

Stellungnahme zur Geeignetheit des MHKW Weißenhorn für die Verbren- nung freigegebener Abfälle aus dem Kernkraftwerk Gundremmingen

Darmstadt,
06.11.2019

Im Auftrag
des Abfallwirtschaftsbetriebes des Landkreises Neu-Ulm

Autoren

Dipl.-Phys. Christian Küppers
Dr. Ing. Veronika Ustohalova

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Zusammenfassung	1
1. Einleitung	3
2. Grundzüge des Konzepts der Freigabe	5
2.1. Hintergrund der Freigaberegeln	5
2.2. Das „De minimis-Konzept“ als Grundlage für Freigaberegeln	6
2.3. Umsetzung des „De minimis-Konzepts“ in Deutschland	8
2.4. Das Konzept der Nuklidvektoren und der Nuklidvektor des Kernkraftwerks KKG	9
3. Annahmen bei der Herleitung der Freigabewerte für die Freigabe zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage	11
4. Spezifische Randbedingungen bei der Verbrennung im MHKW Weißenhorn	16
4.1. Kapazität des MHKW Weißenhorn und jährlicher Durchsatz freigegebener Abfälle aus dem KGG	16
4.2. Transport vom KGG zum MHKW Weißenhorn	17
4.3. Arbeitsabläufe bei der Anlieferung am MHKW Weißenhorn und am Müllbunker bis zur Aufgabe der Abfälle	18
4.4. Anfall und Entsorgung der Verbrennungsrückstände einschließlich Transport	22
4.5. Ausbreitung von Radionukliden mit der Fortluft der Verbrennungsanlage	29
4.5.1. Ausbreitungsbedingungen	29
4.5.2. Annahmen hinsichtlich der Exposition durch Gammastrahlung am Boden abgelagerter Radionuklide	32
4.5.3. Annahmen hinsichtlich der Exposition durch Inhalation von Radionukliden	34
4.5.4. Annahmen hinsichtlich der Exposition durch Verzehr kontaminierter Nahrungsmittel	34
4.6. Dosen für die einzelnen Expositionsszenarien	35
4.6.1. Dosen Beschäftigter	35
4.6.2. Dosen von Personen der allgemeinen Bevölkerung	37
5. Darstellung und Bewertung der Ergebnisse radiologischer Messungen vom 09.05.2019	40
5.1. Proben von Schlacken, Filterstäuben und Abluft am MHKW Weißenhorn	40

5.2.	Proben von Luft und Regenwasser aus der Umgebung des MHKW Weißenhorn	45
6.	Optimierungspotenzial hinsichtlich der Dosis von Beschäftigten am MHKW Weißenhorn	47
6.1.	Eingangsbereich und Abladen der Abfälle	47
6.2.	Arbeiten am Müllbunker	48
6.3.	Arbeiten am Schlackenbunker	49
6.4.	Abtransport der Schlacken	49
6.5.	Abtransport der Stäube	50
6.6.	Zusammenfassende Bewertung des Optimierungspotenzials	51
	Literaturverzeichnis	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Nuklidvektor des Kernkraftwerks KKG, Blöcke B und C, Freigabewerte der StrlSchV und zulässige massenbezogene Aktivität	10
Tabelle 3-1:	Partitionierung der Radionuklide des Nuklidvektors des KKG in einer Verbrennungsanlage gemäß der Modellierung in (SSK 2006)	15
Tabelle 4-1:	Ermittelte Dosis für Beschäftigte	36
Tabelle 4-2:	Dosis von Personen der allgemeinen Bevölkerung	38
Tabelle 5-1:	Beste Schätzwerte der Aktivitätskonzentration der in Schlacke und Flugasche nachgewiesenen Radionuklide	41
Tabelle 5-2:	Messwerte der allgemeinen Umweltüberwachung an deutschen Abfallverbrennungsanlagen im Jahr 2016	43
Tabelle 5-3:	Vergleich der Messwerte in Schlacke und Flugasche mit Konzentrationen, wie sie im Rahmen der Herleitung der Freigabewerte unterstellt wurden	44
Tabelle 5-4:	Messwerte der Aktivitätskonzentration in Luft und Regenwasser	45

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Natürliche Dosis in Deutschland und ihre Bandbreite	7
Abbildung 2-2:	Natürliche Dosis durch Radon in Wohnungen in bestimmten Regionen Deutschlands	7
Abbildung 3-1:	Überblick über die für die Verbrennung freigegebener Abfälle betrachteten Expositionspfade	14
Abbildung 4-1:	Fahrzeug mit Abfällen zur Verbrennung im Eingangsbereich	19
Abbildung 4-2:	Zufahrt und Abkippen von Abfällen in den Müllbunker	20
Abbildung 4-3:	Aufnahme der Abfälle im Müllbunker	21
Abbildung 4-4:	Krankanzel mit Steuerpult und Blick auf den Kran	21
Abbildung 4-5:	Beladung eines Fahrzeugs zum Abtransport der Schlacke	24
Abbildung 4-6:	Teil der Rauchgasreinigung	25
Abbildung 4-7:	Befüllung eines LKW zum Abtransport von Stäuben	27
Abbildung 4-8:	Schlackenförderung zum Schlackenbunker	28
Abbildung 4-9:	MHKW Weißenhorn	30
Abbildung 4-10:	Blick in die Umgebung des MHKW Weißenhorn	33
Abbildung 4-11:	Dosis Beschäftigter bei der Verbrennung von 15 Mg/a	36
Abbildung 4-12:	Dosis Beschäftigter bei der Verbrennung von 100 Mg/a	37

Zusammenfassung

Aus dem Kernkraftwerk Gundremmingen (KGG) werden derzeit jährlich etwa 15 Mg Abfall nach Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage freigegeben und im Müllheizkraftwerk (MHKW) Weißenhorn des Abfallwirtschaftsbetriebs (AWB) des Landkreises Neu-Ulm entsorgt. Das Öko-Institut e.V. wurde seitens des AWB des Landkreises Neu-Ulm damit beauftragt, die Geeignetheit des MHKW Weißenhorn zur Verbrennung der Abfälle aus dem KGG zu überprüfen. Außerdem sollte untersucht werden, ob es geeignete Maßnahmen gibt, die Dosis Beschäftigter am MHKW Weißenhorn weiter zu reduzieren.

Durch die StrlSchV ist der Bereich von 10 μSv im Jahr als Dosiskriterium für die Zulässigkeit der Freigabe radioaktiver Abfälle festgelegt. Die StrlSchV weist zulässige Aktivitätskonzentrationen in Abfällen und Abfallmengen in Mg/Jahr aus, bei deren Einhaltung auch das Dosiskriterium in der Regel als eingehalten gelten kann. Der Herleitung der Freigabewerte liegen bestimmte Annahmen und Parameter zugrunde, für die zu überprüfen war, ob sie die Verhältnisse bei der Verbrennung der Abfälle aus dem KGG im MHKW Weißenhorn abdecken. Die Überprüfung erfolgte sowohl für die derzeitige Menge freigegebener Abfälle von etwa 15 Mg im Jahr als auch für die zukünftig mögliche Abfallmenge von 100 Mg im Jahr.

Für die verschiedenen zu berücksichtigenden Gruppen von Beschäftigten wurden mögliche Dosen von 0,043 μSv im Jahr bis 3,3 μSv im Jahr bei jährlicher Anlieferung von 15 Mg Abfall und von 0,18 μSv im Jahr bis 5,2 μSv im Jahr bei jährlicher Anlieferung von 100 Mg Abfall ermittelt. Die höchste ermittelte Dosis ergab sich für Beschäftigte beim Transport der Abfälle zum MHKW Weißenhorn. In diesem Expositionsszenario hat noch keine Vermischung mit anderen Abfällen stattgefunden und es wurde angenommen, dass die Transporte durch einen relativ beschränkten Personenkreis durchgeführt werden.

Dosen für Personen der allgemeinen Bevölkerung aufgrund der Ableitung von Radionukliden über die Kamine des MHKW Weißenhorn wurden für Personen, die sich am ungünstigsten Ort in der Nähe des MHKW Weißenhorn aufhalten sowie für Personen im nächstgelegenen Wohngebiet ermittelt. Bei den Personen im Wohngebiet wurde unterschieden, ob sie sich mit nicht lokal erzeugten Lebensmitteln versorgen, in großem Umfang Lebensmittel aus eigenem Garten verzehren oder ihren gesamten Bedarf von einer am MHKW Weißenhorn gelegenen landwirtschaftlichen Fläche beziehen. Die höchste Dosis ergab sich dabei mit 0,0003 μSv im Jahr (Anlieferung von 15 Mg Abfall im Jahr) bzw. 0,002 μSv im Jahr (Anlieferung von 100 Mg Abfall im Jahr) für eine Person, die im nächstgelegenen Wohngebiet lebt und ihren Nahrungsmittelbedarf über das ganze Jahr vollständig durch Produkte deckt, die von landwirtschaftlichen Flächen unmittelbar neben dem MHKW Weißenhorn stammen.

Sämtliche für Beschäftigte ermittelten Dosen sind kleiner als das Dosiskriterium der StrlSchV für die Freigabe in Höhe von 10 μSv im Jahr. Sämtliche für Personen der allgemeinen Bevölkerung ermittelten Dosen liegen mindestens einen Faktor 5.000 unterhalb dieses Dosiskriteriums.

Bei der Herleitung der Freigabewerte wurden eine Verwertung von Schlacken im Wegebau sowie eine Verwertung von REA-Gips in Wohnräumen angenommen. Diese Stoffe werden am MHKW Weißenhorn keiner Verwertung zugeführt, sondern als Bergversatz entsorgt. Eine zukünftige Verwertung ist auch nicht geplant. Es wurde festgestellt, dass das Dosiskriterium auch dann eingehalten bleibt, wenn solche Verwertungen zukünftig dennoch erfolgen sollten.

Nach einer Anlieferung freigegebener Abfälle des KGG am 09.05.2019 wurden am MHKW Weißenhorn Proben von Schlacken, Flugasche und Abluft genommen. Der Zeitpunkt der Probenahme

war so gewählt worden, dass er mit der Verbrennung des KGG-Abfalls korrelierte. Die Messergebnisse der künstlichen Radionuklide wurden mit denen der allgemeinen Umweltüberwachung von Verbrennungsanlagen in Deutschland verglichen. Es wurden künstliche Radionuklide, die in den Abfällen des KGG enthalten sind, in sehr geringer Konzentration in Schlacke und Flugasche nachgewiesen. Daraus ergab sich keinerlei Hinweis, dass die für die Ermittlung von möglichen Dosen getroffenen Annahmen nicht abdeckend wären. Darüber hinaus wurden am 09.05.2019 in der Umgebung des MHKW Weißenhorn Proben von Luft und Regenwasser genommen. In diesen Proben waren keine künstlichen Radionuklide nachweisbar.

Das MHKW Weißenhorn kann daher als geeignet für die Verbrennung der aus dem KGG freigegebenen Abfälle gelten.

Mögliche Dosen des Personals am MHKW Weißenhorn liegen deutlich unterhalb des Dosiskriteriums der StriSchV von 10 μ Sv im Jahr. Ein Potenzial zu einer weiteren Reduzierung von Dosen der Beschäftigten wurde in folgenden Bereichen festgestellt:

- Der Transport der Abfälle zum MHKW Weißenhorn kann außerhalb des Berufsverkehrs und Zeiträumen bekannter Verkehrsbehinderungen geplant werden sowie in Zeiträumen ohne besonders hohes Aufkommens an insgesamt angelieferten Abfällen. Eine Reduzierung der Dosis um bis zu 28% wäre mit diesen Maßnahmen voraussichtlich möglich.
- Fahrer, die Schlacken oder Stäube abtransportieren, können angehalten werden, sich während der Beladung nicht durchgehend in der Fahrerkabine oder unmittelbar am Fahrzeug aufzuhalten. Eine Reduzierung der Dosis um 6% bei der Schlackenverladung und um 27% bei der Staubverladung wäre mit dieser Maßnahme möglich.

1. Einleitung

Aus dem Kernkraftwerk Gundremmingen (KGG) werden derzeit jährlich etwa 15 Mg Abfall nach § 36 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage freigegeben. In Zukunft ist durch den Abbau der Kraftwerksblöcke von einer Masse bis zu 100 Mg im Jahr auszugehen. Das KGG ist im Landkreis Günzburg gelegen, der aufgrund einer vertraglichen Regelung die in seinem Kreisgebiet anfallenden und zu verbrennenden Abfälle über das Müllheizkraftwerk (MHKW) Weißenhorn des Abfallwirtschaftsbetriebs (AWB) des Landkreises Neu-Ulm entsorgt.

Das Öko-Institut e.V. wurde seitens des AWB des Landkreises Neu-Ulm damit beauftragt, die Eignetheit des MHKW Weißenhorn zur Verbrennung der Abfälle aus dem KGG zu überprüfen. Außerdem sollte untersucht werden, ob es geeignete Maßnahmen gibt, die Dosis Beschäftigter an der Verbrennungsanlage weiter zu reduzieren.

Der Herleitung der Freigabewerte der StrlSchV für die Beseitigung in einer Müllverbrennungsanlage liegen bestimmte Randbedingungen und Parameter zugrunde. Sofern keine ungünstigeren Randbedingungen oder Parameterwerte vorliegen, kann die Einhaltung des Dosiskriteriums der StrlSchV, nämlich die Einhaltung einer Dosis von $10 \mu\text{Sv}$ im Jahr, als nachgewiesen gelten. Das MHKW Weißenhorn kann als geeignet für die Verbrennung der Abfälle aus dem KGG angesehen werden, wenn dieses Dosiskriterium eingehalten wird.

Einzelne Parameterwerte können ungünstiger sein als die der Herleitung der Freigabewerte zugrunde liegenden Parameterwerte. So werden im MHKW Weißenhorn derzeit nur wenig mehr als 100.000 Mg Abfall im Jahr verbrannt, während die Jahreskapazität der Referenz-Verbrennungsanlage in der Herleitung der Freigabewerte mit 240.000 Mg beziffert wurde. Bei einer höheren Jahreskapazität kommt es zu einer größeren Vermischung der Radionuklide in den Reststoffen der Verbrennung und die Dosis kann auf eine größere Zahl von Beschäftigten verteilt sein. Demgegenüber gibt es aber auch günstigere Bedingungen am MHKW Weißenhorn, da beispielsweise die Masse verbrannter freigegebener Abfälle im Jahr derzeit erheblich geringer ist, als bei der Herleitung der Freigabewerte angenommen. Außerdem findet keine Verwertung von Schlacke im Wegebau und von REA-Gips in Wohnräumen statt, was bei der Herleitung der Freigabewerte aber unterstellt wurde. Es wird daher im Rahmen einer Zusammenschau des Einflusses aller Annahmen bzw. aller tatsächlichen Gegebenheiten hier untersucht, ob insgesamt davon ausgegangen werden kann, dass bei der Verbrennung der freigegebenen Abfälle aus dem KGG das $10 \mu\text{Sv}$ -Konzept eingehalten ist.

In Kapitel 2 werden die Grundzüge des Konzepts der Freigabe vorgestellt, außerdem der sogenannte Nuklidvektor, der für die aus dem KGG zur Verbrennung freigegebenen Abfälle angewendet wird.

Kapitel 3 gibt einen Überblick über das Vorgehen bei der Herleitung der Freigabewerte der StrlSchV sowie über die zugrundeliegenden Annahmen und Parameter.

In Kapitel 4 werden relevante Randbedingungen und Parameterwerte der Herleitung der Freigabewerte auf der Grundlage einer Begehung des MHKW Weißenhorn sowie von Informationen des AWB des Landkreises Neu-Ulm mit den realen Verhältnissen am MHKW Weißenhorn abgeglichen. Auf dieser Basis werden die möglichen Strahlenexpositionen für Beschäftigte und Personen der Bevölkerung abgeschätzt.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse von radiologischen Messungen, die anlässlich einer Anlieferung freigegebener Abfälle des KGG am 09.05.2019 vorgenommen wurden, dargestellt und bewertet.

Das Optimierungspotenzial im Hinblick auf die Strahlenexposition Beschäftigter am MHKW Weißenhorn wird in Kapitel 6 untersucht.

2. Grundzüge des Konzepts der Freigabe

In Kapitel 2.1 wird zunächst dargestellt, aus welchem Grund Freigaberegulungen erforderlich sind. Das der Freigabe in Deutschland und international zugrunde gelegte De Minimis-Konzept (10 μ Sv-Konzept) wird in Kapitel 2.2 erläutert. Die weitere Ausgestaltung der Freigaberegulungen in Deutschland wird in Kapitel 2.3 beschrieben. In Kapitel 2.4 werden das Konzept der Definition von „Nuklidvektoren“ und der Nuklidvektor des Kernkraftwerks KGG für die Freigabe zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage vorgestellt.

2.1. Hintergrund der Freigaberegulungen

Der Betrieb und der Abbau eines Kernkraftwerks unterliegen den Regelungen des Atomgesetzes (AtG), des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) und der StrlSchV. Diesen Regelungen unterliegt auch der Betrieb anderer Anlagen und Einrichtungen sowie der Umgang mit radioaktiven Stoffen, wenn sogenannte „Freigrenzen“ der Radioaktivität¹, mit der umgegangen wird, überschritten sind. Die Freigrenzen sind für die verschiedenen Radionuklide abhängig von den von ihnen ausgehenden Risiken in unterschiedlicher Höhe festgelegt.

Nach Aufgabe eines unter die Regelungen von AtG, StrlSchG und StrlSchV fallenden Betriebs einer Anlage oder Einrichtung oder eines sonstigen Umgangs mit radioaktiven Stoffen stellt sich die Frage, unter welcher Voraussetzung eine Entlassung aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung möglich ist. Anwendungsfälle sind dabei nicht nur der Abbau eines stillgelegten Kernkraftwerks, sondern auch beispielsweise die weitere Nutzung von Räumen, in denen zuvor mit radioaktiven Stoffen umgegangen wurde (z. B. Forschungslabor, nuklearmedizinische Einrichtung etc.). Die Entlassung von Stoffen, Anlagenteilen, Gebäuden, Geländen etc. aus dem Geltungsbereich des Atomrechts wird als „Freigabe“ bezeichnet. Für dieses Vorgehen wird ein Konzept benötigt, das die Bedingungen einer solchen Freigabe festlegt. Nach der Freigabe unterliegen angefallene Abfälle den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG).

Für ionisierende Strahlung ist keine Wirkungsschwelle im Hinblick auf gesundheitliche Schäden bekannt. Da es möglich ist, dass eine solche Schwelle auch nicht existiert, wird im Strahlenschutz davon ausgegangen, dass jede noch so geringe Dosis mit einer mit der Dosis abnehmenden Wahrscheinlichkeit einen Gesundheitsschaden auslösen kann. Würde als Bedingung der Entlassung aus dem Atomrecht ein „Null-Risiko“ (also auch die Dosis 0) herangezogen, so dürften nur Stoffe mit keinerlei künstlichen Radionukliden aus dem Geltungsbereich des Atomrechts entlassen werden. Dies wäre aber aufgrund der überall vorhandenen natürlichen Aktivität und von den messtechnischen Möglichkeiten her nicht praktikabel. Um ein praktikables Vorgehen festzulegen wird daher eine Dosis definiert, bei deren Unterschreitung rechtlich keine weitere Überwachung mehr für erforderlich gesehen wird. Dies ist dann der Fall, wenn die Dosis nur mit einem Risiko verknüpft ist, das als ausreichend geringfügig angesehen werden kann. Die für diesen Zweck bestimmte Dosis wird auch als De Minimis-Dosis bezeichnet (siehe Kapitel 2.2).

Eine Freigabe von radioaktiven Stoffen erfolgte bereits seit Beginn der Nutzung von Radionukliden und der Nutzung der Kerntechnik. Verbindliche Regelungen auf dem Niveau der StrlSchV wurden aber erst im Jahr 2001 eingeführt.

¹ Freigrenzen sind Werte der Aktivität und der massenbezogenen Aktivität radioaktiver Stoffe nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalten 2 und 3 StrlSchV, Die Spalte 2 der Anlage 4 StrlSchV enthält nuklidspezifische Freigrenzen für die Absolutwerte der Aktivität und die Spalte 3 Freigrenzen für die massenbezogene Aktivität.

2.2. Das „De minimis-Konzept“ als Grundlage für Freigaberegulungen

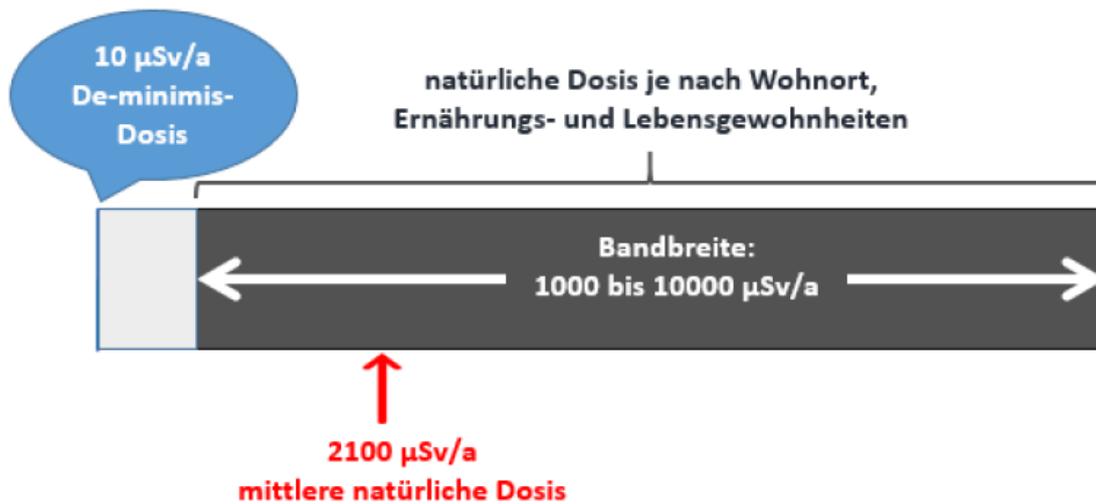
Das aktuelle Konzept der Freigabe basiert auf dem allgemeinen Rechtsprinzip, nach dem Bagatellen nicht in einer Norm geregelt werden („de minimis non curat lex“ - das Gesetz kümmert sich nicht um Kleinigkeiten). Das Konzept wurde von der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) 1988 in seiner noch heute international praktizierten Form formuliert (IAEA 1988). Das Kapitel 4.2.1 („Risk based considerations“) hat die IAEO damals wie folgt formuliert:

“In the first consideration, it is widely recognized that values of individual risk which can be treated as insignificant by the decision maker correspond to a level at which individuals who are aware of the risks they run would not commit significant resources of their own to reduce these risks. This is a difficult question to judge, because few individuals are conscious of the magnitude of small risks and people have little opportunity to demonstrate their preferences in this field. There is likely to be a wide range of individual views on this subject and any decision is likely to leave some people feeling that they are exposed to risks calling for further control.

However, there is a widely held, although speculative, view that few people would commit their own resources to reduce an annual risk of death of 10^{-5} and that even fewer would take action at an annual level of 10^{-6} . Most authors proposing values of trivial individual dose have set the level of annual risk of death which is held to be of no concern to the individual at 10^{-6} to 10^{-7} . Taking a rounded risk factor of 10^{-2} Sv^{-1} for whole body exposure as a broad average over age and sex, the level of trivial individual effective dose equivalent would be in the range of 10-100 μSv per year.”

Das akzeptable Risiko wurde 1988 also aus einer Überlegung hergeleitet, gegen welche Risiken Personen sich durch eigene Vorsorgemaßnahmen schützen würden. Es wurde davon ausgegangen, dass nur wenige Menschen eigene Ressourcen verwenden würden, um eigene Risiken von 1:100.000 pro Jahr zu vermeiden, und noch weniger Menschen dies täten, um eigene Risiken von 1:1 Mio pro Jahr zu vermeiden. Daraus wurde abgeleitet, dass eine Begrenzung des individuellen Risikos auf den Bereich von 1:1 Mio bis 1:10 Mio ausreichend ist. Unter Bezug auf einen „gerundeten Risikoeffizienten“ wurde daraus eine Begrenzung auf eine jährliche Dosis von 10 μSv bis 100 μSv abgeleitet. Eine solche Dosis ist deutlich kleiner als die mittlere natürliche Dosis in Deutschland von 2.100 μSv im Jahr und deren Bandbreite (siehe Abbildung 2-1). Außerdem ist sie extrem niedrig im Vergleich zu regionalen Unterschieden natürlicher Dosis in Deutschland (siehe Abbildung 2-2) oder gegenüber dem durchschnittlichen Dosisbereich einer Person in Deutschland aus künstlichen Quellen der medizinischen Untersuchungen von 1,9 mSv^2 . Hinzu kommt, dass allenfalls wenige Einzelpersonen der Bevölkerung dem sehr geringeren Risiko der Freigabe ausgesetzt sind, während dem deutlich höheren Risiko der natürlichen Strahlung jeder Mensch ausgesetzt ist.

² https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/str-u-strschutz.pdf;jsessionid=F26722BFD9DE1DE39E429432A48745F0.1_cid349?__blob=publicationFile&v=11



Quelle: ESK-Informationspapier zur Freigabe

http://www.entsorgungskommission.de/sites/default/files/reports/Informationspapier_ESK67_16072018_hp.pdf

Abbildung 2-1: Natürliche Dosis in Deutschland und ihre Bandbreite



Quelle: ESK-Informationspapier zur Freigabe

http://www.entsorgungskommission.de/sites/default/files/reports/Informationspapier_ESK67_16072018_hp.pdf

Abbildung 2-2: Natürliche Dosis durch Radon in Wohnungen in bestimmten Regionen Deutschlands

In seiner Publikation „Schwerpunkt Strahlenschutz“ (BfS 2016) führt das Bundesamt für Strahlenschutz zum Konzept der Freigabe aus:

„Die Freigabe bildet das juristische Rückgrat zur Feststellung der radiologischen Unbedenklichkeit. Das Recht gibt den Rahmen staatlichen Handelns vor, basiert hier selbst jedoch wesentlich

auf naturwissenschaftlichen Begründungen, dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik. ... Es ist dabei wichtig festzuhalten, dass diese Regelungen auf den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Strahlenschutzes basieren, über die international unter Wissenschaftlern mehrheitlich Konsens besteht. Dies gilt insbesondere für den anzuwendenden Begriff der jährlichen effektiven Dosis an sich und für die Höhe des Dosiskriteriums, auf dem die Freigabewerte beruhen.“

2.3. Umsetzung des „De minimis-Konzepts“ in Deutschland

In Deutschland wurden die vorangehend dargestellten Überlegungen in Freigabewerte umgesetzt, die für die einzelnen Radionuklide festlegen, unterhalb welcher Kontamination eine Freigabe zulässig ist. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

- Als Ziel der Risikobegrenzung wurde der Bereich von 10 μSv im Kalenderjahr festgelegt (§ 31 Abs. 2 StrlSchV).
- Für verschiedene Freigabeoptionen und möglicherweise betroffene Personengruppen wurden abdeckende Expositionsszenarien definiert und für diese Szenarien ermittelt, bei welcher Kontamination sich jeweils eine Dosis von 10 μSv im Jahr ergeben könnte.
- Der niedrigste so ermittelte Konzentrationswert einer Freigabeoption wurde in der StrlSchV als Freigabewert festgelegt. Der Freigabewert bezieht sich entweder auf eine massenbezogene Aktivität (Einheit Bq/g) oder eine flächenbezogene Aktivität (Einheit Bq/cm² oder Bq/m²) im Fall der uneingeschränkten Freigabe. Bei spezifischer Freigabe werden darüber hinaus Höchstmengen für insgesamt freigebbare Abfälle in Mg/a festgelegt.

Eine Dokumentation zur Herkunft der Freigabewerte für die verschiedenen Freigabeoptionen der StrlSchV findet sich in (SSK 2004). Die Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe fester Stoffe wurden zunächst getrennt abgeleitet (SSK 1998; Deckert und Thierfeldt 1998) und erforderlichenfalls reduziert, wenn Modellierungen anderer Freigabeoptionen geringere Freigabewerte ergaben.

Werte für die Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen wurden 2001 in die StrlSchV aufgenommen. Sie basierten auf den Untersuchungen von Poschner und Schaller (Poschner und Schaller 1995) und der darauf aufbauenden Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK 1998). Der Modellierung hatte unter anderem die Annahme zugrunde gelegen, dass 100 Mg zur Beseitigung freigegebener Abfälle im Kalenderjahr an eine einzelne Müllverbrennungsanlage abgegeben werden. Allerdings wurde die jährlich an eine einzelne Anlage abgegebene Masse damals noch nicht durch die StrlSchV begrenzt.

Später wurde ein neuer Satz von Freigabewerten von der Strahlenschutzkommission empfohlen (SSK 2006) und in die StrlSchV übernommen. Im Hinblick auf die Müllverbrennung wurde dabei berücksichtigt, dass gemäß der damaligen Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen zum Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie vom 14. Juni 2000 in Zukunft verstärkt Rückbauvorhaben mit großen Abfallströmen relevant werden können und durch die Modellierung abgedeckt sein sollen.

Es wurden basierend auf (SSK 2006) Freigabewerte für freigebbare Jahresmengen von bis zu 100 Mg im Jahr und von bis zu 1.000 Mg im Jahr bei der Freigabe zur Beseitigung in der StrlSchV festgelegt. Die Jahresmengen beziehen sich dabei auf die Summe aller in einer Verbrennungsanlage beseitigten Abfälle, die zur Verbrennung freigegeben wurden, auch wenn sie von verschiedenen Kernkraftwerken angeliefert werden. Um die Überwachung der Masse insgesamt angelieferter freigegebener Abfälle zu gewährleisten, enthält die StrlSchV auch Regelungen zur erforderlichen

Abstimmung zwischen den nach Strahlenschutzrecht und nach Kreislaufwirtschaftsgesetz zuständigen Behörden.

Weitere wichtige Festlegungen der StrlSchV sind:

- Eine Freigabe zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage setzt voraus, dass die Stoffe dort tatsächlich durch Verbrennung beseitigt werden (Anlage 8 Teil C Nr. 1 StrlSchV).
- Falls der zuständigen Behörde Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass am Standort der Entsorgungsanlage für Einzelpersonen der Bevölkerung eine effektive Dosis im Bereich von 10 μ Sv im Kalenderjahr überschritten wird, darf von den in der StrlSchV tabellierten Freigabewerten kein Gebrauch gemacht werden, sondern es ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich (§ 36 Abs. 2 StrlSchV i. V. m. § 37 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchV).
- Die Voraussetzungen für die Freigabe dürfen nicht zielgerichtet durch Vermischen oder Verdünnen herbeigeführt, veranlasst oder ermöglicht werden (§ 34 StrlSchV).

2.4. Das Konzept der Nuklidvektoren und der Nuklidvektor des Kernkraftwerks KKG

Radionuklide unterscheiden sich aufgrund ihrer verschiedenen Strahlungsarten und –energien in der Möglichkeit einer einfachen Messung:

- Hochenergetische Gamma-Strahlung hat eine große Reichweite und kann verhältnismäßig leicht gemessen werden. Außerdem lässt sich die Energie der Gammaquanten bestimmen, die charakteristisch für einzelne Radionuklide ist. Radionuklide, die gut nachweisbare Gamma-Strahlung aussenden, sind beispielsweise Kobalt-60 und Cäsium-137.
- Beta-Strahlung wird von Materie leicht abgeschirmt, so dass der Nachweis eingedrungener Aktivität durch eine Messung an der Oberfläche schwierig ist. Beta-Strahlung weist außerdem keine bei einem bestimmten Radionuklid stets gleiche Energie, sondern eine Energieverteilung auf, so dass die nuklidspezifische Messung in der Regel auf einfache Weise nicht möglich ist. Häufig wird die Beta-Strahlung von Gamma-Strahlung begleitet (z. B. bei Kobalt-60 und Cäsium-137), so dass die nuklidspezifische Messung dennoch über das Gammaskpektrum möglich ist. Andernfalls sind Probenahmen und Laborauswertungen erforderlich (z. B. bei Strontium-90).
- Alpha-Strahlung wird schon von minimalen Materieschichten abgeschirmt. Zur Nuklididentifizierung kann die Messung der charakteristischen Alpha-Energie herangezogen werden, was aber eine Probenahme und chemische Aufarbeitung erfordert. Beim Alpha-Strahler Americium-241 gibt es noch eine nachweisbare Gamma-Linie zur Identifizierung, bei den meisten Alpha-Strahlern ist dies aber nicht der Fall.

Würden alle Radionuklide bei der Freigabe mit einer Erkennungsgrenze, die ihrer radiologischen Relevanz entspricht, in jeder Charge gemessen werden sollen, so würde dies einen nicht mehr vertretbaren Aufwand bedeuten. Auch eine Endlagerung würde dieses Problem nicht vollständig lösen, da für die Endlagerung entsprechende Angaben bei der Abfalldeklaration zu machen wären.

Die geeignete Vorgehensweise beruht daher auf Untersuchungen zur Eingrenzung der überhaupt möglichen Kontaminationen und Radionuklide. Dazu erfolgen Probenahmen mit detaillierten Analysen in so großer Zahl, dass die Ergebnisse insgesamt statistisch abgesichert sind. Aus den Ergebnissen der Probenahmen lassen sich dann abdeckende Nuklidvektoren herleiten. Unter einem Nuklidvektor ist ein Gemisch von Radionukliden zu verstehen, in dem für jedes Radionuklid ein bestimmter Anteil an der Gesamtaktivität festgelegt ist. Ein Nuklidvektor muss mindestens ein

leicht nachweisbares Radionuklid enthalten (ein sogenanntes Leitnuklid), das bei der Entscheidungsmessung im Hinblick auf die Freigabefähigkeit repräsentativ zur Beurteilung der Gesamtktivität dienen kann. Übliche leicht nachweisbare Leitnuklide in Abfällen aus Kernkraftwerken sind z. B. Kobalt-60 und Cäsium-137. Entsprechend dem Messwert der Leitnuklide werden dann die Anteile der anderen Radionuklide rechnerisch ermittelt und in eine Summenformel mit eingerechnet. Je breiter das Spektrum an Abfällen ist, das ein solcher Nuklidvektor abdecken soll, umso konservativer wird das Freigabeverfahren. Der Nuklidvektor muss regelmäßig angepasst werden, wenn die enthaltenen Radionuklide unterschiedlich schnell zerfallen oder sich die Zusammensetzung aus anderen Gründen zeitlich verändert.

Für die Freigabe von Abfällen aus dem Kernkraftwerk KGG, die im MHKW Weißenhorn verbrannt werden, gibt es einen mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) abgestimmten Nuklidvektor, der für die Blöcke B und C des KGG angewendet wird (Eisner 2019). Dieser Nuklidvektor ist in Tabelle 2-1 aufgeführt. Außerdem sind dort die Freigabewerte für die spezifische Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrISchV (bis 100 Mg im Kalenderjahr) bzw. Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 11 StrISchV (bis 1.000 Mg im Kalenderjahr) der entsprechenden Radionuklide genannt. Ebenfalls in Tabelle 2-1 angegeben ist die massenbezogene Aktivität der einzelnen Radionuklide, die sich aus der prozentualen Zusammensetzung des Nuklidvektors ergibt.

Tabelle 2-1: Nuklidvektor des Kernkraftwerks KKG, Blöcke B und C, Freigabewerte der StrISchV und zulässige massenbezogene Aktivität

Radionuklid	Anteil im Nuklidvektor [%]	Freigabewert StrISchV für die Beseitigung in einer Verbrennungsanlage [Bq/g]		zulässige massenbezogene Aktivität im Abfall [Bq/g]	
		< 100 Mg/a	< 1.000 Mg/a	< 100 Mg/a	< 1.000 Mg/a
Mangan-54	9,89	10	6	0,741	0,209
Kobalt-60	74,16	7	2	5,56	1,57
Silber-110m	2,47	6	0,6	0,185	0,0522
Cäsium-137	13,48	10	3	1,01	0,285
Summe	100	-	-	7,49	2,11

3. Annahmen bei der Herleitung der Freigabewerte für die Freigabe zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage

Eine Strahlenexposition von 10 μSv im Jahr durch die Freigabe ist so gering, dass sie messtechnisch nicht erfasst werden kann. Außerdem treten Strahlenexpositionen je nach Expositionsszenario erst in der (teils fernen) Zukunft auf, so dass sie prognostisch ermittelt werden müssen. Für diese Ermittlung werden Szenarien definiert, die zu Strahlenexpositionen führen können. In der Regel wird die Dosis zunächst bezogen auf eine Freigabe von Stoffen mit einer massenbezogenen Aktivität eines Radionuklids von 1 Bq/g berechnet. Aus dem Ergebnis ist dann leicht ableitbar, bei welcher massenbezogenen Aktivität es maximal zu einer Dosis von 10 μSv im Jahr kommen kann. Entscheidend für die Festlegung des Freigabewerts ist dann das Expositionsszenario, das zur höchsten Dosis führt.

Die Herleitung der Freigabewerte zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage war sehr komplex, da hierbei auch die Deponierung von Verbrennungsrückständen und verschiedene Wiederverwertungspfade zu berücksichtigen waren. Der SSK-Empfehlung (SSK 2006) liegen die folgenden Expositionsszenarien zugrunde:

- Transport der Abfälle zur Verbrennungsanlage

Es wird in (SSK 2006) die Exposition von Transportpersonal durch äußere Bestrahlung und Inhalation bei Transport der Abfälle und bei Ladevorgängen berücksichtigt. Für den Staub wird angenommen, dass dieser gegenüber der mittleren massenbezogenen Aktivität die 10-fache massenbezogene Aktivität aufweist, da diese an der Oberfläche konzentriert sein könnte und von dort in größerem Maße freigesetzt werden kann.

- Verbrennung des Abfalls in einer Referenzverbrennungsanlage mit einer Jahreskapazität von 240.000 Mg/a)

In der Verbrennungsanlage werden gemäß (SSK 2006) die folgenden Arbeitsbereiche unterschieden:

- Eingangsbereich. Es wird die Exposition des Personals durch äußere Bestrahlung und Inhalation berücksichtigt. Es wird angenommen, dass eine einzelne Person 10 Stunden im Jahr mit freigegebenem Abfall befasst ist. Für den Staub wird angenommen, dass dieser gegenüber der mittleren massenbezogenen Aktivität die 10-fache massenbezogene Aktivität aufweist.
- Müllbunker und Einbringen in den Verbrennungsofen. Betrachtet wird hier der Kranführer, der in einer fremdbelüfteten Kabine sitzt, so dass nur die äußere Bestrahlung relevant ist. Für diese Tätigkeit wird ein Zeitraum von 1.800 Stunden im Jahr angesetzt, wobei vom Umgang mit dem im Müllbunker vermischten freigegebenen und sonstigen Abfall auszugehen ist.
- Schlackenbunker und Abtransport der Schlacken. Es wird von einer externen Bestrahlung einer einzelnen Person über 1.800 Stunden im Jahr sowie von Ladevorgängen über 100 Stunden im Jahr ausgegangen.
- Staubbunker und Abtransport der Stäube. Es wird von einer externen Bestrahlung einer einzelnen Person über 300 Stunden im Jahr sowie von Ladevorgängen über 50 Stunden im Jahr ausgegangen.

- Verwertung der Schlacken im Straßen- oder Wegebau

Es werden in (SSK 2006) Arbeiter (200 Stunden im Jahr Arbeit mit den Schlacken) und Personen der Bevölkerung (Aufenthalt auf abgedeckten Straßen und Plätzen über 2.000 Stunden im Jahr) betrachtet.

- Verwertung von Schrott

Es wird in (SSK 2006) angenommen, dass sich eine Person 2.000 Stunden im Jahr in 1 Meter Abstand von einem aus dem Schrott gefertigten Würfel mit 1 Meter Kantenlänge aufhält.

- Verwertung von REA-Gips

Es wird in (SSK 2006) angenommen, dass Leichtbauwände aus diesem Gips hergestellt werden. Als Expositionsszenarien werden die Installation solcher Platten (Arbeitszeit 200 Stunden im Jahr) sowie der Aufenthalt in einem Raum mit solchen Platten an vier Wänden (8.000 Stunden im Jahr) betrachtet.

- Emission von Radionukliden mit der Fortluft

Es wird in (SSK 2006) die Ablagerung emittierter Radionuklide über einen Betriebszeitraum der Verbrennungsanlage von 50 Jahren betrachtet, wobei in jedem Jahr die maximal zulässige Menge an freigegebenem Abfall verbrannt werden soll. Für das 50ste Jahr wird dann die Exposition ermittelt, die sich für eine in 300 m Entfernung vom Kamin der Verbrennungsanlage gelegene Fläche ergibt, wenn

- eine Person sich dort 1.000 Stunden im Jahr im Freien aufhält (äußere Exposition),
- eine Person dort ganzjährig die Radionuklide in der bodennahen Luft einatmet,
- eine Person Blattgemüse und sonstige Pflanzen für ihre Ernährung von dieser Fläche bezieht,
- eine Person Milch und Fleisch von Tieren verzehrt, die auf dieser Fläche geweidet haben.

Es wird bei der Exposition über die Ernährung sehr konservativ (d. h. sehr pessimistisch und die radiologischen Folgen überschätzend) davon ausgegangen, dass eine Person ihren gesamten Jahresbedarf (Mittelwert des Bedarfs in Deutschland) an Lebensmitteln von einer kontaminierten Fläche bezieht.

- Deponierung der Verbrennungsrückstände

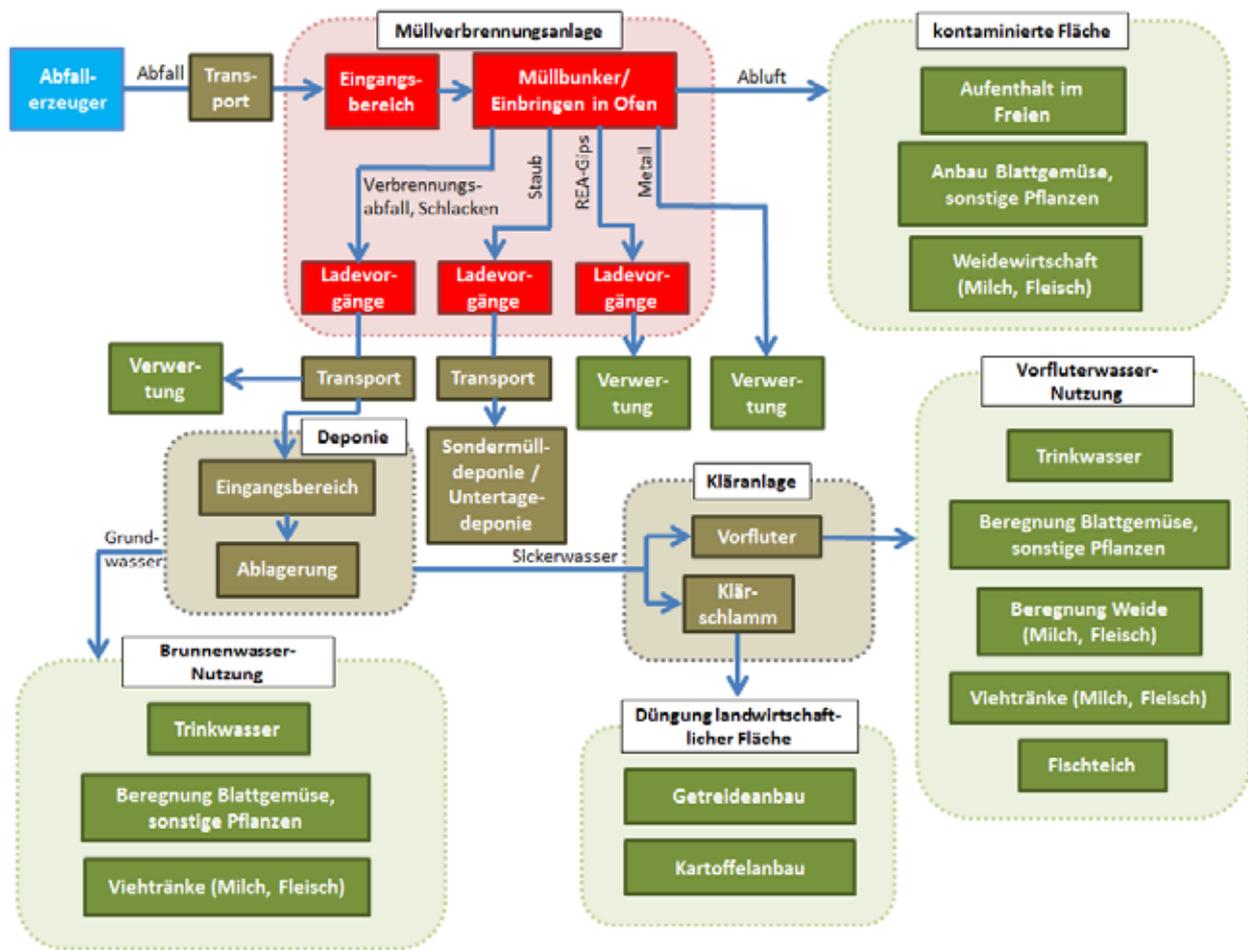
Hierbei liegen in (SSK 2006) die folgenden Expositionsszenarien zugrunde:

- Transport der Abfälle (Exposition von Transportpersonal durch äußere Bestrahlung und Inhalation bei Transport der Abfälle und bei Ladevorgängen),
- Deponierung (Exposition von Deponiearbeitern durch äußere Bestrahlung, Staubinhalation und Verschlucken von Staub bei der Abfertigung der Abfälle im Eingangsbereich sowie bei ihrem Einbau in den Deponiekörper),
- Übergang von Radionukliden in Sickerwasser der Deponie und anschließender Eintrag in eine Kläranlage
 - Einleitung des Abwassers der Kläranlage in ein Oberflächengewässer und Verwendung des Wassers
 - § als Trinkwasser,
 - § als Beregnungswasser (Verzehr von beregneten Pflanzen und von Fleisch und Milch von auf beregneten Weideflächen gehaltenem Vieh),

- § zur Viehtränke (Verzehr von Fleisch und Milch),
- § zur Speisung eines Fischteichs (Verzehr von Fisch).
- Anfall von Klärschlamm mit anschließender
 - § Deponierung,
 - § Verbrennung,
 - § Verwertung zur Düngung in der Landwirtschaft,
- Übergang von Radionukliden aus der Deponie in das Grundwasser nach Integritätsverlust der Basisabdichtung und anschließende Nutzung es Grundwasserbrunnens als Quelle
 - für Trinkwasser,
 - für Beregnungswasser (Verzehr von beregneten Pflanzen),
 - zur Viehtränke (Verzehr von Fleisch und Milch).

Es wird in (SSK 2006) bei der Exposition über die Ernährung sehr konservativ davon ausgegangen, dass eine Person ihren gesamten Jahresbedarf (Mittelwert des Bedarfs in Deutschland) an Trinkwasser aus dem kontaminierten Oberflächengewässer oder Brunnen bezieht und ihren gesamten Jahresbedarf an Lebensmitteln von einer mit kontaminiertem Wasser beregneten Fläche bezieht. Beim Pfad Viehtränke wird unterstellt, dass das Vieh ausschließlich kontaminiertes Wasser erhält und die exponierte Person ihren Jahresbedarf an Fleisch und Milch über so getränktes Vieh deckt.

Abbildung 3-1 zeigt die für die Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) modellierten Expositionspfade im Überblick.



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3-1: Überblick über die für die Verbrennung freigegebener Abfälle betrachteten Expositionspfade

Bei der Modellierung wird eine elementabhängige Partitionierung der Radionuklide in Schlacken, Schrott, Stäube, Gips und Abgas angesetzt. Dabei wird in Fällen, in denen die Partitionierung nicht zuverlässig abgeschätzt werden kann, konservativ auch die Verteilung zu jeweils 100% auf verschiedene Fraktionen angenommen. Tabelle 3-1 zeigt die in der Modellierung nach (SSK 2006) angenommene Partitionierung für die Radionuklide des Nuklidvektors für die Freigabe zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage der Blöcke B und C des Kernkraftwerks KKG (siehe Tabelle 2-1).

Tabelle 3-1: Partitionierung der Radionuklide des Nuklidvektors des KKG in einer Verbrennungsanlage gemäß der Modellierung in (SSK 2006)

Radionuklid	Anteil (in %)				
	Schlacken	Schrott	Stäube	Gips	Abgas
Mangan-54	100	100	1	0,005	0,005
Kobalt-60	100	100	1	0,005	0,005
Silber-110m	100	1	100	0,5	0,5
Cäsium-137	100	0	100	0,5	0,5

4. Spezifische Randbedingungen bei der Verbrennung im MHKW Weißenhorn

Im Folgenden wird geprüft, ob die in Kapitel 3 beschriebene Modellierung der Freigabewerte für die Beseitigung in einer Verbrennungsanlage nach (SSK 2006) die Verhältnisse bei der Verbrennung im MHKW Weißenhorn abdeckt. Hierzu wurden auch eine Begehung des MHKW sowie Fachgespräche mit dem AWB des Landkreises Neu-Ulm geführt.

Die vergleichende Prüfung erfolgt im Hinblick auf die grundlegenden Bedingungen des MHKW Weißenhorn und die einzelnen Expositionspfade der Herleitung der Freigabewerte:

- Kapazität des MHKW Weißenhorn und jährlicher Durchsatz freigegebener Abfälle aus dem KGG (Kapitel 4.1),
- Transport vom KGG zum MHKW Weißenhorn (Kapitel 4.2),
- Arbeitsabläufe bei der Anlieferung am MHKW Weißenhorn und am Müllbunker bis zur Aufgabe der Abfälle (Kapitel 4.3),
- Anfall und Entsorgung der Verbrennungsrückstände einschließlich Transport (Kapitel 4.4),
- Ausbreitung von Radionukliden mit der Fortluft und Randbedingungen der Strahlenexposition von Personen der Bevölkerung (Kapitel 4.5).

In Kapitel 4.6 wird die mögliche Dosis unter Berücksichtigung aller Randbedingungen des MHKW Weißenhorn für die verschiedenen möglichen Expositionsszenarien ermittelt und mit dem Dosiskriterium der StrlSchV von 10 μ Sv im Jahr verglichen.

4.1. Kapazität des MHKW Weißenhorn und jährlicher Durchsatz freigegebener Abfälle aus dem KGG

Wichtige Parameter bei der Modellierung der Freigabewerte sind die Kapazität der Verbrennungsanlage sowie der durchgesetzte freigegebene Abfall, da bei den Arbeiten am Müll-, Schlacken- und Staubbunker sowie bei der Beseitigung oder Verwertung von Verbrennungsrückständen und Staub etc. eine Vermischung des freigegebenen Abfalls mit dem übrigen Abfall bzw. eine Vermischung der Verbrennungsrückstände dieser Abfälle vorliegt. Die zu unterstellenden Umgangszeiten von Beschäftigten mit freigegebenem Abfall hängen ebenfalls von diesen Parametern ab, da die Zahl der Beschäftigten auch vom Durchsatz der Verbrennungsanlage abhängt.

Annahmen der Modellierung nach (SSK 2006)

Für die Referenzverbrennungsanlage ist in (SSK 2006) eine Jahreskapazität von 240.000 Mg angesetzt worden. Die Freigabewerte wurden für jährlich freigegebene Massen von 100 Mg und 1.000 Mg ermittelt.

Annahmen standortbezogen auf das MHKW Weißenhorn

Das MHKW Weißenhorn verfügt über zwei autarke Linien zur Verbrennung, die üblicherweise parallel betrieben werden. Beide Öfen haben einen gemeinsamen Müllbunker. Der maximale Durchsatz eines einzelnen Ofens beträgt 10,5 Mg/h. Derzeit dürfen im MHKW Weißenhorn 110.000 Mg Abfall im Jahr verbrannt werden. In den letzten Jahren wurden 107.269 Mg (2016), 106.976 Mg (2017) und 107.494 Mg (2018) verbrannt.

Die erste Anlieferung von freigegebenem Abfall des KGG an das MHKW Weißenhorn erfolgte am 26.04.2016. In den einzelnen Jahren wurden aus dem KGG seither 11,50 Mg in 2016, 15,50 Mg in

2017 und 19,10 Mg in 2018 angeliefert. Daraus ergeben sich in den Jahren 2016 bis 2018 durchschnittlich 15,36 Mg (Moritz 2019) freigegebene Abfälle im Jahr, die verbrannt werden.

Für den Zeitraum des Rückbaus des KGG wird für die nächsten 20 Jahre davon ausgegangen, dass insgesamt etwa 2.000 Mg Abfall zur Verbrennung freigegeben werden, wobei es sich um eine konservative Schätzung handeln soll. Eine Masse von 100 Mg im Jahr soll die maximale Anliefermenge sein (Moritz 2019). Bis zum Beginn der Rückbauphase ist davon auszugehen, dass es bei den bisherigen durchschnittlichen Anlieferungsmengen von etwa 15 Mg im Kalenderjahr bleiben wird (Moritz 2019).

Gesamtkapazität und durchgesetzter freigegebener Abfall des MHKW Weißenhorn unterscheiden sich von den Annahmen hinsichtlich der Referenzverbrennungsanlage bei der Herleitung der Freigabewerte. Als für das MHKW Weißenhorn spezifische Randbedingungen werden im Folgenden zugrunde gelegt:

- Gesamtdurchsatz des MHKW Weißenhorn: 100.000 Mg im Kalenderjahr,
- verbrannter freigegebener Abfall:
 - a) 15 Mg im Kalenderjahr derzeit und
 - b) 100 Mg im Kalenderjahr evtl. zukünftig,
- Radionuklide entsprechend dem Nuklidvektor der Tabelle 2-1.

4.2. Transport vom KGG zum MHKW Weißenhorn

Für die mögliche Strahlenexposition beim Transport ist vor allem die jährliche Transportzeit entscheidend, über die ein einzelner Fahrer die freigegebenen Abfälle transportiert. Dabei ist in der Regel nicht davon auszugehen, dass ein einzelner Fahrer mit dem Transport sämtlichen freigegebenen Abfalls eines Jahres befasst ist.

Annahmen der Modellierung nach (SSK 2006)

Für den Transport vom Abfallproduzenten zur Verbrennungsanlage wurde in der Modellierung gemäß (SSK 2006) eine Arbeitszeit von 10 Stunden im Jahr (bei einer Freigabe von bis zu 100 Mg im Jahr) für eine einzelne Person angesetzt. Es wurde angenommen, dass der Abfall nach der Freimessung bis zum Abtransport über einen Tag abgeklungen ist.

Annahmen standortbezogen auf das MHKW Weißenhorn

Je nach Fahrtroute beträgt die geschätzte Strecke zwischen dem KGG und dem MHKW Weißenhorn 38 km bis 56 km. Die weiteste Strecke ergibt sich bei Nutzung der A8 und A7.

Es ist bei diesen Routen mit jeweils ähnlichen Fahrtzeiten von etwa einer Stunde zu rechnen, wenn konservativ ungünstige Verhältnisse, z. B. regelmäßige Staus, angenommen werden. Hinzu gerechnet werden je Transport konservativ insgesamt 0,5 Stunden für die Annahme/Wägung des Abfalls und die Abladung in den Müllbunker.

Für die derzeit geringen im KGG zur Verbrennung anfallenden Mengen wird hier von einer mittleren Masse von 2 Mg je Transport ausgegangen, für die zukünftig evtl. höheren Mengen von einer mittleren Masse von 5 Mg je Transport. Der Transport erfolgt durch verschiedene von KGG beauftragte Unternehmen. Es wird nachfolgend von der Verteilung der Transporte auf drei Fahrer (derzeit) bzw. fünf Fahrer (zukünftig) ausgegangen. Daraus ergeben sich die folgenden Transportzeiten für einen einzelnen Fahrer:

- a) 3,75 Stunden im Jahr (derzeitiges Abfallaufkommen),
- b) 6 Stunden im Jahr (evtl. zukünftiges Abfallaufkommen).

Während des Abladens ist eine Inhalation von Stäuben möglich. Für diese Zeitdauer werden hier 10 Minuten je Transport angesetzt. Die Zeiten mit Inhalation von Stäuben betragen dann:

- a) 0,625 Stunden im Jahr (derzeitiges Abfallaufkommen),
- b) 1 Stunde im Jahr (evtl. zukünftiges Abfallaufkommen).

Die Annahmen hinsichtlich Staubkonzentration und Anreicherung von Radionukliden im freigesetzten Staub werden analog der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) getroffen:

- Staubkonzentration in der Atemluft von 1 mg/m^3 ,
- 10-fach höhere Radionuklidkonzentration im Staub als im freigegebenen Abfall.

Es ist anzumerken, dass diese Annahmen bezüglich einer Staubinhalation für eine Anlieferung der Abfälle in Big Bags insgesamt sehr konservativ sind. Von einer relevanten Staubfreisetzung aus Big Bags könnte erst im Müllbunker ausgegangen werden, wobei aufgrund der nach innen gerichteten Luftströmung der Fahrer oder andere Beschäftigte in der Halle diesem Staub aber nicht ausgesetzt sind.

Als Abklingzeit zwischen Freimessung und Transport wird hier, wie auch in (SSK 2006), von einem Tag ausgegangen. In der Regel verstreicht zwischen Freimessung und Transport aus organisatorischen und technischen Gründen eine deutlich längere Zeit. Für die Radionuklide des Nuklidvektors des KGG hat die vorherige Abklingzeit aber aufgrund deren Halbwertszeit³ wenig Einfluss auf die mögliche Dosis ab dem Abtransport der Abfälle vom KGG.

4.3. Arbeitsabläufe bei der Anlieferung am MHKW Weißenhorn und am Müllbunker bis zur Aufgabe der Abfälle

Eine Strahlenexposition von Beschäftigten des MHKW Weißenhorn ist zunächst bei der Annahme der Abfälle im Eingangsbereich und am Müllbunker bis zur Aufgabe der Abfälle möglich.

Annahmen der Modellierung nach (SSK 2006)

Bei der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) wurde angenommen, dass eine Person über 10 Stunden im Jahr im Eingangsbereich der Exposition durch den freigegebenen Abfall ausgesetzt ist. Dabei soll auch eine Staubinhalation möglich sein, wobei die Staubkonzentration $0,2 \text{ mg/m}^3$ beträgt.

Im Bereich des Müllbunkers sind Beschäftigte auf der Krankanzel lüftungstechnisch vom Abfall getrennt, so dass keine Staubinhalation unterstellt wurde. Es wurde von einer Arbeitszeit von 1.800 Stunden im Jahr ausgegangen. Während dieser Zeit erfolgt die Exposition durch die mittlere Konzentration mit Radionukliden nach Vermischung mit dem weiteren unkontaminierten Abfall.

Hinsichtlich des Abklingens wurde bei der Herleitung der Freigabewerte davon ausgegangen, dass Transport und Anlieferung einen Tag nach Freimessung des Abfalls erfolgen und im Müllbunker ein Abklingen über fünf Tage bis zur Verbrennung stattfindet.

³ Die kürzeste Halbwertszeit der Radionuklide des Nuklidvektors beträgt 249,9 Tage (Silber-110m).

Annahmen standortbezogen auf das MHKW Weißenhorn

Abbildung 4-1 zeigt die Abfertigung eines Antransports von Abfällen im Eingangsbereich des MHKW Weißenhorn. Die Fahrzeuge fahren anschließend über eine Rampe (siehe Abbildung 4-2, oben links) in eine Halle (Blick auf die Zufahrt von innen siehe Abbildung 4-2, oben rechts), in der die Abfälle in den Müllbunker abgekippt werden (siehe Abbildung 4-2, unten links und unten rechts). Abbildung 4-3 zeigt abgekippte Abfälle, die mit dem Greifer innerhalb des Müllbunkers verteilt werden. Die beiden Bilder der Abbildung 4-4 sind in der Lüftungstechnik von den Abfällen getrennten Krankanzel aufgenommen. Das linke Bild zeigt ein Kranbedienungspult, das rechte Bild den Blick in den Müllbunker und auf einen Greifer.



Quelle: eigenes Foto

Abbildung 4-1: Fahrzeug mit Abfällen zur Verbrennung im Eingangsbereich



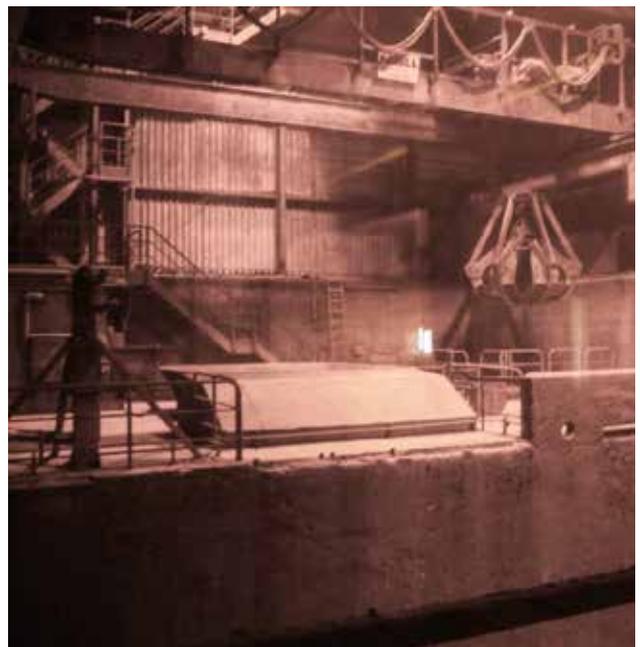
Quelle: eigene Fotos

Abbildung 4-2: Zufahrt und Abkippen von Abfällen in den Müllbunker



Quelle: eigene Fotos

Abbildung 4-3: Aufnahme der Abfälle im Müllbunker



Quelle: eigene Fotos

Abbildung 4-4: Krankanzel mit Steuerpult und Blick auf den Kran

Normalerweise erfolgt die Abfertigung an der Waage bei Ankunft eines Transports von Abfällen am MHKW Weißenhorn durch eine einzelne Person innerhalb von zwei bis drei Minuten. Die Abfertigung erfolgt über das Jahr durch mindestens 20 verschiedene Personen. Bezüglich der Abfertigung im Eingangsbereich des MHKW Weißenhorn gehen wir konservativ von einer Dauer von zehn Minuten je Transport und einer Verteilung auf fünf Beschäftigte aus. Daraus ergeben sich die folgenden Expositionszeiten:

- a) 0,25 Stunden im Jahr im Eingangsbereich (derzeitiges Abfallaufkommen),
- b) 0,67 Stunden im Jahr im Eingangsbereich (evtl. zukünftiges Abfallaufkommen).

Bei einer Anlieferung der Abfälle in Big Bags ist die Annahme einer Staubinhalation im Eingangsbereich des MHKW Weißenhorn sehr konservativ. Die Anlieferung in Big Bags soll zukünftig bei zur Verbrennung freigegebenen Abfällen aus dem KGG verbindlich gemacht werden. Konservativ gehen wir hier hinsichtlich Staubkonzentration und Anreicherung von Radionukliden im freigesetzten Staub von den Annahmen der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) aus:

- Staubkonzentration in der Atemluft von 0,2 mg/m³,
- 10-fach höhere Radionuklidkonzentration im Staub als im freigegebenen Abfall.

Auf der Krankanzel des Müllbunkers sind etwa 20 verschiedene Personen tätig. Wir gehen konservativ davon aus, dass eine einzelne Person dort 400 Stunden im Jahr verbringt. Eine Staubbelastung der Atemluft ist dabei aufgrund der Lüftungstechnischen Trennung der Krankanzel vom Müllbunker nicht zu unterstellen.

Die Abfälle werden am MHKW Weißenhorn üblicherweise über etwa sieben Tage im Müllbunker zur Trocknung gelagert. Bezüglich des Abklingens der Radionuklide gehen wir daher von einem Tag bis zum Eintreffen im Eingangsbereich sowie von einer Dauer der Lagerung im Müllbunker über sieben Tage aus.

4.4. Anfall und Entsorgung der Verbrennungsrückstände einschließlich Transport

In einer Verbrennungsanlage fallen Schlacken aus der Verbrennung an, außerdem verschiedene Stoffe aus der Rauchgasreinigung. Schrott wird so weit als möglich aus den Schlacken separiert. Die Rückstände können einer Verwertung zugeführt werden, beispielsweise Schlacken im Wegebau eingesetzt werden, Schrott dem Schrotthandel zugeführt werden und Gips aus der Rauchgasreinigung zu baulich verwendeten Gipsplatten verarbeitet werden.

Annahmen der Modellierung nach (SSK 2006)

Bei der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) wurden die folgenden Annahmen hinsichtlich der Beseitigung und Verwertung von Verbrennungsrückständen getroffen:

- Verwertung der Schlacke im Straßen- und Wegebau und durch Verwendung auf Parkplätzen mit hohen Aufenthaltszeiten. Es wurde sowohl Beschäftigte während der Verwertungstätigkeit als auch Personen der Bevölkerung bei der späteren Nutzung betrachtet. In der Referenzverbrennungsanlage sollten 60.000 Mg Schlacke im Jahr anfallen.
- Alternativ wurde durch Vergleich mit den Freigabewerten für die Beseitigung auf einer Deponie geprüft, ob eine Beseitigung der Schlacken auf Deponien unter Einhaltung des Dosiskriteriums von 10 µSv im Jahr möglich ist.
- Beseitigung von Stäuben in Sondermülldeponien oder Untertagedeponien.

- Aussonderung magnetischer Metalle aus der Schlacke und Verwertung durch Einschmelzen. Dabei wurde wegen der niedrigen Qualität solcher Metalle ein Verdünnungsfaktor von 5 für das fertige Produkt angesetzt. Es wurde ein beruflicher Umgang mit wiederverwertetem Metall über 2.000 Stunden im Jahr angenommen, der mögliche Szenarien der Exposition von Personen im Schrotthandel und im privaten Bereich abdecken sollte.
- Verwertung von REA-Gips zur Herstellung von Leichtbauwänden im Innenausbau von Häusern. Betrachtet wurden Beschäftigte beim Einbau der Wände (200 Stunden im Jahr) und Personen der Bevölkerung durch den Aufenthalt in den entsprechenden Räumen (8.000 Stunden im Jahr). In der Referenzverbrennungsanlage sollten 240 Mg REA-Gips im Jahr anfallen.

Annahmen standortbezogen auf das MHKW Weißenhorn

Schlacken

Im MHKW Weißenhorn fallen derzeit jährlich etwa 23.000 Mg Schlacken an. Die Schlacken werden an die Umwelt, Entsorgung und Verwertung GmbH (UEV) nach Bad Friedrichshall abgegeben. Sie werden dort im ehemaligen Steinsalzbergwerk Kochendorf als Bergversatz verwertet. Eine Verwertung von Schlacken, beispielsweise im Wegebau, wie sie in (SSK 2006) angenommen wurde, erfolgt demnach nicht und ist auch zukünftig nicht geplant.

In Abbildung 4-5 ist der Beladevorgang eines Fahrzeugs zum Abtransport der Schlacken zu sehen. Die oberen Bilder zeigen das Aufnehmen der Schlacken, das untere Bild das Abladen auf den LKW. Während des Transports ist der Laderaum des LKW nach oben hin abgedeckt.

Wir gehen von einer Beladung eines einzelnen LKW mit etwa 20 Mg Schlacke aus. Die Beladung eines LKW mit Schlacke dauert etwa 20 Minuten. Für das Personal des MHKW Weißenhorn, insgesamt etwa 20 Personen, das die Verladung der Schlacke durchführt, ergibt sich insgesamt eine damit verbundene Arbeitszeit von rund 380 Stunden im Jahr. Konservativ wird angesetzt, dass diese Tätigkeit von fünf Personen durchgeführt wird, eine einzelne Person also 76 Stunden im Jahr die Schlacke verlädt. Als Staubkonzentration in der Kanzel, von der aus die Verladung gesteuert wird, werden $0,1 \text{ mg/m}^3$ angenommen, da eine gewisse – aber nicht vollständige - Lüftungstechnische Trennung gegenüber dem Schlackenbunker besteht.

Der Transportweg vom MHKW Weißenhorn nach Bad Friedrichshall hat eine Länge von etwa 210 km, wobei weitgehend die A7 und A6 genutzt werden können. Konservativ gehen wir hier von einer Fahrtzeit von 4 Stunden für diese Strecke aus. Die Schlacken werden von etwa 10 bis 15 Fahrern transportiert. Für die Dosisabschätzung gehen wir konservativ von 10 Fahrern aus. Ein einzelner Fahrer führt dann jährlich 125 Fahrten mit Schlacken aus, woraus sich eine Fahrtzeit von 460 Stunden im Jahr ergibt. Für die Beladung werden jährlich rund 38 Stunden (20 Minuten je Fuhre) benötigt.

Damit ergeben sich für die Dosisabschätzung die folgenden Parameterwerte, die für das derzeitige und das evtl. zukünftige Aufkommen an aus dem KGG zur Verbrennung freigegeben Abfällen gleich sind:

- Arbeitszeit auf der Kanzel bei der Schlackenverladung von 76 Stunden im Jahr,
- Staubkonzentration in der Atemluft in der Kanzel von $0,1 \text{ mg/m}^3$,
- Arbeitszeit des Fahrers während der LKW-Beladung von 38 Stunden im Jahr bei einer Staubkonzentration in der Atemluft von 1 mg/m^3 ,
- Arbeitszeit des Fahrers beim Transport der Schlacken von 460 Stunden im Jahr.



Quelle: eigene Fotos

Abbildung 4-5: Beladung eines Fahrzeugs zum Abtransport der Schlacke

An der UEV werden die Schlacken den dortigen Schachtfördereinrichtungen zugeführt und auf Bandanlagen untertage zum Einbauort befördert. Radschaufellader nehmen am Ende die Schlacke auf und bringen sie zur zu verfüllenden Kammer. In der Kammer werden schichtweise Schlacken und Bergesalz (nicht verwertbares Salz aus dem Abbau) eingebracht. Eine spezifische Dosisabschätzung für Personal an der UEV wird hier nicht vorgenommen. Insbesondere aufgrund des großen Gesamtdurchsatzes von Abfällen, die bei der UEV zum Bergversatz verwendet werden (deutlich mehr als 100.000 Mg im Jahr), und unter Berücksichtigung der für den Umgang mit der Schlacke und den Transport vorangehend abgeschätzten Dosen liegen keine Anhaltspunkte dafür vor, dass bei einzelnen Beschäftigten an der UEV eine Dosis von mehr als 10 μSv im Jahr auftreten könnte.

Stäube

Die Abgase des MHKW Weißenhorn werden in einer fünfstufigen Abgasreinigungseinrichtung gereinigt. Die Abgasreinigung besteht aus einem CDAS-Reaktor (Conditioned Dry Absorption System) mit Eindüsung von Kalkhydrat, Gewebefilter, MODO-Wäscher (Wäsche mit Natronlauge), Aktivkoks-Festbettfilter und SCR (Selective Catalytic Reduction)-Katalysator. Abbildung 4-6 zeigt einen Blick auf einen Teil der Rauchgasreinigung.



Quelle: eigenes Foto

Abbildung 4-6: Teil der Rauchgasreinigung

Im MHKW Weißenhorn fallen durch die Rauchgasreinigung derzeit jährlich etwa 3.800 Mg Gewebefilterstäube, Gipse, Salze etc. an, die gemeinsam in Silos gelagert werden. Sie werden mit Silofahrzeugen an die UEV zum Bergversatz im ehemaligen Steinsalzbergwerk Kochendorf abgegeben.

In Abbildung 4-7 ist der Beladevorgang eines Silo-Fahrzeugs zu sehen. Die Stäube werden dabei aus dem Silo über einen Schlauch in das unter dem Silo stehende Fahrzeug geführt. Eine relevante Staubinhalation durch den Fahrer bei der Be- und Entladung ist durch die Art der Befüllung nicht zu unterstellen. Der Vorgang der Füllung eines Fahrzeugs dauert etwa 1,5 Stunden.

Wir gehen von einer Beladung eines einzelnen LKW mit etwa 20 Mg Stäuben aus. Für den Transport vom MHKW Weißenhorn nach Bad Friedrichshall wird konservativ eine Fahrtzeit von 4 Stunden angesetzt (vgl. die Ausführungen zum Transport der Schlacken). Die Stäube werden von etwa 10 bis 15 Fahrern transportiert. Für die Dosisabschätzung gehen wir konservativ von 10 Fahrern aus. Ein einzelner Fahrer führt dann 19 Fahrten mit Stäuben aus, woraus sich eine Fahrtzeit von rund 80 Stunden im Jahr ergibt. Für die Beladung werden rund 30 Stunden (1,5 Stunden je Fuhre) benötigt.

Damit ergeben sich für die Dosisabschätzung die folgenden Parameterwerte, die für das derzeitige und das evtl. zukünftige Aufkommen an aus dem KGG zur Verbrennung freigegebenen Abfällen gleich sind:

- Arbeitszeit des Fahrers während der LKW-Beladung von 30 Stunden im Jahr,
- Arbeitszeit des Fahrers beim Transport der Stäube von 80 Stunden im Jahr.

Die Entladung bei der UEV erfolgt über Schläuche zur Speicherung in Silos. Mit den Stäuben werden geeignete Mischungen hergestellt, die in Big Bags gefüllt werden. Die Big Bags werden mittels Gabelstapler zum Schacht befördert, untertage auf LKW geladen und zur zu verfüllenden Kammer gefahren. Sie werden in den Kammern gestapelt, wobei die verbleibenden Hohlräume mit Bergesalz verblasen werden. Eine spezifische Dosisabschätzung für Personal an der UEV wird hier nicht vorgenommen. Insbesondere aufgrund des großen Gesamtdurchsatzes von Abfällen, die bei der UEV zum Bergversatz verwendet werden (deutlich mehr als 100.000 Mg im Jahr), und unter Berücksichtigung der für den Umgang mit den Stäuben und den Transport vorangehend abgeschätzten Dosen liegen keine Anhaltspunkte dafür vor, dass bei einzelnen Beschäftigten an der UEV eine Dosis von mehr als 10 μ Sv im Jahr auftreten könnte.



Quelle: eigenes Foto

Abbildung 4-7: Befüllung eines LKW zum Abtransport von Stäuben

Schrott

Die Schlacken des MHKW Weißenhorn wird über eine Schüttelrinne gefördert, wobei die feine Fraktion in den Schlackenbunker gelangt und zuvor mit einem Magnetband Schrott abgetrennt wird. Die grobe Fraktion besteht weitestgehend aus Metallen und wird unmittelbar dem Schrott zugeordnet. Jährlich werden derzeit etwa 3.300 Mg Schrott aus den Schlacken abgetrennt.

Abbildung 4-8 zeigt das Ende des Förderbandes am Schlackenbunker.



Quelle: eigenes Foto

Abbildung 4-8: Schlackenförderung zum Schlackenbunker

Die Schrottfraction wird an einen lokalen Schrotthändler abgegeben. Die Abschätzung der Dosis erfolgt hier mit den gleichen Annahmen und Parameterwerten wie bei der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006):

- Vermischung mit anderem Schrott bis zum fertigen Produkt im Verhältnis 1:5,
- beruflicher Umgang mit einem 200 kg wiegenden metallischen Produkt in 1 m Abstand über 2.000 Stunden im Jahr,
- Abklingzeit von 30 Tagen vor dem Beginn des beruflichen Umgangs.

REA-Gips

Eine Verwertung von REA-Gips des MHKW Weißenhorn erfolgt nicht, sondern REA-Gips wird gemeinsam mit den anderen Stäuben der Rauchgasreinigung in Silos gelagert und mit Silofahrzeugen an die UEV zum Bergversatz abgegeben. Eine Verwertung von REA-Gips ist auch zukünftig nicht geplant.

4.5. Ausbreitung von Radionukliden mit der Fortluft der Verbrennungsanlage

Radionuklide können bei der Verbrennung über den Kamin in die Umgebungsluft freigesetzt werden. Sie können am Boden abgelagert werden, dadurch auch zur Kontamination von Lebensmitteln führen, sowie inhaliert werden. Auf diese Weise ist eine Dosis von Personen der Bevölkerung möglich.

In Kapitel 4.5.1 wird auf die Ausbreitungsbedingungen (Kaminhöhe, Windrichtung etc.) eingegangen. Die Bedingungen hinsichtlich der Strahlenexposition von Personen in der Umgebung der Verbrennungsanlage werden in Kapitel 4.5.2 (Dosis durch am Boden abgelagerte Gamma-Strahler), in Kapitel 4.5.3 (Dosis durch die Inhalation von Radionukliden) und in Kapitel 4.5.4 (Dosis durch den Verzehr kontaminierter Nahrungsmittel) untersucht.

4.5.1. Ausbreitungsbedingungen

Annahmen der Modellierung nach (SSK 2006)

Bei der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) wurde hinsichtlich der Referenzverbrennungsanlage von folgenden wichtigen Randbedingungen ausgegangen:

- Als Freisetzungshöhe wurde pessimistisch ein Wert von 50 m einschließlich thermischer Überhöhung angenommen. Je niedriger die Freisetzungshöhe ist, umso höher wird die maximale Konzentration der Radionuklide in der bodennahen Luft.
- Als Ausbreitungsfaktor (Faktor zur Beschreibung der Konzentration in der bodennahen Luft) wurde der Wert $2,1E-06$ s/m³ für eine Häufigkeit der Windrichtung von 30% im häufigsten 30°-Sektor angesetzt. Die maximale Konzentration in der bodennahen Luft tritt dann in etwa 300 m Entfernung von der Emissionsquelle auf.
- Für die Ermittlung der Ablagerung von Radionukliden auf dem Boden und Pflanzenoberflächen wurde eine Ablagerungsgeschwindigkeit von 1,5 mm/s angenommen.

Annahmen standortbezogen auf das MHKW Weißenhorn

Das MHKW Weißenhorn verfügt über zwei Fortluftkamine einer Höhe von 75 m (siehe Abbildung 4-9). Der Wärmestrom des Abgases des MHKW Weißenhorn beträgt etwa 1,6 MW, die Austrittsgeschwindigkeit des Abgases an der Schornsteinmündung etwa 8,8 m/s. Die thermische Überhöhung und die impulsbedingte Überhöhung der Fortluftfahne werden hier aber konservativ vernachlässigt. Der geplante Einbau eines Wärmetauschers vor dem Kamin, durch den die Abgastemperatur um etwa 10 °C gesenkt wird, ist damit abgedeckt.



Quelle: eigenes Foto

Abbildung 4-9: MHKW Weißenhorn

Meteorologische Daten des Standorts MHKW Weißenhorn können von der rund 20 km westlich von Weißenhorn gelegenen Station Laupheim übernommen werden. Demnach überwiegen Winde aus südwestlicher Richtung mit etwa 24% des Jahres aus Richtung des 30°-Sektors 240° und mit etwa 18% des Jahres aus Richtung des 30°-Sektors 210°. Ähnliche Verhältnisse zeigen die meteorologischen Messdaten der rund 18 km nördlich von Weißenhorn gelegenen Station Leipheim und der rund 35 km südlich von Weißenhorn gelegenen Station Memmingen. Als sekundäres Richtungsmaximum mit einer Häufigkeit von etwa 15% des Jahres treten an der Station Laupheim Winde aus nordöstlicher Richtung auf.

Die häufigste Windgeschwindigkeit liegt mit 31,3% im Intervall 2,4 m/s bis 3,8 m/s, die mittlere Windgeschwindigkeit (Jahresmittelwert) beträgt an der Station Laupheim 3,1 m/s, an der Station Leipheim 2,8 m/s und an der Station Memmingen 3,3 m/s.

Zur Berücksichtigung der Luftturbulenz, die zu einer mehr oder weniger starken entfernungsabhängigen Vermischung von emittierten Radionukliden mit der Umgebungsluft führt, ist eine Unter-

scheidung von Ausbreitungsklassen üblich. Die häufigste Ausbreitungsklasse an der Station Laupheim ist mit 34,0% die Ausbreitungsklasse III/1 (neutrale Schichtung) nach TA Luft, entsprechend der Ausbreitungsklasse D (mittlere Luftturbulenz) nach Pasquill.

Im Jahresmittel fallen in Laupheim 830 mm Niederschlag⁴.

Die Höhe des Langzeitausbreitungsfaktors⁵ kann mit dem Diagramm zur vereinfachten Ermittlung des Langzeitausbreitungsfaktors nach Anhang 8 von (BMU 2012) abgeschätzt werden. Für eine Windrichtungshäufigkeit von 25% im häufigsten 30°-Sektor ergeben sich für die im Diagramm des Anhangs 8 von (BMU 2012) dargestellten Freisetzungshöhen 50 m und 100 m die folgenden Werte:

- ein maximaler Langzeitausbreitungsfaktor von $1,8E-06$ s/m³ in 230 m Entfernung für eine Freisetzungshöhe von 50 m,
- ein maximaler Langzeitausbreitungsfaktor von $2,5E-07$ s/m³ in 630 m Entfernung für eine Freisetzungshöhe von 100 m.

Für die weiteren Untersuchungen wird konservativ für den Langzeitausbreitungsfaktor der Wert $1,2E-06$ s/m³ zugrunde gelegt. Die maximale Konzentration von Radionukliden in der bodennahen Luft ist in etwa 400 m bis 500 m Entfernung zu erwarten. Bei der Berechnung von Konzentrationen von Radionukliden in Lebensmitteln ist teilweise der Langzeitausbreitungsfaktor für das Sommerhalbjahr maßgeblich. Für diese Fälle wird entsprechend (BMU 2012) der doppelte Wert des Langzeitausbreitungsfaktors des Gesamtjahres verwendet.

Die nächstgelegene geschlossene Wohnbebauung befindet sich in Weißenhorn, etwa 1.500 m in Hauptwindrichtung entfernt. Für diese Entfernung ist, ausgehend von den vorangehenden Überlegungen, von einem Langzeitausbreitungsfaktor von ca. $2,5E-07$ s/m³ auszugehen.

Die in der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) verwendete Ablagerungsgeschwindigkeit⁶ für Fallout von 1,5 mm/s entspricht dem Wert für Schwebstoffe nach (BMU 2012) und wird auch hier verwendet, da die Radionuklide des Nuklidvektors für das KGG schwebstoffgebunden vorliegen.

Die Ablagerung durch Washout wird mit der Formel (4.17) zur vereinfachten Berechnung des Langzeitwashoutfaktors⁷ nach (BMU 2012) abgeschätzt. Daraus ergeben sich entfernungsabhängige Langzeitwashoutfaktoren für das Gesamtjahr von $1,7E-08$ 1/m² (200 m Entfernung), $1,1E-08$ 1/m² (300 m Entfernung), $8,5E-09$ 1/m² (400 m Entfernung), $6,8E-09$ 1/m² (500 m Entfernung) und $2,3E-09$ 1/m² (1.500 m Entfernung). Für das Sommerhalbjahr werden Langzeitwashoutfaktoren in doppelter Höhe angesetzt.

⁴ <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/baden-wuerttemberg/laupheim-9991/>

⁵ Der (ortsabhängige) Ausbreitungsfaktor ist ein Maß für die Vermischung der abgeleiteten Stoffe mit der Umgebungsluft am jeweiligen Ort. Der Langzeitausbreitungsfaktor stellt den mittleren Ausbreitungsfaktor über ein Jahr an einem Ort dar.

⁶ Die Ablagerungsgeschwindigkeit ist das Verhältnis der Konzentration eines Stoffs in der bodennahen Luft zu seiner flächenbezogenen Konzentration durch Ablagerung am Boden.

⁷ Der (ortsabhängige) Langzeitwashoutfaktor beschreibt die durch nasse Deposition verursachte flächenbezogene Konzentration am Boden pro emittierte Stoffmenge.

4.5.2. Annahmen hinsichtlich der Exposition durch Gammastrahlung am Boden abgelagerter Radionuklide

Die Dosis durch Gammastrahlung am Boden abgelagerter Radionuklide (sogenannte Gamma-Bodenstrahlung) wird abhängig von der Altersgruppe der betrachteten Referenzpersonen anhand der entsprechenden Dosisleistungskoeffizienten⁸ aus (BMU 2001) ermittelt. Die Dosis ist maßgeblich davon beeinflusst, über welchen Zeitraum ein Aufenthalt im Freien in der Nähe der Emissionsquelle angenommen wird.

Annahmen der Modellierung nach (SSK 2006)

Angenommen wurde (SSK 2006) ein Aufenthalt im Freien über 1.000 Stunden im Jahr am Ort mit der höchsten Bodenkontamination in der Umgebung in 300 m Entfernung von der Emissionsquelle. Dabei wurde angenommen, dass die Referenzverbrennungsanlage über 50 Jahre jährlich 100 Mg freigegebener Abfälle verbrennt, langlebige Radionuklide sich also über 50 Jahre in der Umgebung anreichern können. Die ermittelte Dosis bezieht sich dann auf das Jahr der höchsten Exposition.

Annahmen standortbezogen auf das MHKW Weißenhorn

Abbildung 4-10 zeigt Blicke von der MHKW Weißenhorn in die Umgebung, im oberen Bereich in östlicher Richtung über das Gewerbe- und Industriegebiet hinweg, in dem die Anlage gelegen ist. Das untere Bild zeigt die Lage einer benachbarten landwirtschaftlich genutzten Fläche in südwestlicher Richtung.

Aufgrund der Nutzungsarten des umgebenden Geländes wird hier von einem Aufenthalt im Freien über 1.000 Stunden im Jahr in 200 m Entfernung von der Emissionsquelle ausgegangen. Zusätzlich wird der Aufenthalt in Gebäuden über 1.000 Stunden im Jahr angenommen, wobei für den Aufenthalt in Gebäuden ein Reduktionsfaktor der Dosisleistung nach Anlage 11 Teil B Tabelle 3 StrlSchV von 0,3 angesetzt wird.

Ebenfalls betrachtet wird eine Person im nächstgelegenen Wohngebiet in Weißenhorn. Für diese wird entsprechend Anlage 11 Teil B Tabelle 3 StrlSchV ein Aufenthalt in Gebäuden über 7.000 Stunden im Jahr und im Freien über die verbleibenden Stunden eines Jahres, also 1.760 Stunden im Jahr, angenommen.

Hinsichtlich der Anreicherung langlebiger Radionuklide wird bezüglich der derzeitigen Masse freigegebener Abfälle von 15 Mg im Jahr angenommen, dass die Verbrennung in diesem Umfang über 20 Jahre erfolgt. Ebenfalls für den zukünftig gegebenenfalls auf jährlich 100 Mg freigegebener Abfälle erhöhten Durchsatz wird von einer Dauer der Verbrennung in diesem Umfang über 20 Jahre ausgegangen. Die höchste Dosis ergibt sich dann im zwanzigsten Jahr, da die Anreicherung von im Nuklidvektor enthaltenen Cäsium-137 (Halbwertszeit 30,2 Jahre) am Ende des betrachteten Zeitraums ihr Maximum erreicht.

⁸ Nuklidspezifische Dosisleistungskoeffizienten geben die Dosisleistung (Sv/s) bezogen auf die Bodenkontamination (Bq/m²) an.



Quelle: eigene Fotos

Abbildung 4-10: Blick in die Umgebung des MHKW Weißenhorn

4.5.3. Annahmen hinsichtlich der Exposition durch Inhalation von Radionukliden

Die Dosis durch Inhalation wird abhängig von der Altersgruppe der betrachteten Referenzpersonen anhand der entsprechenden Atemraten nach Anlage 11 Teil B Tabelle 2 StrlSchV und der Dosiskoeffizienten⁹ aus (BMU 2001) ermittelt. Die Dosis ist maßgeblich davon beeinflusst, über welchen Zeitraum ein Aufenthalt im Freien in der Nähe der Emissionsquelle angenommen wird.

Annahmen der Modellierung nach (SSK 2006)

Angenommen wurde in (SSK 2006) ein Aufenthalt im Freien über 8.760 Stunden im Jahr, also ganzjährig, am Ort mit der höchsten Radionuklidkonzentration in der bodennahen Luft in 300 m Entfernung von der Emissionsquelle.

Annahmen standortbezogen auf das MHKW Weißenhorn

Aufgrund der Nutzungsarten des umgebenden Geländes wird hier von einem Aufenthalt im Freien über 1.000 Stunden im Jahr im Bereich der höchsten Radionuklidkonzentration in der bodennahen Luft ausgegangen. Zusätzlich wird der Aufenthalt in Gebäuden über 1.000 Stunden im Jahr angenommen, wobei für den Aufenthalt in Gebäuden entsprechend Anlage 11 Teil B Tabelle 3 StrlSchV kein Reduktionsfaktor angesetzt wird. Im Ergebnis entspricht dies dann einem Aufenthalt im Freien über 2.000 Stunden im Jahr.

Ebenfalls betrachtet wird eine Person im nächstgelegenen Wohngebiet in Weißenhorn. Für diese werden entsprechend Anlage 11 Teil B Tabelle 3 StrlSchV ein Aufenthalt in Gebäuden über 7.000 Stunden im Jahr und ein Aufenthalt im Freien über die verbleibenden 1.760 Stunden des Jahres angenommen. Auch hier ist kein Reduktionsfaktor für den Aufenthalt in Gebäuden anzusetzen, so dass das Ergebnis einem ganzjährigen Aufenthalt im Freien gleich kommt.

4.5.4. Annahmen hinsichtlich der Exposition durch Verzehr kontaminierter Nahrungsmittel

Die Dosis durch Ingestion wird abhängig von der Altersgruppe der betrachteten Referenzpersonen anhand der entsprechenden Verzehrswerten nach Anlage 11 Teil B Tabelle 1 StrlSchV und der Dosiskoeffizienten aus (BMU 2001) ermittelt. Bei den Verzehrswerten sind in Zusammenhang mit der Freigabe gemäß Anlage 8 Teil A Nr. 2 StrlSchV die Spalten 1 bis 7 der Anlage 11 Teil B Tabelle 1 StrlSchV zu berücksichtigen (Mittelwerte der Verzehrswerten in Deutschland).

Annahmen der Modellierung nach (SSK 2006)

Es wurde bei der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) der ausschließliche Verzehr von am Ort der höchsten Bodenkontamination produzierten Lebensmitteln angenommen. Es wurden die Lebensmittelgruppen berücksichtigt, die durch Ablagerung radioaktiver Stoffe bei deren Ableitung in die Umgebungsluft relevant sind:

- Blattgemüse und sonstige Pflanzen und pflanzliche Produkte,
- über Weidegras und Lagerfutter kontaminiertes Fleisch von Schlachtvieh,
- über Weidegras und Lagerfutter kontaminierte Milch von Milchvieh.

Als Verzehrswerte wurden für die zu berücksichtigenden sechs Altersgruppen die Mittelwerte der Verzehrswerte in Deutschland angesetzt.

⁹ Nuklidspezifische Dosiskoeffizienten geben die Dosis (Sv) bezogen auf die in den Körper aufgenommene Aktivität (Bq) an. Zu unterscheiden sind Dosiskoeffizienten für Inhalation (Aufnahme über die Atemwege) und Ingestion (Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt).

Annahmen standortbezogen auf das MHKW Weißenhorn

Es werden hier hinsichtlich des Verzehrs kontaminierter Nahrungsmittel durch Personen der Bevölkerung drei Fälle unterschieden:

- a) Die Person verzehrt keine Lebensmittel aus eigenem Garten oder von einer dem MHKW Weißenhorn benachbarten landwirtschaftlichen Fläche.
- b) Die Person verzehrt ausschließlich Lebensmittel aus ihrem eigenen Garten in 1.500 m Entfernung in Hauptwindrichtung, also in Weißenhorn. Hierbei wird nicht von der Haltung von Schlacht- und Milchvieh und einem Anbau von Getreide im eigenen Garten ausgegangen. Fleisch, Milch und Getreide sowie die entsprechenden Verarbeitungsprodukte werden dementsprechend aus anderen überregionalen Quellen bezogen.
- c) Die Person verzehrt ausschließlich Lebensmittel, die auf einer dem MHKW Weißenhorn benachbarten landwirtschaftlichen Fläche (Abstand 200 m von der Emissionsquelle) erzeugt wurden. Diese Fläche ist nicht in Hauptwindrichtung gelegen, sondern im sekundären Richtungsmaximum (Häufigkeit 15% des Jahres), was entsprechend bei der Kontaminationsermittlung berücksichtigt wird.

In den Fällen b) und c) wird unterstellt, dass die exponierte Person ausschließlich Lebensmittel von den genannten Flächen im Umfang des Mittelwerts der Verzehrswerten der Anlage 11 Teil B Tabelle 1 StrlSchV konsumiert.

4.6. Dosen für die einzelnen Expositionsszenarien

Die mit den in den Kapiteln 4.1 bis 4.5 dargelegten Annahmen und Parameterwerten ermittelten Dosen sind im Folgenden in Kapitel 4.6.1 für Beschäftigte und in Kapitel 4.6.2 für Personen der allgemeinen Bevölkerung angegeben.

4.6.1. Dosen Beschäftigter

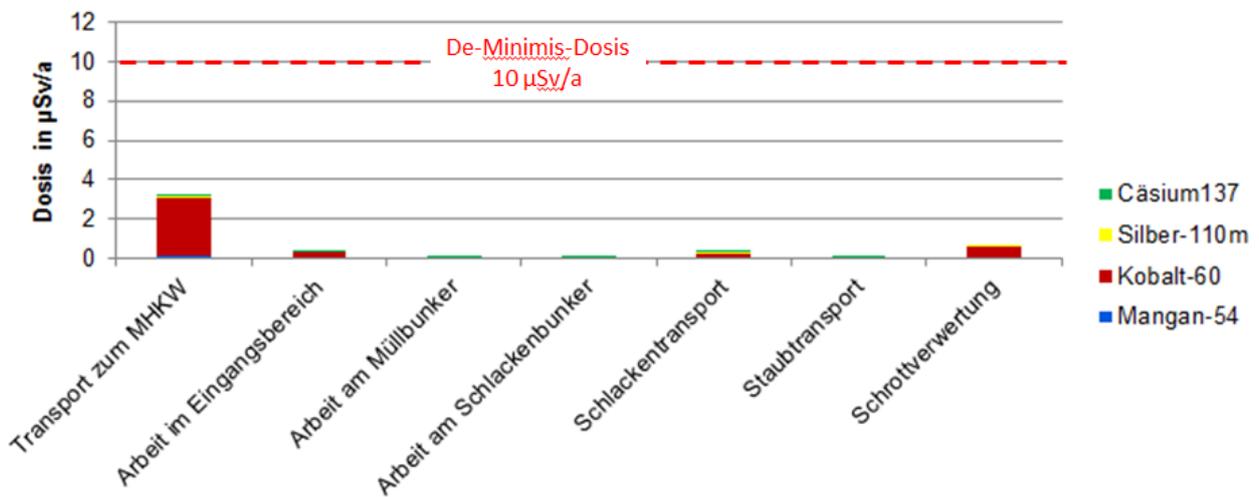
Die ermittelten Dosen Beschäftigter sind in Tabelle 4-1 bezogen auf den derzeitigen Umgang der Verbrennung freigegebener Abfälle des KGG (15 Mg im Jahr) sowie bezogen auf den zukünftig möglichen Umfang (100 Mg im Jahr) angegeben. Ebenfalls angegeben ist jeweils die prozentuale Aufteilung der Dosis auf die einzelnen Radionuklide des Nuklidvektors. In den Abbildungen 4-11 (15 Mg im Jahr) und 4-12 (100 Mg im Jahr) sind die entsprechenden Dosen grafisch dargestellt.

Die höchste ermittelte Dosis ergibt sich mit 3,3 μSv im Jahr (Anlieferung von 15 Mg Abfall im Jahr) bzw. 5,2 μSv im Jahr (Anlieferung von 100 Mg Abfall im Jahr) für den Transport der Abfälle zum MHKW Weißenhorn. In diesem Expositionsszenario hat noch keine Vermischung mit anderen Abfällen stattgefunden und es wurde angenommen, dass die Transporte durch einen relativ beschränkten Personenkreis durchgeführt werden. Für den Staubtransport ergibt sich mit 0,058 μSv im Jahr (Anlieferung von 15 Mg Abfall im Jahr) bzw. 0,18 μSv im Jahr (Anlieferung von 100 Mg Abfall im Jahr) die geringste Dosis. Die Ursache ist vor allem in der stattfindenden Vermischung sowie im relativ geringen Übergang des harten Gamma-Strahlers Kobalt-60 in die Staubfraktion zu sehen.

Sämtliche für Beschäftigte ermittelten Dosen sind kleiner als das Dosiskriterium der StrlSchV für die Freigabe in Höhe von 10 μSv im Jahr.

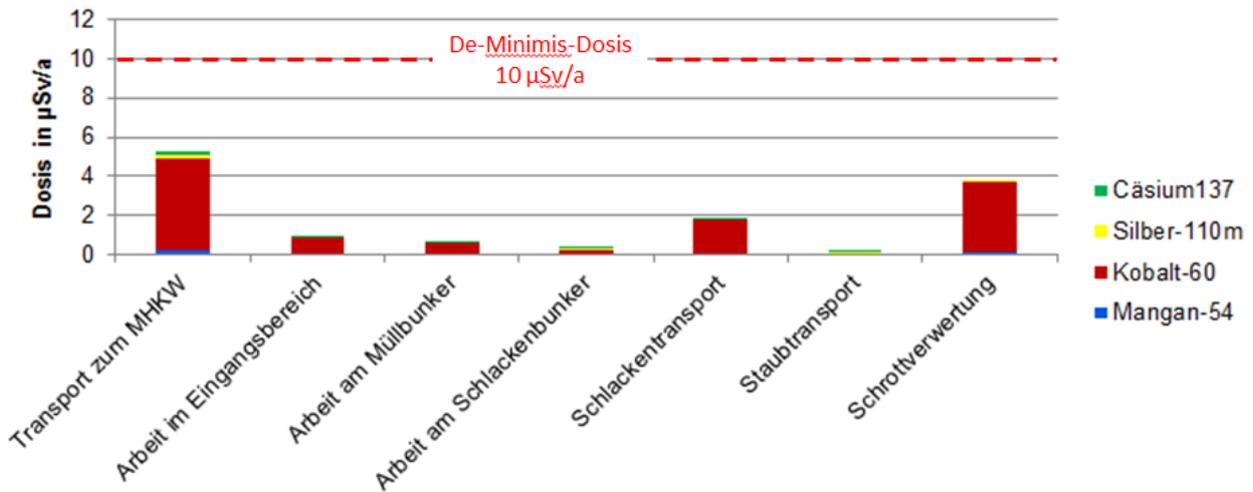
Tabelle 4-1: Ermittelte Dosis für Beschäftigte

Szenario	prozentuale Aufteilung				Gesamtdosis (µSv/a)	
	Mangan-54	Kobalt-60	Silber-110m	Cäsium-137	15 Mg/a	100 Mg/a
Abfalltransport zum MHKW	3,7%	89,9%	3,1%	3,3%	3,3	5,2
Eingangsbereich MHKW	3,7%	89,9%	3,1%	3,3%	0,33	0,88
Arbeit am Müllbunker	3,5%	90,5%	2,9%	3,0%	0,089	0,60
Arbeit am Schlackenbunker	3,7%	90,0%	3,0%	3,3%	0,043	0,29
Schlackentransport	3,7%	90,0%	3,0%	3,3%	0,28	1,9
Staubtransport	0,2%	58,7%	19,7%	21,4%	0,058	0,18
Verwertung von Schrott	3,0%	97,0%	0,02%	0,00%	0,56	3,7



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 4-11: Dosis Beschäftigter bei der Verbrennung von 15 Mg/a



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 4-12: Dosis Beschäftigter bei der Verbrennung von 100 Mg/a

Eine Verwertung von Schlacken oder REA-Gips des MHKW Weißenhorn findet derzeit nicht statt und ist nicht geplant. Bei der Herleitung der Freigabewerte gemäß (SSK 2006) wurde dagegen eine Verwertung von Schlacken im Wegebau sowie von REA-Gips in Wohnräumen unterstellt. Um zu überprüfen, inwieweit eine Überschreitung des Dosiskriteriums von 10 µSv im Jahr möglich wäre, wenn solche Verwertungen zukünftig erfolgen sollten, wurden hier auch für diese Szenarien Dosen Beschäftigter ermittelt. Die Expositionsbedingungen bei der Verwertung wurden dabei entsprechend (SSK 2006) angesetzt. Es ergeben sich für Beschäftigte Dosen von 2,8 µSv im Jahr für die Schlackenverwertung und von 0,0047 µSv im Jahr für die REA-Gips-Verwertung, in beiden Fällen bezogen auf den ungünstigen Fall der Verbrennung von jährlich 100 Mg freigegebenen Abfall aus dem KGG. Das Dosiskriterium bliebe also auch dann eingehalten, wenn solche Verwertungen zukünftig erfolgen würden.

4.6.2. Dosen von Personen der allgemeinen Bevölkerung

Die für Personen der allgemeinen Bevölkerung ermittelten Dosen sind in Tabelle 4-2 bezogen auf den derzeitigen Umgang der Verbrennung freigegebener Abfälle des KGG (15 Mg im Jahr) sowie bezogen auf den zukünftig möglichen Umfang (100 Mg im Jahr) angegeben. Ebenfalls angegeben ist jeweils die prozentuale Aufteilung der Dosis auf die einzelnen Radionuklide des Nuklidvektors.

Tabelle 4-2: Dosis von Personen der allgemeinen Bevölkerung

Szenario	prozentuale Aufteilung				Gesamtdosis (µSv/a)	
	Mangan-54	Kobalt-60	Silber-110m	Cäsium-137	15 Mg/a	100 Mg/a
Aufenthalt im Gewerbe- und Industriegebiet						
Gamma-Bodenstrahlung	0,1%	8,4%	4,4%	87,2%	0,000055	0,00037
Inhalation	0,03%	4,0%	5,6%	90,4%	0,0000023	0,0000016
Gesamtdosis	0,1%	8,4%	4,4%	87,2%	0,000055	0,00037
Aufenthalt im Wohngebiet (Weißenhorn)						
Gamma-Bodenstrahlung	0,1%	8,4%	4,4%	87,2%	0,000023	0,00016
Inhalation	0,03%	4,0%	5,6%	90,4%	0,00000021	0,0000014
Verzehr von Produkten aus eigenem Garten	0,1%	7,0%	9,5%	83,4%	0,000011	0,000072
Verzehr von am MHKW erzeugten landwirtschaftlichen Produkten	0,02%	2,0%	20,5%	77,5%	0,00028	0,0018
Gesamtdosis ohne Verzehr von lokal erzeugten Produkten	0,1%	8,3%	4,4%	87,2%	0,000023	0,00016
Gesamtdosis mit Verzehr von Produkten aus eigenem Garten	0,1%	7,9%	6,0%	86,0%	0,000034	0,00023
Gesamtdosis mit Verzehr von am MHKW erzeugten landwirtschaftlichen Produkten	0,02%	2,5%	19,2%	78,2%	0,00030	0,0020

Die höchste Dosis für eine Person der allgemeinen Bevölkerung ergibt sich mit 0,0003 µSv im Jahr (Anlieferung von 15 Mg Abfall im Jahr) bzw. 0,002 µSv im Jahr (Anlieferung von 100 Mg Abfall im Jahr) für eine Person, die im nächstgelegenen Wohngebiet lebt und ihren Nahrungsmittelbedarf vollständig durch Produkte deckt, die von landwirtschaftlichen Flächen unmittelbar neben dem HMKW Weißenhorn stammen. Der Aufenthalt im Gewerbe- und Industriegebiet am HMKW Weißenhorn führt nur zu 0,000055 µSv im Jahr (Anlieferung von 15 Mg Abfall im Jahr) bzw. 0,00037 µSv im Jahr (Anlieferung von 100 Mg Abfall im Jahr), selbst wenn sich die betreffende Person am Ort mit der höchsten Dosis in der Umgebung aufhält.

Sämtliche für Personen der allgemeinen Bevölkerung ermittelten Dosen liegen mindestens einen Faktor 5.000 unterhalb des Dosiskriteriums der StrlSchV für die Freigabe in Höhe von 10 μSv im Jahr.

Wie bereits in Kapitel 4.6.1 im Hinblick auf Beschäftigte ausgeführt, wurde hier auch im Hinblick auf Personen der allgemeinen Bevölkerung überprüft, inwieweit eine Überschreitung des Dosiskriteriums von 10 μSv im Jahr möglich wäre, wenn zukünftig Verwertungen von Schlacken oder REA-Gips erfolgen sollten. Mit den Expositionsbedingungen entsprechend (SSK 2006) ergeben sich Dosen von 6,0 μSv im Jahr für die Schlackenverwertung und von 0,16 μSv im Jahr für die REA-Gips-Verwertung, in beiden Fällen bezogen auf den ungünstigen Fall der Verbrennung von jährlich 100 Mg freigegebenen Abfall aus dem KGG. Das Dosiskriterium bliebe also auch dann eingehalten, wenn solche Verwertungen zukünftig erfolgen würden. Die Dosen der von diesen Verwertungen betroffenen Personen wären aber deutlich höher als die bisher maximal möglichen Dosen.

5. Darstellung und Bewertung der Ergebnisse radiologischer Messungen vom 09.05.2019

Im Rahmen der Verbrennung freigegebener Abfälle des KGG am 09.05.2019 wurden verschiedene Proben genommen und auf ihren Nuklidgehalt untersucht. Dabei handelte es sich um

- Proben von Schlacke, Filterstäuben und Abluft, die im MHKW Weißenhorn entnommen wurden (siehe Kapitel 5.1),
- Proben von Luft und Regenwasser aus der Umgebung (siehe Kapitel 5.2).

5.1. Proben von Schlacken, Filterstäuben und Abluft am MHKW Weißenhorn

Nach der Anlieferung freigegebener Abfälle des KGG am 09.05.2019 wurden am MHKW Weißenhorn Proben von Schlacken, Flugasche und Abluft genommen, die am Zentralen Radionuklidlaboratorium Umwelt-Radio-Aktivität-Laboratorium der Universität Regensburg auf künstliche Radionuklide hin untersucht wurden. Der Zeitpunkt der Probenahme war so gewählt worden, dass er mit der Verbrennung des KGG-Abfalls korrelierte. Zu diesem Zweck war für diesen Abfall auf die sonst übliche siebentägige Lagerung im Müllbunker verzichtet worden. Über die Ergebnisse liegt der Entwurf eines Prüfberichts vom 16.05.2019 (Uni Regensburg 2019) sowie die abschließende Bewertung des LfU vom 04.07.2019 (LfU 2019) vor.

Die Probenahme umfasste:

- 1.065 g Schlacke,
- 390 g Flugasche und
- zwei jeweils mit ca. 0,8 m³ Abluft beaufschlagte Aerosolfilterproben.

Die Proben wurden zwischen dem 13.05.2019 und 17.05.2019 gammaspektrometrisch auf künstliche Radionuklide hin untersucht. Ausgewertet wurde das Gammaspektrum hinsichtlich der Gammalinien der Radionuklide Beryllium-7, Kalium-40, Chrom-51, Mangan-54, Eisen-59, Kobalt-58, Kobalt-60, Zink-65, Niob-95, Zirkonium-95, Ruthenium-103, Ruthenium-106, Silber-108m, Silber-110m, Antimon-124, Antimon-125, Iod-131, Barium-133, Barium-140, Cäsium-134, Cäsium-137, Lanthan-140, Cer-141, Cer-144, Europium-154, Europium-155, Radium-226 (über Blei-214 und Bismut-214), Radium-228 (über Actinium-228), Thorium-228 (über Blei-212 und Thallium-208), Uran-235 sowie Uran-238 (über Protactinium-234m).

Ergebnisse der gammaspektrometrischen Untersuchung

In Tabelle 5-1 sind die Messergebnisse für diejenigen Radionuklide zusammengestellt, bei denen die Nachweisgrenze des Messverfahrens überschritten wurde. Angegeben ist der „beste Schätzwert“ im Sinne der ISO 11929 sowie dessen Unsicherheit¹⁰. Bei den Aerosolfilterproben wurde für keines der Radionuklide die Nachweisgrenze überschritten.

¹⁰ Die Messwerte einschließlich Unsicherheit können wie folgt gelesen werden: bester Schätzwert ± Unsicherheit, für Mangan-54 in Schlacke also z. B. 0,0006 ± 0,0001 Bq/g.

Tabelle 5-1: Beste Schätzwerte der Aktivitätskonzentration der in Schlacke und Flugasche nachgewiesenen Radionuklide

Radionuklid	Schlacke		Flugasche	
	bester Schätzwert (Bq/g FM)	Unsicherheit (Bq/g FM)	bester Schätzwert (Bq/g FM)	Unsicherheit (Bq/g FM)
Beryllium-7	0,011	0,001	0,014	0,002
Kalium-40	0,23	0,01	1,10	0,06
Mangan-54	0,0006	0,0001	0,0012	0,0002
Kobalt-60	0,0009	0,0001	0,0020	0,0003
Iod-131	0,0002	0,0001	0,0023	0,0003
Cäsium-137	0,0081	0,0005	0,092	0,005
Radium-226	0,010	0,001	0,007	0,001
Radium-228	0,013	0,001	0,005	0,001
Thorium-228	0,013	0,001	0,006	0,001
Uran-235	0,0010	0,0003	< Nachweisgrenze	-
Uran-238	0,014	0,004	0,03	0,02

FM = Feuchtmasse

Bewertung

Zur Herkunft der in Tabelle 5-1 aufgeführten Radionuklide lässt sich feststellen:

- Beryllium-7 (Halbwertszeit 53,22 Tage) ist ein natürlich vorkommendes Radionuklid, das in der Atmosphäre durch kosmische Strahlung aus Stickstoff und Sauerstoff gebildet wird.
- Kalium-40 (Halbwertszeit 1,277 Mrd. Jahre) ist ein natürliches Radionuklid, das seit der Entstehung der Erde vorhanden und aufgrund seiner langen Halbwertszeit noch nicht zerfallen ist.
- Mangan-54 (Halbwertszeit 312,3 Tage) entsteht durch Neutronenaktivierung beim Betrieb von Kernkraftwerken. Es ist mit einem Anteil von 9,89% im Nuklidvektor der zur Verbrennung freigegebenen Abfälle des KGG enthalten (siehe Tabelle 2-1).
- Kobalt-60 (Halbwertszeit 5,27 Jahre) entsteht ebenfalls durch Neutronenaktivierung beim Betrieb von Kernkraftwerken und ist mit einem Anteil von 74,16% im Nuklidvektor der zur Verbrennung freigegebenen Abfälle des KGG enthalten. Kobalt-60 wird aber auch in Forschung, Technik und Medizin verwendet und wird als Folge dieser Verwendungen bisweilen in Schrott oder Metallprodukten identifiziert.
- Iod-131 (Halbwertszeit 8,02 Tage) entsteht durch Kernspaltung beim Betrieb von Kernkraftwerken. Im Nuklidvektor der zur Verbrennung freigegebenen Abfälle des KGG ist es nicht enthalten, da es aufgrund seiner relativ kurzen Halbwertszeit bei der Freigabe von Abfällen aus Kernkraftwerken von untergeordneter Bedeutung ist. Iod-131 wird verbreitet in der Nuklearmedizin verwendet und gelangt auf diesem Wege regelmäßig in Verbrennungsanlagen.
- Cäsium-137 (Halbwertszeit 30,1 Jahre) entsteht durch Kernspaltung beim Betrieb von Kernkraftwerken und ist mit einem Anteil von 13,48% im Nuklidvektor der zur Verbrennung freige-

gebenen Abfälle des KGG enthalten. Cäsium-137 wird ebenfalls in Forschung, Technik und Medizin verwendet. Die in der Umwelt in Deutschland vorliegende Kontamination mit Cäsium-137 beruht im Wesentlichen auf dem Fallout der oberirdischen Atomwaffentests der 1950er und 1960er Jahre sowie auf den Ablagerungen aus dem Unfall in Tschernobyl im Jahr 1986. Durch diese allgemeine Umweltkontamination ist Cäsium-137 auch in Abfällen vorhanden.

- Radium-226, Radium-228 und Thorium-228 sind Radionuklide der Zerfallsreihen der langlebigen natürlichen Radionuklide Thorium-232 (Halbwertszeit 1,405 Mrd. Jahre), Uran-235 (Halbwertszeit 703,8 Mio. Jahre) und Uran-238 (Halbwertszeit 4,468 Mrd. Jahre), die ebenfalls seit der Entstehung der Erde vorhanden sind.

Die Messergebnisse der Radionuklide der natürlichen Zerfallsketten entsprechen in ihrem Verhältnis zueinander dem, was natürlicherweise zu erwarten ist. Das Verhältnis der Aktivitätskonzentration von Uran-238 zu Uran-235 entspricht unter Berücksichtigung der Unsicherheit des besten Schätzwerts dem Verhältnis von in der Natur vorliegendem Uran von 22:1. Die Zerfallsprodukte der Zerfallsreihen weisen Aktivitäten auf, die unter Berücksichtigung der Unsicherheit des besten Schätzwerts dem natürlich vorliegenden Gleichgewicht mit dem Ausgangsradionuklid entsprechen. Die Messwerte sind insofern unauffällig.

Die Messergebnisse künstlicher Radionuklide können mit denen der allgemeinen Umweltüberwachung von Verbrennungsanlagen verglichen werden. Diese Messergebnisse werden vom Bundesumweltministerium in den Jahresberichten Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung publiziert. Der aktuellste Jahresbericht liegt für das Jahr 2016 vor (BMUB 2018). In diesem Bericht werden die in Tabelle 5-2 aufgeführten Angaben gemacht. Tabelliert sind hier die Anzahl der Messungen insgesamt, die Anzahl der Messungen, bei denen die Nachweisgrenze nicht erreicht wurde, die Minimalwerte, die Maximalwerte sowie die Medianwerte. Der Medianwert ist der Wert, bei dem die gleiche Anzahl an Messungen einen geringeren wie einen größeren Wert ergeben hat. Er zeigt die „typische Höhe“ zuverlässiger an als der arithmetische Mittelwert der Messergebnisse, der stark von einzelnen „Ausreißern“ beeinflusst sein kann.

Tabelle 5-2: Messwerte der allgemeinen Umweltüberwachung an deutschen Abfallverbrennungsanlagen im Jahr 2016

Radionuklid	Schlacke				
	Anzahl insgesamt	Anzahl < NWG	Minimum (Bg/g TM)	Maximum (Bq/g TM)	Median (Bq/g TM)
Kalium-40	69	0	0,11	1,3	0,27
Kobalt-60	69	69	-	-	< 0,00023
Iod-131	63	55	0,00024	0,031	< 0,00036
Cäsium-137	69	6	0,000073	0,026	0,0012
Radionuklid	Flugasche/Filterstaub				
	Anzahl insgesamt	Anzahl < NWG	Minimum (Bg/g TM)	Maximum (Bq/g TM)	Median (Bq/g TM)
Kalium-40	45	0	0,10	3,1	1,4
Kobalt-60	45	45	-	-	< 0,00048
Iod-131	41	26	0,0002	0,26	< 0,00095
Cäsium-137	45	2	0,00087	0,14	0,014

NWG = Nachweisgrenze; TM = Trockenmasse

Ein Vergleich der Messergebnisse am MHKW Weißenhorn mit den bundesweiten Ergebnissen der allgemeinen Umweltüberwachung ergibt:

- Für Kalium-40 liegen die Messwerte am MHKW Weißenhorn sowohl bei der Schlacke als auch bei der Flugasche innerhalb der Bandbreite der Ergebnisse der allgemeinen Umweltüberwachung sowie unterhalb des Medianwerts der allgemeinen Umweltüberwachung.
- Für Iod-131 liegen die Messwerte am MHKW Weißenhorn bei der Schlacke im unteren Bereich der Ergebnisse der allgemeinen Umweltüberwachung, bei der Flugasche innerhalb der Bandbreite der Ergebnisse der allgemeinen Umweltüberwachung.
- Für Cäsium-137 liegen die Messwerte am MHKW Weißenhorn sowohl bei der Schlacke als auch bei der Flugasche innerhalb der Bandbreite der Ergebnisse der allgemeinen Umweltüberwachung, aber jeweils oberhalb des Medianwerts der allgemeinen Umweltüberwachung. Die Messwerte am MHKW Weißenhorn liegen vermutlich deshalb oberhalb des Medianwerts, da in der Tendenz in Süddeutschland die Werte grundsätzlich höher sind als im übrigen Deutschland. Dies ist durch den besonders hohen Niederschlag von Cäsium-137 nach dem Unfall im KKW Tschernobyl in Süddeutschland begründet.
- Kobalt-60 und Mangan-54 wurden 2016 im Rahmen der allgemeinen Umweltüberwachung an Verbrennungsanlagen nicht nachgewiesen.

Bei diesem Vergleich ist noch zu beachten, dass sich die Messwerte am MHKW Weißenhorn auf die Feuchtmasse beziehen, die Messwerte der allgemeinen Umweltüberwachung aber auf die Trockenmasse. Grundsätzlich ist die Feuchtmasse größer als die Trockenmasse, so dass Messwerte, die sich auf die Trockenmasse beziehen höher ausfallen als solche, die sich auf die Feuchtmasse beziehen. Für die hier in Frage stehenden Materialien ist der Unterschied zwischen Feucht- und

Trockenmasse aber nicht so groß, dass sich daraus von den obigen Schlussfolgerungen deutlich abweichende Einschätzungen ergeben können.

Insgesamt ist festzustellen, dass insbesondere das gemessene Mangan-54 und Kobalt-60 aus der Verbrennung der freigegebenen Abfälle des KGG herrühren können. Der Verbleib von Radionukliden in den Medien Schlacke und Flugasche ist bei der Herleitung der Freigabewerte berücksichtigt worden. Zur radiologischen Bewertung kann die Höhe der gemessenen Aktivitätskonzentration mit den Aktivitätskonzentrationen verglichen werden, die sich bei der Modellierung im Rahmen der Herleitung der Freigabewerte ergeben, da für diese Aktivitätskonzentrationen die Einhaltung des 10 µSv-Konzepts gezeigt wurde.

In Tabelle 5-3 sind die Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden angegeben, die sich im Rahmen der Herleitung der Freigabewerte im Jahresmittel für die dabei zugrunde gelegte Referenzmüllverbrennungsanlage bei Verbrennung von 100 Mg freigegebenem Abfall mit Ausschöpfung der Freigabewerte ergeben. Dabei wurde hier für jedes Radionuklid einzeln von der Ausschöpfung des jeweiligen Freigabewerts ausgegangen. Die mittlere Konzentration in Schlacke bzw. Flugasche ergibt sich dann aus der insgesamt in einem Jahr in 100 Mg Abfall enthaltenen Aktivität, dem jährlichen Anfall an Schlacke bzw. Flugasche sowie dem Anteil der Aktivität, der in Schlacke bzw. Flugasche übergeht. Da der Übergang in Schlacke oder Flugasche nicht ausreichend genau vorhersagbar ist, wird – um auf der sicheren Seite zu sein - bei der Modellierung zugelassen, dass die Summe der in Schlacke und Flugasche angenommenen Aktivität größer ist als die insgesamt der Verbrennungsanlage zugeführte Aktivität.¹¹

Tabelle 5-3: Vergleich der Messwerte in Schlacke und Flugasche mit Konzentrationen, wie sie im Rahmen der Herleitung der Freigabewerte unterstellt wurden

Radionuklid	Schlacke		Flugasche	
	Konzentration bei der Herleitung der Freigabewerte - Jahresmittelwert (Bq/g)	Ausschöpfung des Jahresmittelwerts durch den Messwert am MHKW Weißenhorn	Konzentration bei der Herleitung der Freigabewerte – Jahresmittelwert (Bq/g)	Ausschöpfung des Jahresmittelwerts durch den Messwert am MHKW Weißenhorn
Mangan-54	0,0167	3,59%	0,00417	28,8%
Kobalt-60	0,0117	7,69%	0,00292	68,5%
Cäsium-137	0,0167	48,5%	0,417	22,1%

Tabelle 5-3 zeigt, dass die Messwerte der Probenahmen am MHKW Weißenhorn kleiner sind als die, die sich im Rahmen der Herleitung der Freigabewerte ergeben haben. Dieser Vergleich ist aus mehreren Gründen sehr konservativ:

- Die Messwerte beziehen sich auf Rückstände, die unmittelbar nach der Verbrennung von freigegebenen Abfällen beprobt wurden. Jahresmittelwerte sind entsprechend deutlich geringer.

¹¹ Beispiel Kobalt-60: Zugeführt werden 1E+09 Bq/a, die rechnerisch zu 100% in 60.000 Mg Schlacke und zu 1% in 2.400 Mg Flugasche übergehen. Beispiel Cäsium-137: Zugeführt werden 1E+09 Bq/a, die rechnerisch zu 100% in 60.000 Mg Schlacke und zu 100% in 2.400 Mg Flugasche übergehen. Die Abklingzeit zwischen Freimessung und Verbrennung wurde bei den Angaben in Tabelle 5-3 vernachlässigt.

- Auch ein Erreichen des Jahresmittelwerts der Aktivitätskonzentration gemäß der Herleitung der Freigabewerte muss nicht zu einer Dosis von 10 µSv im Jahr führen. Die Freigabewerte sind so festgelegt, dass eine Dosis von 10 µSv im Jahr für das ungünstigste Szenario nicht überschritten werden soll. Das begrenzende Szenario war für Mangan-54 und Kobalt-60 aber der Transport zur Verbrennungsanlage, für Cäsium-137 die Exposition von Beschäftigten bei der Verladung und dem Abtransport von Stäuben.

Insgesamt ergibt sich keinerlei Hinweis, dass die für die Ermittlung von möglichen Dosen getroffenen Annahmen nicht abdeckend wären. Es ergeben sich daher auch keine Hinweise, dass die Dosis von 10 µSv im Jahr durch die Verbrennung der Abfälle des KGG im MHKW Weißenhorn überschritten werden könnte.

5.2. Proben von Luft und Regenwasser aus der Umgebung des MHKW Weißenhorn

Im Rahmen der Verbrennung freigegebener Abfälle des KGG am 09.05.2019 wurden in der Umgebung des MHKW Weißenhorn durch die Nuc Tec Solutions GmbH, Gröbenzell, Proben von Luft und Regenwasser genommen. Die Probenahme erfolgte an zwei östlich des MHKW Weißenhorn in etwa 3.200 m bis 3.400 m Entfernung gelegenen Orten der Gemarkung Weißenhorn:

- Am Parkplatz „Waldspielplatz“, gelegen an der Reichenbacher Straße und
- an der nach Oberhausen führenden Staatsstraße 2022, etwa 150 m hinter der Wohnbebauung.

Diese wurden durch die Forschungszentrum Jülich GmbH, Geschäftsbereich Sicherheit und Strahlenschutz, auf ihren Nuklidgehalt untersucht. Hierüber liegen Ergebnismitteilungen der Forschungszentrum Jülich GmbH vom 22.05.2019 (Nuc Tec Solutions 2019) vor.

Zur Bestimmung der an Schwebstoffen gebundenen Radionuklide in Luft wurden 360 m³ Luft über Luftfilter gesaugt und die Filter anschließend mittels Gamma-Spektrometrie ausgewertet. Es wurden 50 ml Regenwasser gesammelt und ebenfalls mittels Gamma-Spektrometrie untersucht. Die Messergebnisse sind in Tabelle 5-4 zusammengestellt. Der angegebene Messfehler ist der Gesamtfehler (1 σ).

Tabelle 5-4: Messwerte der Aktivitätskonzentration in Luft und Regenwasser

Radionuklid	Luft		Regenwasser	
	Messwert bzw. Nachweisgrenze (Bq/m³)	Messfehler	Messwert bzw. Nachweisgrenze (Bq/l)	Messfehler
Beryllium-7	0,00070	30%	-	-
Kalium-40	0,0040	15%	-	-
Kobalt-60	< 0,000070	-	< 1,0	-
Blei-210	-	-	13	50%
Blei-214	0,00024	25%	-	-
Wismut-214	0,00019	35%	-	-
Actinium-228	0,00017	40%	-	-

Zur Herkunft der in Tabelle 5-4 aufgeführten Radionuklide sind teils bereits weiter oben in Bezug auf die Radionuklide der Tabelle 5-1 Ausführungen gemacht. Darüber hinaus gilt, dass auch Blei-210, Blei-214, Wismut-214 und Actinium-228 Radionuklide der Zerfallsreihen der langlebigen natürlichen Radionuklide Thorium-232 und Uran-238 sind.

Künstliche Radionuklide wurden in den Proben von Umgebungsluft und Niederschlag nicht nachgewiesen. Die Nachweisgrenzen für das kernkraftwerksspezifische Radionuklid Kobalt-60 betragen bei den Messungen $0,00007 \text{ Bq/m}^3$ Luft bzw. $1,0 \text{ Bq/l}$ Niederschlag. Diese Nachweisgrenzen sind ausreichend niedrig, da Aktivitätskonzentrationen in dieser Höhe nur zu extrem niedrigen Dosen führen können. Würde eine Person über ein gesamtes Jahr Luft mit einer Konzentration von $0,00007 \text{ Bq/m}^3$ Kobalt-60 einatmen, so würde dies zu einer Dosis von nur $0,0071 \mu\text{Sv}$ bei einem Kleinkind (Alter ≤ 1 Jahr) und von nur $0,0018 \mu\text{Sv}$ bei einem Erwachsenen führen. Würde der gesamte Jahresniederschlag entsprechend der Menge der Station Laupheim (siehe Kapitel 4.5.1) $1,0 \text{ Bq/l}$ Kobalt-60 enthalten, so wären die Dosen durch Gamma-Bodenstrahlung – und entsprechend auch über die Nahrungskette – noch deutlich niedriger als die in Tabelle 4.2 aufgeführten Werte.

6. Optimierungspotenzial hinsichtlich der Dosis von Beschäftigten am MHKW Weißenhorn

Im Folgenden wird auftragsgemäß untersucht, inwiefern – unabhängig von der Einhaltung des Dosiskriteriums von 10 μSv im Jahr - Reduzierungen von Dosen Beschäftigter am MHKW Weißenhorn möglich sind. Dabei sind auch die Praktikabilität und der notwendige Aufwand zu berücksichtigen. Unterschieden wird zwischen

- dem Antransport und Arbeiten im Eingangsbereich sowie beim Abladen der Abfälle,
- den Arbeiten am Müllbunker nach dem Abladen der Abfälle,
- den Arbeiten am Schlackenbunker,
- dem Beladen der LKW zum Abtransport der Schlacken sowie
- dem Beladen der LKW zum Abtransport der Stäube.

Die Exposition durch die Verwertung von Schrott ist hier nicht zu betrachten, da diese durch den externen Umgang mit dem Schrott und daraus hergestellter Produkte resultiert.

6.1. Eingangsbereich und Abladen der Abfälle

In Kapitel 4.6.1 wurde für Beschäftigte, die den Transport durchführen und die Abfälle in den Müllbunker entladen, eine Dosis von

- 3,3 μSv im Jahr (15 Mg freigegebener Abfall im Jahr) und
- 5,2 μSv im Jahr (100 Mg freigegebener Abfall im Jahr)

ermittelt. Die ermittelte Dosis für Beschäftigte im Eingangsbereich des MHKW Weißenhorn betrug

- 0,33 μSv im Jahr (15 Mg freigegebener Abfall im Jahr) und
- 0,88 μSv im Jahr (100 Mg freigegebener Abfall im Jahr).

Diese Dosen rühren praktisch vollständig, nämlich zu 99,98%, von äußerer Exposition durch Gamma-Strahlung her. Daher gäbe es die folgenden prinzipiellen Möglichkeiten der Reduzierung der Dosen:

- Reduzierung von Aufenthaltszeiten im Strahlenfeld

Eine Möglichkeit der Reduzierung von Aufenthaltszeiten im Strahlenfeld während des Transports besteht darin, die Transportzeit möglichst gering zu halten. Dazu kann der Transport außerhalb des Berufsverkehrs geplant werden. Außerdem können sich die Fahrer vor Beginn der Fahrt über Staus informieren, um diese möglichst zu umgehen.

Am MHKW Weißenhorn können die Aufenthaltszeiten durch eine rasche Abwicklung der Annahme möglichst gering gehalten werden. Dazu kann die Anlieferung so geplant werden, dass sie nicht in Zeiträume eines besonders hohen Aufkommens an insgesamt angelieferten Abfällen fällt.

Unter der Annahme, dass sich die Fahrtzeit je Transport durch die genannten Maßnahmen von 60 Minuten auf 50 Minuten sowie die Zeit für die Wägung und Annahme am Eingang des MHKW Weißenhorn von 30 Minuten auf 15 Minuten verkürzen lässt, wäre insgesamt eine Reduzierung der Dosis des Transportpersonals um 28% möglich.

Eine deutliche Reduzierung des Zeitbedarfs für die Annahme und Wägung durch Beschäftigte des MHKW Weißenhorn ist kaum realisierbar, wobei für diese Personen die Dosis auch ohne weitere Reduzierung deutlich geringer ist als die des Transportpersonals.

- Vergrößerung des Abstandes von den Abfällen

Eine Erhöhung des Abstandes von den Abfällen ist nicht praktikabel. Während des Transports ist eine solche Erhöhung nicht möglich, bei der Annahme im Eingangsbereich sowie beim Abkippen der Abfälle in den Müllbunker ist die Anwesenheit in unmittelbarer Nähe zu Kontrollzwecken erforderlich.

- Zusätzliche Abschirmung der von den Abfällen ausgehenden Gamma-Strahlung

Zusätzliche Maßnahmen zur Abschirmung sind nicht praktikabel, da ansonsten besondere Verpackungen mit Metall oder Beton oder spezielle Transportfahrzeuge erforderlich wären. Eine Verpackung für die Zeit des Transports in besonderen Behältern kann zudem zusätzliche Hantierungsvorgänge bedingen, die wiederum zu einer zusätzlichen Dosis führen würden.

6.2. Arbeiten am Müllbunker

In Kapitel 4.6.1 wurde für Beschäftigte bei Arbeiten am Müllbunker eine Dosis von

- 0,089 μSv im Jahr (15 Mg freigegebener Abfall im Jahr) und
- 0,60 μSv im Jahr (100 Mg freigegebener Abfall im Jahr)

ermittelt. Dabei wurde von einer Arbeitszeit eines einzelnen Beschäftigten von 400 Stunden im Jahr ausgegangen.

Die Dosen rühren aufgrund der Arbeit unter Lüftungstechnischer Trennung von den Abfällen ausschließlich von äußerer Exposition durch Gamma-Strahlung her. Daher gäbe es die folgenden prinzipiellen Möglichkeiten der Reduzierung der Dosen:

- Reduzierung von Aufenthaltszeiten im Strahlenfeld

Die Umlagerung von Abfällen und die Beschickung der Verbrennungsöfen erfolgt mittels eines Greifers von einem Lüftungstechnisch getrennten Arbeitsplatz aus (siehe Abbildung 4-4). Die Kanzel, von der aus die Tätigkeiten ausgeübt werden, wird nur dann benutzt, wenn diese Tätigkeiten anfallen. Eine Reduzierung von Aufenthaltszeiten an dieser Stelle ist daher nicht möglich. Möglich wäre nur die Reduzierung der individuellen Dosis durch eine gezielte Verteilung auf eine größere Personenzahl. In Anbetracht der geringen Dosis und der Tatsache, dass das Risiko der Beschäftigten insgesamt dadurch nicht geringer würde, ist eine solche Maßnahme aber nicht sinnvoll.

- Vergrößerung des Abstandes von den Abfällen

Eine Erhöhung des Abstandes von den Abfällen ist nicht praktikabel, da dies erhebliche Umbauten erfordern würde. Die Lage des Arbeitsplatzes ist durch die zu betätigenden technischen Einrichtungen fixiert.

- Zusätzliche Abschirmung der von den Abfällen ausgehenden Gamma-Strahlung

Zusätzliche Maßnahmen zur Abschirmung sind nicht praktikabel, da eine freie Sicht auf den Abfallbunker notwendig ist.

6.3. Arbeiten am Schlackenbunker

In Kapitel 4.6.1 wurde für Beschäftigte bei Arbeiten am Schlackenbunker eine Dosis von

- 0,043 μSv im Jahr (15 Mg freigegebener Abfall im Jahr) und
- 0,29 μSv im Jahr (100 Mg freigegebener Abfall im Jahr)

ermittelt. Dabei wurde von einer Arbeitszeit eines einzelnen Beschäftigten von 76 Stunden im Jahr ausgegangen.

Die Dosen rühren praktisch vollständig, nämlich zu 99,999%, von äußerer Exposition durch Gamma-Strahlung her. Daher gäbe es die folgenden prinzipiellen Möglichkeiten der Reduzierung der Dosen:

- Reduzierung von Aufenthaltszeiten im Strahlenfeld

Die Verladung von Schlacken aus dem Schlackenbunker zum Abtransport mittels eines Greifers von einer verfahrbaren Brücke aus (siehe Abbildung 4-5). Die Kanzel, von der aus die Tätigkeiten ausgeübt werden, wird nur dann benutzt, wenn diese Tätigkeiten anfallen. Eine Reduzierung von Aufenthaltszeiten an dieser Stelle ist daher nicht möglich. Möglich wäre nur die Reduzierung der individuellen Dosis durch eine gezielte Verteilung auf eine größere Personenzahl. In Anbetracht der geringen Dosis und der Tatsache, dass das Risiko der Beschäftigten insgesamt dadurch nicht geringer würde, ist eine solche Maßnahme aber nicht sinnvoll.

- Vergrößerung des Abstandes von den Schlacken

Eine Erhöhung des Abstandes von den Schlacken ist nicht praktikabel, da dies erhebliche Umbauten erfordern würde. Die Lage des Arbeitsplatzes ist durch die zu betätigenden technischen Einrichtungen fixiert.

- Zusätzliche Abschirmung der von den Schlacken ausgehenden Gamma-Strahlung

Zusätzliche Maßnahmen zur Abschirmung sind nicht praktikabel, da eine freie Sicht auf die Schlacken notwendig ist.

6.4. Abtransport der Schlacken

In Kapitel 4.6.1 wurde für Beschäftigte, die den Abtransport der Schlacken nach Bad Friedrichshall durchführen, eine Dosis von

- 0,28 μSv im Jahr (15 Mg freigegebener Abfall im Jahr) und
- 1,9 μSv im Jahr (100 Mg freigegebener Abfall im Jahr)

ermittelt. Dabei wurde von einer Arbeitszeit für das Beladen von 38 Stunden im Jahr und für den Transport von 460 Stunden im Jahr ausgegangen.

Die Dosen rühren praktisch vollständig, nämlich zu 99,999%, von äußerer Exposition durch Gamma-Strahlung her. Daher gäbe es die folgenden prinzipiellen Möglichkeiten der Reduzierung der Dosen:

- Reduzierung von Aufenthaltszeiten im Strahlenfeld

Der genaue Zeitpunkt des Abtransports von Schlacken wird nicht vom AWB des Landkreises Neu-Ulm organisiert. Der AWB des Landkreises Neu-Ulm hat daher keinen Einfluss darauf, ob der Abtransport in einem Zeitraum stattfindet, in dem auf dem Weg nach Bad Friedrichshall

möglichst nicht mit außergewöhnlichen Verkehrsbehinderungen zu rechnen ist, die die Fahrtzeit verlängern.

Am MHKW Weißenhorn lässt sich die Aufenthaltszeit im Strahlenfeld verringern, indem der Fahrer angehalten wird, sich während der Beladung nicht durchgehend in der Fahrerkabine oder unmittelbar am Fahrzeug aufzuhalten. An der Verladestelle gibt es Möglichkeiten, sich hinter abschirmenden Gebäudestrukturen aufzuhalten, die die Strahlung praktisch vollständig abschirmen (siehe Abbildung 4-7). Durch eine solche Maßnahme lässt sich die Dosis entsprechend dem Verhältnis von Verladezeit zu Transportzeit reduzieren, was einer Reduzierung der Gesamtdosis um 6% entspricht.

- Vergrößerung des Abstandes von den Schlacken oder zusätzliche Abschirmung

Die vorangehend genannte Maßnahme zur Reduzierung der Aufenthaltszeit im Strahlenfeld geht mit einer Vergrößerung des Abstandes und mit einer zusätzlichen Abschirmung einher.

6.5. Abtransport der Stäube

In Kapitel 4.6.1 wurde für Beschäftigte, die den Abtransport der Schlacken nach Bad Friedrichshall durchführen, eine Dosis von

- 0,058 µSv im Jahr (15 Mg freigegebener Abfall im Jahr) und
- 0,18 µSv im Jahr (100 Mg freigegebener Abfall im Jahr)

ermittelt. Dabei wurde von einer Arbeitszeit für das Beladen von 30 Stunden im Jahr und für den Transport von 80 Stunden im Jahr ausgegangen.

Die Dosen rühren ausschließlich von äußerer Exposition durch Gamma-Strahlung her. Daher gäbe es die folgenden prinzipiellen Möglichkeiten der Reduzierung der Dosen:

- Reduzierung von Aufenthaltszeiten im Strahlenfeld

Der genaue Zeitpunkt des Abtransports von Stäuben wird nicht vom AWB des Landkreises Neu-Ulm organisiert. Der AWB des Landkreises Neu-Ulm hat daher keinen Einfluss darauf, ob der Abtransport in einem Zeitraum stattfindet, in dem auf dem Weg nach Bad Friedrichshall möglichst nicht mit außergewöhnlichen Verkehrsbehinderungen zu rechnen ist, die die Fahrtzeit verlängern.

Am MHKW Weißenhorn lässt sich die Aufenthaltszeit im Strahlenfeld verringern, indem der Fahrer angehalten wird, sich während der Beladung nicht durchgehend in der Fahrerkabine oder unmittelbar am Fahrzeug aufzuhalten. Die Aufenthaltszeit am Fahrzeug kann auf die Durchführung des Anbringens des Schlauches zur Verladung in seinen verschiedenen Positionen beschränkt werden. An der Verladestelle gibt es Möglichkeiten, sich hinter abschirmenden Gebäudestrukturen aufzuhalten, die die Strahlung praktisch vollständig abschirmen (siehe Abbildung 4-7). Durch eine solche Maßnahme lässt sich die Dosis entsprechend dem Verhältnis von Verladezeit zu Transportzeit reduzieren, was einer Reduzierung der Gesamtdosis um 27% entspricht.

- Vergrößerung des Abstandes von den Stäuben oder zusätzliche Abschirmung

Die vorangehend genannte Maßnahme zur Reduzierung der Aufenthaltszeit im Strahlenfeld geht mit einer Vergrößerung des Abstandes und mit einer zusätzlichen Abschirmung einher.

6.6. Zusammenfassende Bewertung des Optimierungspotenzials

Mögliche Dosen des Personals am MHKW Weißenhorn liegen deutlich unterhalb des Dosiskriteriums der StrlSchV von 10 μSv im Jahr. Ein Potenzial zu einer weiteren Reduzierung von Dosen der Beschäftigten besteht in folgenden Bereichen:

- Der Transport der Abfälle zum MHKW Weißenhorn kann außerhalb des Berufsverkehrs und Zeiträumen bekannter Verkehrsbehinderungen geplant werden sowie in Zeiträumen ohne besonders hohes Aufkommens an insgesamt angelieferten Abfällen. Eine Reduzierung der Dosis um bis zu 28% wäre mit diesen Maßnahmen voraussichtlich möglich.
- Fahrer, die Schlacken abtransportieren, können angehalten werden, sich während der Beladung nicht durchgehend in der Fahrerkabine oder unmittelbar am Fahrzeug aufzuhalten. Eine Reduzierung der Dosis um 6% wäre mit dieser Maßnahme möglich.
- Fahrer, die Stäube abtransportieren, können angehalten werden, sich nur bei der Anbringung des Schlauches zur Verladung in seinen verschiedenen Positionen in oder unmittelbar am Fahrzeug aufzuhalten. Eine Reduzierung der Dosis um 27% wäre mit dieser Maßnahme möglich.

Literaturverzeichnis

- BMU (2001): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strahlenexposition vom 23. Juli 2001. 2 Bände. Bundesanzeiger Nr. 160a vom 28. August 2001.
- BMU (2012): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 der Strahlenschutzverordnung (Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen) vom 28. August 2012 (BAnz AT 05.09.212 B1).
- BMUB (2018): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Umweltra dioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 2016. Bonn.
- BfS (2016): Bundesamt für Strahlenschutz: Schwerpunkt Strahlenschutz. Salzgitter.
- Deckert und Thierfeldt (1998): Deckert, A.; Thierfeldt, S.: Berechnung massenspezifischer Freigabewerte für schwach radioaktive Reststoffe (Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU, BMU 1998-520).
- Eisner (2019): E-Mail von S. Eisner (AWB Landkreis Neu-Ulm) an C. Küppers (Öko-Institut) vom 10.05.2019.
- IAEA (1988): International Atomic Energy Agency: Principles for the Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control. Wien (Safety Series, No. 89).
- LfU (2019): Bayerisches Landesamt für Umwelt: Bewertung der Proben vom 09.05.2019 aus dem Hüllheizkraftwerk Weißenhorn. Schreiben vom 04.07.2019, Aktenzeichen 43-8811.09-55726/2019.
- Moritz (2019): Schreiben von T. Moritz (AWB des Landkreises Neu-Ulm) an die Mitglieder des Umwelt- und Werksausschusses zu TOP Nr. 15 der Sitzung dieses Ausschusses am 13.02.2019, Az 636/9/3/8 vom 11.02.2019.
- Nuc Tec Solutions (2019): Ergebnisse der Umweltproben vom 09.05.2019. Schreiben an den AWB des Landkreises Neu-Ulm, Frau Eisner, vom 19.06.2019.
- Poschner und Schaller (1995): Poschner, J.; Schaller, G.: Richtwerte für die spezifische Aktivität von schwach radioaktiv kontaminierten Abfälle, die konventionell entsorgt werden (BfS-ISH-169).
- SSK (1998): Strahlenschutzkommission: Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- und genehmigungspflichtigem Umgang. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 151. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 12. Februar 1998 (Berichte der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 16).
- SSK (2004): Strahlenschutzkommission: Vergleich deutscher Freigabekriterien mit denen anderer Länder am Beispiel ausgewählter Radionuklide. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 197. Sitzung der SSK am 16./17.12.2004 (Berichte der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 45).
- SSK (2006): Strahlenschutzkommission: Freigabe von Stoffen zur Beseitigung. Empfehlung der SSK, Berichte der SSK Nr. 54.

SSK (2006): Strahlenschutzkommission: Freigabe von Stoffen zur Beseitigung. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 213. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 06. Dezember 2006 (Berichte der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 54).

Uni Regensburg (2019): Universität Regensburg - Zentrales Radionuklidlaboratorium/Umwelt-Radio-Aktivität-Laboratorium: Prüfbericht zur gammaspektrometrischen Bestimmung von künstlichen Radionukliden in Schlacke, Filterstäube und Abluft. Entwurf vom 16.05.2019, Aktenzeichen A02111321/013.