



Endbericht

**Strahlenexposition von Flora und Fauna
infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe
mit Wasser während des Restbetriebs
des Kernkraftwerks Brunsbüttel**

BS-Projekt-Nr. 1607-09
Bestellung Nr. EA2-4503545438

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

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

Aachen, 27.03.2017

Anmerkung:

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



AUTOREN

Dieser Bericht wurde von folgendem Bearbeiter erstellt:

- Dipl.-Phys.

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

ERSTELLUNG, PRÜFUNG UND FREIGABE

erstellt	geprüft	freigegeben
Projektleiter	Geschäftsbereichsleiter	Geschäftsführung



ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wurde für die zukünftig vorgesehene Ableitung anfallender radioaktiver Abwässer des Kernkraftwerks Brunsbüttel im Restbetrieb über die neu geplante TR-Abgabeleitung in den Vorfluter Elbe die resultierende potenzielle Strahlenexposition der umgebenden Flora und Fauna ermittelt. Die Berechnungen erfolgten entsprechend den Empfehlungen der Strahlenschutzkommission zur Durchführung eines Screenings gemäß Art. 65 Abs. 2 der Richtlinie 2013/59/Euratom (EURATOM-Grundnormen) des Rates der Europäischen Union vom 5. Dezember 2013, die gegenwärtig in deutsches Recht umgesetzt wird.

Betrachtet wurde ein erweiterter Satz von limnischen und marinen Referenzorganismen. Als Screening-Wert wurde einheitlich eine resultierende zusätzliche Dosisrate von $10 \mu\text{Gy/h}$ (im Sinne einer „Predicted No-Effect Concentration“ bzw. „Predicted No-Effect Dose Rate“) zugrunde gelegt. Hinsichtlich der Zusammensetzung des abgeleiteten Nuklidgemisches wurden sowohl ein als konservativ-abdeckend erachteter Nuklidvektor BS-NV2 als auch ein als realistisch-abdeckend angenommener Nuklidvektor DIN-NV5 angesetzt.

Die berechneten Höchstwerte der resultierenden potenziellen Dosisraten der betrachteten Referenzorganismen infolge der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des KKB im Restbetrieb, liegen im betrachteten Einleitbereich des KKB unterhalb des im Rahmen dieses Berichts zugrunde gelegten Screening-Werts von $10 \mu\text{Gy/h}$. Die ermittelten Dosisraten sind ebenfalls abdeckend für weiter von der Einleitstelle entfernt liegende Bereiche (Nah- bzw. Fernbereich) des KKB. Die höchsten Gesamtdosisraten (inkl. aller potenziellen Vorbelastungen) mit $6,45 \mu\text{Gy/h}$ im konservativen Fall (Nuklidvektor BS-NV2) bzw. mit $2,98 \mu\text{Gy/h}$ im realistischen Fall (Nuklidvektor DIN-NV5) ergeben sich jeweils bei der limnischen Libellenlarve.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass durch die zukünftige Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB über die geplante TR-Abgabeleitung keine inakzeptablen zusätzlichen radiologischen Einwirkungen auf die Flora und Fauna im Bereich der Tideelbe resultieren.



INHALTSVERZEICHNIS

Seite:

1. EINLEITUNG	1
2. RANDBEDINGUNGEN	2
2.1. Vorbemerkungen	2
2.2. Entfernungsbereiche.....	2
2.3. Vermischungswassermengen	4
2.3.1. Vorbetrachtungen	4
2.3.2. Vermischungswassermengen für Ableitungen des KKB	5
2.3.3. Vermischungswassermengen für andere Einleiter bzw. Einleitungen	7
3. AKTIVITÄTSABGABEN MIT WASSER	8
3.1. Aktivitätsabgaben des KKB.....	8
3.2. Aktivitätsabgaben anderer Einleiter bzw. Einleitungen	10
4. BERECHNUNG DER POTENZIELLEN STRAHLENEXPOSITION	12
4.1. Erläuterungen zur Dosisberechnung	12
4.2. Ergebnisse der Dosisberechnung.....	17
5. LITERATURVERZEICHNIS	20
6. ANHANG.....	22

1. EINLEITUNG

Das sich im Restbetrieb¹ befindliche Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB)² liegt nordwestlich der Hansestadt Hamburg unterhalb der Tidegrenze der Elbe, die als Vorfluter für die Abwässer der Anlage genutzt wird. Der Einwirkungsbereich der eingeleiteten Abwässer des KKB erstreckt sich aufgrund des Tideeinflusses über den gesamten Bereich der Tideelbe vom Wehr Geesthacht (Flusskilometer 585,9) bis zur Mündung in die Nordsee an der Seegrenze bei Cuxhaven-Kugelbake (Flusskilometer 727,7). Um die Ableitung der Betriebsabwässer vom Kühlkreislauf zu separieren, beabsichtigt das KKB, anfallende radioaktive Abwässer zukünftig über die neu geplante TR-Abgabelitung in den Vorfluter Elbe einzuleiten.

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wird die resultierende potenzielle Strahlenexposition der umgebenden Flora und Fauna infolge der zukünftig über die neu geplante TR-Abgabelitung vorgesehenen Ableitung anfallender radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb ermittelt. Die Berechnungen erfolgen entsprechend den Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK) [SSK 16] zur Durchführung eines Screenings zum Nachweis eines hinreichenden Umweltschutzes gemäß Art. 65 Abs. 2 der Richtlinie 2013/59/Euratom (EURATOM-Grundnormen) des Rates der Europäischen Union vom 5. Dezember 2013 [EU 13], die gegenwärtig in deutsches Recht umgesetzt wird.

Betrachtet wird ein erweiterter Satz von limnischen und marinen Referenzorganismen. Als Screening-Wert wird eine resultierende zusätzliche Dosisrate von 10 µGy/h zugrunde gelegt und als generisches Dosiskriterium im Sinne einer „Predicted No-Effect Concentration, PNEC“ bzw. „Predicted No-Effect Dose Rate, PNEDR“ einheitlich auf alle betrachteten Referenzorganismen angewendet.

Entsprechend der Planungen des KKB wird unterstellt, dass die früheren Genehmigungswerte³ für die radioaktiven Ableitungen mit Wasser der Anlage im Leistungsbetrieb zunächst auch im Restbetrieb unverändert fortgelten. Für die Nuklidverteilung werden sowohl ein konservativ-abdeckender Nuklidvektor BS-NV2 als auch ein realistisch-abdeckender Nuklidvektor DIN-NV5 zugrunde gelegt. Die besonderen standort- und anlagenspezifischen Gegebenheiten sowie mögliche Vorbelastungen des unmittelbaren Bereichs um die Einleitstelle des KKB (sogenannter „*Einleitbereich des KKB*“) durch andere Einleiter oder Einleitungen werden in geeigneter Weise berücksichtigt.

¹ 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 Für Flexionen abgekürzter Begriffe wird dasselbe Kürzel verwendet.

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

2. RANDBEDINGUNGEN

2.1. Vorbemerkungen

Analog zur Abschätzung der Strahlenexposition von Referenzpersonen der allgemeinen Bevölkerung infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser aus einer kerntechnischen Anlage gemäß § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [SSV 17] und der zugeordneten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) [AVV 12] erfolgt auch die in diesem Bericht gemäß [SSK 16] durchgeführte Berechnung der potenziellen zusätzlichen Strahlenexposition von limnischen und marinen Referenzorganismen der umgebenden Flora und Fauna an den ungünstigsten durch die Ableitungen der betrachteten Anlage beeinflussten Einwirkungsstellen (Expositionsort). Diese sind nach AVV durch die Stellen in der Umgebung der Anlage bestimmt, an denen aufgrund der Verteilung der abgeleiteten Radionuklide und unter Berücksichtigung aller örtlichen Besonderheiten des Anlagenstandorts die jeweils potenziell höchsten Strahlenexpositionen für die Referenzorganismen resultieren.

Bei Ableitungen mit Wasser sind zudem, aufgrund der sich mit der Entfernung zur Einleitstelle verändernden Ausbreitungsbedingungen, unterschiedliche Entfernungsbereiche zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 2.2). Infolge der stattfindenden Vermischung der abgeleiteten Abwässer des KKB mit dem Wasser des Vorfluters verringern sich die Konzentrationen der emittierten radioaktiven Stoffe im Vorfluter mit zunehmender Entfernung von der Einleitstelle, wobei sich der Einwirkungsbereich der Einleitungen des KKB aufgrund des bestehenden Tideeinflusses über den gesamten Bereich der Tideelbe erstreckt. 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 vermischt hat (vgl. Abschnitt 2.3).

2.2. Entfernungsbereiche

Zur Abschätzung der potenziellen radiologischen Einwirkungen auf die betrachteten limnischen und marinen Organismen sowohl durch die zukünftig vorgesehene Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb über eine Rohrleitung als auch durch andere Einleiter bzw. Einleitungen, die zur Vorbelastung der Tideelbe beitragen können, sind – analog zur Berechnung der Strahlenexposition von Referenzpersonen gemäß AVV [AVV 12] – 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 KKB als auch relativ zu den Einleitstellen der anderen Einleiter bzw. Einleitungen zu betrachten (vgl. [BS 16]).

Infolge des Tideeinflusses erstreckt sich der Einwirkungsbereich der radioaktiven Ableitungen des KKB über den gesamten Bereich der Tideelbe (vgl. Abschnitt 2.1). Bezüglich der Ableitungen des KKB wird daher unterschieden zwischen dem „*Einleitbereich des KKB*“, d. h. dem Bereich sehr geringer Vermischung und sehr kurzer Fließzeiten in unmittelbarer Nähe der Einleitstelle, dem „*Nahbereich des KKB*“, d. h. dem Bereich geringerer Vermischung und kürzerer Fließzeiten in der

näheren Umgebung der Einleitstelle, und dem „*Fernbereich des KKB*“, d. h. dem Bereich vollständiger Vermischung und längerer Fließzeiten in größerer Entfernung von der Einleitstelle.

Entsprechend wird zur adäquaten Berücksichtigung möglicher Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer der Kernkraftwerke Stade (KKS) und Brokdorf (KBR) auch zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KKS*“ sowie zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KBR*“ unterschieden. Beide Anlagen liegen wie das KKB an der Elbe unterhalb der Tidegrenze. Aufgrund des Tideeinflusses erstrecken sich die Einwirkungsbereiche der Einleitungen dieser beiden Anlagen, wie der Einwirkungsbereich der Einleitungen des KKB, ebenfalls über den gesamten Bereich der Tideelbe. Die Einleitstellen des Kernkraftwerks Krümmel (KKK) und des Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) liegen hingegen oberhalb der Tidegrenze der Elbe. Auch bei diesen Anlagen wird zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des KKK*“ sowie zwischen dem „*Nah- und Fernbereich des HZG*“ unterschieden. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass nur die Fernbereiche des KKK und des HZG im Einwirkungsbereich der radioaktiven Ableitungen des KKB liegen und somit hinsichtlich der Abschätzung möglicher Vorbelastungen zu berücksichtigen sind.

Die Berechnung der potenziellen Strahlenexposition, sowohl für Referenzpersonen der allgemeinen Bevölkerung als auch für limnische oder marine Referenzorganismen der Flora und Fauna, erfolgt jeweils an den ungünstigsten Einwirkungsstellen (Expositionsort bzw. Nutzungsstelle) in der Umgebung der betrachteten Einleitstelle. Während bei der Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition von Referenzpersonen der Nah- und Fernbereich der Einleitstelle des KKB von Bedeutung sind (die ungünstigsten Einwirkungsstellen liegen hier im Uferbereich des Vorfluters, vgl. [BS 16]), ist bei der Berechnung der potenziellen Strahlenexposition von limnischen oder marinen Referenzorganismen der unmittelbare Einleitbereich zu betrachten. In diesem Bereich liegen – aufgrund der noch sehr geringen Vermischung – die bezüglich der resultierenden Strahlenexpositionen von Flora und Fauna ungünstigsten, durch die Ableitungen des KKB beeinflussten, Einwirkungsstellen.

Die Berechnung der potenziellen zusätzlichen Strahlenexposition der umgebenden Flora und Fauna erfolgt daher im Rahmen dieses Berichts ausschließlich für den Einleitbereich des KKB und wird als abdeckend für alle anderen Entfernungsbereiche erachtet. Aufgrund des Tideeinflusses sind im Bereich der Einleitstelle des KKB potenzielle Vorbelastungen sowohl durch andere Einleiter bzw. Einleitungen als auch durch vorhergehende Ableitungen des KKB selbst zu berücksichtigen. Die Vorbelastungen durch die Ableitungen des KKB ergeben sich dabei konservativ durch die im Nahbereich des KKB resultierenden Strahlenexpositionen und die Vorbelastungen durch andere Einleiter oder Einleitungen durch die resultierenden Strahlenexpositionen in den zugehörigen Fernbereichen.

Die nachfolgende Abbildung 2-1 gibt einen schematischen Überblick über die Lage der verschiedenen betrachteten Entfernungsbereiche und deren Überschneidungsbereiche. Die zugrunde gelegten Randbedingungen zur Abschätzung der anzusetzenden Vermischungswassermengen werden im nachfolgenden Abschnitt 2.3 beschrieben.

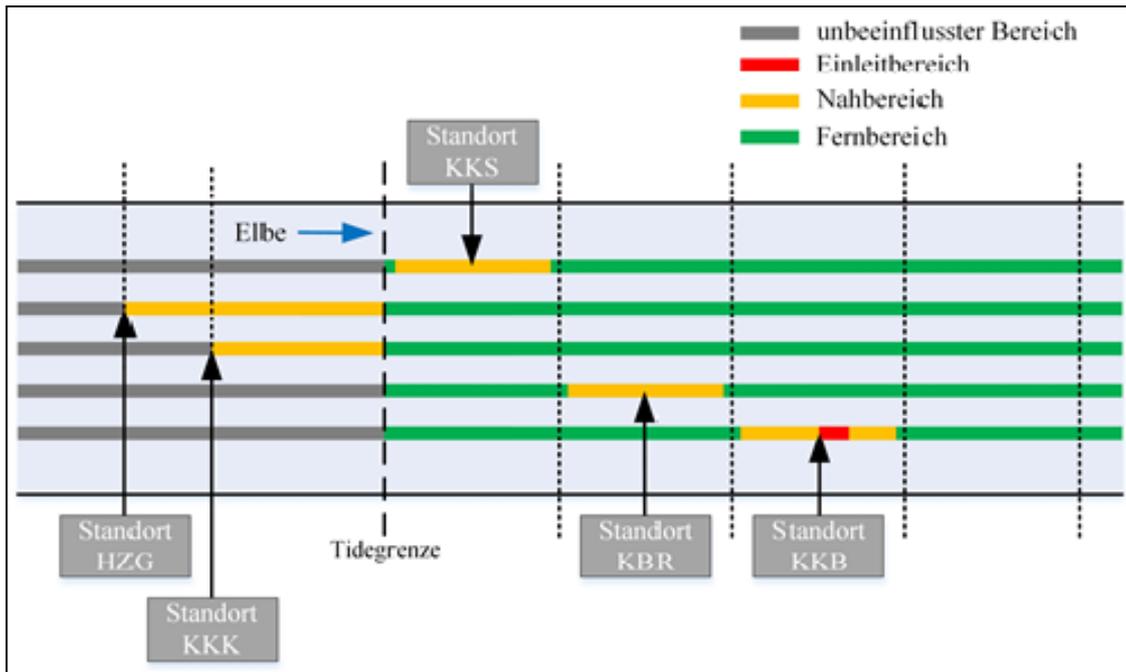


Abbildung 2-1: Schematische Darstellung der verschiedenen Entfernungsbereiche und deren Überschneidungsbereiche bezüglich der betrachteten Einleiter

2.3. Vermischungswassermengen

2.3.1. Vorbetrachtungen

Während in größerer Entfernung von der Einleitstelle (d. h. im Fernbereich) von einer vollständigen Durchmischung der eingeleiteten Abwässer mit dem Wasser des Vorfluters ausgegangen werden kann, hängt hingegen die Vermischungswassermenge in der näheren Umgebung der Einleitstelle (d. h. im Einleit- bzw. Nahbereich) allgemein stark von den örtlichen Gegebenheiten und insbesondere den Einleitungsbedingungen ab.

Bei Einleitungen bzw. Einwirkungsstellen unterhalb der Tidegrenze ist zu beachten, dass bei vollständiger Durchmischung gemäß der AVV nicht die gesamte vorbeiflutende Wassermenge als Vermischungswassermenge in Ansatz gebracht werden darf, sondern nur der jeweils anfallende mittlere Oberwasserzufluss. Im hier vorliegenden Fall bedeutet dies, dass bei angenommener vollständiger Durchmischung im Bereich der Tideelbe als Vermischungswassermenge Q_V die in der nachfolgenden 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] anzusetzen sind.

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

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

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

2.3.2. Vermischungswassermengen für Ableitungen des KKB

Das KKB beabsichtigt, zukünftig am Standort anfallende radioaktive Abwässer zunächst im sogenannten TR-Abgabebehälter zu sammeln und abhängig vom Füllstand des Behälters chargenweise über eine neu geplante, im Entnahmekanal verlegte und über das Entnahmebauwerk herausgeführte TR-Abgabeleitung in die Elbe einzuleiten. Insgesamt sollen auf diese Weise maximal 12.000 m³/a radioaktiv kontaminierte Abwässer abgeleitet werden. Der Austrittspunkt der Abgabeleitung soll nach derzeitigem Planungsstand mindestens 40 m über die anlagenseitige Tiefenlinie des Vorfluters von 4 m (gemäß 55. Peilung vom 08.04.2016 durch das Vermessungsbüro Hanack und Partner) hinausgehen und mehr als 1 m über Grund liegen. Ab dieser Linie kann über den gesamten anlagenseitigen Uferbereich bis zur Fahrrinne eine mittlere Wassertiefe von mindestens 4,0 m und eine mittlere Fließgeschwindigkeit der Elbe von mindestens 0,25 m/s angenommen werden [KKB 16].

Ausgehend vom derzeitigen Kenntnisstand wurden bei der Berechnung der im Einleitbereich und im Nahbereich des KKB für die betrachteten limnischen und marinen Referenzorganismen resultierenden potenziellen Strahlenexposition infolge der Einleitung radioaktiver Abwässer der Anlage über die geplante TR-Leitung folgende Annahmen und Randbedingungen unterstellt:

- 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 limnischer oder mariner Organismen sein wird.
- Die Abgabe der maximal 12.000 m³/a radioaktiv kontaminierten Abwässer des KKB erfolgt diskontinuierlich, aber dennoch zeitlich gleichmäßig über das gesamte Jahr verteilt, bei ablaufender Tide.
- Die Abgabe erfolgt periodisch chargenweise mit einem zeitlichen Abstand von durchschnittlich 3 Tidedauern (ca. 37,2 Stunden) entsprechend einer mittleren Abgabemenge von ca. 51 m³ pro Charge.
- Die Abgabe der einzelnen Chargen erfolgt jeweils etwa 1 Stunde nach dem Flutstromkenterpunkt und gleichmäßig verteilt über eine Zeitdauer von ca. 1,5 Stunden.
- Der Abstand des Austrittspunkts der geplanten TR-Leitung vom Ufer beträgt mindestens 40 m über die anlagenseitige Tiefenlinie der Elbe von 4 m hinausgehend.
- Im Einleitbereich des KKB erfolgt durch die konstruktive Gestaltung des Austrittspunkts der geplanten TR-Leitung bereits in unmittelbarer Nähe der Einleitstelle eine relativ schnelle anfängliche Vermischung der abgeleiteten Abwässer.

- Im Einleitbereich des KKB wird die Querschnittsbreite b_E des angenommenen Vermischungstreifens mit 5,0 m und die Querschnittshöhe h_E mit 2 m angesetzt. Die mittlere Fließgeschwindigkeit v_E des Vorfluters in diesem Bereich beträgt während der Ableitung mindestens 0,25 m/s.
- Für den Einleitbereich des KKB ergibt sich gemäß der Beziehung $Q_{V,E} = v_E \cdot h_E \cdot b_E$ eine Vermischungswassermenge von ca. 2,5 m³/s (= 0,25 m/s · 2 m · 5 m) oder etwa 0,35 % des im Bereich der Tideelbe als Oberwasserzufluss angesetzten mittleren Abflusses der Elbe am Pegel Neu Darchau im Abflussjahr bzw. 0,45 % im Sommerhalbjahr (vgl. Tabelle 2-1).
- Im Nahbereich KKB ist wegen der Entfernung des vorgesehenen Einleitpunktes vom Elbufer eine deutliche Verbreiterung der Abwasserfahne – und damit eine deutliche Vermischung der abgeleiteten Abwässer mit dem Elbwasser – bis zum Erreichen des Elbufers und damit ufernaher Einwirkungsstellen zu erwarten.
- Im Nahbereich des KKB wird die Querschnittsbreite b_N des angenommenen Vermischungstreifens mit 80,0 m (= 2 · 40 m) – entsprechend dem 2-fachen Abstand des Rohraustrittspunktes von der anlagenseitigen 4m-Tiefenlinie der Elbe – und die Querschnittshöhe h_N mit 4 m angesetzt. Die mittlere Fließgeschwindigkeit v_N des Vorfluters in diesem Bereich beträgt während der Ableitung mindestens 0,25 m/s.
- Für den Nahbereich des KKB ergibt sich gemäß der Beziehung $Q_{V,N} = v_N \cdot h_N \cdot b_N$ eine Vermischungswassermenge von ca. 80,0 m³/s (= 0,25 m/s · 4 m · 80 m) oder etwa 11,3 % des im Bereich der Tideelbe als Oberwasserzufluss angesetzten mittleren Abflusses der Elbe am Pegel Neu Darchau im Abflussjahr bzw. 14,4 % im Sommerhalbjahr (vgl. Tabelle 2-1).

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

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

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

Einleiter	Vermischungswassermenge Q_V			
	Abflussjahr		Sommerhalbjahr	
	Einleitbereich ¹⁾	Nahbereich	Einleitbereich	Nahbereich
KKB	2,5 m ³ /s	80,0 m ³ /s	2,5 m ³ /s	80,0 m ³ /s

¹⁾ Entfernungsbereiche bezogen auf den Standort des KKB

2.3.3. Vermischungswassermengen für andere Einleiter bzw. Einleitungen

Mögliche Vorbelastungen der Elbe im hier relevanten Einleitbereich des KKB ergeben sich durch die genehmigten Ableitungen der unterhalb der Tidegrenze liegenden Kernkraftwerke Brokdorf (KBR) und Stade (KKS), ferner durch die genehmigten Ableitungen des oberhalb der Tidegrenze liegenden Kernkraftwerks Krümmel (KKK) und des ebenfalls oberhalb der Tidegrenze liegenden Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG) sowie durch die radioaktiven Einleitungen weiterer Anlagen und Einrichtungen (Krankenhäuser, Forschungsinstitute etc.), die ebenfalls mit radioaktiven Stoffen umgehen und diese ggf. direkt oder indirekt mit Wasser ableiten.

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

- Die Einleitstellen der Kernkraftwerke KBR und KKS liegen beide flussaufwärts der Einleitstelle des KKB und unterhalb der Tidegrenze der Elbe. Aufgrund des Tideeinflusses überschneiden sich die Fernbereiche dieser beiden Anlagen mit dem Einleitbereich des KKB (vgl. Abschnitt 2.2). Im Einleitbereich des KKB kann daher von einer vollständigen Durchmischung der von den Anlagen KBR und KKS abgeleiteten Abwässer mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Elbe ausgegangen werden (vgl. Abschnitt 2.1). Analoges gilt für den Nahbereich des KKB.
- Im Unterschied zu den zuvor betrachteten Anlagen befinden sich die Einleitstellen des Kernkraftwerks KKK und des Forschungszentrums HZG oberhalb der Tidegrenze der Elbe. Die Fernbereiche des KKK und des HZG überdecken den gesamten Bereich der Tideelbe und überschneiden sich somit auch mit dem Einleitbereich des KKB (vgl. Abschnitt 2.2). Im Einleitbereich des KKB kann folglich ebenfalls eine vollständige Durchmischung der von den Anlagen KKK und des HZG abgeleiteten Abwässer mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Elbe unterstellt werden (vgl. Abschnitt 2.1). Analoges gilt für den Nahbereich des KKB.
- Aufgrund der relativ langen Fließzeiten der Elbe im Einwirkungsbereich der radioaktiven Einleitungen des KKB infolge des Tideeinflusses wird als zu berücksichtigendes Einzugsgebiet für die ersatzweise – anstelle weiterer, nicht explizit angegebener Anlagen und Einrichtungen – betrachteten Patientenausscheidungen das gesamte Einzugsgebiet der Tideelbe unterstellt. Der Eintrag der Patientenausscheidungen erfolgt diffus über das gesamte Einzugsgebiet der Tideelbe und vermischt sich vollständig mit dem Oberwasserzufluss der Elbe.

Die nachfolgende Tabelle 2-3 fasst die hier unterstellten Vermischungswassermengen für die Aktivitätsabgaben der zu den möglichen Vorbelastungen der Elbe im Einleit- und im Nahbereich des KKB beitragenden sonstigen Einleiter bzw. Einleitungen zusammen. Bei unterstellter vollständiger Vermischung im Bereich der Tideelbe wurden als Vermischungswassermengen die in Tabelle 2-2 angegebenen Langzeitmittelwerte (Zeitraum 1926 bis 2008) für den Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau bei Flusskilometer 536,4 oberhalb der Tidegrenze nach [DGJ 08] in Ansatz gebracht.

Tabelle 2-3: Vermischungswassermengen bezüglich der Aktivitätsabgaben der sonstigen Einleiter bzw. Einleitungen in Abhängigkeit von den relevanten Entfernungsbereichen des KKB

Einleiter	Vermischungswassermenge Q_V			
	Abflussjahr		Sommerhalbjahr	
	Einleitbereich ¹⁾	Nahbereich	Einleitbereich	Nahbereich
KBR (KBR Fernbereich)	709,0 m ³ /s	709,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s
KKS (KKS Fernbereich)	709,0 m ³ /s	709,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s
KKK (Bereich Tideelbe)	709,0 m ³ /s	709,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s
HZG (Bereich Tideelbe)	709,0 m ³ /s	709,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s	556,0 m ³ /s
PA (Bereich Tideelbe)	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 KKB

3. AKTIVITÄTSABGABEN MIT WASSER

3.1. Aktivitätsabgaben des KKB

Wie einleitend in Abschnitt 1 bereits erwähnt, sollen nach den Planungen des KKB die früheren Genehmigungswerte der Anlage im Leistungsbetrieb für die radioaktiven Ableitungen mit Wasser zunächst auch zukünftig für die Ableitung anfallender radioaktiver Abwässer im Restbetrieb über die geplante TR–Abgabeleitung unverändert fortgelten. Demnach dürfen gemäß [KKB 16] die zulässigen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KKB im Restbetrieb bei der geplanten Rohreinleitung die in Tabelle 3-1 angegebenen Jahreshöchstwerte (Genehmigungswerte) für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch nicht überschreiten.

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

Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KKB im Restbetrieb	
Tritium H-3	3,70·10 ¹³ Bq/a
Nuklidgemisch ohne H-3	1,85·10 ¹¹ Bq/a

Bei Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren kann für den bestimmungsgemäßen Leistungsbetrieb zur Berechnung der resultierenden potenziellen Strahlenexposition von Referenzpersonen der allgemeinen Bevölkerung über den Wasserpfad für das abgeleitete Radionuklidgemisch ohne Tritium das in der AVV vorgegebene Modellgemisch (MG) angesetzt werden [AVV 12]. Die Anwendung dieses Modellgemisches ergibt eine konservative Abschätzung der Strahlenexposition, verglichen mit der durch reale Ableitungen über den Wasserpfad verursachten Strahlenexposition [BMU 92]. Die entsprechenden nuklidspezifischen Höchstwerte für den Leistungsbetrieb des KKB sind nachfolgend in Tabelle 3-2 durch den Nuklidvektor BS–NV1 gegeben. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann davon ausgegangen werden, dass dieser Nuklidvektor entsprechend auch zur Abschätzung der Strahlenexposition der umgebenden Flora und Fauna verwendet werden kann.

Zur „konservativ-abdeckenden“ Berechnung der potenziellen Strahlenexposition der hier betrachteten limnischen und marinen Referenzorganismen aufgrund der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb wird der in Tabelle 3-2 angegebene Nuklidvektor BS–NV2 zugrunde gelegt. Dieser Nuklidvektor ergibt sich unter der Annahme einer Abklingzeit von mindestens 0,5 Jahren

unmittelbar aus dem zugehörigen Modellgemisch der AVV (Nuklidvektor BS–NV1) für den Leistungsbetrieb, wobei pessimistisch der jeweils verbleibende und vergleichsweise schnell abklingende Restanteil an Co-58 vollständig dem Anteil an Co-60 hinzugeschlagen wurde. Der daraus resultierende Nuklidvektor wurde anschließend um einen durch das Radionuklid Am-241 repräsentierten Actinoidenanteil von 3 % ergänzt. Die Ergänzung eines Actinoidenanteils berücksichtigt den Umstand, dass sich infolge der Rückbauarbeiten (Zerlegung, Dekontamination etc.) sowie aufgrund längerer Abklingvorgänge der relative Anteil mit Wasser freisetzbarer Actinoide im Anlagennuklidvektor erhöhen könnte und eine Ableitung dieser Nuklide mit dem Abwasser des KKB 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 Anteil an Alpha-Strahlern (vgl. [DIN 12], Tabelle B.1).

Eine entsprechend „realistisch-abdeckende“ Abschätzung der resultierenden potenziellen Strahlenexposition der umgebenden Flora und Fauna erfolgt auf Basis des ebenfalls in Tabelle 3-2 dargestellten Nuklidvektors DIN–NV5. Dieser Nuklidvektor basiert auf dem in [DIN 12], Tabelle B.1 als Beispiel für eine Kontamination mit geringfügigem Alpha-Anteil (3 % Pu-241, 1 % Am-241) angegebenen Nuklidvektor NV5. Da nach derzeitigem Kenntnisstand davon ausgegangen werden kann, dass die zukünftig anfallenden radioaktiven Abwässer des KKB im Restbetrieb keine radiologisch signifikanten Anteile an Alpha-Strahlern enthalten werden, wurde der Anteil an Pu-241 vollständig dem Anteil an Co-60 hinzugeschlagen, der sich dadurch auf insgesamt 7 % erhöht. Hingegen wurde pessimistisch der Anteil an Am-241 unverändert übernommen.

Tabelle 3-2: Nuklidspezifische Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit Wasser für das KKB im Leistungsbetrieb und im Restbetrieb

Nuklidspezifische Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben mit Wasser für das KKB im Leistungsbetrieb (Nuklidvektor BS–NV1) und im Restbetrieb (Nuklidvektoren BS–NV2 und DIN–NV5)						
Nuklid	KKB Nuklidvektor BS–NV1 (Leistungsbetrieb - konservativ)		KKB Nuklidvektor BS–NV2 (Restbetrieb - konservativ)		KKB Nuklidvektor DIN–NV5 (Restbetrieb - realistisch)	
	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil
Tritiumfreies Nuklidgemisch						
Fe-55	-	-	-	-	9,250·10 ⁰⁹	5,0%
Co-58	3,515·10 ¹⁰	19,0 %	-	-	-	-
Co-60	3,700·10 ¹⁰	20,0 %	5,735·10 ¹⁰	31,0 %	1,295·10 ¹⁰	7,0%
Ni-63	-	-	-	-	5,365·10 ¹⁰	29,0%
Zn-65	-	-	-	-	-	-
Sr-89	-	-	-	-	-	-
Sr-90	1,850·10 ⁰⁹	1,0 %	3,700·10 ⁰⁹	2,0 %	7,400·10 ⁰⁹	4,0%
Sb-125	-	-	-	-	-	-
I-131	1,850·10 ¹⁰	10,0 %	-	-	-	-
Cs-134	3,700·10 ¹⁰	20,0 %	4,255·10 ¹⁰	23,0 %	-	-
Cs-137	5,550·10 ¹⁰	30,0 %	7,585·10 ¹⁰	41,0 %	9,990·10 ¹⁰	54,0%
Am-241	-	-	5,550·10 ⁰⁹	3,0 %	1,850·10 ⁰⁹	1,0%
Summe	1,850·10 ¹¹	100,0 %	1,850·10 ¹¹	100,0 %	1,850·10 ¹¹	100,0 %
Tritium						
H-3	3,700·10 ¹³	100,0 %	3,700·10 ¹³	100,0 %	3,700·10 ¹³	100,0 %

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

3.2. Aktivitätsabgaben anderer Einleiter bzw. Einleitungen

Mögliche Vorbelastungen der Tideelbe im Einleitbereich des KKB ergeben sich – wie bereits in Abschnitt 2.3.3 erläutert – durch die genehmigten Ableitungen der Kernkraftwerke KBR, KKS und KKK sowie des Forschungszentrums HZG. Die Abschätzung der potenziellen Strahlenexposition der betrachteten limnischen und marinen Referenzorganismen durch diese Anlagen und Einrichtungen erfolgte im Rahmen dieses Berichts ausgehend von den jeweils geltenden Genehmigungswerten für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. Hinzu kommen Ableitungen aus weiteren Einrichtungen und Anlagen (Krankenhäuser, Forschungsinstitute etc.), die ebenfalls mit radioaktiven Stoffen umgehen und diese ggf. direkt oder indirekt mit Wasser ableiten. Die Abschätzung der möglichen Vorbelastungen erfolgte in diesem Fall nicht explizit, sondern ersatzweise durch die Abschätzung der potenziellen Strahlenexposition infolge von Patientenausscheidungen (PA) gemäß der Empfehlung [SSK 04] der Strahlenschutzkommission.

Das Kernkraftwerk Brokdorf liegt flussaufwärts der Einleitstelle des KKB am rechten Ufer der Tideelbe und befindet sich im Leistungsbetrieb. Die vom KBR abgeleiteten radioaktiven Stoffe können folglich zu potenziellen Vorbelastungen im gesamten Bereich der Tideelbe und somit im Einleitbereich des KKB führen (vgl. Abschnitt 2.3.3). Die Berechnung der möglichen Vorbelastungen durch das KBR erfolgte im Rahmen dieses Berichts konservativ für den Restbetrieb der Anlage unter der Annahme fortgeltender Genehmigungswerte für den Leistungsbetrieb [KKB 16]. Die für Tritium und für das tritiumfreie Radionuklidgemisch unterstellten nuklidspezifischen Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben des KBR wurden entsprechend des in Abschnitt 3.1 – zur radiologischen Charakterisierung des im Restbetrieb eines Kernkraftwerks mit dem Abwasser abgeleiteten Nuklidgemischs – definierten Nuklidvektors BS–NV2 festgelegt und sind in der nachfolgenden Tabelle 3-3 zusammen mit den zugrunde gelegten Genehmigungswerten des KBR (in der Tabelle farblich grün hinterlegt) aufgelistet.

Das Kernkraftwerk Stade liegt flussaufwärts der Einleitstelle des KKB am linken Ufer der Tideelbe und befindet sich im Restbetrieb. Die anfallenden radioaktiven Betriebsabwässer des KKS werden über eine Rohrleitung in die Elbe eingeleitet und können daher ebenfalls zu potenziellen Vorbelastungen im gesamten Bereich der Tideelbe und somit auch im Einleitbereich des KKB führen (vgl. Abschnitt 2.3.3). Ausgehend von den Genehmigungswerten und einer unterstellten konservativ-abdeckenden Nuklidverteilung für die abgeleiteten radioaktiven Abwässer des KKS während des Rückbaus wurden die in Tabelle 3-3 zusammengefassten nuklidspezifischen Höchstwerte für die jährlichen wassergetragenen Aktivitätsabgaben der Anlage ermittelt und bei den hier durchgeführten Dosisberechnungen zugrunde gelegt [KKB 16]. Die Genehmigungswerte des KKS sind in der Tabelle farblich grün hinterlegt.

Das Kernkraftwerk Krümmel liegt oberhalb der Tidegrenze der Elbe, die als Vorfluter für die radioaktiven Abwässer der Anlage genutzt wird, und befindet sich derzeit im Stillstandsbetrieb. Entsprechend der Lage des Standorts resultieren durch die abgeleiteten radioaktiven Abwässer des KKK potenzielle Vorbelastungen im gesamten Bereich der Tideelbe, also auch im Einleitbereich des KKB. Entsprechend der Vorgehensweise beim KKB und beim KBR erfolgte die Ermittlung der potenziellen Vorbelastungen der Tideelbe durch das KKK konservativ für den Restbetrieb der Anlage unter der Annahme fortgeltender Genehmigungswerte für den Leistungsbetrieb [KKB 16]. Die angesetzten nuklidspezifischen Höchstwerte der jährlichen Aktivitätsabgaben des KKK für Tritium und für das

tritiumfreie Radionuklidgemisch wurden entsprechend des in Abschnitt 3.1 definierten Nuklidvektors BS-NV2 festgelegt und sind in der Tabelle 3-3 zusammen mit den zugrunde gelegten Genehmigungswerten des KKK (in der Tabelle farblich grün hinterlegt) angegeben.

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

Nuklidspezifische Höchstwerte für die jährlichen Aktivitätsabgaben mit Wasser sonstiger, zur Vorbelastung der Tidelbe beitragender Einleiter oder Einleitungen						
Nuklid	KBR (Restbetrieb BS-NV2)		KKS (Restbetrieb)		KKK (Restbetrieb BS-NV2)	
	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil
Tritiumfreies Nuklidgemisch						
Fe-55	-	-	-	-	-	-
Co-58	-	-	-	-	-	-
Co-60	1,721·10 ¹⁰	31,0%	4,496·10 ⁰⁸	24,3%	1,550·10 ¹⁰	31,0%
Ni-63	-	-	-	-	-	-
Zn-65	-	-	-	-	-	-
Sr-89	-	-	-	-	-	-
Sr-90	1,110·10 ⁰⁹	2,0%	1,998·10 ⁰⁸	10,8%	1,000·10 ⁰⁹	2,0%
Sb-125	-	-	-	-	-	-
I-131	-	-	-	-	-	-
Cs-134	1,277·10 ¹⁰	23,0%	4,496·10 ⁰⁸	24,3%	1,150·10 ¹⁰	23,0%
Cs-137	2,276·10 ¹⁰	41,0%	7,511·10 ⁰⁸	40,6%	2,050·10 ¹⁰	41,0%
Am-241	1,665·10 ⁰⁹	3,0%	-	-	1,500·10 ⁰⁹	3,0%
Summe	5,550·10¹⁰	100,0%	1,850·10⁰⁹	100,0%	5,000·10¹⁰	100,0%
Tritium						
H-3	3,500·10 ¹³	100,0%	3,500·10 ¹²	100,0%	1,850·10 ¹³	100,0%
Nuklid	HZG (Nuklidvektor 2011 - 2013)		PA (gemäß [SSK 04])			
	Abgabe [Bq/a]	Anteil	Abgabe [Bq/a]	Anteil		
Tritiumfreies Nuklidgemisch						
Fe-55	-	-	-	-		
Co-58	-	-	-	-		
Co-60	5,940·10 ⁰⁸	29,7%	-	-		
Ni-63	-	-	-	-		
Zn-65	6,200·10 ⁰⁷	3,1%	-	-		
Sr-89	1,800·10 ⁰⁷	0,9%	-	-		
Sr-90	1,040·10 ⁰⁸	5,2%	-	-		
Sb-125	2,800·10 ⁰⁷	1,4%	-	-		
I-131	-	-	1,508·10 ¹¹	100,0%		
Cs-134	1,800·10 ⁰⁷	0,9%	-	-		
Cs-137	1,176·10 ⁰⁹	58,8%	-	-		
Am-241	-	-	-	-		
Summe	2,000·10⁰⁹	100,0%	1,508·10¹¹	100,0%		
Tritium						
H-3	4,000·10 ¹⁰	100,0 %	-	-		

Bemerkung: Genehmigungswerte sind in der Tabelle farblich grün hinterlegt

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

Zur Abschätzung möglicher Vorbelastungen der Tideelbe durch Einleitungen weiterer, nicht explizit betrachteter Anlagen und Einrichtungen wie Krankenhäuser, Forschungsinstitute etc. wird im Rahmen dieses Berichts ersatzweise die potenzielle Strahlenexposition durch Radionuklid Ausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin (PA) entsprechend der Empfehlung [SSK 04] der Strahlenschutzkommission berechnet (vgl. Abschnitt 2.3.3). Nach dieser Empfehlung ist zur Ermittlung der Vorbelastungen durch Patientenausscheidungen von der Anzahl der im relevanten Einzugsgebiet des betrachteten Vorfluters lebenden Menschen sowie von einem Eintrag von 40 kBq I 131 pro Einwohner und Jahr auszugehen. Aufgrund der relativ langen Fließzeiten der Elbe im Einwirkungsbereich der eingeleiteten Abwässer des KKB infolge des Tideeinflusses wird als zu berücksichtigendes Einzugsgebiet das der Tideelbe unterstellt. Dieses umfasst ca. 15.900 km² mit rund 3.770.000 Einwohnern (vgl. [EM 04]). Durch Patientenausscheidungen resultiert somit ein im Bereich der Tideelbe anzusetzender und in Tabelle 3-3 angegebener Gesamteintrag an I-131 von ca. $1,51 \cdot 10^{11}$ Bq/a.

4. BERECHNUNG DER POTENZIELLEN STRAHLENEXPOSITION

4.1. Erläuterungen zur Dosisberechnung

Vorbemerkungen

Artikel 65 Abs. 2 der Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates (EURATOM-Grundnormen, EUG) vom 5. Dezember 2013, die demnächst – wie zuvor bereits erwähnt – in deutsches Recht umgesetzt werden soll, enthält folgende Regelung zum Schutz der Umwelt [EU 13]:

„Die zuständige Behörde legt gegebenenfalls Ableitungswerte als Teil der Ableitungsgenehmigungen und -bedingungen für die Ableitung radioaktiver Stoffe fest [...].

Darüber hinaus tragen diese Ableitungsgenehmigungen gegebenenfalls den Ergebnissen einer allgemeinen Untersuchung auf der Grundlage international anerkannter wissenschaftlicher Empfehlungen Rechnung, wenn eine solche Untersuchung von dem Mitgliedstaat vorgeschrieben wird, damit dargelegt wird, dass die Umweltkriterien für einen langfristigen Schutz der menschlichen Gesundheit eingehalten werden. [...].“

Im Hinblick auf die Umsetzung dieser Richtlinie wurde die Strahlenschutzkommission vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) u. a. gebeten zu prüfen, in welchen Fällen die Durchführung einer „*allgemeinen Untersuchung auf der Grundlage international anerkannter wissenschaftlicher Empfehlungen*“ im Sinne einer generischen Screening-Bewertung angebracht ist und insbesondere wie ein derartiges Screening praktisch umgesetzt werden könnte. Bei der Prüfung sollten die Empfehlungen 108, 114 und 124 der Internationalen Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection, ICRP) zum Schutz der Umwelt [ICRP 08], [ICRP 09] und [ICRP 14] zugrunde gelegt werden. Außerdem sollten die Ergebnisse der Studie „Systematische Untersuchung der Exposition von Flora und Fauna bei Einhaltung der Grenzwerte der StrlSchV für den Menschen“ des Öko-Instituts e.V. und der Helmholtz Zentrums München GmbH [ÖKO 12] (kurz: Studie des Öko-Instituts) genutzt werden.

Die Ergebnisse dieser Prüfung wurden in der Empfehlung der Strahlenschutzkommission zum „Schutz der Umwelt im Strahlenschutz“ vom 1. Dezember 2016 berücksichtigt [SSK 16].

Empfehlungen der Strahlenschutzkommission

Gemäß ihrer Empfehlung [SSK 16] sieht die Strahlenschutzkommission in der Formulierung des Art. 65 der EURATOM-Grundnormen eine Forderung, auch nicht-menschliche Arten vor schädlichen Wirkungen ionisierender Strahlung zu schützen. Von diesem Sachverhalt ausgehend, empfiehlt die SSK zur praktischen Umsetzung die o. g. Empfehlungen der ICRP zugrunde zu legen. Zur Durchführung einer generischen Screening-Bewertung gemäß Art. 65 Abs. 2 der EURATOM-Grundnormen [EU 13] empfiehlt die Strahlenschutzkommission

- als Bezug für die Strahlenexposition der belebten Umwelt ausschließlich die in den Empfehlungen der ICRP aufgeführten 12 Referenztiere und -pflanzen (Reference Animals and Plants, RAPs) als Repräsentanten von Organismengruppen zu verwenden,
- die gewichtete Energiedosis als Messgröße für die Strahlenexposition von RAPs zu verwenden mit den Strahlungswichtungsfaktoren 1 für Gammastrahlung und höherenergetische Betastrahlung ($E > 10 \text{ keV}$), 3 für niederenergetische Betastrahlung ($E < 10 \text{ keV}$) und 10 für Alphastrahlung,
- ausschließlich die in den Empfehlungen der ICRP betrachteten 75 Radionuklide zu berücksichtigen sowie die für diese Radionuklide angegebenen Dosiskonversionsfaktoren und die für die zugehörigen chemischen Elemente aufgeführten Konzentrationsverhältnisse anzuwenden,
- als Maßstab zur Bewertung von Strahlenexpositionen der RAPs die jeweils zugeordneten DCRL-Bereiche (derived consideration reference level) gemäß den Empfehlungen der ICRP zu verwenden und diese im Sinne von Geringfügigkeitsschwellen im Hinblick auf die Wirkung ionisierender Strahlung auf Populationen zu interpretieren,
- bei Strahlenexpositionen aller für eine Expositionssituation relevanten RAPs unterhalb der oberen Werte der jeweiligen DCRL-Bereiche davon auszugehen, dass die Einhaltung der Schutzziele, inklusive der Erhaltung der Arten und der Bewahrung der biologischen Vielfalt, gewährleistet sind.

Im Zusammenhang mit der Ableitung von Radionukliden mit dem Abwasser aus Tätigkeiten gemäß § 2 Abs. 1 StrlSchV (wie beispielsweise die Stilllegung und der Abbau eines Kernkraftwerks) ist der Schutz von Tieren und Pflanzen nach Auffassung der SSK gewährleistet, wenn die Dosisgrenzwerte gemäß § 47 Abs. 1 StrlSchV für Referenzpersonen der Bevölkerung eingehalten werden und zum Nachweis der Einhaltung die AVV zu § 47 StrlSchV angewendet wurde. Eine Einzelfallbetrachtung zur Strahlenexposition nicht menschlicher Arten ist nach Meinung der SSK für derartige Fälle nicht erforderlich.

Studie des Öko-Instituts

In der Strahlenschutzverordnung [SSV 17] werden zwar Grenzwerte für die Dosis von Referenzpersonen der allgemeinen Bevölkerung infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser festlegt (vgl. § 47 Abs. 1 StrlSchV), aber keine speziellen Schutzstandards für die Umwelt. Daher sollte im Rahmen der Studie des Öko-Instituts [ÖKO 12] insbesondere überprüft werden, ob durch die Anwendung der AVV zu § 47 StrlSchV [AVV 12] zum Nachweis der Einhaltung der Dosisgrenzwerte für Referenzpersonen der Bevölkerung auch bereits Flora und Fauna angemessen geschützt sind.

Bei dieser Überprüfung waren die folgenden Randbedingungen vorgegeben:

- Berücksichtigung aller 750 Radionuklide der Anlage VII Teil D StrlSchV [SSV 17],
- Berücksichtigung von Referenzorganismen, die in den Empfehlungen der ICRP [ICRP 08, ICRP 09, ICRP 14] sowie in den Forschungsvorhaben FASSET [LAR 04] und ERICA [LAR 08] betrachtet wurden und im Lebensraum Deutschland heimisch sind,
- Verwendung des im ERICA-Projekt [LAR 08] abgeleiteten Screening-Werts von 10 $\mu\text{Gy/h}$ als generisches Dosiskriterium für einen angemessenen Schutz von Flora und Fauna im Sinne einer „Predicted No-Effect Concentration“ bzw. „Predicted No-Effect Dose Rate“.

Neben der Auswahl eines gegenüber den Empfehlungen der ICRP deutlich erweiterten Satzes von Referenzorganismen erfolgte im Rahmen der Studie des Öko-Instituts [ÖKO 12] die Ableitung von normierten nuklidspezifischen Dosiskonversionskoeffizienten (Dose Conversion Coefficient, DCC) jeweils für die resultierende innere und äußere Strahlenexposition der betrachteten Referenzorganismen. Diese DCC beziehen sich auf eine längerfristig in der Umwelt (d. h. in Boden, Wasser und Luft) vorhandene Aktivitätskonzentration eines Radionuklids, einschließlich gegebenenfalls entstehender Tochternuklide. Gemäß den Empfehlungen der ICRP wurde bei der Berechnung der DCC für Alphastrahlung ein Strahlungswichtungsfaktor von 10, für niederenergetische Betastrahlung ein von 3 sowie für hochenergetische Betastrahlung und Gammastrahlung von 1 angesetzt.

Referenzorganismen und Dosiskriterien

In der nachfolgenden Tabelle 4-1 sind die in den Empfehlungen der ICRP und in der Studie des Öko-Instituts betrachteten limnischen und marinen Referenzorganismen zusammen mit den jeweils zugrunde gelegten Dosiskriterien angegeben. Die Dosiskriterien (Screening-Werte) zur Bewertung der resultierenden Strahlenexpositionen von Referenzorganismen sind im Fall der Empfehlungen der ICRP durch die unteren Werte der jeweils zugeordneten DCRL-Bereiche und im Fall der Studie des Öko-Instituts durch eine einheitliche generische Dosisrate von 10 $\mu\text{Gy/h}$ im Sinne einer PNEC bzw. PNEDR festgelegt.

Komplementär zum vorliegenden Bericht wurde von der Firma Elbberg GbR zusammen mit der Aquaecology GmbH & Co. KG zur zukünftig vorgesehenen Ableitung anfallender radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb über die neu geplante TR-Abgabeleitung ein gewässerökologisches Gutachten erstellt [ELB 17]. Die im Hinblick auf die dort durchgeführte Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten Gewässerflora und Gewässerfauna relevanten Referenzorganismen sind in der Tabelle 4-1 grün hinterlegt.

Tabelle 4-1: Referenzorganismen und Dosiskriterien

Referenzorganismen und Dosiskriterien			
Empfehlungen ICRP		Studie Öko-Institut	
Organismus	Dosiskriterium (DCRL-Bereich)	Organismus	Dosiskriterium (PNEC bzw. PNEDR)
Limnische Referenzorganismen			
-	-	Phytoplankton	10 µGy/h
-	-	Gefäßpflanze	10 µGy/h
-	-	Zooplankton	10 µGy/h
-	-	Libellenlarve	10 µGy/h
-	-	Schnecke	10 µGy/h
-	-	Muschel	10 µGy/h
-	-	Krebs	10 µGy/h
-	-	bentischer Fisch	10 µGy/h
Forelle	42 - 420 µGy/h	Forelle	10 µGy/h
Ente	4,2 - 42 µGy/h	Wasservogel	10 µGy/h
-	-	Bisamratte	10 µGy/h
Frosch	42 - 420 µGy/h	Amphibie	10 µGy/h
Marine Referenzorganismen			
-	-	Phytoplankton	10 µGy/h
Braunalge	42 - 420 µGy/h	Makroalge	10 µGy/h
-	-	Gefäßpflanze	10 µGy/h
-	-	Zooplankton	10 µGy/h
-	-	Wattwurm	10 µGy/h
-	-	Schnecke	10 µGy/h
Krebs	420 - 4200 µGy/h	Krebs	10 µGy/h
Plattfisch	42 - 420 µGy/h	Scholle	10 µGy/h
-	-	pelagischer Fisch	10 µGy/h
-	-	Seevogel	10 µGy/h
-	-	Schweinswal	10 µGy/h
-	-	Meeresschildkröte	10 µGy/h
-	-	Seeanemone	10 µGy/h

Vorgehensweise

Die im vorliegenden Bericht durchgeführte Bewertung der potenziellen radiologischen Auswirkungen auf die umgebende Flora und Fauna infolge der zukünftig über die neu geplante TR-Abgabeleitung vorgesehenen Ableitung anfallender radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb in die Elbe erfolgte auf Basis der Empfehlungen der SKK [SSK 16] zur Durchführung einer generischen Screening-Bewertung gemäß Art. 65 Abs. 2 der EURATOM-Grundnormen unter Einbeziehung der Ergebnisse der Studie des Öko-Instituts [ÖKO 12]. Im Hinblick auf die Erfordernisse der im Rahmen des zuvor genannten gewässerökologischen Gutachten [ELB 17] durchzuführenden Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten Gewässerflora und Gewässerfauna wurde dabei folgende Vorgehensweise angewendet:

- Betrachtung des Einleitbereichs des KKB, der hinsichtlich der resultierenden Strahlenexposition der umgebenden Flora und Fauna infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb als radiologisch abdeckend für die anderen Entfernungsbereiche (Nahbereich, Fernbereich) der Anlage erachtet wird (vgl. Abschnitt 2.2).
- Ermittlung der resultierenden potenziellen Aktivitätskonzentrationen im Einleitbereich des KKB auf Basis der abgeschätzten Vermischungswassermengen für die Ableitungen des KKB (vgl. Abschnitt 2.3.2) und für andere Einleiter bzw. Einleitungen (vgl. Abschnitt 2.3.3) sowie der unterstellten nuklidspezifischen Aktivitätsabgaben des KKB im Restbetrieb (vgl. Abschnitt 3.1) und der anderen Einleiter bzw. Einleitungen (vgl. Abschnitt 3.2).
- Abschätzung der resultierenden potenziellen Strahlenexposition durch Berechnung der resultierenden potenziellen Dosisraten für den in der Studie des Öko-Instituts [ÖKO 12] betrachteten erweiterten Satz von limnischen und marinen Referenzorganismen (vgl. Tabelle 4-1) unter Zugrundelegung der ebenfalls in dieser Studie abgeleiteten normierten nuklidspezifischen Dosiskonversionskoeffizienten.
- Bewertung der ermittelten potenziellen radiologischen Auswirkungen durch Anwendung des im ERICA-Projekt [LAR 08] abgeleiteten Screening-Werts von zusätzlich 10 $\mu\text{Gy/h}$ als generisches Dosiskriterium für einen angemessenen Schutz von Flora und Fauna im Sinne einer PNEC bzw. PNEDR entsprechend des in der Studie des Öko-Instituts [ÖKO 12] zugrunde gelegten Ansatzes.

4.2. Ergebnisse der Dosisberechnung

Die berechneten Höchstwerte der resultierenden potenziellen Dosisraten der betrachteten limnischen und marinen Referenzorganismen infolge der Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser des KKB im Restbetrieb liegen im Einleitbereich des KKB unterhalb des im Rahmen dieses Berichts (im Sinne einer „Predicted No-Effect Concentration“ bzw. „Predicted No-Effect Dose Rate“) zugrunde gelegten Screening-Wertes von 10 $\mu\text{Gy/h}$ (vgl. Abschnitt 4.1). Die ermittelten Dosisraten sind ebenfalls abdeckend für die anderen Entfernungsbereiche des KKB, d. h. für dessen Nah- und Fernbereich. Zusammenfassend kann somit davon ausgegangen werden, dass durch die zukünftige Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB über die geplante TR-Abgabeleitung keine zusätzlichen inakzeptablen radiologischen Einwirkungen auf die Flora und Fauna im Bereich der Tideelbe resultieren. Unterschieden werden dabei

- (1) die unmittelbaren, durch die Ableitung der Abwässer des KKB zum Zeitpunkt ihrer Einleitung im Einleitbereich der Anlage verursachten Expositionen (kurz: Dosisrate infolge „*Einleitung durch KKB*“), die durch die unmittelbar stattfindende Vermischung mit dem Abfluss der Elbe sowie durch die zeitlich beschränkte periodische Ableitung von im Mittel über 1,5 Stunden pro 37,2 Stunden bestimmt werden (vgl. Abschnitte 2.2 und 2.3.2),
- (2) die als Vorbelastung infolge zeitlich vorhergehender Ableitungen des KKB im Einleitbereich der Anlage aufgrund des Tideeinflusses resultierenden Expositionen (kurz: Dosisrate infolge „*Vorbelastung durch KKB*“), die konservativ durch die im Nahbereich des KKB angenommene Vermischung bestimmt werden (vgl. ebenfalls Abschnitte 2.2 und 2.3.2), sowie
- (3) die als Vorbelastung im Einleitbereich des KKB durch andere Einleiter bzw. Einleitungen aufgrund des Tideeinflusses verursachten Expositionen (kurz: Dosisrate infolge „*Vorbelastung durch andere Einleiter*“), hinsichtlich deren Ermittlung von einer vollständigen Durchmischung der jeweils abgeleiteten radioaktiven Stoffe mit dem gesamten Oberwasserzufluss der Elbe ausgegangen werden kann (vgl. Abschnitt 2.3.3).

Die Detailergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen sind im Anhang dieses Berichts in Form von ganzseitigen Tabellen dargestellt. Angegeben sind dort für die berücksichtigten limnischen und marinen Referenzorganismen jeweils die ermittelten nuklidspezifischen Dosisraten in Abhängigkeit der Nuklide der beiden betrachteten Nuklidvektoren BS-NV2 (konservativ) und DIN-NV5 (realistisch).

Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Dosisberechnungen für die betrachteten limnischen und marinen Referenzorganismen für den Einleitbereich des KKB in den Tabellen zusammengefasst. Die Dosiswerte des am stärksten exponierten Organismus sind dabei farblich hinterlegt. In Tabelle 4-2 sind Ergebnisse für den als konservativ-abdeckend unterstellten Nuklidvektor BS-NV2 und in Tabelle 4-3 für den als realistisch-abdeckend angenommenen Nuklidvektor DIN-NV5 dargestellt. Die höchsten Dosisraten ergeben sich jeweils bei dem limnischen Referenzorganismus Libellenlarve. Einschließlich aller Vorbelastungen resultiert für die Libellenlarve eine Gesamtdosisrate von 6,45 $\mu\text{Gy/h}$ im konservativen Fall (Nuklidvektor BS-NV2) bzw. von 2,98 $\mu\text{Gy/h}$ im realistischen Fall (Nuklidvektor DIN-NV2).

Tabelle 4-2: Dosisrate der betrachteten Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB unter Annahme des (konservativ-abdeckenden) Nuklidvektors BS-NV2 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb

Referenzorganismus	Dosisrate der Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [µGy/h] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)			
	Gesamt (inkl. Vorbelastungen)	Einleitung durch KKB	Vorbelastung durch KKB	Vorbelastung durch andere Einleiter
Limnische Referenzorganismen				
Phytoplankton	0,00402	0,00389	0,00012	0,00002
Gefäßpflanze	1,26102	1,22009	0,03827	0,00265
Zooplankton	0,28862	0,27866	0,00874	0,00121
Libellenlarve	6,45206	6,24326	0,19584	0,01297
Schnecke	0,27878	0,26974	0,00846	0,00058
Muschel	0,80539	0,77929	0,02444	0,00165
Krebs	1,48556	1,43723	0,04508	0,00324
bentischer Fisch	2,07275	2,00548	0,06291	0,00436
Forelle	2,17678	2,10615	0,06607	0,00457
Wasservogel	1,01085	0,97800	0,03068	0,00217
Bisamratte	3,54252	3,42770	0,10752	0,00729
Amphibie	2,10295	2,03477	0,06383	0,00436
Marine Referenzorganismen				
Phytoplankton	0,00719	0,00695	0,00022	0,00002
Makroalge	0,32701	0,31364	0,00984	0,00353
Gefäßpflanze	0,36404	0,34909	0,01095	0,00399
Zooplankton	1,15004	1,11093	0,03485	0,00426
Wattwurm	2,44257	2,36361	0,07414	0,00482
Schnecke	2,27016	2,19678	0,06891	0,00447
Krebs	0,59789	0,57855	0,01815	0,00119
Scholle	0,73253	0,70881	0,02223	0,00148
pelagischer Fisch	0,82389	0,79722	0,02501	0,00166
Seevogel	0,26770	0,25903	0,00813	0,00054
Schweinswal	0,49332	0,47736	0,01497	0,00099
Meeresschildkröte	0,61836	0,59834	0,01877	0,00125
Seeanemone	0,13848	0,13396	0,00420	0,00033

Hinweise: 1) Maximale Werte sind in der obigen Tabelle farblich hinterlegt. 2) Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Zahlenwerte in der obigen Tabelle mit 5 Nachkommastellen angegeben.

Tabelle 4-3: Dosisrate der betrachteten Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB unter Annahme des (realistisch-abdeckenden) Nuklidvektor DIN-NV5 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb

Referenzorganismus	Dosisrate der Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [$\mu\text{Gy/h}$] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)			
	Gesamt (inkl. Vorbelastungen)	Einleitung durch KKB	Vorbelastung durch KKB	Vorbelastung durch andere Einleiter
Limnische Referenzorganismen				
Phytoplankton	0,00262	0,00253	0,00008	0,00002
Gefäßpflanze	0,51071	0,49260	0,01545	0,00265
Zooplankton	0,22889	0,22075	0,00692	0,00121
Libellenlarve	2,98086	2,87763	0,09027	0,01297
Schnecke	0,20412	0,19735	0,00619	0,00058
Muschel	0,63742	0,61643	0,01934	0,00165
Krebs	1,33460	1,29087	0,04049	0,00324
bentischer Fisch	1,58417	1,53176	0,04805	0,00436
Forelle	1,72266	1,66583	0,05225	0,00457
Wasservogel	0,76210	0,73682	0,02311	0,00217
Bisamratte	2,61549	2,52887	0,07933	0,00729
Amphibie	1,87163	1,81047	0,05679	0,00436
Marine Referenzorganismen				
Phytoplankton	0,00368	0,00355	0,00011	0,00002
Makroalge	0,11976	0,11269	0,00353	0,00353
Gefäßpflanze	0,11697	0,10954	0,00344	0,00399
Zooplankton	0,38236	0,36660	0,01150	0,00426
Wattwurm	0,81135	0,78200	0,02453	0,00482
Schnecke	0,77750	0,74951	0,02351	0,00447
Krebs	0,18002	0,17339	0,00544	0,00119
Scholle	0,18457	0,17752	0,00557	0,00148
pelagischer Fisch	0,20574	0,19787	0,00621	0,00166
Seevogel	0,14737	0,14237	0,00447	0,00054
Schweinswal	0,17881	0,17241	0,00541	0,00099
Meeresschildkröte	0,27213	0,26264	0,00824	0,00125
Seeanemone	0,15477	0,14975	0,00470	0,00033

Hinweise: 1) Maximale Werte sind in der obigen Tabelle farblich hinterlegt. 2) Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Zahlenwerte in der obigen Tabelle mit 5 Nachkommastellen angegeben.

5. LITERATURVERZEICHNIS

- [AVV 12] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung (AVV) vom
28.08.2012: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe
aus Anlagen oder Einrichtungen; BAnz AT 05.09.2012 B1.
- [BMU 92] BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (HRSG.)
Modelle, Annahmen und Daten mit Erläuterungen zur Berechnung der Strahlen-
exposition bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser zum Nachweis
der Einhaltung der Dosisgrenzwerte nach § 45 StrlSchV; Veröffentlichungen der
Strahlenschutzkommission, Band 17, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1992.
- [BS 16] BRENK SYSTEMPLANUNG GMBH
Berechnung der Strahlenexposition infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit
Wasser während des Restbetriebs des Kernkraftwerks Brunsbüttel; BS-Projekt-Nr.
1401-11, Aachen, 31.05.2016.
- [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.
- [ELB 17] ELBBERG GBR UND AQUAECOLOGY GMBH & Co. KG
Kernkraftwerk Brunsbüttel – Gewässerökologisches Gutachten, Hamburg, März 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.
- [EU 13] DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION
Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates (EURATOM-Grundnormen, EUG) vom
5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor
den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung
der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und
2003/122/Euratom.

- [HZG 12] EMISSIONSÜBERWACHUNG DES HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT
Jahresbericht 2011, Geesthacht, 29. März 2012.
- [HZG 13] EMISSIONSÜBERWACHUNG DES HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT
Jahresbericht 2012, Geesthacht, 25. März 2013.
- [HZG 14] EMISSIONSÜBERWACHUNG DES HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT
Jahresbericht 2013, Geesthacht, 20. März 2014.
- [ICRP 08] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP)
Environmental protection: The concept and use of reference animals and plants. ICRP
Publication 108. Annals of the ICRP 38(4–6), 2008.
- [ICRP 09] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP)
Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants.
ICRP Publication 114. Annals of the ICRP 39 (6), 2009.
- [ICRP 14] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP)
Protection of the Environment under Different Exposure Situations. ICRP Publication
124. Annals of the ICRP 43 (1), 2014.
- [KKB 16] KERNKRAFTWERK BRUNSBÜTTEL GMBH & CO. OHG
Eingangsdaten für die Berechnung der Strahlenexposition von Flora und Fauna über
den Wasserpfad infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser während des
Restbetriebs des Kernkraftwerks Brunsbüttel, Brunsbüttel, 2016.
- [LAR 04] LARSSON C. M.
The FASSET framework for assessment of environmental impact of ionizing radiation
in European ecosystems - an overview; Journal of Radiological Protection 24: A1–A12
(2004).
- [LAR 08] LARSSON C. M.
An overview of the ERICA integrated approach to the assessment and management of
environmental risks from ionizing contaminants; Journal of Environmental
Radioactivity 99: 1364–1370 (2008).
- [ÖKO 12] ÖKO-INSTITUT E. V. UND HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN GMBH
Systematische Untersuchung der Exposition von Flora und Fauna bei Einhaltung der
Grenzwerte der StrlSchV für den Menschen - Abschlussbericht FKZ 3609S70006.
Veröffentlich in: Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum
Strahlenschutz, BfS-RESFOR-62/12, urn:nbn:de:0021-201203227814, Bundesamt für
Strahlenschutz, Salzgitter, März 2012.
- [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.

- [SSK 16] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION
Schutz der Umwelt im Strahlenschutz; Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 286. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 01. Dezember 2016.
- [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).

6. ANHANG

Gesamtdosisraten durch die Ableitungen des KKB inkl. aller Vorbelastungen

- Tabelle A1-1: Gesamtdosisrate limnischer Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb.
- Tabelle A1-2: Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb.
- Tabelle A2-1: Gesamtdosisrate limnischer Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb.
- Tabelle A2-2: Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb.

Konservativ-abdeckende Dosisraten durch die Ableitungen des KKB

- Tabelle A3-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2.
- Tabelle A3-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2.
- Tabelle A4-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2.
- Tabelle A4-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2.

Realistisch-abdeckende Dosisraten durch die Ableitungen des KKB

Tabelle A5-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5.

Tabelle A5-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5.

Tabelle A6-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5.

Tabelle A6-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5.

Dosisraten durch andere Einleiter bzw. Einleitungen

Tabelle A7-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge von Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen.

Tabelle A7-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge von Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen.

Tabelle A1-1: Gesamtdosisrate limnischer Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb

Nuklid	Gesamtdosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Gefäßpflanze		Zooplankton		Libellenlarve	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,40E-02	0,00E+00	7,51E-06	0,00E+00	5,48E-07	0,00E+00	1,02E-09
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	5,83E-07	9,89E-03	1,10E+00	9,51E-03	2,20E-01	9,51E-03	3,39E+00	9,51E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	8,29E-09	0,00E+00	8,15E-09	0,00E+00	8,18E-09	0,00E+00	8,18E-09
Sr-89	2,89E-14	2,37E-09	2,94E-07	1,19E-09	3,17E-08	1,85E-09	1,73E-07	1,50E-09
Sr-90	3,55E-09	2,74E-04	2,99E-02	1,54E-04	3,58E-03	2,14E-04	1,74E-02	1,86E-04
Sb-125	3,46E-13	3,53E-09	9,91E-07	2,87E-09	4,59E-08	2,91E-09	1,63E-07	2,84E-09
I-131	1,65E-08	1,96E-05	1,46E-03	1,48E-05	5,57E-03	1,53E-05	2,09E-03	1,44E-05
Cs-134	2,16E-06	4,83E-03	3,97E-01	4,48E-03	4,36E-01	4,55E-03	3,67E+00	4,48E-03
Cs-137	5,08E-06	4,07E-03	9,90E-01	3,22E-03	1,04E+00	3,41E-03	8,88E+00	3,22E-03
Am-241	1,66E-04	2,04E-03	8,51E+00	1,16E-05	8,11E-01	1,18E-05	4,05E+01	1,16E-05
Gesamt	3,53E-02 mGy/a		1,10E+01 mGy/a		2,53E+00 mGy/a		5,65E+01 mGy/a	
	9,66E-05 mGy/d		3,03E-02 mGy/d		6,93E-03 mGy/d		1,55E-01 mGy/d	
	4,02E-03 µGy/h		1,26E+00 µGy/h		2,89E-01 µGy/h		6,45E+00 µGy/h	
Nuklid	Schnecke		Muschel		Krebs		bentischer Fisch	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	6,30E-09	0,00E+00	2,03E-10	0,00E+00	1,06E-09	0,00E+00	1,56E-09
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	4,50E-01	9,06E-03	1,66E+00	9,36E-03	5,04E-01	9,51E-03	6,49E-01	8,39E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	7,74E-09	0,00E+00	8,01E-09	0,00E+00	8,18E-09	0,00E+00	7,15E-09
Sr-89	6,07E-07	1,24E-10	5,55E-07	3,19E-10	1,65E-07	1,54E-09	3,95E-08	5,05E-11
Sr-90	6,84E-02	2,05E-05	5,99E-02	5,12E-05	1,68E-02	1,89E-04	4,50E-03	8,99E-06
Sb-125	2,26E-07	2,58E-09	1,96E-07	2,70E-09	1,61E-07	2,86E-09	3,47E-07	2,33E-09
I-131	1,82E-04	1,23E-05	1,67E-04	1,29E-05	2,05E-03	1,45E-05	1,52E-03	1,12E-05
Cs-134	3,19E-01	4,13E-03	1,49E+00	4,30E-03	3,60E+00	4,48E-03	6,55E+00	3,79E-03
Cs-137	6,35E-01	2,69E-03	3,47E+00	2,83E-03	8,68E+00	3,23E-03	1,02E+01	2,45E-03
Am-241	9,54E-01	8,70E-06	3,65E-01	1,00E-05	1,97E-01	1,17E-05	7,11E-01	6,81E-06
Gesamt	2,44E+00 mGy/a		7,06E+00 mGy/a		1,30E+01 mGy/a		1,82E+01 mGy/a	
	6,69E-03 mGy/d		1,93E-02 mGy/d		3,57E-02 mGy/d		4,97E-02 mGy/d	
	2,79E-01 µGy/h		8,05E-01 µGy/h		1,49E+00 µGy/h		2,07E+00 µGy/h	

Tabelle A1-2: Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb

Nuklid	Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Makroalge		Gefäßpflanze		Zooplankton	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,40E-02	0,00E+00	9,31E-08	0,00E+00	1,12E-08	0,00E+00	6,88E-10
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	6,06E-05	9,89E-03	9,42E-01	9,44E-03	1,41E+00	9,21E-03	1,77E+00	9,51E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	8,29E-09	0,00E+00	8,07E-09	0,00E+00	7,88E-09	0,00E+00	8,15E-09
Sr-89	5,59E-12	2,38E-09	7,36E-08	6,23E-10	9,23E-08	1,75E-10	5,89E-09	1,09E-09
Sr-90	6,73E-07	2,74E-04	7,94E-03	8,46E-05	1,03E-02	2,89E-05	5,66E-04	1,51E-04
Sb-125	3,85E-11	3,53E-09	1,23E-07	2,76E-09	1,41E-07	2,64E-09	9,45E-07	2,81E-09
I-131	2,38E-07	1,96E-05	2,53E-02	1,34E-05	2,87E-02	1,26E-05	1,76E-02	1,38E-05
Cs-134	2,07E-06	4,83E-03	5,55E-02	4,37E-03	1,35E-02	4,21E-03	4,52E-02	4,42E-03
Cs-137	4,89E-06	4,07E-03	1,34E-01	2,96E-03	2,90E-02	2,75E-03	1,12E-01	3,06E-03
Am-241	2,78E-02	2,04E-03	1,68E+00	1,07E-05	1,68E+00	9,20E-06	8,11E+00	1,12E-05
Gesamt	6,30E-02 mGy/a		2,86E+00 mGy/a		3,19E+00 mGy/a		1,01E+01 mGy/a	
	1,73E-04 mGy/d		7,85E-03 mGy/d		8,74E-03 mGy/d		2,76E-02 mGy/d	
	7,19E-03 µGy/h		3,27E-01 µGy/h		3,64E-01 µGy/h		1,15E+00 µGy/h	
Nuklid	Wattwurm		Schnecke		Krebs		Scholle	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,22E-08	0,00E+00	1,22E-08	0,00E+00	3,14E-11	0,00E+00	3,33E-09
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	4,62E+00	9,29E-03	3,28E+00	9,21E-03	2,47E+00	8,46E-03	6,08E+00	8,76E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	7,99E-09	0,00E+00	7,90E-09	0,00E+00	7,24E-09	0,00E+00	7,51E-09
Sr-89	9,72E-10	3,08E-10	2,61E-07	1,96E-10	3,01E-08	5,89E-11	5,22E-08	1,05E-10
Sr-90	1,07E-04	4,61E-05	2,90E-02	3,22E-05	3,43E-03	9,81E-06	5,82E-03	2,08E-05
Sb-125	1,16E-06	2,69E-09	4,62E-07	2,65E-09	1,62E-06	2,37E-09	2,41E-07	2,48E-09
I-131	9,42E-05	1,29E-05	9,72E-05	1,27E-05	2,96E-05	1,14E-05	2,80E-05	1,19E-05
Cs-134	9,85E-02	4,28E-03	3,96E-02	4,23E-03	4,03E-02	3,85E-03	7,17E-02	4,00E-03
Cs-137	2,25E-01	2,82E-03	8,63E-02	2,76E-03	6,49E-02	2,49E-03	1,27E-01	2,60E-03
Am-241	1,64E+01	9,78E-06	1,64E+01	9,35E-06	2,64E+00	7,15E-06	1,18E-01	7,61E-06
Gesamt	2,14E+01 mGy/a		1,99E+01 mGy/a		5,24E+00 mGy/a		6,42E+00 mGy/a	
	5,86E-02 mGy/d		5,45E-02 mGy/d		1,43E-02 mGy/d		1,76E-02 mGy/d	
	2,44E+00 µGy/h		2,27E+00 µGy/h		5,98E-01 µGy/h		7,33E-01 µGy/h	

Tabelle A1-2: (Fortsetzung) Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb

Nuklid	Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	pelagischer Fisch		Seevogel		Schweinswal		Meeresschildkröte	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	3,53E-11	0,00E+00	1,51E-09	0,00E+00	1,42E-10	0,00E+00	1,54E-10
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	6,87E+00	8,61E-03	7,75E-01	8,31E-03	2,55E+00	4,76E-03	2,52E+00	4,82E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	7,38E-09	0,00E+00	7,10E-09	0,00E+00	3,97E-09	0,00E+00	4,02E-09
Sr-89	5,30E-08	6,71E-11	3,34E-09	5,03E-11	3,40E-09	1,08E-11	3,40E-09	1,17E-11
Sr-90	6,03E-03	1,14E-05	3,82E-04	8,36E-06	3,91E-04	1,77E-06	3,91E-04	1,92E-06
Sb-125	2,53E-07	2,43E-09	2,81E-07	2,30E-09	5,53E-07	1,12E-09	5,44E-07	1,16E-09
I-131	2,88E-05	1,16E-05	5,81E-06	1,11E-05	9,77E-06	5,25E-06	9,63E-06	5,46E-06
Cs-134	7,79E-02	3,92E-03	4,94E-01	3,76E-03	6,03E-01	1,96E-03	1,30E+00	2,00E-03
Cs-137	1,32E-01	2,55E-03	7,56E-01	2,43E-03	5,94E-01	1,25E-03	1,29E+00	1,28E-03
Am-241	1,18E-01	7,46E-06	3,05E-01	6,74E-06	5,70E-01	2,11E-06	3,05E-01	2,28E-06
Gesamt	7,22E+00 mGy/a		2,35E+00 mGy/a		4,32E+00 mGy/a		5,42E+00 mGy/a	
	1,98E-02 mGy/d		6,42E-03 mGy/d		1,18E-02 mGy/d		1,48E-02 mGy/d	
	8,24E-01 µGy/h		2,68E-01 µGy/h		4,93E-01 µGy/h		6,18E-01 µGy/h	
Nuklid	Seeanemone							
	intern	extern						
H-3	0,00E+00	2,52E-10						
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00						
Co-58	0,00E+00	0,00E+00						
Co-60	1,59E-01	9,36E-03						
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00						
Zn-65	0,00E+00	8,04E-09						
Sr-89	1,98E-06	3,97E-10						
Sr-90	2,10E-01	6,38E-05						
Sb-125	7,21E-08	2,73E-09						
I-131	3,48E-04	1,31E-05						
Cs-134	1,93E-01	4,32E-03						
Cs-137	4,60E-01	2,86E-03						
Am-241	1,74E-01	1,02E-05						
Gesamt	1,21E+00 mGy/a							
	3,32E-03 mGy/d							
	1,38E-01 µGy/h							

Tabelle A2-1: Gesamtdosisrate limnischer Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb

Nuklid	Gesamtdosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Gefäßpflanze		Zooplankton		Libellenlarve	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,40E-02	0,00E+00	7,51E-06	0,00E+00	5,48E-07	0,00E+00	1,02E-09
Fe-55	0,00E+00	3,59E-06	0,00E+00	4,10E-07	0,00E+00	4,77E-07	0,00E+00	4,33E-07
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,33E-07	2,25E-03	2,49E-01	2,16E-03	5,00E-02	2,16E-03	7,71E-01	2,16E-03
Ni-63	6,13E-07	6,06E-05	3,01E-03	3,71E-07	3,00E-01	5,33E-07	3,32E-02	3,31E-07
Zn-65	0,00E+00	8,29E-09	0,00E+00	8,15E-09	0,00E+00	8,18E-09	0,00E+00	8,18E-09
Sr-89	2,89E-14	2,37E-09	2,94E-07	1,19E-09	3,17E-08	1,85E-09	1,73E-07	1,50E-09
Sr-90	7,10E-09	5,46E-04	5,97E-02	3,07E-04	7,16E-03	4,28E-04	3,48E-02	3,72E-04
Sb-125	3,46E-13	3,53E-09	9,91E-07	2,87E-09	4,59E-08	2,91E-09	1,63E-07	2,84E-09
I-131	1,65E-08	1,96E-05	1,46E-03	1,48E-05	5,57E-03	1,53E-05	2,09E-03	1,44E-05
Cs-134	4,30E-09	9,61E-06	7,91E-04	8,93E-06	8,67E-04	9,06E-06	7,31E-03	8,92E-06
Cs-137	6,69E-06	5,36E-03	1,30E+00	4,24E-03	1,36E+00	4,49E-03	1,17E+01	4,24E-03
Am-241	5,56E-05	6,81E-04	2,85E+00	3,88E-06	2,71E-01	3,95E-06	1,36E+01	3,88E-06
Gesamt	2,30E-02 mGy/a		4,47E+00 mGy/a		2,01E+00 mGy/a		2,61E+01 mGy/a	
	6,29E-05 mGy/d		1,23E-02 mGy/d		5,49E-03 mGy/d		7,15E-02 mGy/d	
	2,62E-03 µGy/h		5,11E-01 µGy/h		2,29E-01 µGy/h		2,98E+00 µGy/h	
Nuklid	Schnecke		Muschel		Krebs		bentischer Fisch	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	6,30E-09	0,00E+00	2,03E-10	0,00E+00	1,06E-09	0,00E+00	1,56E-09
Fe-55	0,00E+00	4,04E-08	0,00E+00	1,08E-07	0,00E+00	4,42E-07	0,00E+00	1,47E-08
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,02E-01	2,06E-03	3,77E-01	2,13E-03	1,15E-01	2,16E-03	1,47E-01	1,91E-03
Ni-63	3,88E-01	1,75E-08	3,88E-01	5,75E-08	3,32E-02	3,48E-07	6,06E-03	6,46E-09
Zn-65	0,00E+00	7,74E-09	0,00E+00	8,01E-09	0,00E+00	8,18E-09	0,00E+00	7,15E-09
Sr-89	6,07E-07	1,24E-10	5,55E-07	3,19E-10	1,65E-07	1,54E-09	3,95E-08	5,05E-11
Sr-90	1,37E-01	4,09E-05	1,20E-01	1,02E-04	3,35E-02	3,78E-04	8,99E-03	1,80E-05
Sb-125	2,26E-07	2,58E-09	1,96E-07	2,70E-09	1,61E-07	2,86E-09	3,47E-07	2,33E-09
I-131	1,82E-04	1,23E-05	1,67E-04	1,29E-05	2,05E-03	1,45E-05	1,52E-03	1,12E-05
Cs-134	6,34E-04	8,23E-06	2,96E-03	8,56E-06	7,16E-03	8,93E-06	1,30E-02	7,54E-06
Cs-137	8,36E-01	3,55E-03	4,57E+00	3,73E-03	1,14E+01	4,25E-03	1,35E+01	3,22E-03
Am-241	3,19E-01	2,91E-06	1,22E-01	3,35E-06	6,58E-02	3,90E-06	2,38E-01	2,28E-06
Gesamt	1,79E+00 mGy/a		5,58E+00 mGy/a		1,17E+01 mGy/a		1,39E+01 mGy/a	
	4,90E-03 mGy/d		1,53E-02 mGy/d		3,20E-02 mGy/d		3,80E-02 mGy/d	
	2,04E-01 µGy/h		6,37E-01 µGy/h		1,33E+00 µGy/h		1,58E+00 µGy/h	

Tabelle A2-2: Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb

Nuklid	Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Makroalge		Gefäßpflanze		Zooplankton	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,40E-02	0,00E+00	9,31E-08	0,00E+00	1,12E-08	0,00E+00	6,88E-10
Fe-55	0,00E+00	3,59E-06	0,00E+00	1,81E-07	0,00E+00	5,62E-08	0,00E+00	3,17E-07
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,38E-05	2,25E-03	2,14E-01	2,15E-03	3,20E-01	2,09E-03	4,03E-01	2,16E-03
Ni-63	5,49E-06	6,06E-05	4,78E-02	4,31E-08	4,79E-02	2,46E-08	6,04E-02	2,18E-07
Zn-65	0,00E+00	8,29E-09	0,00E+00	8,07E-09	0,00E+00	7,88E-09	0,00E+00	8,15E-09
Sr-89	5,59E-12	2,38E-09	7,36E-08	6,23E-10	9,23E-08	1,75E-10	5,89E-09	1,09E-09
Sr-90	1,34E-06	5,46E-04	1,59E-02	1,69E-04	2,05E-02	5,77E-05	1,13E-03	3,01E-04
Sb-125	3,85E-11	3,53E-09	1,23E-07	2,76E-09	1,41E-07	2,64E-09	9,45E-07	2,81E-09
I-131	2,38E-07	1,96E-05	2,53E-02	1,34E-05	2,87E-02	1,26E-05	1,76E-02	1,38E-05
Cs-134	4,12E-09	9,61E-06	1,10E-04	8,69E-06	2,69E-05	8,38E-06	9,00E-05	8,79E-06
Cs-137	6,44E-06	5,36E-03	1,76E-01	3,90E-03	3,82E-02	3,63E-03	1,47E-01	4,03E-03
Am-241	9,31E-03	6,81E-04	5,63E-01	3,57E-06	5,64E-01	3,08E-06	2,71E+00	3,76E-06
Gesamt	3,22E-02 mGy/a		1,05E+00 mGy/a		1,02E+00 mGy/a		3,35E+00 mGy/a	
	8,83E-05 mGy/d		2,87E-03 mGy/d		2,81E-03 mGy/d		9,18E-03 mGy/d	
	3,68E-03 µGy/h		1,20E-01 µGy/h		1,17E-01 µGy/h		3,82E-01 µGy/h	
Nuklid	Wattwurm		Schnecke		Krebs		Scholle	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,22E-08	0,00E+00	1,22E-08	0,00E+00	3,14E-11	0,00E+00	3,33E-09
Fe-55	0,00E+00	7,85E-08	0,00E+00	6,53E-08	0,00E+00	1,84E-08	0,00E+00	1,57E-08
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,05E+00	2,11E-03	7,45E-01	2,09E-03	5,62E-01	1,92E-03	1,38E+00	1,99E-03
Ni-63	2,54E-01	2,82E-08	3,88E-01	2,87E-08	3,33E-02	9,72E-09	1,03E-02	6,67E-09
Zn-65	0,00E+00	7,99E-09	0,00E+00	7,90E-09	0,00E+00	7,24E-09	0,00E+00	7,51E-09
Sr-89	9,72E-10	3,08E-10	2,61E-07	1,96E-10	3,01E-08	5,89E-11	5,22E-08	1,05E-10
Sr-90	2,14E-04	9,20E-05	5,79E-02	6,44E-05	6,85E-03	1,96E-05	1,16E-02	4,15E-05
Sb-125	1,16E-06	2,69E-09	4,62E-07	2,65E-09	1,62E-06	2,37E-09	2,41E-07	2,48E-09
I-131	9,42E-05	1,29E-05	9,72E-05	1,27E-05	2,96E-05	1,14E-05	2,80E-05	1,19E-05
Cs-134	1,96E-04	8,53E-06	7,89E-05	8,42E-06	8,01E-05	7,65E-06	1,43E-04	7,95E-06
Cs-137	2,96E-01	3,72E-03	1,14E-01	3,64E-03	8,54E-02	3,27E-03	1,68E-01	3,42E-03
Am-241	5,50E+00	3,27E-06	5,50E+00	3,13E-06	8,84E-01	2,39E-06	3,94E-02	2,55E-06
Gesamt	7,11E+00 mGy/a		6,81E+00 mGy/a		1,58E+00 mGy/a		1,62E+00 mGy/a	
	1,95E-02 mGy/d		1,87E-02 mGy/d		4,32E-03 mGy/d		4,43E-03 mGy/d	
	8,11E-01 µGy/h		7,77E-01 µGy/h		1,80E-01 µGy/h		1,85E-01 µGy/h	

Tabelle A2-2: (Fortsetzung) Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen (inkl. aller Vorbelastungen) im Einleitbereich des KKB unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5 für die Ableitungen des KKB im Restbetrieb

Nuklid	Gesamtdosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	pelagischer Fisch		Seevogel		Schweinswal		Meeresschildkröte	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	3,53E-11	0,00E+00	1,51E-09	0,00E+00	1,42E-10	0,00E+00	1,54E-10
Fe-55	0,00E+00	2,03E-08	0,00E+00	1,56E-08	0,00E+00	3,07E-09	0,00E+00	3,33E-09
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,56E+00	1,96E-03	1,76E-01	1,89E-03	5,79E-01	1,08E-03	5,72E-01	1,09E-03
Ni-63	1,03E-02	1,07E-08	1,03E-02	6,82E-09	1,03E-02	1,06E-09	1,03E-02	1,17E-09
Zn-65	0,00E+00	7,38E-09	0,00E+00	7,10E-09	0,00E+00	3,97E-09	0,00E+00	4,02E-09
Sr-89	5,30E-08	6,71E-11	3,34E-09	5,03E-11	3,40E-09	1,08E-11	3,40E-09	1,17E-11
Sr-90	1,20E-02	2,28E-05	7,63E-04	1,67E-05	7,82E-04	3,53E-06	7,82E-04	3,83E-06
Sb-125	2,53E-07	2,43E-09	2,81E-07	2,30E-09	5,53E-07	1,12E-09	5,44E-07	1,16E-09
I-131	2,88E-05	1,16E-05	5,81E-06	1,11E-05	9,77E-06	5,25E-06	9,63E-06	5,46E-06
Cs-134	1,55E-04	7,81E-06	9,83E-04	7,48E-06	1,20E-03	3,89E-06	2,59E-03	3,98E-06
Cs-137	1,73E-01	3,35E-03	9,96E-01	3,19E-03	7,82E-01	1,64E-03	1,69E+00	1,68E-03
Am-241	3,94E-02	2,50E-06	1,02E-01	2,26E-06	1,91E-01	7,06E-07	1,02E-01	7,62E-07
Gesamt	1,80E+00 mGy/a		1,29E+00 mGy/a		1,57E+00 mGy/a		2,38E+00 mGy/a	
	4,94E-03 mGy/d		3,54E-03 mGy/d		4,29E-03 mGy/d		6,53E-03 mGy/d	
	2,06E-01 µGy/h		1,47E-01 µGy/h		1,79E-01 µGy/h		2,72E-01 µGy/h	
Nuklid	Seeanemone							
	intern	extern						
H-3	0,00E+00	2,52E-10						
Fe-55	0,00E+00	1,33E-07						
Co-58	0,00E+00	0,00E+00						
Co-60	3,61E-02	2,13E-03						
Ni-63	2,30E-01	7,20E-08						
Zn-65	0,00E+00	8,04E-09						
Sr-89	1,98E-06	3,97E-10						
Sr-90	4,19E-01	1,27E-04						
Sb-125	7,21E-08	2,73E-09						
I-131	3,48E-04	1,31E-05						
Cs-134	3,85E-04	8,61E-06						
Cs-137	6,06E-01	3,77E-03						
Am-241	5,84E-02	3,42E-06						
Gesamt	1,36E+00 mGy/a							
	3,71E-03 mGy/d							
	1,55E-01 µGy/h							

Tabelle A3-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2

Nuklid	Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Gefäßpflanze		Zooplankton		Libellenlarve	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,35E-02	0,00E+00	7,25E-06	0,00E+00	5,28E-07	0,00E+00	9,82E-10
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	5,64E-07	9,57E-03	1,06E+00	9,20E-03	2,13E-01	9,20E-03	3,28E+00	9,20E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	3,44E-09	2,65E-04	2,89E-02	1,49E-04	3,47E-03	2,07E-04	1,69E-02	1,80E-04
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	2,09E-06	4,67E-03	3,84E-01	4,34E-03	4,22E-01	4,40E-03	3,55E+00	4,33E-03
Cs-137	4,92E-06	3,94E-03	9,58E-01	3,11E-03	1,00E+00	3,30E-03	8,59E+00	3,11E-03
Am-241	1,61E-04	1,97E-03	8,24E+00	1,12E-05	7,85E-01	1,14E-05	3,92E+01	1,12E-05
Gesamt	3,40E-02 mGy/a		1,07E+01 mGy/a		2,44E+00 mGy/a		5,47E+01 mGy/a	
	9,33E-05 mGy/d		2,93E-02 mGy/d		6,69E-03 mGy/d		1,50E-01 mGy/d	
	3,89E-03 µGy/h		1,22E+00 µGy/h		2,79E-01 µGy/h		6,24E+00 µGy/h	
Nuklid	Schnecke		Muschel		Krebs		bentischer Fisch	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	6,08E-09	0,00E+00	1,96E-10	0,00E+00	1,02E-09	0,00E+00	1,51E-09
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	4,36E-01	8,77E-03	1,60E+00	9,06E-03	4,87E-01	9,20E-03	6,28E-01	8,12E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	6,61E-02	1,98E-05	5,80E-02	4,96E-05	1,62E-02	1,83E-04	4,35E-03	8,70E-06
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	3,08E-01	4,00E-03	1,44E+00	4,16E-03	3,48E+00	4,34E-03	6,34E+00	3,67E-03
Cs-137	6,14E-01	2,61E-03	3,36E+00	2,74E-03	8,40E+00	3,12E-03	9,89E+00	2,37E-03
Am-241	9,23E-01	8,42E-06	3,53E-01	9,68E-06	1,90E-01	1,13E-05	6,88E-01	6,59E-06
Gesamt	2,36E+00 mGy/a		6,83E+00 mGy/a		1,26E+01 mGy/a		1,76E+01 mGy/a	
	6,47E-03 mGy/d		1,87E-02 mGy/d		3,45E-02 mGy/d		4,81E-02 mGy/d	
	2,70E-01 µGy/h		7,79E-01 µGy/h		1,44E+00 µGy/h		2,01E+00 µGy/h	

Tabelle A3-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Makroalge		Gefäßpflanze		Zooplankton	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,35E-02	0,00E+00	8,98E-08	0,00E+00	1,08E-08	0,00E+00	6,64E-10
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	5,87E-05	9,57E-03	9,11E-01	9,13E-03	1,36E+00	8,91E-03	1,72E+00	9,20E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	6,51E-07	2,65E-04	7,68E-03	8,18E-05	9,95E-03	2,80E-05	5,47E-04	1,46E-04
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	2,00E-06	4,67E-03	5,37E-02	4,23E-03	1,31E-02	4,08E-03	4,37E-02	4,27E-03
Cs-137	4,73E-06	3,94E-03	1,30E-01	2,87E-03	2,81E-02	2,66E-03	1,08E-01	2,96E-03
Am-241	2,69E-02	1,97E-03	1,63E+00	1,03E-05	1,63E+00	8,91E-06	7,85E+00	1,09E-05
Gesamt	6,09E-02 mGy/a		2,75E+00 mGy/a		3,06E+00 mGy/a		9,73E+00 mGy/a	
	1,67E-04 mGy/d		7,53E-03 mGy/d		8,38E-03 mGy/d		2,67E-02 mGy/d	
	6,95E-03 µGy/h		3,14E-01 µGy/h		3,49E-01 µGy/h		1,11E+00 µGy/h	
Nuklid	Wattwurm		Schnecke		Krebs		Scholle	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,18E-08	0,00E+00	1,18E-08	0,00E+00	3,03E-11	0,00E+00	3,21E-09
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	4,47E+00	8,99E-03	3,17E+00	8,91E-03	2,39E+00	8,19E-03	5,88E+00	8,48E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	1,04E-04	4,46E-05	2,80E-02	3,12E-05	3,32E-03	9,49E-06	5,63E-03	2,01E-05
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	9,53E-02	4,15E-03	3,83E-02	4,09E-03	3,90E-02	3,72E-03	6,93E-02	3,87E-03
Cs-137	2,18E-01	2,73E-03	8,35E-02	2,67E-03	6,28E-02	2,41E-03	1,23E-01	2,51E-03
Am-241	1,59E+01	9,47E-06	1,59E+01	9,05E-06	2,56E+00	6,91E-06	1,14E-01	7,36E-06
Gesamt	2,07E+01 mGy/a		1,92E+01 mGy/a		5,07E+00 mGy/a		6,21E+00 mGy/a	
	5,67E-02 mGy/d		5,27E-02 mGy/d		1,39E-02 mGy/d		1,70E-02 mGy/d	
	2,36E+00 µGy/h		2,20E+00 µGy/h		5,79E-01 µGy/h		7,09E-01 µGy/h	

Tabelle A3-2: (Fortsetzung) Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	pelagischer Fisch		Seevogel		Schweinswal		Meeresschildkröte	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	3,40E-11	0,00E+00	1,46E-09	0,00E+00	1,37E-10	0,00E+00	1,48E-10
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	6,65E+00	8,33E-03	7,50E-01	8,04E-03	2,46E+00	4,60E-03	2,44E+00	4,66E-03
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	5,83E-03	1,10E-05	3,70E-04	8,09E-06	3,79E-04	1,71E-06	3,78E-04	1,86E-06
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	7,53E-02	3,80E-03	4,78E-01	3,63E-03	5,84E-01	1,89E-03	1,26E+00	1,94E-03
Cs-137	1,27E-01	2,46E-03	7,32E-01	2,35E-03	5,75E-01	1,21E-03	1,24E+00	1,24E-03
Am-241	1,14E-01	7,22E-06	2,95E-01	6,52E-06	5,52E-01	2,04E-06	2,96E-01	2,20E-06
Gesamt	6,98E+00 mGy/a		2,27E+00 mGy/a		4,18E+00 mGy/a		5,24E+00 mGy/a	
	1,91E-02 mGy/d		6,22E-03 mGy/d		1,15E-02 mGy/d		1,44E-02 mGy/d	
	7,97E-01 µGy/h		2,59E-01 µGy/h		4,77E-01 µGy/h		5,98E-01 µGy/h	
Nuklid	Seeanemone							
	intern	extern						
H-3	0,00E+00	2,43E-10						
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00						
Co-58	0,00E+00	0,00E+00						
Co-60	1,54E-01	9,06E-03						
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00						
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00						
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00						
Sr-90	2,03E-01	6,17E-05						
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00						
I-131	0,00E+00	0,00E+00						
Cs-134	1,87E-01	4,18E-03						
Cs-137	4,45E-01	2,77E-03						
Am-241	1,69E-01	9,89E-06						
Gesamt	1,17E+00 mGy/a							
	3,21E-03 mGy/d							
	1,34E-01 µGy/h							

Tabelle A4-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2

Nuklid	Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Gefäßpflanze		Zooplankton		Libellenlarve	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	4,22E-04	0,00E+00	2,27E-07	0,00E+00	1,66E-08	0,00E+00	3,08E-11
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,77E-08	3,00E-04	3,33E-02	2,89E-04	6,67E-03	2,89E-04	1,03E-01	2,89E-04
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	1,08E-10	8,30E-06	9,07E-04	4,66E-06	1,09E-04	6,50E-06	5,29E-04	5,65E-06
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	6,55E-08	1,47E-04	1,21E-02	1,36E-04	1,32E-02	1,38E-04	1,11E-01	1,36E-04
Cs-137	1,54E-07	1,24E-04	3,01E-02	9,77E-05	3,14E-02	1,03E-04	2,70E-01	9,77E-05
Am-241	5,04E-06	6,18E-05	2,58E-01	3,52E-07	2,46E-02	3,59E-07	1,23E+00	3,52E-07
Gesamt	1,07E-03 mGy/a		3,35E-01 mGy/a		7,66E-02 mGy/a		1,72E+00 mGy/a	
	2,93E-06 mGy/d		9,19E-04 mGy/d		2,10E-04 mGy/d		4,70E-03 mGy/d	
	1,22E-04 µGy/h		3,83E-02 µGy/h		8,74E-03 µGy/h		1,96E-01 µGy/h	
Nuklid	Schnecke		Muschel		Krebs		bentischer Fisch	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,91E-10	0,00E+00	6,14E-12	0,00E+00	3,21E-11	0,00E+00	4,72E-11
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,37E-02	2,75E-04	5,03E-02	2,84E-04	1,53E-02	2,89E-04	1,97E-02	2,55E-04
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	2,07E-03	6,22E-07	1,82E-03	1,55E-06	5,09E-04	5,75E-06	1,37E-04	2,73E-07
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	9,67E-03	1,25E-04	4,51E-02	1,31E-04	1,09E-01	1,36E-04	1,99E-01	1,15E-04
Cs-137	1,93E-02	8,18E-05	1,05E-01	8,60E-05	2,63E-01	9,80E-05	3,10E-01	7,43E-05
Am-241	2,90E-02	2,64E-07	1,11E-02	3,04E-07	5,97E-03	3,54E-07	2,16E-02	2,07E-07
Gesamt	7,41E-02 mGy/a		2,14E-01 mGy/a		3,95E-01 mGy/a		5,51E-01 mGy/a	
	2,03E-04 mGy/d		5,87E-04 mGy/d		1,08E-03 mGy/d		1,51E-03 mGy/d	
	8,46E-03 µGy/h		2,44E-02 µGy/h		4,51E-02 µGy/h		6,29E-02 µGy/h	

Tabelle A4-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Makroalge		Gefäßpflanze		Zooplankton	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	4,22E-04	0,00E+00	2,82E-09	0,00E+00	3,39E-10	0,00E+00	2,08E-11
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,84E-06	3,00E-04	2,86E-02	2,86E-04	4,27E-02	2,80E-04	5,38E-02	2,89E-04
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	2,04E-08	8,30E-06	2,41E-04	2,57E-06	3,12E-04	8,77E-07	1,72E-05	4,58E-06
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	6,28E-08	1,47E-04	1,68E-03	1,33E-04	4,10E-04	1,28E-04	1,37E-03	1,34E-04
Cs-137	1,48E-07	1,24E-04	4,07E-03	8,99E-05	8,81E-04	8,36E-05	3,39E-03	9,29E-05
Am-241	8,45E-04	6,18E-05	5,11E-02	3,23E-07	5,11E-02	2,79E-07	2,46E-01	3,41E-07
Gesamt	1,91E-03 mGy/a		8,62E-02 mGy/a		9,59E-02 mGy/a		3,05E-01 mGy/a	
	5,23E-06 mGy/d		2,36E-04 mGy/d		2,63E-04 mGy/d		8,36E-04 mGy/d	
	2,18E-04 µGy/h		9,84E-03 µGy/h		1,10E-02 µGy/h		3,48E-02 µGy/h	
Nuklid	Wattwurm		Schnecke		Krebs		Scholle	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	3,70E-10	0,00E+00	3,70E-10	0,00E+00	9,50E-13	0,00E+00	1,01E-10
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,40E-01	2,82E-04	9,95E-02	2,80E-04	7,51E-02	2,57E-04	1,85E-01	2,66E-04
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	3,25E-06	1,40E-06	8,80E-04	9,78E-07	1,04E-04	2,98E-07	1,77E-04	6,31E-07
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	2,99E-03	1,30E-04	1,20E-03	1,28E-04	1,22E-03	1,17E-04	2,18E-03	1,21E-04
Cs-137	6,83E-03	8,57E-05	2,62E-03	8,39E-05	1,97E-03	7,55E-05	3,87E-03	7,88E-05
Am-241	4,99E-01	2,97E-07	4,99E-01	2,84E-07	8,02E-02	2,17E-07	3,58E-03	2,31E-07
Gesamt	6,49E-01 mGy/a		6,04E-01 mGy/a		1,59E-01 mGy/a		1,95E-01 mGy/a	
	1,78E-03 mGy/d		1,65E-03 mGy/d		4,36E-04 mGy/d		5,34E-04 mGy/d	
	7,41E-02 µGy/h		6,89E-02 µGy/h		1,81E-02 µGy/h		2,22E-02 µGy/h	

Tabelle A4-2: (Fortsetzung) Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des konservativ-abdeckenden Nuklidvektors BS-NV2

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen in [mGy/a] (Nuklidvektor BS-NV2 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	pelagischer Fisch		Seevogel		Schweinswal		Meeresschildkröte	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,07E-12	0,00E+00	4,58E-11	0,00E+00	4,28E-12	0,00E+00	4,65E-12
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	2,08E-01	2,61E-04	2,35E-02	2,52E-04	7,73E-02	1,44E-04	7,64E-02	1,46E-04
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	1,83E-04	3,46E-07	1,16E-05	2,54E-07	1,19E-05	5,37E-08	1,19E-05	5,82E-08
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	2,36E-03	1,19E-04	1,50E-02	1,14E-04	1,83E-02	5,94E-05	3,95E-02	6,07E-05
Cs-137	4,00E-03	7,73E-05	2,30E-02	7,37E-05	1,80E-02	3,79E-05	3,90E-02	3,88E-05
Am-241	3,58E-03	2,27E-07	9,25E-03	2,05E-07	1,73E-02	6,40E-08	9,27E-03	6,91E-08
Gesamt	2,19E-01 mGy/a		7,12E-02 mGy/a		1,31E-01 mGy/a		1,64E-01 mGy/a	
	6,00E-04 mGy/d		1,95E-04 mGy/d		3,59E-04 mGy/d		4,50E-04 mGy/d	
	2,50E-02 µGy/h		8,13E-03 µGy/h		1,50E-02 µGy/h		1,88E-02 µGy/h	
Nuklid	Seeanemone							
	intern	extern						
H-3	0,00E+00	7,63E-12						
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00						
Co-58	0,00E+00	0,00E+00						
Co-60	4,82E-03	2,84E-04						
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00						
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00						
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00						
Sr-90	6,36E-03	1,94E-06						
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00						
I-131	0,00E+00	0,00E+00						
Cs-134	5,87E-03	1,31E-04						
Cs-137	1,40E-02	8,69E-05						
Am-241	5,29E-03	3,10E-07						
Gesamt	3,68E-02 mGy/a							
	1,01E-04 mGy/d							
	4,20E-03 µGy/h							

Tabelle A5-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5

Nuklid	Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Gefäßpflanze		Zooplankton		Libellenlarve	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,35E-02	0,00E+00	7,25E-06	0,00E+00	5,28E-07	0,00E+00	9,82E-10
Fe-55	0,00E+00	3,48E-06	0,00E+00	3,97E-07	0,00E+00	4,63E-07	0,00E+00	4,20E-07
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,27E-07	2,16E-03	2,40E-01	2,08E-03	4,80E-02	2,08E-03	7,41E-01	2,08E-03
Ni-63	5,94E-07	5,88E-05	2,92E-03	3,60E-07	2,91E-01	5,17E-07	3,22E-02	3,21E-07
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	6,87E-09	5,29E-04	5,78E-02	2,97E-04	6,93E-03	4,14E-04	3,37E-02	3,60E-04
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	6,47E-06	5,19E-03	1,26E+00	4,10E-03	1,32E+00	4,34E-03	1,13E+01	4,10E-03
Am-241	5,36E-05	6,57E-04	2,75E+00	3,74E-06	2,62E-01	3,81E-06	1,31E+01	3,74E-06
Gesamt	2,21E-02 mGy/a		4,32E+00 mGy/a		1,93E+00 mGy/a		2,52E+01 mGy/a	
	6,06E-05 mGy/d		1,18E-02 mGy/d		5,30E-03 mGy/d		6,91E-02 mGy/d	
	2,53E-03 µGy/h		4,93E-01 µGy/h		2,21E-01 µGy/h		2,88E+00 µGy/h	
Nuklid	Schnecke		Muschel		Krebs		bentischer Fisch	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	6,08E-09	0,00E+00	1,96E-10	0,00E+00	1,02E-09	0,00E+00	1,51E-09
Fe-55	0,00E+00	3,92E-08	0,00E+00	1,04E-07	0,00E+00	4,29E-07	0,00E+00	1,43E-08
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	9,83E-02	1,98E-03	3,62E-01	2,05E-03	1,10E-01	2,08E-03	1,42E-01	1,83E-03
Ni-63	3,76E-01	1,70E-08	3,76E-01	5,57E-08	3,22E-02	3,38E-07	5,87E-03	6,26E-09
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	1,32E-01	3,96E-05	1,16E-01	9,91E-05	3,25E-02	3,67E-04	8,71E-03	1,74E-05
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	8,09E-01	3,43E-03	4,42E+00	3,61E-03	1,11E+01	4,12E-03	1,30E+01	3,12E-03
Am-241	3,08E-01	2,81E-06	1,18E-01	3,23E-06	6,34E-02	3,76E-06	2,29E-01	2,20E-06
Gesamt	1,73E+00 mGy/a		5,40E+00 mGy/a		1,13E+01 mGy/a		1,34E+01 mGy/a	
	4,74E-03 mGy/d		1,48E-02 mGy/d		3,10E-02 mGy/d		3,68E-02 mGy/d	
	1,97E-01 µGy/h		6,16E-01 µGy/h		1,29E+00 µGy/h		1,53E+00 µGy/h	

Tabelle A5-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Makroalge		Gefäßpflanze		Zooplankton	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,35E-02	0,00E+00	8,98E-08	0,00E+00	1,08E-08	0,00E+00	6,64E-10
Fe-55	0,00E+00	3,48E-06	0,00E+00	1,75E-07	0,00E+00	5,45E-08	0,00E+00	3,07E-07
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,32E-05	2,16E-03	2,06E-01	2,06E-03	3,07E-01	2,01E-03	3,87E-01	2,08E-03
Ni-63	5,32E-06	5,88E-05	4,64E-02	4,18E-08	4,64E-02	2,39E-08	5,86E-02	2,12E-07
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	1,30E-06	5,29E-04	1,54E-02	1,64E-04	1,99E-02	5,59E-05	1,09E-03	2,92E-04
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	6,23E-06	5,19E-03	1,71E-01	3,77E-03	3,70E-02	3,51E-03	1,42E-01	3,90E-03
Am-241	8,98E-03	6,57E-04	5,43E-01	3,44E-06	5,43E-01	2,97E-06	2,62E+00	3,62E-06
Gesamt	3,11E-02 mGy/a		9,87E-01 mGy/a		9,60E-01 mGy/a		3,21E+00 mGy/a	
	8,51E-05 mGy/d		2,70E-03 mGy/d		2,63E-03 mGy/d		8,80E-03 mGy/d	
	3,55E-03 µGy/h		1,13E-01 µGy/h		1,10E-01 µGy/h		3,67E-01 µGy/h	
Nuklid	Wattwurm		Schnecke		Krebs		Scholle	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,18E-08	0,00E+00	1,18E-08	0,00E+00	3,03E-11	0,00E+00	3,21E-09
Fe-55	0,00E+00	7,61E-08	0,00E+00	6,34E-08	0,00E+00	1,79E-08	0,00E+00	1,52E-08
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,01E+00	2,03E-03	7,16E-01	2,01E-03	5,40E-01	1,85E-03	1,33E+00	1,91E-03
Ni-63	2,47E-01	2,74E-08	3,76E-01	2,79E-08	3,23E-02	9,42E-09	9,99E-03	6,47E-09
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	2,07E-04	8,91E-05	5,61E-02	6,24E-05	6,64E-03	1,90E-05	1,13E-02	4,02E-05
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	2,87E-01	3,60E-03	1,10E-01	3,52E-03	8,27E-02	3,17E-03	1,62E-01	3,31E-03
Am-241	5,30E+00	3,16E-06	5,30E+00	3,02E-06	8,52E-01	2,30E-06	3,80E-02	2,45E-06
Gesamt	6,85E+00 mGy/a		6,57E+00 mGy/a		1,52E+00 mGy/a		1,56E+00 mGy/a	
	1,88E-02 mGy/d		1,80E-02 mGy/d		4,16E-03 mGy/d		4,26E-03 mGy/d	
	7,82E-01 µGy/h		7,50E-01 µGy/h		1,73E-01 µGy/h		1,78E-01 µGy/h	

Tabelle A5-2: (Fortsetzung) Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	pelagischer Fisch		Seevogel		Schweinswal		Meeresschildkröte	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	3,40E-11	0,00E+00	1,46E-09	0,00E+00	1,37E-10	0,00E+00	1,48E-10
Fe-55	0,00E+00	1,96E-08	0,00E+00	1,51E-08	0,00E+00	2,98E-09	0,00E+00	3,23E-09
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,50E+00	1,88E-03	1,69E-01	1,82E-03	5,56E-01	1,04E-03	5,50E-01	1,05E-03
Ni-63	9,99E-03	1,04E-08	9,99E-03	6,61E-09	9,99E-03	1,03E-09	9,99E-03	1,14E-09
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	1,17E-02	2,21E-05	7,39E-04	1,62E-05	7,57E-04	3,42E-06	7,57E-04	3,71E-06
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	1,68E-01	3,24E-03	9,64E-01	3,09E-03	7,57E-01	1,59E-03	1,64E+00	1,63E-03
Am-241	3,80E-02	2,41E-06	9,83E-02	2,17E-06	1,84E-01	6,80E-07	9,85E-02	7,34E-07
Gesamt	1,73E+00 mGy/a		1,25E+00 mGy/a		1,51E+00 mGy/a		2,30E+00 mGy/a	
	4,75E-03 mGy/d		3,42E-03 mGy/d		4,14E-03 mGy/d		6,30E-03 mGy/d	
	1,98E-01 µGy/h		1,42E-01 µGy/h		1,72E-01 µGy/h		2,63E-01 µGy/h	
Nuklid	Seeanemone							
	intern	extern						
H-3	0,00E+00	2,43E-10						
Fe-55	0,00E+00	1,29E-07						
Co-58	0,00E+00	0,00E+00						
Co-60	3,47E-02	2,05E-03						
Ni-63	2,23E-01	6,98E-08						
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00						
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00						
Sr-90	4,05E-01	1,23E-04						
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00						
I-131	0,00E+00	0,00E+00						
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00						
Cs-137	5,87E-01	3,65E-03						
Am-241	5,63E-02	3,30E-06						
Gesamt	1,31E+00 mGy/a							
	3,59E-03 mGy/d							
	1,50E-01 µGy/h							

Tabelle A6-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5

Nuklid	Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Gefäßpflanze		Zooplankton		Libellenlarve	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	4,22E-04	0,00E+00	2,27E-07	0,00E+00	1,66E-08	0,00E+00	3,08E-11
Fe-55	0,00E+00	1,09E-07	0,00E+00	1,25E-08	0,00E+00	1,45E-08	0,00E+00	1,32E-08
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	4,00E-09	6,78E-05	7,52E-03	6,52E-05	1,51E-03	6,52E-05	2,32E-02	6,52E-05
Ni-63	1,86E-08	1,84E-06	9,16E-05	1,13E-08	9,13E-03	1,62E-08	1,01E-03	1,01E-08
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	2,16E-10	1,66E-05	1,81E-03	9,33E-06	2,17E-04	1,30E-05	1,06E-03	1,13E-05
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	2,03E-07	1,63E-04	3,96E-02	1,29E-04	4,14E-02	1,36E-04	3,55E-01	1,29E-04
Am-241	1,68E-06	2,06E-05	8,61E-02	1,17E-07	8,20E-03	1,20E-07	4,10E-01	1,17E-07
Gesamt	6,94E-04 mGy/a		1,35E-01 mGy/a		6,07E-02 mGy/a		7,91E-01 mGy/a	
	1,90E-06 mGy/d		3,71E-04 mGy/d		1,66E-04 mGy/d		2,17E-03 mGy/d	
	7,92E-05 µGy/h		1,55E-02 µGy/h		6,92E-03 µGy/h		9,03E-02 µGy/h	
Nuklid	Schnecke		Muschel		Krebs		bentischer Fisch	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,91E-10	0,00E+00	6,14E-12	0,00E+00	3,21E-11	0,00E+00	4,72E-11
Fe-55	0,00E+00	1,23E-09	0,00E+00	3,27E-09	0,00E+00	1,35E-08	0,00E+00	4,47E-10
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	3,08E-03	6,21E-05	1,14E-02	6,42E-05	3,45E-03	6,52E-05	4,45E-03	5,75E-05
Ni-63	1,18E-02	5,34E-10	1,18E-02	1,75E-09	1,01E-03	1,06E-08	1,84E-04	1,96E-10
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	4,15E-03	1,24E-06	3,64E-03	3,11E-06	1,02E-03	1,15E-05	2,73E-04	5,46E-07
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	2,54E-02	1,08E-04	1,39E-01	1,13E-04	3,47E-01	1,29E-04	4,09E-01	9,78E-05
Am-241	9,65E-03	8,80E-08	3,69E-03	1,01E-07	1,99E-03	1,18E-07	7,20E-03	6,89E-08
Gesamt	5,42E-02 mGy/a		1,69E-01 mGy/a		3,55E-01 mGy/a		4,21E-01 mGy/a	
	1,49E-04 mGy/d		4,64E-04 mGy/d		9,72E-04 mGy/d		1,15E-03 mGy/d	
	6,19E-03 µGy/h		1,93E-02 µGy/h		4,05E-02 µGy/h		4,80E-02 µGy/h	

Tabelle A6-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	Phytoplankton		Makroalge		Gefäßpflanze		Zooplankton	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	4,22E-04	0,00E+00	2,82E-09	0,00E+00	3,39E-10	0,00E+00	2,08E-11
Fe-55	0,00E+00	1,09E-07	0,00E+00	5,50E-09	0,00E+00	1,71E-09	0,00E+00	9,64E-09
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	4,16E-07	6,78E-05	6,46E-03	6,47E-05	9,64E-03	6,31E-05	1,21E-02	6,52E-05
Ni-63	1,67E-07	1,84E-06	1,45E-03	1,31E-09	1,46E-03	7,49E-10	1,84E-03	6,63E-09
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	4,08E-08	1,66E-05	4,82E-04	5,13E-06	6,24E-04	1,75E-06	3,43E-05	9,15E-06
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	1,96E-07	1,63E-04	5,35E-03	1,18E-04	1,16E-03	1,10E-04	4,46E-03	1,22E-04
Am-241	2,82E-04	2,06E-05	1,70E-02	1,08E-07	1,70E-02	9,31E-08	8,21E-02	1,14E-07
Gesamt	9,74E-04 mGy/a		3,10E-02 mGy/a		3,01E-02 mGy/a		1,01E-01 mGy/a	
	2,67E-06 mGy/d		8,48E-05 mGy/d		8,25E-05 mGy/d		2,76E-04 mGy/d	
	1,11E-04 µGy/h		3,53E-03 µGy/h		3,44E-03 µGy/h		1,15E-02 µGy/h	
Nuklid	Wattwurm		Schnecke		Krebs		Scholle	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	3,70E-10	0,00E+00	3,70E-10	0,00E+00	9,50E-13	0,00E+00	1,01E-10
Fe-55	0,00E+00	2,39E-09	0,00E+00	1,99E-09	0,00E+00	5,61E-10	0,00E+00	4,77E-10
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	3,17E-02	6,36E-05	2,25E-02	6,31E-05	1,69E-02	5,80E-05	4,17E-02	6,01E-05
Ni-63	7,74E-03	8,59E-10	1,18E-02	8,74E-10	1,01E-03	2,96E-10	3,13E-04	2,03E-10
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	6,50E-06	2,80E-06	1,76E-03	1,96E-06	2,08E-04	5,95E-07	3,53E-04	1,26E-06
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	9,00E-03	1,13E-04	3,45E-03	1,10E-04	2,59E-03	9,94E-05	5,09E-03	1,04E-04
Am-241	1,66E-01	9,90E-08	1,66E-01	9,46E-08	2,67E-02	7,23E-08	1,19E-03	7,70E-08
Gesamt	2,15E-01 mGy/a		2,06E-01 mGy/a		4,76E-02 mGy/a		4,88E-02 mGy/a	
	5,89E-04 mGy/d		5,64E-04 mGy/d		1,31E-04 mGy/d		1,34E-04 mGy/d	
	2,45E-02 µGy/h		2,35E-02 µGy/h		5,44E-03 µGy/h		5,57E-03 µGy/h	

Tabelle A6-2: (Fortsetzung) Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen infolge der Ableitung radioaktiver Abwässer des KKB im Restbetrieb unter der Annahme des realistisch-abdeckenden Nuklidvektors DIN-NV5

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB durch Vorbelastungen in [mGy/a] (Nuklidvektor DIN-NV5 für Ableitungen des KKB im Restbetrieb)							
	pelagischer Fisch		Seevogel		Schweinswal		Meeresschildkröte	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,07E-12	0,00E+00	4,58E-11	0,00E+00	4,28E-12	0,00E+00	4,65E-12
Fe-55	0,00E+00	6,16E-10	0,00E+00	4,73E-10	0,00E+00	9,35E-11	0,00E+00	1,01E-10
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	4,71E-02	5,90E-05	5,31E-03	5,70E-05	1,74E-02	3,26E-05	1,72E-02	3,30E-05
Ni-63	3,13E-04	3,25E-10	3,13E-04	2,07E-10	3,13E-04	3,23E-11	3,13E-04	3,57E-11
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sr-90	3,66E-04	6,92E-07	2,32E-05	5,07E-07	2,38E-05	1,07E-07	2,37E-05	1,16E-07
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
I-131	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-137	5,26E-03	1,02E-04	3,02E-02	9,70E-05	2,37E-02	4,99E-05	5,14E-02	5,11E-05
Am-241	1,19E-03	7,55E-08	3,08E-03	6,82E-08	5,77E-03	2,13E-08	3,09E-03	2,30E-08
Gesamt	5,44E-02 mGy/a		3,91E-02 mGy/a		4,74E-02 mGy/a		7,22E-02 mGy/a	
	1,49E-04 mGy/d		1,07E-04 mGy/d		1,30E-04 mGy/d		1,98E-04 mGy/d	
	6,21E-03 µGy/h		4,47E-03 µGy/h		5,41E-03 µGy/h		8,24E-03 µGy/h	
Nuklid	Seeanemone							
	intern	extern						
H-3	0,00E+00	7,63E-12						
Fe-55	0,00E+00	4,03E-09						
Co-58	0,00E+00	0,00E+00						
Co-60	1,09E-03	6,42E-05						
Ni-63	7,00E-03	2,19E-09						
Zn-65	0,00E+00	0,00E+00						
Sr-89	0,00E+00	0,00E+00						
Sr-90	1,27E-02	3,87E-06						
Sb-125	0,00E+00	0,00E+00						
I-131	0,00E+00	0,00E+00						
Cs-134	0,00E+00	0,00E+00						
Cs-137	1,84E-02	1,14E-04						
Am-241	1,76E-03	1,03E-07						
Gesamt	4,11E-02 mGy/a							
	1,13E-04 mGy/d							
	4,70E-03 µGy/h							

Tabelle A7-1: Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge von Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen

Nuklid	Dosisrate limnischer Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge von Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen in [mGy/a]							
	Phytoplankton		Gefäßpflanze		Zooplankton		Libellenlarve	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	7,35E-05	0,00E+00	3,95E-08	0,00E+00	2,88E-09	0,00E+00	5,36E-12
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,18E-09	1,99E-05	2,21E-03	1,92E-05	4,43E-04	1,92E-05	6,84E-03	1,92E-05
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	8,29E-09	0,00E+00	8,15E-09	0,00E+00	8,18E-09	0,00E+00	8,18E-09
Sr-89	2,89E-14	2,37E-09	2,94E-07	1,19E-09	3,17E-08	1,85E-09	1,73E-07	1,50E-09
Sr-90	7,94E-12	6,11E-07	6,67E-05	3,43E-07	8,00E-06	4,78E-07	3,89E-05	4,16E-07
Sb-125	3,46E-13	3,53E-09	9,91E-07	2,87E-09	4,59E-08	2,91E-09	1,63E-07	2,84E-09
I-131	1,65E-08	1,96E-05	1,46E-03	1,48E-05	5,57E-03	1,53E-05	2,09E-03	1,44E-05
Cs-134	4,30E-09	9,61E-06	7,91E-04	8,93E-06	8,67E-04	9,06E-06	7,31E-03	8,92E-06
Cs-137	1,04E-08	8,31E-06	2,02E-03	6,57E-06	2,11E-03	6,95E-06	1,81E-02	6,57E-06
Am-241	3,25E-07	3,98E-06	1,66E-02	2,26E-08	1,58E-03	2,31E-08	7,92E-02	2,26E-08
Gesamt	1,36E-04 mGy/a		2,32E-02 mGy/a		1,06E-02 mGy/a		1,14E-01 mGy/a	
	3,72E-07 mGy/d		6,36E-05 mGy/d		2,91E-05 mGy/d		3,11E-04 mGy/d	
	1,55E-05 µGy/h		2,65E-03 µGy/h		1,21E-03 µGy/h		1,30E-02 µGy/h	
Nuklid	Schnecke		Muschel		Krebs		bentischer Fisch	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	3,32E-11	0,00E+00	1,07E-12	0,00E+00	5,59E-12	0,00E+00	8,21E-12
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	9,07E-04	1,83E-05	3,34E-03	1,89E-05	1,02E-03	1,92E-05	1,31E-03	1,69E-05
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	7,74E-09	0,00E+00	8,01E-09	0,00E+00	8,18E-09	0,00E+00	7,15E-09
Sr-89	6,07E-07	1,24E-10	5,55E-07	3,19E-10	1,65E-07	1,54E-09	3,95E-08	5,05E-11
Sr-90	1,53E-04	4,58E-08	1,34E-04	1,14E-07	3,75E-05	4,23E-07	1,01E-05	2,01E-08
Sb-125	2,26E-07	2,58E-09	1,96E-07	2,70E-09	1,61E-07	2,86E-09	3,47E-07	2,33E-09
I-131	1,82E-04	1,23E-05	1,67E-04	1,29E-05	2,05E-03	1,45E-05	1,52E-03	1,12E-05
Cs-134	6,34E-04	8,23E-06	2,96E-03	8,56E-06	7,16E-03	8,93E-06	1,30E-02	7,54E-06
Cs-137	1,30E-03	5,50E-06	7,08E-03	5,78E-06	1,77E-02	6,59E-06	2,09E-02	4,99E-06
Am-241	1,86E-03	1,70E-08	7,13E-04	1,95E-08	3,84E-04	2,28E-08	1,39E-03	1,33E-08
Gesamt	5,08E-03 mGy/a		1,44E-02 mGy/a		2,84E-02 mGy/a		3,82E-02 mGy/a	
	1,39E-05 mGy/d		3,96E-05 mGy/d		7,78E-05 mGy/d		1,05E-04 mGy/d	
	5,80E-04 µGy/h		1,65E-03 µGy/h		3,24E-03 µGy/h		4,36E-03 µGy/h	

Tabelle A7-2: Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge von Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge von Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen in [mGy/a]							
	Phytoplankton		Makroalge		Gefäßpflanze		Zooplankton	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	7,35E-05	0,00E+00	4,90E-10	0,00E+00	5,89E-11	0,00E+00	3,62E-12
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,22E-07	1,99E-05	1,90E-03	1,90E-05	2,84E-03	1,86E-05	3,57E-03	1,92E-05
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	8,29E-09	0,00E+00	8,07E-09	0,00E+00	7,88E-09	0,00E+00	8,15E-09
Sr-89	5,59E-12	2,38E-09	7,36E-08	6,23E-10	9,23E-08	1,75E-10	5,89E-09	1,09E-09
Sr-90	1,50E-09	6,11E-07	1,77E-05	1,89E-07	2,30E-05	6,46E-08	1,26E-06	3,37E-07
Sb-125	3,85E-11	3,53E-09	1,23E-07	2,76E-09	1,41E-07	2,64E-09	9,45E-07	2,81E-09
I-131	2,38E-07	1,96E-05	2,53E-02	1,34E-05	2,87E-02	1,26E-05	1,76E-02	1,38E-05
Cs-134	4,12E-09	9,61E-06	1,10E-04	8,69E-06	2,69E-05	8,38E-06	9,00E-05	8,79E-06
Cs-137	9,98E-09	8,31E-06	2,73E-04	6,04E-06	5,92E-05	5,62E-06	2,28E-04	6,24E-06
Am-241	5,44E-05	3,98E-06	3,29E-03	2,08E-08	3,29E-03	1,80E-08	1,58E-02	2,19E-08
Gesamt	1,90E-04 mGy/a		3,09E-02 mGy/a		3,50E-02 mGy/a		3,74E-02 mGy/a	
	5,21E-07 mGy/d		8,47E-05 mGy/d		9,59E-05 mGy/d		1,02E-04 mGy/d	
	2,17E-05 µGy/h		3,53E-03 µGy/h		3,99E-03 µGy/h		4,26E-03 µGy/h	
Nuklid	Wattwurm		Schnecke		Krebs		Scholle	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	6,43E-11	0,00E+00	6,43E-11	0,00E+00	1,65E-13	0,00E+00	1,75E-11
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	9,32E-03	1,87E-05	6,61E-03	1,86E-05	4,98E-03	1,71E-05	1,23E-02	1,77E-05
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	7,99E-09	0,00E+00	7,90E-09	0,00E+00	7,24E-09	0,00E+00	7,51E-09
Sr-89	9,72E-10	3,08E-10	2,61E-07	1,96E-10	3,01E-08	5,89E-11	5,22E-08	1,05E-10
Sr-90	2,39E-07	1,03E-07	6,48E-05	7,20E-08	7,66E-06	2,19E-08	1,30E-05	4,64E-08
Sb-125	1,16E-06	2,69E-09	4,62E-07	2,65E-09	1,62E-06	2,37E-09	2,41E-07	2,48E-09
I-131	9,42E-05	1,29E-05	9,72E-05	1,27E-05	2,96E-05	1,14E-05	2,80E-05	1,19E-05
Cs-134	1,96E-04	8,53E-06	7,89E-05	8,42E-06	8,01E-05	7,65E-06	1,43E-04	7,95E-06
Cs-137	4,59E-04	5,76E-06	1,76E-04	5,64E-06	1,32E-04	5,07E-06	2,60E-04	5,29E-06
Am-241	3,21E-02	1,91E-08	3,21E-02	1,83E-08	5,16E-03	1,40E-08	2,30E-04	1,49E-08
Gesamt	4,22E-02 mGy/a		3,92E-02 mGy/a		1,04E-02 mGy/a		1,30E-02 mGy/a	
	1,16E-04 mGy/d		1,07E-04 mGy/d		2,86E-05 mGy/d		3,55E-05 mGy/d	
	4,82E-03 µGy/h		4,47E-03 µGy/h		1,19E-03 µGy/h		1,48E-03 µGy/h	

Tabelle A7-2: (Fortsetzung) Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge von Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen

Nuklid	Dosisrate mariner Referenzorganismen im Einleitbereich des KKB infolge von Vorbelastungen durch andere Einleiter bzw. Einleitungen in [mGy/a]							
	pelagischer Fisch		Seevogel		Schweinswal		Meeresschildkröte	
	intern	extern	intern	extern	intern	extern	intern	extern
H-3	0,00E+00	1,86E-13	0,00E+00	7,96E-12	0,00E+00	7,45E-13	0,00E+00	8,09E-13
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-58	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Co-60	1,38E-02	1,74E-05	1,56E-03	1,68E-05	5,13E-03	9,58E-06	5,07E-03	9,71E-06
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zn-65	0,00E+00	7,38E-09	0,00E+00	7,10E-09	0,00E+00	3,97E-09	0,00E+00	4,02E-09
Sr-89	5,30E-08	6,71E-11	3,34E-09	5,03E-11	3,40E-09	1,08E-11	3,40E-09	1,17E-11
Sr-90	1,35E-05	2,55E-08	8,53E-07	1,87E-08	8,74E-07	3,95E-09	8,74E-07	4,29E-09
Sb-125	2,53E-07	2,43E-09	2,81E-07	2,30E-09	5,53E-07	1,12E-09	5,44E-07	1,16E-09
I-131	2,88E-05	1,16E-05	5,81E-06	1,11E-05	9,77E-06	5,25E-06	9,63E-06	5,46E-06
Cs-134	1,55E-04	7,81E-06	9,83E-04	7,48E-06	1,20E-03	3,89E-06	2,59E-03	3,98E-06
Cs-137	2,69E-04	5,19E-06	1,54E-03	4,95E-06	1,21E-03	2,55E-06	2,62E-03	2,61E-06
Am-241	2,30E-04	1,46E-08	5,95E-04	1,32E-08	1,11E-03	4,12E-09	5,97E-04	4,44E-09
Gesamt	1,46E-02 mGy/a		4,73E-03 mGy/a		8,69E-03 mGy/a		1,09E-02 mGy/a	
	3,99E-05 mGy/d		1,30E-05 mGy/d		2,38E-05 mGy/d		2,99E-05 mGy/d	
	1,66E-03 µGy/h		5,40E-04 µGy/h		9,92E-04 µGy/h		1,25E-03 µGy/h	
Nuklid	Seeanemone							
	intern	extern						
H-3	0,00E+00	1,33E-12						
Fe-55	0,00E+00	0,00E+00						
Co-58	0,00E+00	0,00E+00						
Co-60	3,20E-04	1,89E-05						
Ni-63	0,00E+00	0,00E+00						
Zn-65	0,00E+00	8,04E-09						
Sr-89	1,98E-06	3,97E-10						
Sr-90	4,68E-04	1,43E-07						
Sb-125	7,21E-08	2,73E-09						
I-131	3,48E-04	1,31E-05						
Cs-134	3,85E-04	8,61E-06						
Cs-137	9,39E-04	5,84E-06						
Am-241	3,41E-04	2,00E-08						
Gesamt	2,85E-03 mGy/a							
	7,80E-06 mGy/d							
	3,25E-04 µGy/h							