14,0%	13,1%	12,0%	11,6%	12,6%	16,4%	14,0%
Speiseröhre	114,5	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	99,7	97,4	107,7	130,3	100,7	13,2%	12,3%	11,1%	10,8%	12,0%	14,5%	11,2%
Dünndarm	123,3	113,6	100,9	96,0	105,7	125,9	97,5	13,7%	12,6%	11,2%	10,7%	11,7%	14,0%	10,8%
O Dickdarm	125,0	116,7	109,5	106,6	123,0	144,8	106,9	13,9%	13,0%	12,2%	11,8%	13,7%	16,1%	11,9%
U Dickdarm	138,5	122,8	124,1	126,8	151,0	178,0	119,0	15,4%	13,6%	13,8%	14,1%	16,8%	19,8%	13,2%
Dickdarm	130,0	119,8	114,6	115,5	134,4	159,4	112,3	14,4%	13,3%	12,7%	12,8%	14,9%	17,7%	12,5%
Milz	119,2	111,9	101,0	96,3	106,6	126,4	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	122,1	113,6	99,5	93,3	103,1	122,9	95,6	13,6%	12,6%	11,1%	10,4%	11,5%	13,7%	10,6%
Nieren	119,5	112,3	101,6	96,9	107,1	129,1	103,2	13,3%	12,5%	11,3%	10,8%	11,9%	14,3%	11,5%
Ovarien	126,3	117,7	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	100,3	94,0	102,9	123,1	95,5	13,7%	12,6%	11,1%	10,4%	11,4%	13,7%	10,6%
R Knochenmark	123,6	122,9	108,6	101,1	112,2	157,4	142,1	41,2%	41,0%	36,2%	33,7%	37,4%	52,5%	47,4%
Schilddrüse	132,4	128,0	119,9	120,7	141,1	172,3	125,0	14,7%	14,2%	13,3%	13,4%	15,7%	19,1%	13,9%
Thymus	120,0	114,2	101,9	97,6	107,5	127,8	102,3	13,3%	12,7%	11,3%	10,8%	11,9%	14,2%	11,4%
Uterus	121,4	111,3	97,9	92,0	100,4	119,9	92,4	40,5%	37,1%	32,6%	30,7%	33,5%	40,0%	30,8%
Effektiv	123,3	117,0	106,8	102,9	114,5	141,1	113,5	41,1%	39,0%	35,6%	34,3%	38,2%	47,0%	37,8%

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

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG
FERNBEREICH HEREON (TIDEELBE)
- NAHBEREICH KBR, FERNBEREICH KKB UND KKS -**

Tabelle A3-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KBR, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu
ET Luftwege	77,1	78,8	76,2	77,1	85,8	98,3	85,4	8,6%	8,8%	8,5%	8,6%	9,5%	10,9%	9,5%
Lunge	72,9	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	72,7	71,9	69,3	70,2	75,4	87,0	74,0	8,1%	8,0%	7,7%	7,8%	8,4%	9,7%	8,2%
Brust	69,3	70,9	68,9	70,2	78,7	89,6	79,2	7,7%	7,9%	7,7%	7,8%	8,7%	10,0%	8,8%
Gehirn	70,3	71,6	69,6	70,6	78,5	90,4	78,6	7,8%	8,0%	7,7%	7,8%	8,7%	10,0%	8,7%
Haut	71,0	71,6	71,1	72,8	81,7	93,0	82,6	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	87,7	76,4	23,1%	23,3%	22,4%	22,6%	25,0%	29,2%	25,5%
Knochenoberfl.	106,9	109,9	97,3	90,9	95,1	158,9	165,8	5,9%	6,1%	5,4%	5,0%	5,3%	8,8%	9,2%
Leber	73,2	74,0	71,3	71,7	78,2	96,3	85,0	8,1%	8,2%	7,9%	8,0%	8,7%	10,7%	9,4%
Speiseröhre	67,5	68,2	63,9	63,7	70,1	81,6	69,5	7,5%	7,6%	7,1%	7,1%	7,8%	9,1%	7,7%
Magen	70,4	70,5	67,1	68,3	75,5	88,6	74,5	7,8%	7,8%	7,5%	7,6%	8,4%	9,8%	8,3%
Dünndarm	71,6	71,2	66,9	66,9	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	77,5	8,1%	8,1%	8,0%	8,1%	9,2%	10,6%	8,6%
U Dickdarm	78,9	75,9	78,5	82,6	95,1	110,6	82,9	8,8%	8,4%	8,7%	9,2%	10,6%	12,3%	9,2%
Dickdarm	75,2	74,7	74,1	77,2	87,7	102,1	79,9	8,4%	8,3%	8,2%	8,6%	9,7%	11,3%	8,9%
Milz	70,5	71,0	67,8	67,8	75,0	86,7	74,0	7,8%	7,9%	7,5%	7,5%	8,3%	9,6%	8,2%
Muskel	68,2	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	83,8	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	75,3	87,9	75,5	7,9%	7,9%	7,6%	7,6%	8,4%	9,8%	8,4%
Ovarien	73,4	73,6	69,4	69,2	75,8	89,0	75,8	24,5%	24,5%	23,1%	23,1%	25,3%	29,7%	25,3%
Pankreas	71,1	70,7	66,3	65,6	71,9	83,7	70,6	7,9%	7,9%	7,4%	7,3%	8,0%	9,3%	7,8%
R Knochenmark	72,0	74,8	70,2	69,1	76,5	98,0	89,4	24,0%	24,9%	23,4%	23,0%	25,5%	32,7%	29,8%
Schilddrüse	82,7	85,1	84,4	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	72,9	69,0	69,3	76,5	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	64,0	69,9	81,2	68,2	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	94,5	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG
FERNBEREICH HEREON (TIDEELBE)
- NAHBEREICH KKS, FERNBEREICH KKB UND KBR -**

Tabelle A4-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Nahbereich des KKS, dem Fernbereich des KKB und dem Fernbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾	mMu	oMu
					mMu	oMu						mMu	oMu	
ET Luftwege	71,1	74,6	73,5	75,5	84,0	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	69,5	77,2	88,0	78,6	7,4%	7,8%	7,6%	7,7%	8,6%	9,8%	8,7%
Blase	65,9	67,5	66,2	68,2	73,4	83,8	73,6	7,3%	7,5%	7,4%	7,6%	8,2%	9,3%	8,2%
Brust	64,4	67,6	66,9	69,1	77,3	87,2	79,1	7,2%	7,5%	7,4%	7,7%	8,6%	9,7%	8,8%
Gehirn	65,0	67,9	67,2	69,2	76,9	87,6	78,3	7,2%	7,5%	7,5%	7,7%	8,5%	9,7%	8,7%
Haut	66,3	68,6	69,2	71,8	80,5	90,7	82,5	3,7%	3,8%	3,8%	4,0%	4,5%	5,0%	4,6%
Hoden	63,3	65,9	64,5	66,2	73,1	84,2	75,3	21,1%	22,0%	21,5%	22,1%	24,4%	28,1%	25,1%
Knochenoberfl.	88,8	96,9	87,3	83,4	88,3	133,7	133,2	4,9%	5,4%	4,9%	4,6%	4,9%	7,4%	7,4%
Leber	66,0	69,1	67,7	69,2	75,6	90,6	81,0	7,3%	7,7%	7,5%	7,7%	8,4%	10,1%	9,0%
Speiseröhre	61,3	63,8	61,2	62,0	68,3	78,5	69,1	6,8%	7,1%	6,8%	6,9%	7,6%	8,7%	7,7%
Magen	64,1	66,2	64,4	66,5	73,4	85,0	74,0	7,1%	7,4%	7,2%	7,4%	8,2%	9,4%	8,2%
Dünndarm	64,7	66,5	63,8	64,9	71,3	81,9	71,4	7,2%	7,4%	7,1%	7,2%	7,9%	9,1%	7,9%
O Dickdarm	66,3	68,6	68,5	70,6	79,3	90,7	76,6	7,4%	7,6%	7,6%	7,8%	8,8%	10,1%	8,5%
U Dickdarm	70,7	70,6	73,8	78,6	89,3	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	74,1	83,3	96,1	78,6	7,5%	7,7%	7,8%	8,2%	9,3%	10,7%	8,7%
Milz	64,3	66,7	64,9	66,1	73,0	83,6	73,6	7,1%	7,4%	7,2%	7,3%	8,1%	9,3%	8,2%
Muskel	62,5	65,0	63,7	65,1	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	64,4	66,9	65,2	66,4	73,2	84,4	74,5	7,2%	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	65,9	63,1	63,7	69,8	80,3	70,1	7,1%	7,3%	7,0%	7,1%	7,8%	8,9%	7,8%
R Knochenmark	65,5	70,1	67,1	67,1	74,2	91,6	83,8	21,8%	23,4%	22,4%	22,4%	24,7%	30,5%	27,9%
Schilddrüse	76,7	80,9	81,7	87,9	104,7	126,3	96,0	8,5%	9,0%	9,1%	9,8%	11,6%	14,0%	10,7%
Thymus	65,6	68,6	66,4	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	69,3	68,0	69,7	77,3	90,1	78,8	22,1%	23,1%	22,7%	23,2%	25,8%	30,0%	26,3%

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

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

**ZUSAMMENFASSUNG
FERNBEREICH HEREON (TIDEELBE)
- FERNBEREICH KKB, KBR UND KKS -**

Tabelle A5-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Überschneidungsbereich zwischen dem Fernbereich des KKB, dem Fernbereich des KBR und dem Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb einschließlich möglicher Vorbelastungen durch KKB, KBR, KKS, KKK und SAE													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾	mMu	oMu
					mMu	oMu						mMu	oMu	
ET Luftwege	68,1	71,8	71,0	73,0	81,2	91,8	82,9	7,6%	8,0%	7,9%	8,1%	9,0%	10,2%	9,2%
Lunge	64,0	67,4	65,7	67,2	74,6	84,7	76,4	7,1%	7,5%	7,3%	7,5%	8,3%	9,4%	8,5%
Blase	62,9	64,8	63,7	65,8	70,8	80,5	71,6	7,0%	7,2%	7,1%	7,3%	7,9%	8,9%	8,0%
Brust	61,7	65,1	64,6	66,8	74,7	84,1	76,9	6,9%	7,2%	7,2%	7,4%	8,3%	9,3%	8,5%
Gehirn	62,2	65,4	64,9	66,9	74,3	84,3	76,2	6,9%	7,3%	7,2%	7,4%	8,3%	9,4%	8,5%
Haut	63,6	66,2	66,9	69,5	77,8	87,5	80,3	3,5%	3,7%	3,7%	3,9%	4,3%	4,9%	4,5%
Hoden	60,5	63,4	62,2	64,0	70,6	81,1	73,2	20,2%	21,1%	20,7%	21,3%	23,5%	27,0%	24,4%
Knochenoberfl.	84,5	88,5	81,9	79,4	84,2	127,8	128,8	4,7%	4,9%	4,5%	4,4%	4,7%	7,1%	7,2%
Leber	63,1	66,4	65,3	66,9	73,0	87,3	78,9	7,0%	7,4%	7,3%	7,4%	8,1%	9,7%	8,8%
Speiseröhre	58,5	61,2	58,9	59,9	65,8	75,5	67,1	6,5%	6,8%	6,5%	6,7%	7,3%	8,4%	7,5%
Magen	61,1	63,6	62,0	64,2	70,8	81,7	71,9	6,8%	7,1%	6,9%	7,1%	7,9%	9,1%	8,0%
Dünndarm	61,6	63,8	61,4	62,6	68,7	78,7	69,3	6,8%	7,1%	6,8%	7,0%	7,6%	8,7%	7,7%
O Dickdarm	63,1	65,8	65,8	67,9	76,1	86,8	74,2	7,0%	7,3%	7,3%	7,5%	8,5%	9,6%	8,2%
U Dickdarm	67,2	67,6	70,6	75,2	85,0	98,0	78,1	7,5%	7,5%	7,8%	8,4%	9,4%	10,9%	8,7%
Dickdarm	64,5	66,8	67,3	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	71,6	6,8%	7,1%	6,9%	7,1%	7,8%	8,9%	8,0%
Muskel	59,7	62,5	61,5	62,9	69,7	79,4	71,2	6,6%	6,9%	6,8%	7,0%	7,7%	8,8%	7,9%
Nebennieren	60,9	63,4	60,6	61,3	67,5	77,3	68,3	6,8%	7,0%	6,7%	6,8%	7,5%	8,6%	7,6%
Nieren	61,4	64,2	62,8	64,1	70,6	81,1	72,5	6,8%	7,1%	7,0%	7,1%	7,8%	9,0%	8,1%
Ovarien	63,2	65,9	63,6	64,8	70,9	81,7	72,5	21,1%	22,0%	21,2%	21,6%	23,6%	27,2%	24,2%
Pankreas	60,9	63,2	60,7	61,4	67,3	77,2	68,1	6,8%	7,0%	6,7%	6,8%	7,5%	8,6%	7,6%
R Knochenmark	62,0	66,0	63,6	64,2	70,9	86,8	80,4	20,7%	22,0%	21,2%	21,4%	23,6%	28,9%	26,8%
Schilddrüse	73,7	78,1	79,2	85,5	101,9	122,8	93,7	8,2%	8,7%	8,8%	9,5%	11,3%	13,6%	10,4%
Thymus	62,7	65,9	64,0	65,4	72,2	82,2	73,8	7,0%	7,3%	7,1%	7,3%	8,0%	9,1%	8,2%
Uterus	59,7	61,6	59,0	59,8	65,2	74,7	65,7	19,9%	20,5%	19,7%	19,9%	21,7%	24,9%	21,9%
Effektiv	63,3	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

ABLEITUNGEN HEREON

Tabelle A6-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb

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

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

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A6-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des Hereons im Rückbaubetrieb													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	oMu
ET Luftwege	0,5	0,6	0,5	0,6	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	0,6	0,7	0,6	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	0,5	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%
Gehirn	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	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	0,7	0,6	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hoden	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Knochenoberfl.	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	1,0	1,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
Leber	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%
Speiseröhre	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%
Magen	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Dünndarm	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%
O 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%
U Dickdarm	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
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%
Milz	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%
Muskel	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%
Nebennieren	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%
Nieren	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Ovarien	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Pankreas	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%
R Knochenmark	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Schilddrüse	0,5	0,6	0,5	0,6	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	0,6	0,6	0,6	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Uterus	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Effektiv	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

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

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

**VORBELASTUNGEN
- ABLEITUNGEN KKB -**

Tabelle A7-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ 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%	41,6%	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A7-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ 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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

**VORBELASTUNGEN
- ABLEITUNGEN KBR -**

Tabelle A8-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KBR im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KBR im Restbetrieb													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ 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%	9,3%	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A8-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KBR im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KBR infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KBR im Restbetrieb													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ 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%	5,5%	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



**Brenk
Systemplanung**

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

**VORBELASTUNGEN
- ABLEITUNGEN KKS -**

Tabelle A9-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKS im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Nahbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKS im Restbetrieb													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ 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%	1,8%	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A9-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKS im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) im Fernbereich des KKS infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKS im Restbetrieb													
	Jahresdosis [μ Sv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ 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%	0,2%	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



Brenk
Systemplanung

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

VORBELASTUNGEN
- ABLEITUNGEN KKK -

Tabelle A10-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKK im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKK im Restbetrieb													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾	mMu	oMu
ET Luftwege	82,9	76,7	67,9	63,8	71,1	85,6	63,9	9,2%	8,5%	7,5%	7,1%	7,9%	9,5%	7,1%
Lunge	79,4	73,2	63,3	58,5	65,2	79,2	59,0	8,8%	8,1%	7,0%	6,5%	7,2%	8,8%	6,6%
Blase	82,7	72,6	64,5	60,9	64,1	77,9	56,1	9,2%	8,1%	7,2%	6,8%	7,1%	8,7%	6,2%
Brust	71,9	66,6	59,2	56,4	63,2	75,6	58,1	8,0%	7,4%	6,6%	6,3%	7,0%	8,4%	6,5%
Gehirn	74,9	68,8	61,6	58,2	64,6	78,6	58,7	8,3%	7,6%	6,8%	6,5%	7,2%	8,7%	6,5%
Haut	72,3	65,4	60,0	57,8	64,8	77,7	60,2	4,0%	3,6%	3,3%	3,2%	3,6%	4,3%	3,3%
Hoden	76,0	69,3	60,6	56,8	62,5	78,5	59,8	25,3%	23,1%	20,2%	18,9%	20,8%	26,2%	19,9%
Knochenoberfl.	150,7	148,8	118,7	99,4	99,0	214,9	241,3	8,4%	8,3%	6,6%	5,5%	5,5%	11,9%	13,4%
Leber	84,3	76,2	67,6	63,3	68,4	93,5	76,6	9,4%	8,5%	7,5%	7,0%	7,6%	10,4%	8,5%
Speiseröhre	76,6	69,8	59,2	54,4	59,6	73,6	53,1	8,5%	7,8%	6,6%	6,0%	6,6%	8,2%	5,9%
Magen	79,2	70,8	61,5	58,6	64,7	80,7	57,1	8,8%	7,9%	6,8%	6,5%	7,2%	9,0%	6,3%
Dünndarm	82,9	73,5	63,0	58,1	63,9	78,2	55,5	9,2%	8,2%	7,0%	6,5%	7,1%	8,7%	6,2%
O Dickdarm	83,9	75,4	68,9	65,4	76,3	91,9	61,9	9,3%	8,4%	7,7%	7,3%	8,5%	10,2%	6,9%
U Dickdarm	94,2	80,1	79,9	80,5	97,6	116,8	71,0	10,5%	8,9%	8,9%	8,9%	10,8%	13,0%	7,9%
Dickdarm	87,8	77,7	72,8	72,0	85,0	102,8	66,0	9,8%	8,6%	8,1%	8,0%	9,4%	11,4%	7,3%
Milz	79,1	71,5	62,4	57,5	63,6	77,5	56,1	8,8%	7,9%	6,9%	6,4%	7,1%	8,6%	6,2%
Muskel	74,8	68,2	59,7	55,7	61,6	75,5	55,5	8,3%	7,6%	6,6%	6,2%	6,8%	8,4%	6,2%
Nebennieren	82,2	73,6	62,2	56,3	62,2	76,1	54,3	9,1%	8,2%	6,9%	6,3%	6,9%	8,5%	6,0%
Nieren	79,4	71,9	62,7	58,0	64,0	79,6	58,9	8,8%	8,0%	7,0%	6,4%	7,1%	8,8%	6,5%
Ovarien	84,9	76,2	65,7	60,2	65,7	82,4	60,6	28,3%	25,4%	21,9%	20,1%	21,9%	27,5%	20,2%
Pankreas	83,1	73,6	62,9	57,0	62,3	76,6	54,4	9,2%	8,2%	7,0%	6,3%	6,9%	8,5%	6,0%
R Knochenmark	82,8	80,5	68,7	61,8	68,5	102,6	90,3	27,6%	26,8%	22,9%	20,6%	22,8%	34,2%	30,1%
Schilddrüse	82,9	76,7	67,9	63,8	71,1	85,6	63,9	9,2%	8,5%	7,5%	7,1%	7,9%	9,5%	7,1%
Thymus	79,2	72,8	62,4	57,9	63,6	78,0	57,4	8,8%	8,1%	6,9%	6,4%	7,1%	8,7%	6,4%
Uterus	82,3	72,4	61,6	55,9	60,8	74,8	52,7	27,4%	24,1%	20,5%	18,6%	20,3%	24,9%	17,6%
Effektiv	81,8	74,9	66,0	61,7	68,4	87,3	66,1	27,3%	25,0%	22,0%	20,6%	22,8%	29,1%	22,0%

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

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A10-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKK im Restbetrieb

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKK im Restbetrieb													
	Jahresdosis [μSv]						Grenzwertausschöpfung							
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ oMu	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾ mMu	$\leq 1a$ ¹⁾ 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%	4,9%	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch



Brenk
Systemplanung

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich
technischen Umweltschutz

VORBELASTUNGEN
- ABLEITUNGEN SAE -

Tabelle A11-1: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe durch SAE

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Nahbereich des Hereons infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe durch SAE													
	Jahresdosis [μSv]							Grenzwertausschöpfung						
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1\text{a}^{1)}$		>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1\text{a}^{1)}$	
					mMu	oMu							mMu	oMu
ET Luftwege	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Lunge	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Blase	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Brust	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gehirn	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Haut	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hoden	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Knochenoberfl.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Leber	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Speiseröhre	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Magen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Dünndarm	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
O Dickdarm	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
U Dickdarm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Dickdarm	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Milz	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Muskel	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Nebennieren	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Nieren	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Ovarien	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Pankreas	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
R Knochenmark	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Schilddrüse	31,0	34,8	45,2	68,5	114,2	170,9	59,5	3,4%	3,9%	5,0%	7,6%	12,7%	19,0%	6,6%
Thymus	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Uterus	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Effektiv	1,6	1,8	2,4	3,3	5,8	8,4	3,0	0,5%	0,6%	0,8%	1,1%	1,9%	2,8%	1,0%

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

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

Tabelle A11-2: Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe durch SAE

Organ/Gewebe	Höchstwerte der potenziellen Jahresdosis im Fernbereich des Hereons (Tideelbe) infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe durch SAE													
	Jahresdosis [μSv]							Grenzwertausschöpfung						
	>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾		>17a	>12-17a	>7-12a	>2-7a	>1-2a	$\leq 1a$ ¹⁾	
					mMu	oMu							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%	3,4%	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.

¹⁾ mMu: mit Muttermilch; oMu: ohne Muttermilch

