

Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben

Verfahrensunterlage

Titel: ERAM
Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung infolge
Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern im bestimmungsgemäßen
Stilllegungsbetrieb

Autor: Becker, A. & Thielen, H.

Erscheinungsjahr: 2006

Unterlagen-Nr.: P 239

Revision: 01

Unterlagenteil: Unterlage



Zusammenfassung

Angela Becker/Harald Thielen

ERAM, Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition der Bevölkerung infolge Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern im bestimmungsgemäßen Stilllegungsbetrieb, Rev. 1

ERAM, Knochenmarksdosis, Referenzperson, Stilllegungsbetrieb, Strahlenexposition

Die potenzielle Strahlenexposition auf Grund der maximalen Ableitungen flüchtiger radioaktiver Stoffe aus dem ERAM während des Stilllegungsbetriebs wurde nach dem Verfahren der AVV ermittelt. Es wurde unterstellt, dass die gesamte Nahrung der exponierten Personen und auch das Futter der Tiere am jeweils maximalen Aufpunkt / an der jeweils ungünstigsten Einwirkungsstelle an den Schächten Bartensleben und Marie erzeugt werden. Die Überlagerung zwischen den Ableitungen aus beiden Schächten wurde beachtet. Am Standort Marie beträgt die berechnete effektive Strahlenexposition der Referenzperson $6,3 \mu\text{Sv/a}$ und die Dosis des roten Knochenmarks $17,5 \mu\text{Sv/a}$. Entsprechende Werte am Standort Bartensleben sind $4,2 \mu\text{Sv/a}$ (effektive Dosis) und $10,6 \mu\text{Sv/a}$ (Organdosis rotes Knochenmark). Diese Werte weisen einen deutlichen Abstand zu den Dosisgrenzwerten der Strahlenschutzverordnung von jeweils $300 \mu\text{Sv/a}$ auf.

Die für den bestimmungsgemäßen Stilllegungsbetrieb des ERAM angenommenen maximalen Ableitungen flüchtiger radioaktiver Stoffe mit den Abwettern führen in Verbindung mit den standortspezifischen meteorologischen Bedingungen somit zu einer Strahlenexposition der Bevölkerung, die deutlich unter den einschlägigen Dosisgrenzwerten liegt.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	5
2 Quellterme	5
3 Grundlagen für die Berechnung der Strahlenexposition	7
3.1 Ausbreitung radioaktiver Stoffe	7
3.2 Dosisberechnung	12
3.2.1 Berechnungsgrundlagen	12
3.2.2 Dosiskoeffizienten	14
4 Potenzielle Strahlenexposition	15
4.1 Schacht Bartensleben	15
4.2 Schacht Marie	21
5 Berücksichtigung von Überlagerungseffekten	27
5.1 Ausbreitungsfaktoren	27
5.2 Potenzielle Strahlenexposition	27
5.3 Potenzielle Strahlenexposition unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten	29
6 Literaturverzeichnis	40
7 Abkürzungsverzeichnis	42
8 Tabellenverzeichnis	43

1 Einleitung

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen für das Endlager Morsleben (ERAM) wird die potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung untersucht. Im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) hat die GRS die Strahlenexposition in der Umgebung des ERAM infolge Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern im bestimmungsgemäßen Stilllegungsbetrieb ermittelt.

Der bestimmungsgemäße Stilllegungsbetrieb sieht die Abgabe der Abwetter aus dem Grubengebäude über zwei Quellen vor. Eine Emissionsquelle ist der bestehende Abluftkamin am Mehrzweckgebäude des Schachts Bartensleben mit einer Emissionshöhe von 45 m über Grund. Der zweite Quellort ist der etwa 1,7 km nördlich gelegene Schacht Marie. Im Unterschied zu früheren Rechnungen wurde am Schacht Marie eine Ableitung aus einem neuen Abwetterbauwerk mit einem 30 m hohen Abluftkamin / Abwetterschlot unterstellt, der während des Offenhaltungsbetriebs errichtet wird. Beim Schacht Marie muss im anomalen Betriebsfall mit bodennahen Freisetzungen gerechnet werden. Dabei werden zur Gewährleistung der Druckentlastung der Schachthalle bei bestimmten Situationen mit Ventilatorausfall Abwetter über Druckentlastungsklappen aus der Schachthalle freigesetzt. Die bodennah freigesetzte Wettermenge wird mit 0,004% der jährlichen Gesamtabwettermenge des Schachts Marie angegeben. Verglichen mit den für die Emissionen aus dem Abluftkamin / Abwetterschlot berechneten Langzeit-Ausbreitungs- und Washoutfaktoren erhält man an den ungünstigsten Einwirkungsstellen einen Beitrag von maximal 1 - 2 % /GRS 06/. Aufgrund dieses nur geringfügigen Beitrags des anomalen Betriebsfalls werden die bodennahen Emissionen über die Druckentlastungsklappen bei der Berechnung der Langzeit-Ausbreitungs-, Ablagerungs- und Washoutfaktoren und der potenziellen Strahlenexposition nicht berücksichtigt. Bei der Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition wurden die Überlagerungseffekte zwischen den beiden Emittenten berechnet und bewertet.

2 Quellterme

Die Werte für die maximale Ableitung flüchtiger radioaktiver Stoffe gehen aus Tab. 2-1 hervor. Sie wurden unter Berücksichtigung von Sicherheitszuschlägen auf der

Grundlage von Messwerten mit Hilfe von Freisetzungs- und Aktivitätsflussmodellierung ermittelt /IST 06a/, /IST 06b/. Mit den Frischwetterern einziehende und später wieder abgeleitete Radionuklide werden nicht als Ableitungen aus dem Endlager betrachtet und sind daher nicht im Quellterm enthalten. Bei der Bilanzierung der Radionuklide in den Abwetterern hinsichtlich der Radionuklide aus dem Endlager (Ableitungen) und der Radionuklide aus der Umgebungsluft (keine Ableitungen) wurde der radioaktive Zerfall im Grubengebäude des ERAM berücksichtigt.

Tab. 2-1 Maximale Ableitung flüchtiger radioaktiver Stoffe mit dem Abwetterstrom aus dem ERAM

Radionuklid	Schacht Bartensleben in Bq/a	Schacht Marie in Bq/a
H-3 als HTO	$2,0 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^{11}$
C-14 als CO ₂	$1,5 \cdot 10^{10}$	$7,5 \cdot 10^9$
Co-60	$1,8 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^4$
Sr-90	$2,7 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^4$
Cs-137	$4,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^4$
Rn-222 (F=1)	$4,0 \cdot 10^{10}$	$4,0 \cdot 10^{10}$
Pb-210	$2,9 \cdot 10^6$	$2,9 \cdot 10^6$
Po-210	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$

Aus Gründen der Konservativität wurde bei Rn-222 mit einem Gleichgewichtsfaktor von $F = 1$ gerechnet. Die Annahme eines Gleichgewichtsfaktors $F = 1$ für das Verhältnis der kurzlebigen Rn-222-Folgeprodukte zu Rn-222 stellt die obere Grenze des physikalisch Möglichen dar. Realistisch ergeben sich für F Werte zwischen 0,3 und 0,7, bei denen sich die potenzielle Strahlenexposition direkt proportional verringert. Es wird ferner davon ausgegangen, dass H-3 als HTO und C-14 als CO₂ abgeleitet werden.

3 Grundlagen für die Berechnung der Strahlenexposition

3.1 Ausbreitung radioaktiver Stoffe

In diesem Abschnitt werden die in /GRS 06/ ermittelten maximalen Ausbreitungs- und Washoutfaktoren an den Standorten Bartensleben und Marie zusammengefasst. Die Ausbreitungsfaktoren für Gammasubmersion wurden nach dem vereinfachten Verfahren in /BFS 05/ ermittelt. In Anbetracht des sehr geringen Beitrags der Gammasubmersion zur Dosis (< 1 %) ist dieses Verfahren zulässig.

Die Ausbreitungs- und Washoutfaktoren müssen an der ungünstigsten Einwirkungsstelle nicht ihr Maximum haben. Vielmehr wirken verschiedene Faktoren auf die Dosis ein. Diese setzt sich zusammen aus der Dosis am Aufenthaltsort und am Erzeugungsort für landwirtschaftliche Produkte.

In die Berechnung der Dosis am Aufenthaltsort gehen ein:

- Ausbreitungsfaktor für die Gamma-Submersion (Gesamtjahr): externe Strahlung aus der Abluffahne
- Fallout- und Washoutfaktor (Gesamtjahr): externe Strahlung vom Boden
- Ausbreitungsfaktor für die bodennahe Aktivität (Gesamtjahr): Inhalation und Ingestion von Muttermilch nach Inhalation der Mutter

Die Strahlenexposition auf Grund der Ingestion von pflanzlichen und mittelbar von tierischen Erzeugnissen wird berechnet mit Hilfe des

- Fallout- und Washoutfaktors (Sommer): Radionuklide in pflanzlichen Erzeugnissen nach Absorption auf den Pflanzenoberflächen
- Fallout- und Washoutfaktors (Gesamtjahr): Radionuklide in pflanzlichen Erzeugnissen nach Aufnahme aus dem Boden
- Ausbreitungsfaktors für die bodennahe Aktivität (Sommer): H-3 und C-14 in pflanzlichen Erzeugnissen

Die Faktoren verhalten sich in Abhängigkeit von der Entfernung vom Emittenten unterschiedlich. Die Washoutfaktoren und die Ausbreitungsfaktoren für Gamma-Submersion sind bei den am Standort des ERAM vorhandenen geringen

Emissionshöhen auf den jeweiligen Betriebsgeländen am höchsten und nehmen mit der Entfernung ab. Die Ausbreitungsfaktoren für die bodennahe Konzentration und die daraus abgeleiteten Falloutfaktoren sind in unmittelbarer Nähe des Emittenten klein, steigen in weiterer Entfernung steil zu Maximalwerten an und sinken dann langsamer ab. Die Entfernung zwischen dem Emittenten und dem maximalen Aufpunkt hängt von der Emissionshöhe und den Wetterverhältnissen ab. Bei niedrigen Emissionshöhen wird die Lage des maximalen Aufpunkts außerhalb des Betriebsgeländes von der Geländegrenze mitbestimmt. Außerdem liegen die maximalen Fallout- und Washoutfaktoren nicht immer im gleichen Sektor.

Die Orte der ungünstigsten Einwirkungsstellen (Aufenthaltort und Erzeugungsort) können daher nur unter Berücksichtigung der Ergebnisse radioökologischer Berechnungen festgestellt werden. Die Grundlagen hierfür werden in Abschnitt 3.2 angegeben. Die Ergebnisse der Berechnungen in Abschnitt 4 zeigen, dass die effektive Dosis an ungünstigsten Aufenthaltort überwiegend durch die Inhalation bestimmt wird. Daher ist der ungünstigste Aufenthaltort an der Stelle der maximalen bodennahen Konzentration zu finden, im Fall der Überlagerung beider Emittenten an der Stelle, an der der Ausbreitungsfaktor von Schacht Marie maximal ist.

Die effektive Dosis durch Ingestion landwirtschaftlicher Erzeugnisse beruht bei den älteren Altersgruppen, wie in Abschnitt 4 gezeigt wird, zu einem bedeutenden Teil auf C-14, einem Radionuklid, das nur direkt aus der Luft von den Pflanzen aufgenommen wird. Bei den jüngeren Altersgruppen werden Pb-210 und sein Tochterprodukt Po-210 zunehmend wichtig, und beim Säugling, der mit Muttermilch ernährt wird, tragen diese beiden Radionuklide am meisten zur Exposition bei. Hier liefert der Washout ebenfalls einen signifikanten Beitrag zur Dosis. Daher ist es nicht auszuschließen, dass die ungünstigste Einwirkungsstelle für die Erzeugung von Nahrungsmitteln in Abhängigkeit von der betrachteten Altersgruppe um einige Meter differiert. Auch in Abhängigkeit vom betrachteten Organ differieren die ungünstigsten Einwirkungsstellen häufig um einige Meter, da sich die verschiedenartigen Radionuklide unterschiedlich in den einzelnen Körperorganen anreichern können.

Zur Identifikation des Ortes der höchsten Dosis durch Ingestion werden Vergleichsrechnungen für mehrere Orte durchgeführt, an denen die Falloutfaktoren niedriger, die Washoutfaktoren jedoch höher sind als am Ort des Maximums der bodennahen Konzentration. - Für den Beitrag der Emissionen aus Bartensleben am

Standort Marie spielt eine leichte Verschiebung des maximalen Aufpunkts in Anbetracht der Entfernung keine Rolle.

Tab. 3-1 zeigt die maximalen Ausbreitungs-, Fallout- und Washoutfaktoren in der Umgebung der Schächte Bartensleben und Marie. Das Maximum für die Gamma-Ausbreitungsfaktoren liegt so nahe an der jeweiligen Quelle, dass die Windrichtungsverteilung auf Grund der großen Reichweite der Gammastrahlung kaum noch eine Rolle spielt; dementsprechend gehört die ganze Südostseite am Standort Marie zum Bereich des Maximums.

In Tab. 3-2 werden die entsprechenden Faktoren für die ungünstigsten Einwirkungsstellen (Erzeugungsort und Aufenthaltsort) zusammengestellt. Für die effektive Dosis ist hier die Gammasubmersion wegen der hohen Inhalationsdosis nicht signifikant. Die Aufenthaltsdosis für das rote Knochenmark ist für alle Altersgruppen außer dem mit Muttermilch ernährten Säugling im Bereich der höchsten Einwirkung für Gammastrahlung aus der Abluftfahne maximal. Einzig der Säugling erhält im Bereich der höchsten bodennahen Konzentration die höchste Dosis durch Genuss von Muttermilch, die durch Radionuklide, die die Mutter inhaliert hat, belastet ist. Da die Dosis des roten Knochenmarks beim Säugling höher als die der anderen Altersgruppen ist, wird die Aufenthaltsdosis an der Stelle der höchsten bodennahen Konzentration angegeben.

Tab. 3-1 Maximale Ausbreitungs-, Fallout- und Washoutfaktoren

	Schacht Bartensleben		Schacht Marie	
	Ort		Ort	
CHI _{ganzes Jahr} in s/m ³	260 m Ost (95°)	$1,9 \cdot 10^{-6}$	190 m Nordost (70°)	$3,0 \cdot 10^{-6}$
CHI _{Sommer} in s/m ³	260 m Ost (95°)	$2,3 \cdot 10^{-6}$	170 m Nordost (70°)	$4,0 \cdot 10^{-6}$
F _{ganzes Jahr} in m ⁻²	260 m Ost (95°)	$2,9 \cdot 10^{-9}$	190 m Nordost (70°)	$4,5 \cdot 10^{-9}$
F _{Sommer} in m ⁻²	260 m Ost (95°)	$3,5 \cdot 10^{-9}$	170 m Nordost (70°)	$6,0 \cdot 10^{-9}$
W _{ganzes Jahr} in m ⁻²	190 m ENE (120°)	$1,6 \cdot 10^{-9}$	56 m Ost/Südost (110°)	$6,4 \cdot 10^{-9}$
W _{Sommer} in m ⁻²	190 m ENE (120°)	$2,2 \cdot 10^{-9}$	56 m Ost/Südost (110°)	$8,4 \cdot 10^{-9}$
CHI _{Gamma} in s/m ²	50 m Nord (0°)	$6 \cdot 10^{-4}$	40 m Südostseite	$1,3 \cdot 10^{-3}$

Tab. 3-2 Ausbreitungs-, Fallout- und Washoutfaktoren an den Orten der ungünstigsten Einwirkungsstellen

	Schacht Bartensleben	Schacht Marie
Lage des Maximums für den Aufenthaltsort	255 m Ost (95°)	190 m Ost/Nordost (70°)
CHI _{ganzes Jahr} in s/m ³	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$
F _{ganzes Jahr} in m ⁻²	$2,9 \cdot 10^{-9}$	$4,5 \cdot 10^{-9}$
W _{ganzes Jahr} in m ⁻²	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$
CHI _{Gamma} in s/m ²	$8 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Lage des Maximums für den Erzeugungsort	255 m Ost (95°)	150 m Nordost (75°)
CHI _{ganzes Jahr} in s/m ³	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$
CHI _{Sommer} in s/m ³	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$3,9 \cdot 10^{-6}$
F _{ganzes Jahr} in m ⁻²	$2,9 \cdot 10^{-9}$	$4,0 \cdot 10^{-9}$
F _{Sommer} in m ⁻²	$3,5 \cdot 10^{-9}$	$5,8 \cdot 10^{-9}$
W _{ganzes Jahr} in m ⁻²	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$3,4 \cdot 10^{-9}$
W _{Sommer} in m ⁻²	$1,7 \cdot 10^{-9}$	$3,8 \cdot 10^{-9}$

Der Ort, an dem die höchsten Radionuklidkonzentrationen in landwirtschaftlichen Erzeugnissen erwartet werden (Erzeugungsort), wurde identifiziert mittels radioökologischer Berechnungen für verschiedene Stellen, an denen mindestens einer von folgenden Faktoren maximal ist:

- CHI_{ganzes Jahr}, F_{ganzes Jahr}
- CHI_{Sommer}, F_{Sommer}
- (F+W)_{ganzes Jahr}
- (F+0,3W)_{Sommer}

Die Orte mit den zugehörigen Ausbreitungs- und Depositionsfaktoren sind in Tab. 3-3 zusammengestellt. Die so definierten Nebenmaxima liegen für Marie nahe am Hauptmaximum (75-Grad-Sektor, 150 m Entfernung) im 70-Grad-Sektor in Entfernungen zwischen 150 und 190 m. Die Erzeugungsdosis erreicht an allen diesen Stellen Werte von mindestens 95 % der maximalen Erzeugungsdosis. In Bartensleben fallen die Orte der maximalen Einwirkung für den Aufenthalt und für die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte zusammen. Daher ist die Lage der ungünstigsten Einwirkungsstellen am Schacht Bartensleben eindeutig im Sektor 95 Grad. Orte, an denen die Erzeugungsdosis mindestens 95 % des Maximums erreicht, liegen im 100-Grad-Sektor in 250 m Entfernung und im 120-Grad-Sektor in 190 m Entfernung vom Schacht Bartensleben.

Tab. 3-3 Zusammenstellung der Ausbreitungs-, Fallout- und Washoutfaktoren an besonders ungünstigen Einwirkungsorten

	Sektor	Entfernung in m	CHI _{ganzes Jahr} in s/m ³	CHI _{Sommer} in s/m ³	W _{ganzes Jahr} in 1/m ²	W _{Sommer} in 1/m ²	(F+W) _{ganzes Jahr} in 1/m ²	(F+0,3*W) _{Sommer} in 1/m ²	CHI _{Gamma} in s/m ²
Marie	70	147	2,71E-06	3,91E-06	3,24E-09	3,73E-09	7,30E-09	6,99E-09	5,00E-04
	70	168	2,91E-06	3,99E-06	2,84E-09	3,26E-09	7,20E-09	6,97E-09	4,50E-04
	70	193	2,97E-06	3,90E-06	2,48E-09	2,85E-09	6,94E-09	6,70E-09	4,00E-04
	75	147	2,68E-06	3,88E-06	3,37E-09	3,82E-09	7,39E-09	6,97E-09	5,00E-04
	110	49	2,14E-08	3,91E-08	6,44E-09	8,41E-09	6,47E-09	2,58E-09	1,50E-03
Bartensleben	95	255	1,90E-06	2,30E-06	1,56E-09	1,72E-09	4,41E-09	3,96E-09	8,00E-05
	100	255	1,90E-06	2,32E-06	1,51E-09	1,72E-09	4,35E-09	4,00E-09	2,00E-04
	120	195	1,55E-06	2,24E-06	1,60E-09	2,17E-09	3,94E-09	4,02E-09	1,00E-04

3.2 Dosisberechnung

3.2.1 Berechnungsgrundlagen

Die Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition erfolgt auf der Basis des Entwurfs der Novellierung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV, Stand 13.05.2005 (AVV) /BFS 05/ einschließlich der dort vorgeschriebenen Dosiskoeffizienten /BMU 01/. Die dort fehlenden Dosiskoeffizienten für Rn-222 werden nach EURATOM /EUR 96/ und ICRP Empfehlungen /ICRP 81/ ergänzt (siehe Abschnitt 3.2.2).

Die potenzielle Strahlenexposition der Bevölkerung ergibt sich gemäß AVV aus der Summe der Strahlenexpositionen an zwei - möglicherweise unterschiedlichen - Einwirkungsorten:

- Aufenthaltsort: β - und γ -Submersion, γ -Bodenstrahlung und Inhalation,
- Erzeugungsort: Verzehr von Lebensmitteln.

Die potenzielle Strahlenexposition wird somit über folgende Expositionspfade ermittelt:

- äußere Strahlenexposition durch β - und γ -Strahlung aus der Fortluftfahne,
- äußere Strahlenexposition durch γ -Strahlung über kontaminiertem Boden,
- Inhalation von Radionukliden aus der bodennahen Luft,
- Ingestion von Blattgemüse und pflanzlichen Produkten,
- Ingestion von Fleisch, Wurst, Eiern, Milch und Milchprodukten,
- Ingestion von Muttermilch beim Säugling¹

Bei der Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition werden folgende konservative Annahmen getroffen:

¹ Bei der Berechnung der Belastung der Muttermilch wurden bei der Mutter Inhalation und Ingestion betrachtet.

Anbaufläche

Die ungünstigste Einwirkungsstelle für Ableitungen aus der Anlage Marie liegt in 150 m Entfernung vom Emissionsort. Aufgrund der geringen Entfernung und der dementsprechend geringen Fläche wurde geprüft, ob die maximalen Falloutfaktoren für das Gebiet, in dem die gesamte Nahrung eines Säuglings und seiner Mutter erzeugt werden kann, repräsentativ sein können. Die für die Erzeugung der Nahrung notwendige Mindestfläche wurde aus den Angaben in der AVV /BFS 05/ berechnet. Die Betrachtung hatte zum Ergebnis, dass es nicht einmal theoretisch möglich ist, die gesamte tierische Nahrung der Mutter und ihres Säuglings auf der Grundlage von auf dieser kleinen Fläche angebautem Futter zu erzeugen. Das gilt auch bei Beachtung der Tatsache, dass die Exposition auf den angrenzenden Flächen nur wenig geringer ist. Aus Konservativitätsgründen wurden dennoch keine separaten Ausbreitungsfaktoren für die Berechnung der Radionuklidkonzentration in tierischen Nahrungsmitteln verwendet, sondern mit den Ausbreitungsfaktoren für den maximalen Aufpunkt gerechnet.

Dauer der Ableitungen

Die Dauer der Ableitung ist ein wesentlicher Parameter für die Berechnung der Exposition durch Radionuklide, die sich im Boden anreichern. Für den Stilllegungsbetrieb des ERAM ist hierbei allein das Pb-210 mit einer Halbwertszeit von 22,3 Jahren relevant. Es wird entsprechend /BFS 05/ von einer Ableitungszeit von 50 Jahren ausgegangen und die Dosis wird für das 50. Jahr berechnet. Da die Stilllegungsphase erheblich kürzer sein wird, führt diese Annahme zu einer weiteren Überschätzung der Dosis durch Pb-210 und sein Tochterprodukt Po-210, das nur in sehr geringem Umfang aus beiden Schächten emittiert wird und überwiegend erst im Laufe der Zeit im Boden aus dem Pb-210 entsteht.

Anreicherung von Po-210 in der Pflanze

Direkt emittiertes Po-210 zerfällt mit einer geringen Halbwertszeit von 138 Tagen zum stabilen Blei (Pb-206). Deshalb reichert es sich kaum im Boden an und liefert einen nur geringfügigen Beitrag zur Ingestionsdosis.

Weiteres Po-210 entsteht durch den Zerfall des Nuklids Pb-210 (Halbwertszeit 22 a) über das Bi-210 (Halbwertszeit 5 d) und wird ständig nachgeliefert. Es gelangt in die Pflanze durch Aufnahme von Pb-210, Bi-210 und Po-210 über die Wurzeln aus dem

Boden. Dabei liegen die Transferfaktoren für Po-210 und Pb-210 in ungefähr der gleichen Größenordnung. Die Transferfaktoren für Bi-210 sind wesentlich höher. Bi-210 zerfällt mit einer Halbwertszeit von nur 5 Tagen zu Po-210. In den Berechnungen wurde konservativ davon ausgegangen, dass das in den Pflanzenwurzeln entstehende Polonium mit der gleichen Geschwindigkeit weiter zu den zum Verzehr geeigneten Pflanzenteilen transportiert wird wie Wismut.

3.2.2 Dosiskoeffizienten

Für die Berechnung der Strahlenexposition wurden die Dosiskoeffizienten nach /BMU 01/ verwendet. In diesen Tabellen sind keine Dosiskoeffizienten für die Inhalation von Rn-222 enthalten. Die effektiven Dosiskoeffizienten für die Inhalation von Rn-222 und seinen kurzlebigen Tochternukliden basieren auf EURATOM /EUR 96/ für den Erwachsenen und auf /BMU 99/ für die übrigen Altersgruppen.

Die Dosiskoeffizienten von Rn-222 zur Ermittlung der Organdosis für die Lunge wurden auf der Grundlage von ICRP 32 /ICRP 81/ ermittelt. Dort werden alternativ zwei verschiedene Lungenkonzepte dargestellt. Aus Konservativitätsgründen wurde das so genannte „regionale Lungenkonzept“ verwendet. Es gelten die Dosiskoeffizienten für die Tracheobronchialregion in Tab. 3-4. Die Dosiskoeffizienten für die jüngeren Altersgruppen wurden mit Hilfe der Atemraten in /BFS 05/ aus Angaben in /HOF 79/ ermittelt. Die auffälligen Sprünge zwischen den verschiedenen Altersstufen beruhen auf dem altersabhängig unterschiedlichen Bewegungsdrang und der damit verbundenen Atmung der Kinder.

Tab. 3-4 Altersabhängige Dosiskoeffizienten für die Inhalation von Radon
(siehe Text)

Altersgruppe	Effektive Dosiskoeffizienten /EUR 96, BMU 99/ in Sv/Bq	Dosiskoeffizienten für die Tracheo- bronchialregion in Sv/Bq	Dosiskoeffizienten für die Pulmonal- region in Sv/Bq
Erwachsener	$6,5 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$
> 12 bis ≤ 17 Jahre	$7,4 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$
> 7 bis ≤ 12 Jahre	$9,4 \cdot 10^{-9}$	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
> 2 bis ≤ 7 Jahre	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$6,2 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-7}$
> 1 bis ≤ 2 Jahre	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$7,4 \cdot 10^{-7}$	$2,1 \cdot 10^{-7}$
≤ 1 Jahr	$4,9 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-7}$

4 Potenzielle Strahlenexposition

4.1 Schacht Bartensleben

Zunächst wird die potenzielle Strahlenexposition ohne Berücksichtigung von Überlagerungseffekten zwischen den Beiträgen der beiden Emittenten Schacht Bartensleben und Schacht Marie berechnet.

Tab. 4-1 zeigt die Organdosen und die effektive Dosis für alle Altersgruppen zusammen mit den Dosisgrenzwerten /STR 01/. Die Zahlen zeigen, dass die Grenzwerte sowohl für die effektive Dosis als auch für die organ- und gewebespezifischen Dosen deutlich unterschritten werden.

Der größte Organdosiswert in Relation zum Grenzwert wird für alle Altersgruppen für das rote Knochenmark ermittelt (kritisches Organ), nur im Falle des Jugendlichen ist die Knochenoberfläche das am stärksten belastete Organ. Die größte effektive Dosis erhält das unter einjährige Kind, das mit Muttermilch ernährt wird (in den Tabellen mit „Brust“ bezeichnet), während der Wert für das unter einjährige Kind ohne Muttermilch-ernährung (durch „Flasche“ gekennzeichnet) geringer ist. Die Dosis des kritischen Organs jeder Altersgruppe ist in dieser und in den weiteren Tabellen mit gleichem Aufbau (Tab. 4-6, Tab. 5-2 bis Tab. 5-5) grau schattiert.

In Tab. 4-2 folgen Angaben zum Beitrag der einzelnen Radionuklide zur effektiven Dosis für die verschiedenen Altersgruppen. In dieser Tabelle und in den folgenden Tabellen gleichen Aufbaus erscheint auch das Radionuklid Bi-210, für das kein Quellterm angegeben wird. Dieses Radionuklid entsteht als Tochterprodukt von Pb-210 während der Anreicherungszeit von 50 Jahren im Boden. Die hier angegebenen Dosen sind somit nicht Folge einer direkten Ableitung von Bi-210. Im Fall von Po-210 werden die Anteile der direkten Ableitung und die Anteile, die aus Pb-210 entstehen, getrennt ausgewiesen. In Tab. 4-3 folgt die Angabe der Beiträge der einzelnen Expositionspfade.

Tab. 4-1 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben und Vergleich der Dosen mit den jeweiligen Dosisgrenzwerten in $\mu\text{Sv/a}$

Organ Gewebe	Grenz- wert	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
	in $\mu\text{Sv/a}$	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
ET Luftwege		0,9	1,0	1,4	1,5	1,6	0,9	1,7
Lunge	900	3,4	4,3	5,5	6,6	5,3	4,8	5,6
Blase	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Brust	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Gehirn	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Haut	1800	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Hoden	300	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Knochen- oberfl.	1800	5,0	14,3	9,8	7,2	6,6	7,8	15,1
Leber	900	1,7	2,9	3,9	4,5	5,2	5,8	13,0
Speiseröhre	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Magen	900	0,9	1,0	1,3	1,6	1,8	1,0	2,1
Dünndarm	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,6	0,8	1,6
O Dickdarm	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	0,8	1,7
U Dickdarm	900	0,9	1,0	1,3	1,5	1,7	0,9	1,9
Dickdarm	900	0,8	0,9	1,3	1,4	1,7	0,9	1,8
Milz	900	2,3	4,4	6,1	7,6	8,6	10,7	24,4
Muskel	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Nebennieren	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Nieren	900	2,7	4,8	6,1	6,9	7,6	9,3	20,8
Ovarien	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Pankreas	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Rotes Knochenm.	300	1,4	2,3	2,9	3,4	4,1	4,6	10,2
Schilddrüse	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Thymus	900	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
Uterus	300	0,8	0,9	1,2	1,3	1,5	0,8	1,6
effektiv	300	1,2	1,6	1,9	2,1	2,4	1,9	4,0

Tab. 4-2 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben. Nuklidspezifische Aufschlüsselung der effektiven Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
H-3	6,3E-02	6,7E-02	8,1E-02	8,7E-02	1,0E-01	4,7E-02	9,8E-02
C-14	7,6E-01	8,2E-01	1,1E+00	1,2E+00	1,3E+00	5,0E-01	9,6E-01
Co-60	2,7E-05	3,6E-05	4,2E-05	4,9E-05	5,1E-05	5,5E-05	6,2E-05
Sr-90	1,1E-04	3,6E-04	2,6E-04	1,8E-04	2,0E-04	3,0E-04	3,8E-04
Cs-137	1,6E-04	1,7E-04	1,5E-04	1,4E-04	1,3E-04	1,2E-04	1,7E-04
Pb-210	1,3E-01	3,8E-01	3,6E-01	3,7E-01	3,9E-01	4,9E-01	7,6E-01
Bi-210	3,6E-04	4,8E-04	8,3E-04	1,2E-03	1,6E-03	1,3E-03	1,5E-03
Po-210	1,1E-01	1,6E-01	2,5E-01	3,7E-01	4,6E-01	7,3E-01	2,0E+00
Po-210 direkt	9,4E-04	1,3E-03	2,0E-03	2,9E-03	3,5E-03	5,5E-03	1,6E-02
Rn-222 + T	1,3E-01	1,3E-01	1,3E-01	1,3E-01	1,3E-01	1,3E-01	1,3E-01
Summe	1,2E+00	1,6E+00	1,9E+00	2,1E+00	2,4E+00	1,9E+00	4,0E+00
	Beitrag zur Dosis in %						
H-3	5,22%	4,28%	4,26%	4,10%	4,28%	2,45%	2,47%
C-14	63,4%	52,5%	56,4%	54,6%	54,5%	26,2%	24,1%
Co-60	0,002%	0,002%	0,002%	0,002%	0,002%	0,003%	0,002%
Sr-90	0,010%	0,023%	0,014%	0,009%	0,008%	0,016%	0,010%
Cs-137	0,013%	0,011%	0,008%	0,006%	0,005%	0,006%	0,004%
Pb-210	11,0%	24,3%	19,1%	17,4%	16,4%	25,8%	19,1%
Bi-210	0,030%	0,031%	0,044%	0,057%	0,066%	0,069%	0,038%
Po-210	9,40%	10,4%	13,2%	17,4%	19,1%	38,2%	50,6%
Po-210 direkt	0,08%	0,08%	0,10%	0,13%	0,15%	0,29%	0,40%
Rn-222 + T	10,8%	8,46%	6,88%	6,20%	5,45%	6,99%	3,34%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Der Dosisbeitrag des Radons wird hauptsächlich durch seine kurzlebigen Tochterprodukte (Po-218, Pb-214, Bi-214 und Po-214) verursacht. Rn-222 und die genannten Tochterprodukte werden hier als „Rn-222 + T“ zusammengefasst.

Tab. 4-3 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben. Expositionspfadspezifische Aufschlüsselung der effektiven Dosis in $\mu\text{Sv/a}$

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Expositionspfad	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
Gammasubmersion	1,89E-03	2,08E-03	2,28E-03	2,47E-03	2,67E-03	2,67E-03	2,67E-03
Betasubmersion	3,97E-05	3,97E-05	3,97E-05	3,97E-05	3,97E-05	3,97E-05	3,97E-05
Gammabodenstrahlung	8,34E-05	9,17E-05	1,06E-04	1,15E-04	1,31E-04	1,40E-04	1,05E-04
Inhalation	2,05E-01	2,03E-01	2,00E-01	1,91E-01	1,86E-01	1,69E-01	1,69E-01
Muttermilch nach Inhalation							1,12E-02
Ingestion							
sonstige Pflanzen	6,07E-01	9,03E-01	1,14E+00	1,31E+00	1,42E+00	1,45E+00	1,45E+00
Blattgemüse	4,02E-02	5,02E-02	5,04E-02	4,94E-02	7,14E-02	6,36E-02	6,36E-02
Milch	1,80E-01	2,39E-01	3,31E-01	3,88E-01	6,32E-01	1,76E-01	1,76E-01
Fleisch	1,71E-01	1,57E-01	1,80E-01	1,79E-01	7,80E-02	3,90E-02	3,90E-02
Muttermilch							2,07E+00
Summe Aufenthaltsort	2,07E-01	2,06E-01	2,02E-01	1,93E-01	1,88E-01	1,72E-01	1,83E-01
Summe Erzeugungsort	9,97E-01	1,35E+00	1,70E+00	1,93E+00	2,21E+00	1,73E+00	3,80E+00
Gesamtsumme	1,20E+00	1,55E+00	1,90E+00	2,12E+00	2,39E+00	1,90E+00	3,98E+00
	Beitrag zur Dosis in %						
Gammasubmersion	0,16%	0,13%	0,12%	0,12%	0,11%	0,14%	0,07%
Betasubmersion	0,003%	0,003%	0,002%	0,002%	0,002%	0,002%	0,001%
Gammabodenstrahlung	0,007%	0,006%	0,006%	0,005%	0,005%	0,007%	0,003%
Inhalation	17,04%	13,07%	10,50%	8,97%	7,75%	8,86%	4,23%
Muttermilch nach Inhalation							0,28%
Ingestion							
sonstige Pflanzen	50,37%	58,09%	59,86%	61,88%	59,49%	76,35%	36,50%
Blattgemüse	3,34%	3,23%	2,65%	2,33%	2,98%	3,34%	1,60%
Milch	14,91%	15,39%	17,42%	18,29%	26,40%	9,25%	4,42%
Fleisch	14,17%	10,07%	9,45%	8,41%	3,26%	2,05%	0,98%
Muttermilch							51,92%
Summe Aufenthaltsort	17,21%	13,22%	10,63%	9,10%	7,87%	9,01%	4,59%
Summe Erzeugungsort	82,79%	86,78%	89,37%	90,90%	92,13%	90,99%	95,41%
Gesamtsumme	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 4-4 zeigt die Einzelbeiträge zur Dosis für das rote Knochenmark, aufgeschlüsselt nach Nukliden. In Tab. 4-5 ist die Aufschlüsselung nach Expositionspfaden angegeben.

Tab. 4-4 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben. Nuklidspezifische Aufschlüsselung der Dosis für das rote Knochenmark in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
H-3	3,6E-02	4,0E-02	5,3E-02	6,0E-02	7,3E-02	2,8E-02	7,6E-02
C-14	7,1E-01	7,6E-01	1,0E+00	1,1E+00	1,2E+00	4,5E-01	8,7E-01
Co-60	2,4E-05	3,3E-05	3,7E-05	4,2E-05	4,4E-05	4,9E-05	5,4E-05
Sr-90	7,2E-04	2,2E-03	1,6E-03	1,0E-03	1,1E-03	2,0E-03	2,5E-03
Cs-137	1,6E-04	1,7E-04	1,4E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,1E-04	1,5E-04
Pb-210	4,5E-01	1,1E+00	1,2E+00	1,3E+00	1,5E+00	1,9E+00	2,9E+00
Bi-210	5,5E-06	7,4E-06	1,2E-05	1,8E-05	2,3E-05	3,9E-05	4,6E-05
Po-210	2,5E-01	3,8E-01	6,2E-01	1,0E+00	1,3E+00	2,3E+00	6,3E+00
Po-210 direkt	2,0E-03	3,0E-03	4,8E-03	7,7E-03	1,0E-02	1,7E-02	4,9E-02
Rn-222 + T	1,9E-03	2,0E-03	2,2E-03	2,4E-03	2,6E-03	2,6E-03	2,6E-03
Summe	1,4E+00	2,3E+00	2,9E+00	3,4E+00	4,1E+00	4,6E+00	1,0E+01
	Beitrag zur Dosis in %						
H-3	2,51%	1,72%	1,84%	1,73%	1,76%	0,61%	0,74%
C-14	49,0%	32,5%	34,9%	31,7%	28,9%	9,65%	8,59%
Co-60	0,002%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%
Sr-90	0,050%	0,093%	0,055%	0,030%	0,027%	0,042%	0,024%
Cs-137	0,011%	0,007%	0,005%	0,004%	0,003%	0,002%	0,001%
Pb-210	31,2%	49,1%	41,6%	36,9%	36,4%	40,2%	28,3%
Bi-210	0,000%	0,000%	0,000%	0,001%	0,001%	0,001%	0,000%
Po-210	17,0%	16,4%	21,3%	29,3%	32,6%	49,1%	61,8%
Po-210 direkt	0,14%	0,13%	0,16%	0,22%	0,25%	0,37%	0,48%
Rn-222 + T	0,13%	0,09%	0,08%	0,07%	0,06%	0,06%	0,03%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 4-5 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben. Expositionspfadspezifische Aufschlüsselung der Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Expositionspfad	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
Gammasubmersion	1,9E-03	2,0E-03	2,2E-03	2,4E-03	2,6E-03	2,6E-03	2,6E-03
Betasubmersion	0	0	0	0	0	0	0
Gammabodenstrahlung	7,4E-05	8,2E-05	9,5E-05	1,0E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,2E-04
Inhalation	3,9E-04	3,4E-04	3,0E-04	2,2E-04	2,0E-04	1,7E-04	1,7E-04
Muttermilch nach Inhalation							2,0E-02
Ingestion							
sonstige Pflanzen	1,0E+00	1,8E+00	2,2E+00	2,7E+00	3,2E+00	4,1E+00	4,1E+00
Blattgemüse	7,2E-02	1,1E-01	1,1E-01	1,1E-01	1,7E-01	1,9E-01	1,9E-01
Milch	1,9E-01	2,6E-01	3,6E-01	4,2E-01	6,9E-01	2,4E-01	2,4E-01
Fleisch	1,9E-01	1,9E-01	2,2E-01	2,3E-01	1,1E-01	7,7E-02	7,7E-02
Muttermilch							5,5E+00
Summe Aufenthaltsort	2,3E-03	2,5E-03	2,6E-03	2,8E-03	2,9E-03	2,9E-03	2,2E-02
Summe Erzeugungsort	1,4E+00	2,3E+00	2,9E+00	3,4E+00	4,1E+00	4,6E+00	1,0E+01
Gesamtsumme	1,4E+00	2,3E+00	2,9E+00	3,4E+00	4,1E+00	4,6E+00	1,0E+01
	Beitrag zur Dosis in %						
Gammasubmersion	0,13%	0,09%	0,08%	0,07%	0,06%	0,06%	0,03%
Betasubmersion	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gammabodenstrahlung	0,005%	0,004%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,001%
Inhalation	0,027%	0,015%	0,010%	0,006%	0,005%	0,004%	0,002%
Muttermilch nach Inhalation							0,19%
Ingestion							
sonstige Pflanzen	68,84%	76,05%	76,34%	77,83%	76,67%	89,15%	40,52%
Blattgemüse	4,95%	4,57%	3,65%	3,10%	4,05%	4,04%	1,83%
Milch	12,95%	11,29%	12,41%	12,27%	16,62%	5,09%	2,31%
Fleisch	13,10%	7,99%	7,51%	6,72%	2,59%	1,66%	0,76%
Muttermilch							54,36%
Summe Aufenthaltsort	0,16%	0,11%	0,09%	0,08%	0,07%	0,06%	0,22%
Summe Erzeugungsort	99,84%	99,89%	99,91%	99,92%	99,93%	99,94%	99,78%
Gesamtsumme	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Die Aufenthaltsdosis aller Altersgruppen außer der des Säuglings ("Brust") ist im Bereich der maximalen Gammastrahlung aus der Abluffahne (50 m nördlich) am höchsten und beträgt zwischen $0,01 \mu\text{Sv/a}$ (> 17 Jahre) und $0,014 \mu\text{Sv/a}$ (< 1 Jahr, Ernährung mit der Flasche).

4.2 Schacht Marie

Die potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung des Schachts Marie wird für die ungünstigsten Einwirkungsstellen berechnet, dabei ist der Ort der maximalen Aufenthaltsdosis nicht mit dem Ort der höchsten Erzeugungsdosis identisch. Näheres geht aus Abschnitt 3.1 hervor. Die Ausbreitungs- und Depositionsfaktoren werden in Tab. 3-2 zusammengefasst. In Tab. 4-6 werden die Organdosen und die effektive Dosis für alle Altersgruppen zusammen mit den Dosisgrenzwerten /STR 01/ gezeigt. Die Zahlen zeigen, dass die Grenzwerte sowohl für die effektive Dosis als auch für die organ- und gewebespezifischen Dosen deutlich unterschritten werden.

Der größte Organdosiswert in Relation zum Grenzwert wird für alle Altersgruppen für das rote Knochenmark ermittelt (kritisches Organ), nur im Falle des Jugendlichen ist die Knochenoberfläche das am stärksten belastete Organ. Die größte effektive Dosis erhält das unter einjährige Kind, das mit Muttermilch ernährt wird.

Tab. 4-6 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie und Vergleich der Dosen mit den jeweiligen Dosisgrenzwerten in $\mu\text{Sv/a}$

Organ Gewebe	Grenz- wert	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
	in $\mu\text{Sv/a}$	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
ET Luftwege		0,9	1,0	1,4	1,5	1,7	1,1	2,1
Lunge	900	4,7	6,0	7,9	9,5	7,5	7,3	8,4
Blase	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Brust	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Gehirn	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Haut	1800	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Hoden	300	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Knochen- oberfl.	1800	8,3	24,7	16,4	11,8	10,5	13,4	25,8
Leber	900	2,4	4,3	6,0	6,9	8,1	9,7	21,9
Speiseröhre	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Magen	900	0,8	1,0	1,4	1,7	1,9	1,2	2,6
Dünndarm	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
O Dickdarm	900	0,8	0,9	1,3	1,5	1,7	1,0	2,2
U Dickdarm	900	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	1,2	2,4
Dickdarm	900	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	1,1	2,3
Milz	900	3,4	7,0	9,9	12,4	14,0	18,4	41,8
Muskel	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Nebennieren	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Nieren	900	4,0	7,7	9,9	11,1	12,4	15,8	35,5
Ovarien	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Pankreas	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Rotes Knochenm.	300,0	1,9	3,5	4,2	5,1	6,2	7,7	17,0
Schilddrüse	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Thymus	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
Uterus	300	0,8	0,9	1,2	1,4	1,6	1,0	2,0
effektiv	300	1,4	2,0	2,4	2,7	3,1	2,9	6,1

In Tab. 4-7 folgen Angaben zum Beitrag der einzelnen Radionuklide zur effektiven Dosis, in Tab. 4-8 die Beiträge der einzelnen Expositionspfade. Die entsprechenden Tabellen für das rote Knochenmark finden sich in Tab. 4-9 und Tab. 4-10.

Tab. 4-7 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie. Nuklidspezifische Aufschlüsselung der effektiven Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
H-3	1,4E-01	1,5E-01	1,8E-01	2,0E-01	2,4E-01	1,1E-01	2,3E-01
C-14	6,4E-01	6,9E-01	9,1E-01	9,8E-01	1,1E+00	4,2E-01	8,1E-01
Co-60	4,3E-05	5,9E-05	6,9E-05	8,1E-05	8,5E-05	9,0E-05	1,0E-04
Sr-90	2,0E-04	6,1E-04	4,5E-04	3,1E-04	3,4E-04	5,2E-04	6,6E-04
Cs-137	2,7E-04	2,9E-04	2,4E-04	2,3E-04	2,1E-04	2,0E-04	2,8E-04
Pb-210	2,3E-01	6,7E-01	6,4E-01	6,5E-01	7,0E-01	8,7E-01	1,3E+00
Bi-210	6,2E-04	8,2E-04	1,4E-03	2,1E-03	2,7E-03	2,2E-03	2,6E-03
Po-210	2,0E-01	2,8E-01	4,3E-01	6,4E-01	7,9E-01	1,3E+00	3,5E+00
Po-210 direkt	1,7E-03	2,3E-03	3,5E-03	5,1E-03	6,2E-03	9,7E-03	2,8E-02
Rn-222 + T	2,1E-01	2,1E-01	2,1E-01	2,2E-01	2,2E-01	2,2E-01	2,2E-01
Summe	1,4E+00	2,0E+00	2,4E+00	2,7E+00	3,1E+00	2,9E+00	6,1E+00
	Beitrag zur Dosis in %						
H-3	9,84%	7,49%	7,71%	7,39%	7,78%	3,66%	3,73%
C-14	45,1%	34,4%	38,0%	36,4%	36,2%	14,6%	13,3%
Co-60	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,002%
Sr-90	0,014%	0,031%	0,019%	0,012%	0,011%	0,018%	0,011%
Cs-137	0,019%	0,014%	0,010%	0,008%	0,007%	0,007%	0,005%
Pb-210	16,3%	33,3%	26,9%	24,2%	22,8%	30,1%	21,9%
Bi-210	0,043%	0,041%	0,060%	0,077%	0,090%	0,078%	0,043%
Po-210	13,7%	13,9%	18,1%	23,7%	25,9%	43,6%	57,0%
Po-210 direkt	0,12%	0,11%	0,15%	0,19%	0,20%	0,34%	0,46%
Rn-222 + T	14,9%	10,7%	8,98%	8,02%	7,04%	7,59%	3,58%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 4-8 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie. Expositionspfadspezifische Aufschlüsselung der effektiven Dosis in $\mu\text{Sv/a}$

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
Gammasubmersion	9,46E-03	1,04E-02	1,14E-02	1,24E-02	1,33E-02	1,34E-02	1,34E-02
Betasubmersion	6,26E-05	6,26E-05	6,26E-05	6,26E-05	6,26E-05	6,26E-05	6,26E-05
Gammabodenstrahlung	1,31E-04	1,44E-04	1,67E-04	1,80E-04	2,06E-04	2,20E-04	1,65E-04
Inhalation	3,00E-01	2,98E-01	2,96E-01	2,86E-01	2,79E-01	2,58E-01	2,58E-01
Muttermilch nach Inhalation							1,75E-02
Ingestion							
sonstige Pflanzen	7,24E-01	1,22E+00	1,49E+00	1,75E+00	1,93E+00	2,27E+00	2,27E+00
Blattgemüse	4,87E-02	7,01E-02	6,77E-02	6,67E-02	9,74E-02	9,89E-02	9,89E-02
Milch	1,78E-01	2,44E-01	3,34E-01	3,94E-01	6,46E-01	1,96E-01	1,96E-01
Fleisch	1,69E-01	1,60E-01	1,85E-01	1,89E-01	8,46E-02	5,07E-02	5,07E-02
Muttermilch							3,22E+00
Summe							
Aufenthaltsort	3,10E-01	3,08E-01	3,07E-01	2,98E-01	2,93E-01	2,71E-01	2,89E-01
Summe							
Erzeugungsort	1,12E+00	1,69E+00	2,08E+00	2,40E+00	2,76E+00	2,62E+00	5,83E+00
Gesamtsumme	1,43E+00	2,00E+00	2,39E+00	2,70E+00	3,05E+00	2,89E+00	6,12E+00
	Beitrag zur Dosis in %						
Gammasubmersion	0,66%	0,52%	0,48%	0,46%	0,44%	0,46%	0,22%
Betasubmersion	0,004%	0,003%	0,003%	0,002%	0,002%	0,002%	0,001%
Gammabodenstrahlung	0,009%	0,007%	0,007%	0,007%	0,007%	0,008%	0,003%
Inhalation	21,0%	14,9%	12,4%	10,6%	9,14%	8,93%	4,21%
Muttermilch nach Inhalation							0,29%
Ingestion							
sonstige Pflanzen	50,6%	60,9%	62,6%	64,9%	63,3%	78,6%	37,1%
Blattgemüse	3,4%	3,5%	2,8%	2,5%	3,2%	3,4%	1,6%
Milch	12,5%	12,2%	14,0%	14,6%	21,1%	6,8%	3,2%
Fleisch	11,8%	8,01%	7,74%	7,01%	2,77%	1,76%	0,83%
Muttermilch							52,56%
Summe							
Aufenthaltsort	21,68%	15,38%	12,87%	11,04%	9,58%	9,40%	4,72%
Summe							
Erzeugungsort	78,32%	84,62%	87,13%	88,96%	90,42%	90,60%	95,28%
Gesamtsumme	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 4-9 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie. Nuklidspezifische Aufschlüsselung der Dosis für das rote Knochenmark in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
H-3	8,8E-02	9,7E-02	1,3E-01	1,4E-01	1,8E-01	6,8E-02	1,8E-01
C-14	6,0E-01	6,4E-01	8,5E-01	9,3E-01	1,0E+00	3,8E-01	7,4E-01
Co-60	3,9E-05	5,3E-05	6,1E-05	6,9E-05	7,2E-05	8,0E-05	9,0E-05
Sr-90	1,2E-03	3,7E-03	2,7E-03	1,8E-03	1,9E-03	3,4E-03	4,3E-03
Cs-137	2,7E-04	2,8E-04	2,3E-04	2,1E-04	1,9E-04	1,8E-04	2,5E-04
Pb-210	8,0E-01	2,0E+00	2,1E+00	2,3E+00	2,7E+00	3,3E+00	5,1E+00
Bi-210	9,5E-06	1,3E-05	2,1E-05	3,1E-05	3,9E-05	6,7E-05	7,9E-05
Po-210	4,2E-01	6,6E-01	1,1E+00	1,7E+00	2,3E+00	3,9E+00	1,1E+01
Po-210 direkt	3,5E-03	5,3E-03	8,4E-03	1,4E-02	1,8E-02	3,0E-02	8,7E-02
Rn-222 + T	9,3E-03	1,0E-02	1,1E-02	1,2E-02	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02
Summe	1,9E+00	3,5E+00	4,2E+00	5,1E+00	6,2E+00	7,7E+00	1,7E+01
	Beitrag zur Dosis in %						
H-3	4,56%	2,81%	3,05%	2,82%	2,83%	0,88%	1,06%
C-14	31,2%	18,7%	20,3%	18,2%	16,3%	4,91%	4,36%
Co-60	0,002%	0,002%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%
Sr-90	0,065%	0,108%	0,065%	0,035%	0,031%	0,044%	0,025%
Cs-137	0,014%	0,008%	0,005%	0,004%	0,003%	0,002%	0,001%
Pb-210	41,5%	58,8%	50,7%	44,2%	42,8%	42,6%	30,0%
Bi-210	0,000%	0,000%	0,000%	0,001%	0,001%	0,001%	0,000%
Po-210	22,0%	19,1%	25,4%	34,3%	37,5%	50,9%	64,0%
Po-210 direkt	0,18%	0,15%	0,20%	0,27%	0,29%	0,39%	0,51%
Rn-222 + T	0,5%	0,3%	0,27%	0,24%	0,21%	0,17%	0,08%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 4-10 Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie. Expositionspfadspezifische Aufschlüsselung der Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
Gammasubmersion	9,3E-03	1,0E-02	1,1E-02	1,2E-02	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02
Betasubmersion	0	0	0	0	0	0	0
Gammabodenstrahlung	1,2E-04	1,3E-04	1,5E-04	1,6E-04	1,8E-04	2,0E-04	2,0E-04
Inhalation	5,8E-04	5,0E-04	4,3E-04	3,2E-04	2,9E-04	2,5E-04	2,5E-04
Muttermilch nach Inhalation							3,1E-02
Ingestion							
sonstige Pflanzen	1,4E+00	2,8E+00	3,4E+00	4,2E+00	5,0E+00	6,9E+00	6,9E+00
Blattgemüse	1,0E-01	1,7E-01	1,6E-01	1,7E-01	2,7E-01	3,1E-01	3,1E-01
Milch	1,9E-01	2,9E-01	3,9E-01	4,6E-01	7,7E-01	3,1E-01	3,1E-01
Fleisch	2,0E-01	2,2E-01	2,5E-01	2,8E-01	1,4E-01	1,2E-01	1,2E-01
Muttermilch							9,3E+00
Summe Aufenthaltsort	1,0E-02	1,1E-02	1,2E-02	1,3E-02	1,4E-02	1,4E-02	4,4E-02
Summe Erzeugungsort	1,9E+00	3,4E+00	4,2E+00	5,1E+00	6,2E+00	7,7E+00	1,7E+01
Gesamtsumme	1,9E+00	3,5E+00	4,2E+00	5,1E+00	6,2E+00	7,7E+00	1,7E+01
	Beitrag zur Dosis in %						
Gammasubmersion	0,48%	0,30%	0,27%	0,24%	0,21%	0,17%	0,08%
Betasubmersion	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gammabodenstrahlung	0,006%	0,004%	0,004%	0,003%	0,003%	0,003%	0,001%
Inhalation	0,030%	0,015%	0,010%	0,006%	0,005%	0,003%	0,001%
Muttermilch nach Inhalation							0,18%
Ingestion							
sonstige Pflanzen	73,4%	80,1%	80,5%	81,8%	80,9%	90,2%	40,9%
Blattgemüse	5,4%	4,9%	3,9%	3,3%	4,3%	4,1%	1,9%
Milch	10,1%	8,4%	9,2%	9,1%	12,4%	4,0%	1,8%
Fleisch	10,6%	6,2%	6,0%	5,6%	2,2%	1,5%	0,69%
Muttermilch							54,5%
Summe Aufenthaltsort	0,52%	0,31%	0,28%	0,25%	0,22%	0,18%	0,26%
Summe Erzeugungsort	99,48%	99,69%	99,72%	99,75%	99,78%	99,82%	99,74%
Gesamtsumme	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

5 Berücksichtigung von Überlagerungseffekten

5.1 Ausbreitungsfaktoren

Die Langzeit-Ausbreitungs- und Washoutfaktoren im Umkreis von 10 km um die Schächte Marie und Bartensleben wurden /GRS 06/ entnommen. In der Tab. 5-1 sind die Ausbreitungs- und Washoutfaktoren des einen Emittenten, gültig am Ort des jeweils anderen, zusammengestellt. Der Vollständigkeit halber werden auch die Ausbreitungsfaktoren für Gammasubmersion, abgeleitet nach dem vereinfachten Verfahren in /BFS 05/ angegeben.

Tab. 5-1 Langzeit-Ausbreitungs- Fallout- und Washoutfaktoren aus /GRS 06/

	Schacht Bartensleben	Schacht Marie
Lage des Aufpunktes	Am Standort Marie	Am Standort Bartensleben
CHI _{ganzes Jahr} in s/m ³	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$9,3 \cdot 10^{-8}$
CHI _{Sommer} in s/m ³	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
F _{ganzes Jahr} in m ⁻²	$1,7 \cdot 10^{-10}$	$1,4 \cdot 10^{-10}$
F _{Sommer} in m ⁻²	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^{-10}$
W _{ganzes Jahr} in m ⁻²	$7,5 \cdot 10^{-11}$	$7,7 \cdot 10^{-11}$
W _{Sommer} in m ⁻²	$6,5 \cdot 10^{-11}$	$9,6 \cdot 10^{-11}$
CHI _{Gamma} in s/m ²	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$

5.2 Potenzielle Strahlenexposition

In Tabelle Tab. 5-2 wird die durch Ableitungen aus Schacht Marie am Standort Bartensleben verursachte potenzielle Strahlenexposition aufgeführt, in Tab. 5-3 folgt die entsprechende Darstellung für die durch Ableitungen aus Schacht Bartensleben am Standort Marie verursachte Dosis.

Tab. 5-2 Potenzielle Strahlenexposition am Standort Bartensleben durch Ableitungen aus dem Schacht Marie in $\mu\text{Sv/a}$

Organ Gewebe	Grenz- wert	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
	in $\mu\text{Sv/a}$	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
ET Luftwege		0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,04	0,08
Lunge	900	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Blase	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Brust	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Gehirn	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Haut	1800	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Hoden	300	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Knochen- oberfl.	1800	0,2	0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,7
Leber	900	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6
Speiseröhre	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Magen	900	0,04	0,04	0,06	0,07	0,08	0,05	0,1
Dünndarm	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
O Dickdarm	900	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,04	0,08
U Dickdarm	900	0,04	0,04	0,06	0,07	0,08	0,04	0,09
Dickdarm	900	0,04	0,04	0,06	0,06	0,07	0,04	0,08
Milz	900	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	1,1
Muskel	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Nebennieren	900	0,03	0,04	0,05	0,1	0,07	0,03	0,07
Nieren	900	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	1,0
Ovarien	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Pankreas	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Rotes Knochenm.	300	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,5
Schilddrüse	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Thymus	900	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
Uterus	300	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	0,07
effektiv	300	0,05	0,07	0,09	0,10	0,11	0,09	0,18

Tab. 5-3 Potenzielle Strahlenexposition am Standort Marie durch Ableitungen aus dem Schacht Bartensleben in $\mu\text{Sv/a}$

Organ Gewebe	Grenz- wert	> 17 a	> 12 - \leq 17 a	> 7 - \leq 12 a	> 2 - \leq 7 a	> 1 - \leq 2 a	\leq 1 a Flasche	\leq 1 a Brust
	in $\mu\text{Sv/a}$	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
ET Luftwege		0,05	0,05	0,07	0,08	0,09	0,05	0,09
Lunge	900	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
Blase	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Brust	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Gehirn	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Haut	1800	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Hoden	300	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Knochen- oberfl.	1800	0,3	0,7	0,5	0,4	0,3	0,4	0,8
Leber	900	0,09	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,7
Speiseröhre	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Magen	900	0,05	0,05	0,07	0,08	0,09	0,05	0,1
Dünndarm	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
O Dickdarm	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,09
U Dickdarm	900	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,05	0,10
Dickdarm	900	0,04	0,05	0,07	0,07	0,09	0,05	0,09
Milz	900	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	1,3
Muskel	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Nebennieren	900	0,04	0,05	0,06	0,1	0,08	0,04	0,08
Nieren	900	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	1,1
Ovarien	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Pankreas	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Rotes Knochenm.	300	0,07	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,5
Schilddrüse	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Thymus	900	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
Uterus	300	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,08
effektiv	300	0,06	0,08	0,10	0,11	0,12	0,10	0,21

5.3 Potenzielle Strahlenexposition unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten

In Tab. 5-4 und Tab. 5-5 sind die gesamten potenziellen Strahlenexpositionen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen für die Emittenten Schacht Bartensleben und Schacht Marie unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten angegeben. Ein Vergleich mit den Tabellen in Abschnitt 4 zeigt, dass die Strahlenexposition an beiden Standorten um jeweils 4 bis 5 % erhöht wird. Die Dosis am Standort Marie bleibt dabei

weiterhin höher als am Standort Bartensleben. Auch unter Berücksichtigung der Überlagerungseffekte besteht ein deutlicher Sicherheitsabstand zu den Dosisgrenzwerten. Dies gilt für alle Organe und Gewebe und für alle Altersgruppen. Die Ausschöpfung der Dosisgrenzwerte beträgt in der Nähe des Schachtes Marie bei allen Altersgruppen und für alle Gewebe weniger als 6 % des zutreffenden Grenzwertes, in der Nähe des Schachts Bartensleben weniger als 4 %.

Tab. 5-4 Gesamte potenzielle Strahlenexposition am Standort Bartensleben unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten in $\mu\text{Sv/a}$

Organ Gewebe	Grenz- wert in $\mu\text{Sv/a}$	> 17	> 12 - \leq 17	> 7 - \leq 12	> 2 - \leq 7	> 1 - \leq 2	\leq 1 a	\leq 1 a
		a	a	a	a	a	Flasche	Brust
		Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
ET Luftwege	900	1,0	1,1	1,4	1,5	1,7	0,9	1,8
Lunge	900	3,5	4,5	5,8	6,9	5,6	5,0	5,9
Blase	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Brust	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Gehirn	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Haut	1800	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Hoden	300	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Knochen- oberfl.	1800	5,3	15,0	10,2	7,5	6,9	8,2	15,8
Leber	900	1,8	3,0	4,1	4,7	5,4	6,0	13,6
Speiseröhre	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Magen	900	0,9	1,1	1,4	1,7	1,9	1,1	2,2
Dünndarm	900	0,8	0,9	1,3	1,4	1,6	0,8	1,7
O Dickdarm	900	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	0,9	1,8
U Dickdarm	900	0,9	1,0	1,4	1,6	1,8	1,0	2,0
Dickdarm	900	0,9	1,0	1,3	1,5	1,8	0,9	1,9
Milz	900	2,4	4,6	6,4	8,0	9,0	11,2	25,6
Muskel	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Nebennieren	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Nieren	900	2,8	5,0	6,4	7,2	8,0	9,7	21,7
Ovarien	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Pankreas	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Rotes Knochenm.	300	1,5	2,4	3,0	3,6	4,3	4,8	10,6
Schilddrüse	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Thymus	900	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
Uterus	300	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	0,8	1,7
effektiv	300	1,3	1,6	2,0	2,2	2,5	2,0	4,2

Tab. 5-5 Gesamte potenzielle Strahlenexposition am Standort Marie unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten in $\mu\text{Sv/a}$

Organ Gewebe	Grenzwert	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
	in $\mu\text{Sv/a}$	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
ET Luftwege	900	1,0	1,1	1,5	1,6	1,8	1,1	2,2
Lunge	900	4,9	6,3	8,2	9,9	7,8	7,6	8,7
Blase	900	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6	1,0	2,1
Brust	900	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,0	2,1
Gehirn	900	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,0	2,1
Haut	1800	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,0	2,1
Hoden	300	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6	1,0	2,1
Knochenoberfl.	1800	8,6	25,4	16,9	12,1	10,9	13,8	26,5
Leber	900	2,5	4,5	6,2	7,1	8,3	10,0	22,5
Speiseröhre	900	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6	1,0	2,1
Magen	900	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	1,3	2,7
Dünndarm	900	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,0	2,1
O Dickdarm	900	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	1,1	2,3
U Dickdarm	900	0,9	1,1	1,4	1,7	1,9	1,2	2,5
Dickdarm	900	0,9	1,0	1,4	1,6	1,9	1,1	2,4
Milz	900	3,5	7,2	10,2	12,8	14,4	18,9	43,1
Muskel	900	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6	1,0	2,1
Nebennieren	900	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6	1,0	2,1
Nieren	900	4,2	7,9	10,2	11,4	12,7	16,3	36,6
Ovarien	900	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6	1,0	2,1
Pankreas	900	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6	1,0	2,1
Rotes Knochenm.	300	2,0	3,6	4,3	5,3	6,4	7,9	17,5
Schilddrüse	900	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,0	2,1
Thymus	900	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,0	2,1
Uterus	300	0,8	0,9	1,3	1,4	1,6	1,0	2,1
effektiv	300	1,5	2,1	2,5	2,8	3,2	3,0	6,3

In den folgenden Tabellen werden die Beiträge der einzelnen Radionuklide und der einzelnen Expositionspfade unter Berücksichtigung der Überlagerungseffekte angegeben. Da am Schacht Marie die höheren Dosen auftreten, werden diese zuerst aufgeführt. Tab. 5-6 und Tab. 5-7 gelten für die maximale effektive Dosis am Standort Marie, Tab. 5-8 und Tab. 5-9 für die Dosis des roten Knochenmarks. Tab. 5-6 und Tab. 5-8 zeigen die Beiträge der einzelnen Radionuklide, Tab. 5-7 und Tab. 5-9 die Beiträge der Expositionspfade.

Tab. 5-6 Standort Marie: maximale nuklidspezifische effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - \leq 17 a	> 7 - \leq 12 a	> 2 - \leq 7 a	> 1 - \leq 2 a	\leq 1 a Flasche	\leq 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
H-3	1,4E-01	1,5E-01	1,9E-01	2,0E-01	2,4E-01	1,1E-01	2,3E-01
C-14	6,8E-01	7,3E-01	9,6E-01	1,0E+00	1,2E+00	4,5E-01	8,6E-01
Co-60	4,5E-05	6,1E-05	7,1E-05	8,4E-05	8,7E-05	9,3E-05	1,1E-04
Sr-90	2,0E-04	6,3E-04	4,6E-04	3,2E-04	3,5E-04	5,3E-04	6,8E-04
Cs-137	2,8E-04	3,0E-04	2,5E-04	2,3E-04	2,2E-04	2,0E-04	2,9E-04
Pb-210	2,4E-01	6,9E-01	6,6E-01	6,7E-01	7,2E-01	8,9E-01	1,4E+00
Bi-210	6,4E-04	8,5E-04	1,5E-03	2,2E-03	2,8E-03	2,3E-03	2,7E-03
Po-210	2,0E-01	2,9E-01	4,5E-01	6,6E-01	8,1E-01	1,3E+00	3,6E+00
Po-210 direkt	1,7E-03	2,4E-03	3,6E-03	5,2E-03	6,4E-03	1,0E-02	2,9E-02
Rn-222 + T	2,2E-01	2,2E-01	2,2E-01	2,2E-01	2,2E-01	2,3E-01	2,3E-01
Summe	1,5E+00	2,1E+00	2,5E+00	2,8E+00	3,2E+00	3,0E+00	6,3E+00
	Beitrag zur Dosis in %						
H-3	9,63%	7,36%	7,57%	7,25%	7,63%	3,62%	3,69%
C-14	45,9%	35,1%	38,7%	37,1%	36,9%	15,0%	13,6%
Co-60	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,002%
Sr-90	0,014%	0,030%	0,019%	0,011%	0,011%	0,018%	0,011%
Cs-137	0,019%	0,014%	0,010%	0,008%	0,007%	0,007%	0,005%
Pb-210	16,1%	32,9%	26,6%	23,9%	22,5%	29,9%	21,8%
Bi-210	0,043%	0,041%	0,059%	0,077%	0,089%	0,078%	0,043%
Po-210	13,5%	13,8%	17,9%	23,5%	25,6%	43,4%	56,8%
Po-210 direkt	0,11%	0,11%	0,14%	0,18%	0,20%	0,33%	0,46%
Rn-222 + T	14,7%	10,7%	8,93%	7,97%	7,00%	7,60%	3,59%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 5-7 Standort Marie: maximale pfadspezifische effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Pfade zur Gesamtdosis in %

Altersgruppen	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Expositionspfad	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
Gamma-submersion	9,58E-03	1,05E-02	1,15E-02	1,25E-02	1,35E-02	1,35E-02	1,35E-02
Betasubmersion	6,49E-05	6,49E-05	6,49E-05	6,49E-05	6,49E-05	6,49E-05	6,49E-05
Gammabodenstrahlung	1,36E-04	1,49E-04	1,73E-04	1,86E-04	2,14E-04	2,14E-04	1,71E-04
Inhalation	3,12E-01	3,09E-01	3,07E-01	2,97E-01	2,90E-01	2,89E-01	2,68E-01
Muttermilch nach Inhalation							1,82E-02
Ingestion							
sonstige Pflanzen	7,55E-01	1,27E+00	1,55E+00	1,82E+00	2,01E+00	2,01E+00	2,34E+00
Blattgemüse	5,08E-02	7,27E-02	7,03E-02	6,92E-02	1,01E-01	1,01E-01	1,02E-01
Milch	1,88E-01	2,57E-01	3,51E-01	4,14E-01	6,78E-01	6,55E-01	2,05E-01
Fleisch	1,77E-01	1,69E-01	1,94E-01	1,99E-01	8,86E-02	8,66E-02	5,27E-02
Muttermilch							3,32E+00
Summe Aufenthaltsort	3,22E-01	3,20E-01	3,19E-01	3,09E-01	3,04E-01	3,03E-01	2,99E-01
Summe Erzeugungsort	1,17E+00	1,76E+00	2,17E+00	2,50E+00	2,87E+00	2,85E+00	6,03E+00
Gesamtsumme	1,49E+00	2,08E+00	2,49E+00	2,81E+00	3,18E+00	3,15E+00	6,33E+00
	Beitrag zur Dosis in %						
Gamma-submersion	0,64%	0,51%	0,46%	0,45%	0,42%	0,43%	0,21%
Betasubmersion	0,004%	0,003%	0,003%	0,002%	0,002%	0,002%	0,001%
Gammabodenstrahlung	0,009%	0,007%	0,007%	0,007%	0,007%	0,007%	0,003%
Inhalation	20,9%	14,8%	12,4%	10,6%	9,12%	9,16%	4,23%
Muttermilch nach Inhalation							0,29%
Ingestion							
sonstige Pflanzen	50,6%	60,8%	62,4%	64,7%	63,1%	63,7%	37,0%
Blattgemüse	3,40%	3,49%	2,83%	2,46%	3,18%	3,19%	1,61%
Milch	12,6%	12,3%	14,1%	14,7%	21,3%	20,77%	3,24%
Fleisch	11,9%	8,09%	7,81%	7,06%	2,79%	2,75%	0,83%
Muttermilch							52,53%
Summe Aufenthaltsort	21,56%	15,35%	12,83%	11,01%	9,55%	9,60%	4,73%
Summe Erzeugungsort	78,44%	84,65%	87,17%	88,99%	90,45%	90,40%	95,27%
Gesamtsumme	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 5-8 Standort Marie: maximale nuklidspezifische Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
H-3	8,9E-02	9,9E-02	1,3E-01	1,5E-01	1,8E-01	6,9E-02	2,3E-01
C-14	6,4E-01	6,8E-01	9,1E-01	9,9E-01	1,1E+00	4,0E-01	7,9E-01
Co-60	4,0E-05	5,5E-05	6,3E-05	7,1E-05	7,5E-05	8,3E-05	9,3E-05
Sr-90	1,3E-03	3,9E-03	2,8E-03	1,8E-03	2,0E-03	3,5E-03	4,4E-03
Cs-137	2,8E-04	2,9E-04	2,4E-04	2,1E-04	2,0E-04	1,9E-04	2,6E-04
Pb-210	8,2E-01	2,1E+00	2,2E+00	2,3E+00	2,7E+00	3,4E+00	5,2E+00
Bi-210	9,8E-06	1,3E-05	2,1E-05	3,2E-05	4,1E-05	7,0E-05	8,1E-05
Po-210	4,4E-01	6,8E-01	1,1E+00	1,8E+00	2,4E+00	4,0E+00	1,1E+01
Po-210 direkt	3,6E-03	5,5E-03	8,7E-03	1,4E-02	1,9E-02	3,1E-02	9,0E-02
Rn-222 + T	9,4E-03	1,0E-02	1,1E-02	1,2E-02	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02
Summe	2,0E+00	3,6E+00	4,3E+00	5,3E+00	6,4E+00	7,9E+00	1,8E+01
	Beitrag zur Dosis in %						
H-3	4,5%	2,8%	3,0%	2,8%	2,8%	0,9%	1,3%
C-14	31,9%	19,1%	20,9%	18,7%	16,7%	5,1%	4,5%
Co-60	0,002%	0,002%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%
Sr-90	0,06%	0,11%	0,06%	0,03%	0,03%	0,04%	0,03%
Cs-137	0,014%	0,008%	0,005%	0,004%	0,003%	0,002%	0,001%
Pb-210	41,1%	58,5%	50,3%	43,9%	42,6%	42,6%	29,8%
Bi-210	0,000%	0,000%	0,000%	0,001%	0,001%	0,001%	0,000%
Po-210	21,8%	19,1%	25,3%	34,1%	37,3%	50,9%	63,7%
Po-210 direkt	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	0,4%	0,5%
Rn-222 + T	0,5%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,08%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 5-9 Standort Marie: maximale pfadspezifische Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Pfade zur Gesamtdosis in %

Altersgruppen	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Expositionspfad	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
Gamma- submersion	9,43E-03	1,04E-02	1,13E-02	1,23E-02	1,33E-02	1,33E-02	1,33E-02
Betasubmersion	0	0	0	0	0	0	0
Gammaboden- strahlung	1,21E-04	1,33E-04	1,54E-04	1,66E-04	1,90E-04	1,91E-04	2,02E-04
Inhalation	5,98E-04	5,22E-04	4,50E-04	3,33E-04	3,06E-04	3,04E-04	2,65E-04
Muttermilch nach Inhalation							3,19E-02
Ingestion							
sonstige Pflanzen	1,46E+00	2,86E+00	3,50E+00	4,31E+00	5,20E+00	5,25E+00	7,16E+00
Blattgemüse	1,08E-01	1,76E-01	1,70E-01	1,73E-01	2,77E-01	2,78E-01	3,24E-01
Milch	2,04E-01	3,04E-01	4,07E-01	4,86E-01	8,08E-01	7,85E-01	3,19E-01
Fleisch	2,13E-01	2,25E-01	2,64E-01	2,97E-01	1,44E-01	1,42E-01	1,21E-01
Muttermilch							9,54E+00
Summe							
Aufenthaltsort	1,01E-02	1,10E-02	1,20E-02	1,28E-02	1,38E-02	1,38E-02	4,57E-02
Summe							
Erzeugungsort	1,99E+00	3,56E+00	4,34E+00	5,27E+00	6,43E+00	6,45E+00	1,75E+01
Gesamtsumme	2,00E+00	3,58E+00	4,35E+00	5,28E+00	6,44E+00	6,47E+00	1,75E+01
	Beitrag zur Dosis in %						
Gamma- submersion	0,5%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,08%
Betasubmersion	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gammaboden- strahlung	0,006%	0,004%	0,004%	0,003%	0,003%	0,003%	0,001%
Inhalation	0,03%	0,01%	0,01%	0,006%	0,005%	0,005%	0,002%
Muttermilch nach Inhalation							0,2%
Ingestion							
sonstige Pflanzen	73,2%	80,0%	80,4%	81,6%	80,7%	81,2%	40,9%
Blattgemüse	5,4%	4,9%	3,9%	3,3%	4,3%	4,3%	1,9%
Milch	10,2%	8,5%	9,4%	9,2%	12,5%	12,1%	1,8%
Fleisch	10,7%	6,3%	6,1%	5,6%	2,2%	2,2%	0,7%
Muttermilch							54,5%
Summe							
Aufenthaltsort	0,51%	0,31%	0,27%	0,24%	0,21%	0,21%	0,26%
Summe							
Erzeugungsort	99,49%	99,69%	99,73%	99,76%	99,79%	99,79%	99,74%
Gesamtsumme	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Die entsprechenden Angaben für die potenzielle Exposition am Standort Bartensleben folgen in Tab. 5-10 bis Tab. 5-13.

Tab. 5-10 Standort Bartensleben: maximale nuklidspezifische effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
H-3	6,6E-02	7,0E-02	8,5E-02	9,1E-02	1,1E-01	4,9E-02	1,0E-01
C-14	8,0E-01	8,5E-01	1,1E+00	1,2E+00	1,4E+00	5,2E-01	1,0E+00
Co-60	2,8E-05	3,8E-05	4,4E-05	5,1E-05	5,4E-05	5,7E-05	6,5E-05
Sr-90	1,2E-04	3,7E-04	2,7E-04	1,9E-04	2,0E-04	3,1E-04	4,0E-04
Cs-137	1,7E-04	1,8E-04	1,5E-04	1,4E-04	1,4E-04	1,3E-04	1,8E-04
Pb-210	1,4E-01	3,9E-01	3,8E-01	3,9E-01	4,1E-01	5,1E-01	7,9E-01
Bi-210	3,8E-04	5,0E-04	8,7E-04	1,3E-03	1,7E-03	1,4E-03	1,6E-03
Po-210	1,2E-01	1,7E-01	2,6E-01	3,9E-01	4,8E-01	7,6E-01	2,1E+00
Po-210 direkt	9,8E-04	1,4E-03	2,0E-03	3,0E-03	3,7E-03	5,7E-03	1,7E-02
Rn-222 + T	1,4E-01	1,4E-01	1,4E-01	1,4E-01	1,4E-01	1,4E-01	1,4E-01
Summe	1,3E+00	1,6E+00	2,0E+00	2,2E+00	2,5E+00	2,0E+00	4,2E+00

	Beitrag zur Dosis in %						
H-3	5,2%	4,3%	4,3%	4,1%	4,3%	2,5%	2,5%
C-14	63,3%	52,4%	56,3%	54,6%	54,4%	26,2%	24,0%
Co-60	0,002%	0,002%	0,002%	0,002%	0,002%	0,003%	0,002%
Sr-90	0,010%	0,023%	0,014%	0,009%	0,008%	0,016%	0,010%
Cs-137	0,013%	0,011%	0,008%	0,006%	0,005%	0,006%	0,004%
Pb-210	11,0%	24,3%	19,2%	17,4%	16,4%	25,7%	19,0%
Bi-210	0,030%	0,031%	0,044%	0,057%	0,066%	0,069%	0,038%
Po-210	9,4%	10,4%	13,2%	17,5%	19,1%	38,2%	50,6%
Po-210 direkt	0,08%	0,08%	0,10%	0,13%	0,15%	0,29%	0,40%
Rn-222 + T	10,9%	8,5%	6,9%	6,2%	5,5%	7,0%	3,4%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 5-11 Standort Bartensleben: maximale pfadspezifische effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Pfade zur Gesamtdosis in %

Altersgruppen	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Expositionspfad	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
Gamma- submersion	2,13E-03	2,34E-03	2,56E-03	2,78E-03	3,00E-03	3,01E-03	3,01E-03
Betasubmersion	4,16E-05	4,16E-05	4,16E-05	4,16E-05	4,16E-05	4,16E-05	4,16E-05
Gammaboden- strahlung	8,74E-05	9,62E-05	1,11E-04	1,20E-04	1,38E-04	1,46E-04	1,10E-04
Inhalation	2,15E-01	2,13E-01	2,09E-01	2,00E-01	1,95E-01	1,77E-01	1,77E-01
Muttermilch nach Inhalation							1,17E-02
Ingestion							
sonstige Pflanzen	6,33E-01	9,44E-01	1,19E+00	1,37E+00	1,49E+00	1,52E+00	1,52E+00
Blattgemüse	4,20E-02	5,24E-02	5,27E-02	5,17E-02	7,46E-02	6,65E-02	6,65E-02
Milch	1,87E-01	1,87E-01	3,46E-01	4,05E-01	6,60E-01	1,84E-01	1,84E-01
Fleisch	1,78E-01	1,63E-01	1,88E-01	1,87E-01	8,14E-02	4,08E-02	4,08E-02
Muttermilch							2,16E+00
Summe							
Aufenthaltort	2,17E-01	2,16E-01	2,12E-01	2,03E-01	1,98E-01	1,80E-01	1,92E-01
Summe							
Erzeugungsort	1,04E+00	1,35E+00	1,78E+00	2,02E+00	2,30E+00	1,81E+00	3,98E+00
Gesamtsumme	1,26E+00	1,56E+00	1,99E+00	2,22E+00	2,50E+00	1,99E+00	4,17E+00
	Beitrag zur Dosis in %						
Gamma- submersion	0,17%	0,15%	0,13%	0,13%	0,12%	0,15%	0,07%
Betasubmersion	0,003%	0,003%	0,002%	0,002%	0,002%	0,002%	0,001%
Gammaboden- strahlung	0,007%	0,006%	0,006%	0,005%	0,006%	0,007%	0,003%
Inhalation	17,1%	13,6%	10,5%	9,0%	7,8%	8,9%	4,2%
Muttermilch nach Inhalation							0,3%
Ingestion							
sonstige Pflanzen	50,3%	60,4%	59,8%	61,9%	59,5%	76,3%	36,5%
Blattgemüse	3,3%	3,4%	2,6%	2,3%	3,0%	3,3%	1,6%
Milch	14,9%	12,0%	17,4%	18,3%	26,4%	9,2%	4,4%
Fleisch	14,2%	10,5%	9,4%	8,4%	3,3%	2,0%	0,98%
Muttermilch	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	51,92%
Summe							
Aufenthaltort	17,28%	13,80%	10,68%	9,14%	7,90%	9,05%	4,60%
Summe							
Erzeugungsort	82,72%	86,20%	89,32%	90,86%	92,10%	90,95%	95,40%
Gesamtsumme	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 5-12 Standort Bartensleben: maximale nuklidspezifische Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %

Altersgruppe	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
H-3	3,8E-02	4,2E-02	5,6E-02	6,3E-02	7,7E-02	3,0E-02	7,9E-02
C-14	7,4E-01	7,9E-01	1,1E+00	1,1E+00	1,2E+00	4,7E-01	9,1E-01
Co-60	2,6E-05	3,4E-05	3,9E-05	4,4E-05	4,6E-05	5,1E-05	5,7E-05
Sr-90	7,6E-04	2,3E-03	1,7E-03	1,1E-03	1,2E-03	2,0E-03	2,6E-03
Cs-137	1,7E-04	1,7E-04	1,4E-04	1,3E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,6E-04
Pb-210	4,7E-01	1,2E+00	1,3E+00	1,3E+00	1,6E+00	1,9E+00	3,0E+00
Bi-210	5,8E-06	7,8E-06	1,3E-05	1,9E-05	2,4E-05	4,1E-05	4,8E-05
Po-210	2,6E-01	4,0E-01	6,5E-01	1,1E+00	1,4E+00	2,4E+00	6,6E+00
Po-210 direkt	2,0E-03	3,1E-03	5,0E-03	8,1E-03	1,1E-02	1,8E-02	5,1E-02
Rn-222 + T	2,1E-03	2,3E-03	2,5E-03	2,7E-03	3,0E-03	3,0E-03	3,0E-03
Summe	1,5E+00	2,4E+00	3,0E+00	3,6E+00	4,3E+00	4,8E+00	1,1E+01
	Beitrag zur Dosis in %						
H-3	2,5%	1,7%	1,8%	1,7%	1,8%	0,61%	0,75%
C-14	48,9%	32,5%	34,8%	31,7%	28,8%	9,6%	8,6%
Co-60	0,002%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%
Sr-90	0,050%	0,093%	0,055%	0,030%	0,027%	0,042%	0,024%
Cs-137	0,011%	0,007%	0,005%	0,004%	0,003%	0,002%	0,001%
Pb-210	31,2%	49,1%	41,6%	36,9%	36,4%	40,2%	28,3%
Bi-210	0,000%	0,000%	0,000%	0,001%	0,001%	0,001%	0,000%
Po-210	17,0%	16,4%	21,4%	29,3%	32,6%	49,1%	61,8%
Po-210 direkt	0,14%	0,13%	0,16%	0,22%	0,25%	0,37%	0,48%
Rn-222 + T	0,1%	0,1%	0,08%	0,08%	0,07%	0,06%	0,03%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tab. 5-13 Standort Bartensleben: maximale pfadspezifische Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Pfade zur Gesamtdosis in %

Altersgruppen	> 17 a	> 12 - ≤ 17 a	> 7 - ≤ 12 a	> 2 - ≤ 7 a	> 1 - ≤ 2 a	≤ 1 a Flasche	≤ 1 a Brust
Expositions-pfad	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$						
Gamma-submersion	2,10E-03	2,31E-03	2,52E-03	2,74E-03	2,95E-03	2,96E-03	2,96E-03
Betasubmersion	0	0	0	0	0	0	0
Gammabodenstrahlung	7,81E-05	8,59E-05	9,93E-05	1,07E-04	1,23E-04	1,23E-04	1,30E-04
Inhalation	4,12E-04	3,59E-04	3,10E-04	2,28E-04	2,08E-04	2,07E-04	1,77E-04
Muttermilch nach Inhalation							2,05E-02
Ingestion							
sonstige Pflanzen	1,04E+00	1,86E+00	2,31E+00	2,81E+00	3,32E+00	3,36E+00	4,31E+00
Blattgemüse	7,48E-02	1,12E-01	1,10E-01	1,12E-01	1,75E-01	1,76E-01	1,95E-01
Milch	1,95E-01	2,76E-01	3,74E-01	4,42E-01	7,19E-01	6,99E-01	2,46E-01
Fleisch	1,98E-01	1,95E-01	2,27E-01	2,42E-01	1,12E-01	1,11E-01	8,03E-02
Muttermilch							5,78E+00
Summe Aufenthaltsort	2,59E-03	2,75E-03	2,93E-03	3,07E-03	3,29E-03	3,29E-03	2,38E-02
Summe Erzeugungsort	1,51E+00	2,44E+00	3,02E+00	3,60E+00	4,33E+00	4,35E+00	1,06E+01
Gesamtsumme	1,51E+00	2,44E+00	3,02E+00	3,61E+00	4,33E+00	4,35E+00	1,06E+01
	Beitrag zur Dosis in %						
Gamma-submersion	0,14%	0,09%	0,08%	0,08%	0,07%	0,07%	0,03%
Betasubmersion	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gammabodenstrahlung	0,005%	0,004%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,001%
Inhalation	0,03%	0,01%	0,01%	0,006%	0,005%	0,005%	0,002%
Muttermilch nach Inhalation							0,19%
Ingestion							
sonstige Pflanzen	68,8%	76,1%	76,4%	77,8%	76,7%	77,3%	40,5%
Blattgemüse	5,0%	4,6%	3,6%	3,1%	4,1%	4,1%	1,8%
Milch	12,9%	11,3%	12,4%	12,3%	16,6%	16,1%	2,3%
Fleisch	13,1%	8,0%	7,5%	6,7%	2,6%	2,5%	0,76%
Muttermilch							54,4%
Summe Aufenthaltsort	0,17%	0,11%	0,10%	0,09%	0,08%	0,08%	0,22%
Summe Erzeugungsort	99,83%	99,89%	99,90%	99,91%	99,92%	99,92%	99,78%
Gesamtsumme	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

6 Literaturverzeichnis

- /BFS 05/ Bundesamt für Strahlenschutz
Entwurf der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV
Stand 13. 05. 2005
- /BMU 99/ Der Bundesminister für Umwelt und Reaktorsicherheit
Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition durch Inhalation von Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen – Bergbau: Teil Radon) 20.07.1999
- /BMU 01/ Der Bundesminister für Umwelt und Reaktorsicherheit
Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strahlenexposition, Band 1 und Band 2
Bundesanzeiger Nummer 160a, Jahrgang 53, 28. August 2001
- /EUR 96/ EURATOM des Rates
Richtlinie 96/29/EURATOM DES RATES
(Grundnormen) zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen
vom 13. Mai 1996
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 159/1
- /GRS 06/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH
ERAM, Ermittlung der Langzeit-Ausbreitungs- und Ablagerungsfaktoren im bestimmungsgemäßen Stilllegungsbetrieb, Rev. 1
August 2006
- /HOF 79/ W. Hofmann, F. Steinhäusler, E. Pohl
Dose Calculations for the Respiratory Tract from Inhaled Natural Radioactive Nuclides as a Function of Age – I
Health Physics 37 (1979), S. 517 – 532

- /ICRP 81/ International Commission on Radiological Protection
Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers
ICRP Publication 32
Pergamon Press Oxford New York Frankfurt 1981
- /IST 06a/ Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH
Modellierung und Bewertung des Rn-222- und Pb-210-Flusses im ERAM
für den bestimmungsgemäßen Stilllegungsbetrieb, Rev. 1
September 2006
- /IST 06b/ Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH
Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben -
Sicherheitsanalyse des bestimmungsgemäßen Betriebes, Rev. 2
Oktober 2006
- /STR 01/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen
(Strahlenschutzverordnung-StrlSchV) vom 20. Juli 2001, (BGBl. I, S. 1714),
berichtigt BGBl I 2002, S. 1459, zuletzt geändert am 1. September 2005
(BGBl I, S. 2653, 2658)

7 Abkürzungsverzeichnis

CHI_{Gamma} Langzeit-Ausbreitungsfaktor für Gamma-Submersion

$CHI_{\text{ganzes Jahr}}$ Langzeit-Ausbreitungsfaktor für das ganze Jahr

CHI_{Sommer} Langzeit-Ausbreitungsfaktor für das Sommerhalbjahr

$F_{\text{ganzes Jahr}}$ Langzeit-Falloutfaktor für das ganze Jahr

F_{Sommer} Langzeit-Falloutfaktor für das Sommerhalbjahr

$W_{\text{ganzes Jahr}}$ Langzeit-Washoutfaktor für das ganze Jahr

W_{Sommer} Langzeit-Washoutfaktor für das Sommerhalbjahr

8 Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1	Maximale Ableitung flüchtiger radioaktiver Stoffe mit dem Abwetterstrom aus dem ERAM	6
Tab. 3-1	Maximale Ausbreitungs-, Fallout- und Washoutfaktoren	9
Tab. 3-2	Ausbreitungs-, Fallout- und Washoutfaktoren an den Orten der ungünstigsten Einwirkungsstellen	10
Tab. 3-3	Zusammenstellung der Ausbreitungs-, Fallout- und Washoutfaktoren an besonders ungünstigen Einwirkungsorten	11
Tab. 3-4	Altersabhängige Dosiskoeffizienten für die Inhalation von Radon (siehe Text)	14
Tab. 4-1	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben und Vergleich der Dosen mit den jeweiligen Dosisgrenzwerten in $\mu\text{Sv/a}$	16
Tab. 4-2	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben. Nuklidspezifische Aufschlüsselung der effektiven Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %	17
Tab. 4-3	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben. Expositionspfadspezifische Aufschlüsselung der effektiven Dosis in $\mu\text{Sv/a}$	18
Tab. 4-4	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben. Nuklidspezifische Aufschlüsselung der Dosis für das rote Knochenmark in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %	19

Tab. 4-5	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Bartensleben. Expositionspfadspezifische Aufschlüsselung der Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$	20
Tab. 4-6	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie und Vergleich der Dosen mit den jeweiligen Dosisgrenzwerten $\mu\text{Sv/a}$	22
Tab. 4-7	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie. Nuklidspezifische Aufschlüsselung der effektiven Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %	23
Tab. 4-8	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie. Expositionspfadspezifische Aufschlüsselung der effektiven Dosis in $\mu\text{Sv/a}$	24
Tab. 4-9	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie. Nuklidspezifische Aufschlüsselung der Dosis für das rote Knochenmark in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %	25
Tab. 4-10	Potenzielle Strahlenexposition für Ableitungen über den Abluftkamin des Schachts Marie. Expositionspfadspezifische Aufschlüsselung der Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$	26
Tab. 5-1	Langzeit-Ausbreitungs- Fallout- und Washoutfaktoren aus /GRS 06/.....	27
Tab. 5-2	Potenzielle Strahlenexposition am Standort Bartensleben durch Ableitungen aus dem Schacht Marie in $\mu\text{Sv/a}$	28
Tab. 5-3	Potenzielle Strahlenexposition am Standort Marie durch Ableitungen aus dem Schacht Bartensleben in $\mu\text{Sv/a}$	29
Tab. 5-4	Gesamte potenzielle Strahlenexposition am Standort Bartensleben unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten in $\mu\text{Sv/a}$	30

Tab. 5-5	Gesamte potenzielle Strahlenexposition am Standort Marie unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten in $\mu\text{Sv/a}$	31
Tab. 5-6	Standort Marie: maximale nuklidspezifische effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %.....	32
Tab. 5-7	Standort Marie: maximale pfadspezifische effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Pfade zur Gesamtdosis in %	33
Tab. 5-8	Standort Marie: maximale nuklidspezifische Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %.	34
Tab. 5-9	Standort Marie: maximale pfadspezifische Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Pfade zur Gesamtdosis in %	35
Tab. 5-10	Standort Bartensleben: maximale nuklidspezifische effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %.....	36
Tab. 5-11	Standort Bartensleben: maximale pfadspezifische effektive Dosis in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Pfade zur Gesamtdosis in %.....	37
Tab. 5-12	Standort Bartensleben: maximale nuklidspezifische Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Nuklide zur Gesamtdosis in %	38
Tab. 5-13	Standort Bartensleben: maximale pfadspezifische Dosis des roten Knochenmarks in $\mu\text{Sv/a}$ und Beitrag der Pfade zur Gesamtdosis in % ...	39