

Aktenzeichen:
KKU2020/0929

Verfasser:
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Datum:
31.05.2021

Projekt:
Kernkraftwerk Unterweser (KKU)

Stellungnahme

Einzelfallnachweis nach § 37 StrlSchV zur Freigabe von Reststoffen aus dem Kernkraftwerk Unterweser zur Beseitigung auf der Deponie Brake-Käseburg

Zusammenfassung

Mit Schreiben vom 22.03.2019 hat die PreussenElektra GmbH (PEL) die spezifische Freigabe von Schüttgütern und Feststoffen aus dem Kernkraftwerk Unterweser (KKU) zur Beseitigung auf der Deponie Brake-Käseburg gemäß § 36 Absatz 1 Nr. 3 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) beantragt. Die Deponie Brake-Käseburg erfüllt die Anforderungen der Anlage 8 Teil C Nr. 3 StrlSchV als Deponie für die Beseitigung freigegebener Stoffe nicht vollständig. Daher hat die PEL mit Schreiben vom 24.09.2020 einen Einzelfallnachweis (EFN) nach § 37 StrlSchV zum Nachweis der Einhaltung des Dosiskriteriums bei der spezifischen Freigabe von Reststoffen aus dem KKU zur Beseitigung auf der Deponie Brake-Käseburg vorgelegt.

Zum Nachweis der Einhaltung des Dosiskriteriums gemäß § 31 Absatz 2 StrlSchV (10-µSv/a-Kriterium) wurde in dem EFN auf Basis der SSK-Empfehlung zur Freigabe von Stoffen zur Beseitigung sowie anhand der Abläufe auf dem Deponiegelände und den Rand-

Es wird versichert, dass diese Stellungnahme unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen frei von Ergebnisweisungen erstellt wurde.

Sachverständige [REDACTED]	Gruppe ETE2 [REDACTED]	Verteiler ext.: - MU Nds. - PEL-KKU	Seiten: 122 Anlagen: Keine
Abteilung ETE [REDACTED]	Projektleitung [REDACTED]	Verteiler int.: [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	

bedingungen des Deponiestandortes die potenzielle Exposition für Einzelpersonen der Bevölkerung (Wohnbevölkerung, Deponiemitarbeiter) pro Kalenderjahr ermittelt. Daraus ergeben sich gemäß EFN für die Deponierung von Reststoffen aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg nuklidspezifische Beschränkungen der jährlichen Ablagerungsaktivität und der abzulagernden Gesamtaktivität, die restriktiver sind, als die Freigabewerte in Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 bzw. Spalte 10 StrlSchV.

Wir haben den EFN im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz geprüft und bewertet.

Die Szenarien zur Ermittlung der Exposition wurden auf Basis der SSK-Empfehlung zur Freigabe von Stoffen zur Beseitigung sowie anhand der Abläufe auf dem Deponiegelände und den Randbedingungen des Deponiestandortes im EFN in geeigneter Weise ermittelt. Wir haben eigene Betrachtungen durchgeführt, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums bei der Beseitigung von Reststoffen aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg zu prüfen.

Unsere Betrachtungen haben ergeben, dass aus den Szenarien „Deponie Einlagerung“, „Verwertung von Klärschlamm“ und „Nutzung von Grundwasser“ für einzelne Radionuklide restriktivere Aktivitätsbeschränkungen resultieren, als im EFN ausgewiesen. Bei Berücksichtigung der jeweils restriktiveren im EFN bzw. von uns ermittelten Aktivitätsbeschränkungen für einzelne Radionuklide ist sichergestellt, dass bei der beabsichtigten spezifischen Freigabe zur Beseitigung von Reststoffen aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg das 10- μ Sv/a-Kriterium eingehalten wird. Diesbezüglich haben wir den Maßgabenvorschlag /MV-3/ formuliert.

Dem EFN liegen Gesamtmassen für die auf der Deponie Brake-Käseburg abzulagernden Reststoffe aus dem KKV zugrunde. Zur Einhaltung dieser Massen und damit zur Sicherstellung des 10- μ Sv/a-Kriteriums haben wir den Maßgabenvorschlag /MV-2/ formuliert. Ferner haben wir zur Durchführung der deponiebetreiberseitigen Beprobungen nach § 8 Deponieverordnung im KKV vor dem Transport zur Deponie den Maßgabenvorschlag /MV-1/ formuliert.

Durch den von der PEL vorgelegten EFN gemäß § 37 StrlSchV in Verbindung mit unseren Maßgabenvorschlägen, die sich an die Umsetzung des Freigabeverfahrens nach § 36 StrlSchV richten, wird der Nachweis der Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums bei der beantragten Beseitigung von Reststoffen aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg erbracht.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung und Allgemeines	5
2 Bewertungsmaßstäbe und Berechnungsgrundlagen	7
2.1 Spezifische Freigabe	7
2.2 Prüfumfang	8
2.3 Radionuklidausbreitungs- und Expositionsrechnungen	9
2.4 Informationsquellen	11
3 Freigabepplanungen des KKKU und berücksichtigte Radionuklide	13
4 Randbedingungen der Deponie und des Standorts	17
4.1 Ablagerungsmengen, Flächen und Basisabdichtung	17
4.2 Hydrologische und Hydrogeologische Parameter	20
4.3 Anfall von Sickerwasser, Klärschlamm und Filtermaterial	25
4.4 Übergang der Radionuklide in das Sickerwasser, den Klärschlamm und das Abwasser	28
4.5 Bisherige Ablagerungen von Radionukliden	30
4.6 Potenzielle Erweiterungen der Deponie und Standortentwicklung	31
5 Identifikation der relevanten Expositionspfade	34
5.1 Übersicht der Szenarien	34
5.2 Szenarien gemäß Modell der SSK-Empfehlung	35
5.2.1 Transport (T1).....	35
5.2.2 Deponie Eingangsbereich (D1).....	36
5.2.3 Deponie mechanisch-biologische Vorbehandlung (MBV) (D2).....	37
5.2.4 Deponie Einlagerung (D3)	38
5.2.5 Nutzung von Oberflächenwasser (O1).....	39
5.2.6 Verwertung von Klärschlamm (O2).....	40
5.2.7 Nutzung von Grundwasser (G)	41
5.3 Zusätzliche standortspezifische Szenarien	42
5.3.1 Umgang mit Material bei der Deponieerweiterung.....	42
5.3.2 Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm	44
5.3.3 Beprobung und Reinigung von Behältern	46
5.3.4 Umgang mit Filtermaterialien	46

5.3.5	Entsorgung von Überschusswasser	49
5.3.6	Ausgasung aus dem Deponiekörper.....	49
5.4	Zusammenstellung relevanter Expositionspfade	50
5.5	Überlagerung von Expositionspfaden	51
6	Potenzielle Exposition der Mitarbeiter.....	54
6.1	Deponie Einlagerung (D3)	54
6.1.1	Vorgesehener Einbau	54
6.1.2	Erweiterte Abdeckung.....	62
6.1.3	Versagen von Big-Bags	63
6.2	Verwertung von Klärschlamm	67
6.3	Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm	74
6.4	Beprobung und Reinigung von Behältern	75
6.5	Umgang mit Filtermaterialien	77
6.6	Entsorgung von Überschusswasser	80
6.7	Ausgasung aus dem Deponiekörper.....	81
7	Potenzielle Exposition der allgemeinen Bevölkerung	83
7.1	Nutzung von Oberflächenwasser (O1).....	83
7.2	Nutzung von Grundwasser (G)	86
8	Zusammenstellung der Ergebnisse im Hinblick auf die resultierenden Aktivitätsbegrenzungen	95
9	Konservativitäten	101
10	Maßgabenvorschläge	102
11	Unterlagen	103
12	Abkürzungsverzeichnis.....	116
13	Anhang I: Aktivitätsbegrenzungen unter Berücksichtigung eines höheren freien Deponievolumens	118
14	Anhang II: Überblick der Abweichungen von den Modellszenarien der SSK- Empfehlung	121

1 Einleitung und Allgemeines

Mit Schreiben vom 22.03.2019 /U 1/ hat die PreussenElektra GmbH (PEL) die spezifische Freigabe von Schüttgütern und Feststoffen aus dem Kernkraftwerk Unterweser (KKU) zur Beseitigung auf der Deponie Brake-Käseburg gemäß § 36 Absatz 1 Nr. 3 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /R 1/ beantragt. Die Deponie Brake-Käseburg, die sich südlich vom KKU (Entfernung Luftlinie ca. 13 km) befindet und von der GIB Entsorgung Wesermarsch GmbH (GIB) betrieben wird, erfüllt die Anforderungen der Anlage 8 Teil C Nr. 3 StrlSchV /R 1/ nicht vollständig /U 1/. Daher hat die PEL mit Schreiben vom 24.09.2020 /U 2/ einen Einzelfallnachweis (EFN) nach § 37 StrlSchV /R 1/ zur Freigabe von Reststoffen aus dem KKU zur Deponierung auf der Deponie Brake-Käseburg /U 3/ vorgelegt. Erstellerin des EFN /U 3/ ist die Brenk Systemplanung GmbH.

Grundlage für die spezifische Freigabe von festen Stoffen zur Beseitigung auf Deponien ist die Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) „Freigabe von Stoffen zur Beseitigung“ /R 3/, die auf dem de-minimis-Konzept der International Atomic Energy Agency (IAEA) /S 15/ beruht. Danach kann eine Entlassung von Reststoffen aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung verantwortet werden, wenn diese allenfalls zu einer Strahlenexposition im Bereich von 10 Mikrosievert (μSv) im Kalenderjahr für Einzelpersonen der Bevölkerung führt (10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriterium).

Die SSK hat in ihrer Empfehlung /R 3/ anhand von Modellrechnungen unter Berücksichtigung bestimmter Expositionsszenarien ermittelt, bis zu welchen Reststoffaktivitäten (Freigabewerten) eine Dosis von 10 μSv im Kalenderjahr für die Bevölkerung bei der Beseitigung von freigegebenen Reststoffen unterschritten wird. Grundlage für die Empfehlung der SSK ist der Forschungsbericht /S 5/. Die Freigabewerte und weitere wesentliche Randbedingungen der Empfehlung der SSK /R 3/ und des Berichts /S 5/ wurden in die Anlagen 4 und 8 der StrlSchV /R 1/ übernommen und sind gemäß § 36 Absatz 1 Nr. 3 StrlSchV /R 1/ bei einer spezifischen Freigabe zur Beseitigung auf Deponien einzuhalten.

Darüber hinaus dürfen bei einer spezifischen Freigabe zur Beseitigung auf Deponien gemäß § 36 Absatz 2 StrlSchV /R 1/ der zuständigen Aufsichtsbehörde keine Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass das 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriterium am Standort der Entsorgungsanlage nicht eingehalten wird. In diesem Zusammenhang ist ein Vergleich der Modellannahmen, die zur Berechnung der Freigabewerte geführt haben, mit den realen Gegebenheiten, die am Standort der Deponie vorliegen, vorzunehmen. Für Expositionsszenarien, bei denen eine Abweichung der realen Gegebenheiten von den Annahmen, Festlegungen und Randbedingungen der Empfehlungen der SSK /R 3/ und des Berichts /S 5/ festgestellt wird, ist die Ermittlung der potenziellen Exposition erforderlich. Anhand der ermittelten potenziellen Expositionen können ggf. erforderliche Restriktionen der Radioaktivitäten für die Reststoffe (hier: aus dem KKU) zur Einhaltung des 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums abgeleitet werden.

Im Zuge der Ermittlung der einzelfallrelevanten Randbedingungen am Standort der Deponie Brake-Käseburg fanden am 06.08.2019 und am 13.03.2020 Fachgespräche (Vor-Ort-Termine) statt. Ein weiteres Fachgespräch wurde am 09.03.2020 bei der PEL in Hannover durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Fachgespräche wurden von der PEL in drei Besprechungsprotokollen /S 1, S 2, S 3/ sowie in einer ergänzenden Notiz /S 4/ vorgelegt.

Wir haben den EFN /U 3/ unter Berücksichtigung der Fachgespräche /S 1, S 2, S 3, S 4/ im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) im Rahmen der nach § 20 Atomgesetz bestehenden Beauftragung geprüft und stellen unsere Ergebnisse in der vorliegenden Stellungnahme dar. Wir prüfen den vorgelegten Einzelfallnachweis /U 3/ gemäß § 37 StrlSchV /R 1/ dahingehend, ob aufgrund der Radioaktivität der nach § 36 StrlSchV /R 1/ freizugebenden radioaktiven Stoffe für Einzelpersonen der Bevölkerung einschließlich der beteiligten Mitarbeiter am Standort der Deponie Brake-Käseburg das 10- μ Sv/a-Kriterium eingehalten wird. Hierfür führen wir einen Abgleich der Modellannahmen der SSK-Empfehlung /R 3/ und des Berichts /S 5/ mit den realen Gegebenheiten des Deponiestandorts durch. Darüber hinaus prüfen wir, ob weitere standortspezifische Expositionsszenarien zu betrachten sind. Für Expositionsszenarien, bei denen Abweichungen festgestellt werden, werden die potenziellen Expositionen sowie ggf. erforderliche Restriktionen der Radioaktivität für die Reststoffe aus dem KKV zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums ermittelt. Wir haben auftragsgemäß nicht geprüft, ob bei der vorgesehenen Deponierung auf der Deponie Brake-Käseburg die neben der StrlSchV /R 1/ und dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) /R 2/ geltenden öffentlich-rechtlichen Vorschriften eingehalten werden.

In dieser Stellungnahme verwenden wir den Begriff „Ablagerung“ im Zusammenhang mit dem Einbau von festen Reststoffen in die Deponie Brake-Käseburg. Die Begriffe „Szenario“ und „Expositionspfad“ verwenden wir synonym hinsichtlich der äußeren und inneren Exposition sowohl der allgemeinen Bevölkerung (Wohnbevölkerung) als auch der beteiligten Mitarbeiter. Den Begriff „Kapitel“ verwenden wir für Verweise auf Textpassagen im EFN /U 3/, während wir den Begriff „Abschnitt“ für Querverweise innerhalb dieser Stellungnahme verwenden.

2 Bewertungsmaßstäbe und Berechnungsgrundlagen

2.1 Spezifische Freigabe

Unserer Bewertung des EFN /U 3/ legen wir die in der StrlSchV /R 1/ in den §§ 36 und 37 sowie in den Anlagen 4 und 8 festgelegten Anforderungen an die spezifische Freigabe zugrunde. Demnach ist eine wesentliche Voraussetzung für die Erteilung der Freigabe, dass für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr auftreten kann (vgl. § 31 Absatz 2 StrlSchV /R 1/). In gleicher Weise sind die Freigabewerte der Anlage 4 StrlSchV /R 1/ derart festgelegt, dass die erwartete, von den freigegebenen Stoffen hervorgerufene, jährliche effektive Individualdosis von Personen der allgemeinen Bevölkerung nur im Bereich von 10 μSv liegt.

Grundlage der in der aktuellen Strahlenschutzverordnung /R 1/ festgelegten Anforderungen an die spezifische Freigabe von radioaktiven Stoffen ist die im Juni 2007 veröffentlichte Empfehlung der SSK vom Dezember 2006 /R 3/ in Verbindung mit dem Forschungsbericht /S 5/, die die SSK in Bezug auf die Freigabe von Stoffen zur Beseitigung gemäß der seinerzeit gültigen Strahlenschutzverordnung (StrlSchV-2001) /R 4/ ausgesprochen hat. Aufgrund dieses Bezugs sind auch in dieser Stellungnahme Verweise auf die StrlSchV-2001 /R 4/ erforderlich.

Gemäß Anlage 8 Teil C Nr. 3 StrlSchV /R 1/ sind als Deponien für die spezifische Freigabe nur solche Entsorgungsanlagen geeignet, die mindestens den Anforderungen der Deponieklasse I gemäß Deponieverordnung /R 5/ entsprechen und eine Jahreskapazität von mindestens 10.000 Tonnen im Kalenderjahr (10.000 Mg/a) oder 7.600 Kubikmeter im Kalenderjahr (7.600 m^3/a) für die eingelagerte Menge von Abfällen, gemittelt über die letzten drei Jahre, aufweisen. Für den Fall, dass die für eine spezifische Freigabe erforderlichen Anforderungen und Festlegungen nicht vorliegen, ist es gemäß § 37 StrlSchV /R 1/ möglich, den Nachweis, dass das 10- $\mu\text{Sv}/\text{a}$ -Kriterium eingehalten ist, im Einzelfall zu führen.

Gemäß Anlage 8 Teil C Nr. 1 StrlSchV /R 1/ muss eine Verwertung oder Wiederverwendung der freigegebenen radioaktiven Stoffe außerhalb der Deponie ausgeschlossen sein. Dieses Wiederverwendungs- und Verwertungsverbot ist ebenfalls im § 68 StrlSchG /R 2/ festgelegt.

Im Zusammenhang mit der Beseitigung auf einer Deponie dient als Kriterium zur Feststellung der Freigabefähigkeit von radioaktiven Stoffen die Einhaltung der Freigabewerte der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 bzw. Spalte 10 StrlSchV /R 1/ in Verbindung mit der Summenformel gemäß Anlage 8 Teil A Nr. 1 Buchstabe e bzw. Anlage 8 Teil C Nr. 4 StrlSchV /R 1/.

2.2 Prüfumfang

Wir prüfen den vorgelegten Einzelfallnachweis /U 3/ gemäß § 37 StrlSchV /R 1/ dahingehend, ob aufgrund der Radioaktivität der nach § 36 StrlSchV /R 1/ freizugebenden radioaktiven Stoffen für Einzelpersonen der Bevölkerung einschließlich der Mitarbeiter am Standort der Deponie Brake-Käseburg das 10- μ Sv/a-Kriterium eingehalten wird (vgl. Abschnitt 1). In diesem Zusammenhang prüfen wir, inwieweit die Modellannahmen der SSK-Empfehlung /R 3/ und des Forschungsberichts /S 5/ von den Gegebenheiten und Randbedingungen der Deponie Brake-Käseburg erfüllt werden. Die Ermittlung der Exposition für einen Expositionspfad ist nicht erforderlich, wenn auf der Deponie Brake-Käseburg alle pfadspezifisch relevanten Parameter der SSK-Empfehlung /R 3/ und des Forschungsberichts /S 5/ eingehalten werden, d. h. wenn die Randbedingungen der Deponie Brake-Käseburg hinsichtlich der Berechnung der Exposition konservativ sind und demzufolge zu einer niedrigeren effektiven Dosis als im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ führen würden. Entsprechend ist die Ermittlung der potenziellen Exposition für einen Expositionspfad erforderlich, wenn auf der Deponie Brake-Käseburg pfadspezifisch relevante Parameter der SSK-Empfehlung /R 3/ und des Forschungsberichts /S 5/ nicht eingehalten werden bzw. wenn die Parameter insgesamt nicht zu einem konservativen Ergebnis führen. Auf diese Weise überprüfen wir die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für die Ablagerung radioaktiver Reststoffe aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg. Darüber hinaus resultieren aus den standortspezifischen Gegebenheiten (vgl. Abschnitt 4) zusätzliche Expositionspfade, für die wir sofern erforderlich ebenfalls die potenziellen Expositionen ermitteln. Als relevante Expositionspfade, die im Abschnitt 5 identifiziert werden, bezeichnen wir diejenigen Szenarien, bei denen die Ermittlung der potenziellen Exposition erforderlich ist, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums zu überprüfen. Für die relevanten Expositionspfade ist die potenzielle Exposition für die beteiligten Mitarbeiter (Abschnitt 6) bzw. für Einzelpersonen der allgemeinen Bevölkerung (Wohnbevölkerung; Abschnitt 7) zu ermitteln.

Durch die freigegebenen Stoffe darf gemäß § 31 Absatz 2 StrlSchV /R 1/ für eine Person der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 μ Sv im Kalenderjahr auftreten. Die Begründung zur StrlSchV /S 8/ erläutert den Begriff "im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr", wonach bei den Modellrechnungen zur Herleitung einzelner Freigabewerte, wie sie in der StrlSchV /R 1/ festgelegt sind, tatsächlich auch Werte der effektiven Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung bis ca. 20 μ Sv im Kalenderjahr nicht auszuschließen sind. Der Mittelwert der statistischen Dosisverteilung muss dabei unter oder höchstens bei 10 μ Sv/a liegen /S 8/. Deshalb haben wir für unsere Berechnungen den Wert von 10 μ Sv/a als Prüfkriterium herangezogen.

2.3 Radionuklidausbreitungs- und Expositionsrechnungen

Angaben zur Modellierung des Übergangs der Radionuklide aus dem Deponiekörper in den Klärschlamm, in ein Fließgewässer und in das Grundwasser sowie weitere Berechnungsvorgaben finden sich in dem Forschungsbericht der Brenk Systemplanung GmbH /S 5/, auf den in der SSK-Empfehlung /R 3/ verwiesen wird und in dem die Folgerungen aus den Vorgaben des Abfallrechtes und aus den Gegebenheiten der Deponie- und Verbrennungstechnik auf die Freigabe von Stoffen zur Beseitigung gemäß StrlSchV-2001 /R 4/, nunmehr spezifische Freigabe /R 1/, untersucht wurden.

Berechnungsvorgaben und Parameter zur Ermittlung der äußeren und inneren Exposition der Bevölkerung finden sich in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen (AVV) /R 6/ sowie im Forschungsbericht /S 5/. Darüber hinaus sind gemäß § 37 StrlSchV /R 1/ zur Freigabe im Einzelfall die in Anlage 8 Teil A Nr. 2 StrlSchV /R 1/ genannten Festlegungen zu berücksichtigen. Die Festlegungen sehen vor, dass bei der Berechnung der Exposition die Annahmen in Anlage 11 Teil B und Teil C Nr. 1 StrlSchV /R 1/ sowie die Expositionspfade gemäß Anlage 11 Teil A berücksichtigt werden.

Gemäß Anlage 11 Teil C Nr. 1 StrlSchV /R 1/ sind die Dosisleistungskoeffizienten und die Dosiskoeffizienten für die effektive Dosis aus dem Bundesanzeiger /R 7/ heranzuziehen. Bei der Berechnung der Ingestionsdosis sind gemäß Anlage 8 Teil A Nr. 2 StrlSchV /R 1/ die Verzehrswerten gemäß Anlage 11 Teil B Tabelle 1 Spalten 1 bis 7 StrlSchV /R 1/ anzuwenden. Diese Verzehrswerten haben sich gegenüber der Anlage VII Teil B Tabelle 1 StrlSchV-2001 /R 4/ sowie dem Anhang 5 Tabelle 1 AVV /R 6/ nicht geändert. Die für die Freigabe im Einzelfall gemäß § 37 StrlSchV /R 1/ in Anlage 8 Teil A Nr. 2 StrlSchV /R 1/ genannten Annahmen in Anlage 11 Teil B Tabelle 2 und 3 werden durch die Randbedingungen der AVV /R 6/ konservativ berücksichtigt.

Die im Jahr 2012 veröffentlichte AVV /R 6/ nimmt, im Zusammenhang mit der Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, Bezug zu § 47 StrlSchV-2001 /R 4/. Die diesbezügliche Begrenzung ist nunmehr im § 99 StrlSchV /R 1/ geregelt, und für die Ermittlung der für Einzelpersonen der Bevölkerung zu erwartenden Exposition ist § 100 StrlSchV /R 1/ zugrunde zu legen. In der gemäß § 100 StrlSchV /R 1/ erlassenen Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten (AVV Tätigkeiten) vom Juni 2020 /S 6/ wird zum Anwendungsbereich ausgesagt, dass die AVV Tätigkeiten /S 6/ nicht anzuwenden ist auf Expositionsszenarien, mit denen Freigrenzen und Freigabewerte berechnet werden. Von daher ist, auch im Sinne der Vergleichbarkeit mit den Vorgaben der SSK-Empfehlung /R 3/, im Zusammenhang mit der spezifischen Freigabe zur Beseitigung auf der Deponie Brake-Käseburg weiterhin die AVV von 2012 /R 6/

anzuwenden. In der SSK-Empfehlung /R 3/ wurde ein Entwurf der AVV von 2005 herangezogen, dessen Parameter und Expositionssituationen mit der 2012 veröffentlichten AVV /R 6/ übereinstimmen.

Die Mitarbeiter von Deponien sind als nicht beruflich exponiertes Personal eingestuft. Eine Exposition der Mitarbeiter am Standort der Entsorgungsanlage kann aus Beiträgen einer äußeren Exposition durch Direktstrahlung sowie einer inneren Exposition durch Inhalation und Ingestion resultieren.

Zur Ermittlung der Direktstrahlung berechnen wir, analog zum EFN /U 3/, die zu unterstellende Ortsdosisleistung der freigegebenen radioaktiven Stoffe an den relevanten Aufpunkten mit dem Programm MicroShield /S 10/. Die Verwendung des Programms MicroShield /S 10/ ist zielführend, um anhand vereinfachter Geometrien die potenzielle Exposition durch Direktstrahlung zu bestimmen. Für die Annahmekontrolle und den Einbau von freigegebenen radioaktiven Stoffen in die Deponie ergeben sich die anzusetzenden Arbeitszeiten und Abstände aus den Gegebenheiten vor Ort und den Angaben der GIB /S 1, S 2/. Die Inhalations- bzw. Ingestionsdosen der Mitarbeiter werden anhand der Vorgaben der Berechnungsgrundlagen Bergbau (BglBb) /R 8/ und der SSK-Empfehlung zur Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- und genehmigungspflichtigem Umgang /R 9/ in Verbindung mit der Staubkonzentration gemäß dem Forschungsbericht /S 5/ sowie den Arbeitszeiten auf der Deponie berechnet.

Zur Prüfung der Szenarien „Nutzung von Oberflächenwasser“ (vgl. Abschnitt 7.1) und „Nutzung von Grundwasser“ (vgl. Abschnitt 7.2) haben wir Berechnungen mit einer von uns entwickelten Software durchgeführt. Diese Software, die in Anlehnung an das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ und des Forschungsberichts /S 5/ entwickelt wurde, kann als allgemein verwendbare Berechnungsroutine für die Migration von auf Deponien aufgebrauchten Radionukliden in das Oberflächen- und Grundwasser genutzt werden. Bei den Berechnungen können folgende Effekte berücksichtigt werden:

- Zeitabhängiger, radionuklidspezifischer Eingangsstrom,
- advektiver Transport (Transport von Radionukliden mit der mittleren Geschwindigkeit des Wassers) im zeitlich variierenden Volumenstrom,
- diffusiver Transport (Transport aufgrund des Ausgleichs eines Konzentrationsunterschieds),
- Transport durch hydromechanische Dispersion (Verteilung von Radionukliden im bewegten Porenwasser durch unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten, Porengrößen und Weglängen),
- elementspezifische Rückhaltung (Sorption, K_d -Ansatz, vgl. /R 3, S 5/) sowie
- radioaktiver Zerfall unter Berücksichtigung von Zerfallsketten (Tochternuklide).

Der Transportweg der Radionuklide wird durch eine Unterteilung in beliebig viele verschiedene, eindimensionale Kompartimente festgelegt. Die Kompartimente sind durch material-spezifische Parameter (vgl. Abschnitt 4.2 und 7) charakterisiert, die orts- und zeitabhängig festgelegt werden können. Die Zeitverläufe der Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide am ausgewählten Beobachtungsort werden durch die von uns entwickelte Software ausgewiesen. Hierdurch wird die maximale Aktivitätskonzentration des jeweiligen Radionuklids im Oberflächen- bzw. Grundwasser und die daraus resultierenden Jahresdosiswerte im Abschnitt 7 ermittelt. Die von uns entwickelte Software wurde hinsichtlich Erfüllung der geforderten Funktionen, der Einsatztauglichkeit und der Verlässlichkeit von uns geprüft. Im Rahmen einer umfangreichen Validierung der Software anhand von Plausibilitätstests mittels alternativer Berechnungsverfahren wurde die korrekte Ausführung der Funktionen und Zusammenarbeit der Module im Gesamtsystem nachgewiesen.

Die Simulationssoftware ECOLEGO /S 33/, mit welcher die Modellrechnungen der Szenarien „Nutzung von Oberflächen- und Grundwasser“ gemäß EFN /U 3/ durchgeführt wurden (vgl. Abschnitt 7), bewerten wir nicht.

Ergänzend beurteilen wir im Abschnitt 9 die Konservativitäten bei der Berechnung auf Basis der SSK-Empfehlung von 2013 zur Ermittlung der Strahlenexposition /R 10/.

2.4 Informationsquellen

Zur Ermittlung der einzelfallrelevanten Parameter sind, zusätzlich zu den Protokollen der Fachgespräche /S 1, S 2, S 3, S 4/ (vgl. Abschnitt 1), folgende Unterlagen bereitgestellt worden:

- Baugrundgutachten von 1976 zur Einrichtung der Deponie /S 20/,
- Baugrundgutachten von 1985 zu einer in Erwägung gezogenen westlichen Deponieerweiterung /S 21/,
- Baugrundgutachten von 1988 zur nördlichen Deponieerweiterung /S 22/,
- Jahresberichte zum Deponiezustand für die Jahre 2017 /S 23/ und 2018 /S 24/,
- Berechnung des Restvolumens der Deponie im Rahmen der Feststellung der Restlaufzeit, Stand Januar 2021 /S 38/,
- Bescheide zur Einleitung von gereinigtem Sickerwasser aus der Sickerwasserkläranlage Brake-Käseburg /S 25/, sowie eine Erlaubnis zur Einleitung von Niederschlagswasser /S 39/,
- Auflistung der Massen und Radioaktivitäten, die bisher auf der Deponie Brake-Käseburg abgelagert wurden /S 26/.

Außerdem sind einzelfallrelevante Informationsquellen bibliothekarisch oder im Internet zugänglich, unter anderem

- eine Studie zur Anwendung hydrogeologischer Verfahren bei Deponien, die 1992 /S 27/ und in überarbeiteter Form 1998 /S 28/ veröffentlicht wurde,
- ein Gutachten zur Fahrrinnenanpassung der Unterweser /S 29/,
- eine Veröffentlichung in der Fachzeitschrift Müll und Abfall /S 30/ sowie
- Bohrprofile und weitere Daten des niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) /S 31/.

Im Abschnitt 4 werden die im EFN /U 3/ dargestellten Randbedingungen der Deponie und des Standortes wiedergegeben und von uns bewertet.

3 Freigabeplanungen des KKU und berücksichtigte Radionuklide

Sachverhalt

Im Rahmen des Abbaus des KKU ist beabsichtigt, durch spezifische Freigaben feste Stoffe (z. B. Beton, Bauschutt, Dämmmaterial, in geringem Umfang metallische Stoffe) freizugeben und auf der Deponie Brake-Käseburg abzulagern. Dies soll unter Anwendung von § 36 Absatz 1 Nr. 3 StrlSchV /R 1/ als spezifische Freigabe von festen Stoffen zur Beseitigung auf Deponien erfolgen /U 3/. Die Deponie Brake-Käseburg erfüllt die Anforderungen der Anlage 8 Teil C Nr. 3 StrlSchV /R 1/ nicht vollständig /U 1/. Unter Bezugnahme der vorliegenden Freigabebescheide für Schüttgüter /S 11/ und Feststoffe /S 12/ hat die PEL anstelle des Nachweises der Anforderungen der Anlage 8 Teil C Nr. 3 StrlSchV /R 1/ mit Schreiben vom 24.09.2020 /U 2/ einen Einzelfallnachweis nach § 37 StrlSchV /R 1/ zur Freigabe von Reststoffen aus dem KKU zur Deponierung auf der Deponie Brake-Käseburg /U 3/ vorgelegt. Weitere Nachweise, die vor einer Erteilung der spezifischen Freigabe zur Deponierung gemäß den Freigabebescheiden /S 11, S 12/ noch vorzulegen sind, beabsichtigt die PEL zu einem späteren Zeitpunkt nachzureichen /U 1/.

Gemäß dem Antrag /U 1/ ist im Freigabebescheid 1/2016 /S 11/ für die Freigabe von Schüttgütern nach § 29 Absatz 2 Nr. 2a StrlSchV-2001 /R 4/, nunmehr § 36 Absatz 1 Satz 1 Nr. 3 StrlSchV /R 1/, das Verfahren festgelegt. Gleiches gilt für den Freigabebescheid 1/2018 /S 12/ für Feststoffe /U 1/. Bei der Feststellung der Freigabefähigkeit einzelner Freigabechargen erfolgt die Anwendung der Summenformel und des Abschneidekriteriums (10 %-Regel) /U 3/.

Die Rückbauplanungen des KKU sehen vor, folgende Massen einer spezifischen Freigabe zur Beseitigung auf einer Deponie zuzuführen /U 3/:

- Bis 2026: im Mittel ca. 50 Mg/a, maximal weniger als 100 Mg/a (Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/), insgesamt ca. 450 Mg;
- 2027 bis 2032: maximal ca. 2.400 Mg/a (Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 in Verbindung mit Anlage 8 Teil C Nr. 4 StrlSchV /R 1/), insgesamt ca. 6.550 Mg.

Insgesamt sind damit Freigabemassen von ca. 7.000 Mg geplant /U 3/. Die Planungsdaten des KKU für den Zeitraum 2018 bis 2032 sind im EFN graphisch dargestellt (vgl. Abb. 3-1 /U 3/).

Der Beginn der spezifischen Freigabe erfolgt frühestens Ende 2020 und damit mehr als neun Jahre nach Beendigung des Leistungsbetriebs des KKU im Jahr 2011 /U 3/. Eine Verschiebung des Beginns der Ablagerung von Reststoffen aus dem KKU auf der Deponie Brake-Käseburg auf später als 2020 hat keinen Einfluss auf die Betrachtungen im EFN /U 3/.

Für die Berechnungen im EFN ist es erforderlich, die Gesamtmasse und das Gesamtvolumen der für die spezifische Freigabe vorgesehenen Materialien zu berücksichtigen /U 3/. Ausgehend von den obigen Planungswerten werden laut EFN /U 3/ folgende abdeckende Annahmen getroffen:

- Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/: 1.000 Mg;
- Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/: 9.000 Mg

Die gesamte resultierende Freigabemasse, die für die Berechnungen im EFN berücksichtigt wird, beträgt damit 10.000 Mg /U 3/. Es wird angenommen, dass das Gemisch aus Bauschutt und sonstigen Materialien (hauptsächlich Dämm- bzw. Isoliermaterial) eine mittlere Dichte von $1,2 \text{ Mg/m}^3$ aufweist. Damit ergibt sich ein Volumen des Materials von ca. 8.300 m^3 /U 3/.

Das anzuliefernde Dämmmaterial muss ggf. vorgepresst werden /U 3/. Am Standort der Deponie Brake-Käseburg werden solche Arbeiten nicht durchgeführt /S 1/. Eine Vorpressung von Materialien erfolgt bei Bedarf im KKV und ist daher nicht Gegenstand des EFN /U 3/.

Die bei der vorgesehenen Freigabe aus dem KKV auf Basis der radiologischen Charakterisierung der Reststoffe zu berücksichtigenden Radionuklide sind in der Tabelle 3-1 des EFN /U 3/ aufgelistet, wobei jeweils die Halbwertszeit und die Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 und Spalte 10 StrlSchV /R 1/ mit angegeben werden. Die Auswahl ist auf Basis des Freigabeverfahrens des KKV /S 13/ erfolgt /U 3/. Es werden beta-/gammastrahlende Radionuklide (H 3, C 14, Cl 36, Ca 41, Mn 54, Fe 55, Co 60, Ni 63, Zn 65, Sr 90, Nb 94, Ru 106, Ag 108m, Ag 110m, Sb 125, Ba 133, Cs 134, Cs 137, Ce 144, Eu 152, Eu 154, Eu 155, Gd 153) sowie Actinide (U 234, U 235, U 238, Pu 238, Pu 239, Pu 240, Pu 241, Am 241, Cm 243, Cm 244) aufgelistet /U 3/.

Weitere Radionuklide sind laut EFN nicht zu berücksichtigen,

- da deren Radioaktivität nicht in radiologisch zu berücksichtigenden Mengen bzw. Konzentrationen durch Spalt- oder Aktivierungsprozesse im Leistungsbetrieb erzeugt werden konnte und/oder
- da deren Halbwertszeit so kurz ist, dass gegenwärtig und zukünftig keine radiologisch zu berücksichtigenden Aktivitätsmengen bzw. -konzentrationen mehr vorhanden sein können /U 3/.

In den Reststoffen natürlich vorkommende Radionuklide (z. B. K 40, Th 232 und Zerfallsprodukte, Th 230/Ra 226 und Zerfallsprodukte), die nicht Gegenstand der Freigabe sind, werden im EFN nicht betrachtet /U 3/.

Bewertung

Der im Antrag /U 1/ vorgenommene Bezug zu den Festlegungen in den Freigabebescheiden 1/2016 /S 11/ für die Freigabe von Schüttgütern sowie 1/2018 /S 12/ für die Freigabe von Feststoffen ist korrekt. Darüber hinaus sind die Festlegungen des Freigabebescheides 1/2021 /S 19/ für die Freigabe von Betonstrukturteilen zu berücksichtigen. Hieraus ergeben sich keine Auswirkungen auf den Antrag /U 1/, da die Festlegungen des Verfahrens im Freigabebescheid 1/2021 /S 19/ in Übereinstimmung mit den Festlegungen in den Freigabebescheiden 1/2016 /S 11/ und 1/2018 /S 12/ sind.

Die Freigabebescheide 1/2016 /S 11/, 1/2018 /S 12/ und 1/2021 /S 19/ geben gleichlautend vor, dass zur Prüfung der Voraussetzung und Erteilung der Freigabe von Stoffen zur Deponierung in einem gesonderten Bescheid unter anderem der Nachweis zur Einhaltung der Randbedingungen der Anlage IV Teil C Nr. 3 StrlSchV-2001 /R 4/, nunmehr Anlage 8 Teil C Nr. 3 StrlSchV /R 1/, für die jeweilige Entsorgungsanlage zu erbringen ist. Wir bestätigen die Feststellung des EFN /U 3/, dass die Deponie Brake-Käseburg die Anforderungen der Anlage 8 Teil C Nr. 3 StrlSchV /R 1/ nicht vollständig erfüllt. Aufgrund der geringen Jahreskapazität der Deponie Brake-Käseburg kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums durch die Anwendung der Freigabewerte der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 bzw. Spalte 10 StrlSchV /R 1/ sichergestellt wird. Gemäß § 37 Absatz 1 StrlSchV /R 1/ kann in einem solchen Fall der Nachweis zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums auch im Einzelfall geführt werden. Die Möglichkeit der Nachweisführung im Einzelfall wird auch durch die Freigabebescheide /S 11, S 12, S 19/ eröffnet. Bei der Nachweisführung im Einzelfall sind gemäß § 37 Absatz 2 StrlSchV /R 1/ die Festlegungen nach Anlage 8 Teil A Nr. 2 StrlSchV /R 1/ zu berücksichtigen. Dies ist im Rahmen des vorgelegten EFN /U 3/ erfolgt (vgl. Abschnitt 2.3). Die sonstigen zur Prüfung der Voraussetzung und Erteilung der Freigabe von Stoffen zur Deponierung auf der Deponie Brake-Käseburg vorzulegenden Nachweise können, wie im Antrag /U 1/ vorgesehen, zu einem späteren Zeitpunkt nachgereicht werden. Hierzu zählt auch der Nachweis, dass eine Verwertung oder Wiederverwendung der freigegebenen radioaktiven Stoffe außerhalb der Deponie ausgeschlossen ist (vgl. Abschnitt 2.1). Diese Nachweise haben keinen Einfluss auf die Nachweisführung des vorgelegten EFN /U 3/.

Die Bewertung einzelner Freigabebebinde unter Verwendung der Freigabewerte der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 bzw. Spalte 10 StrlSchV /R 1/ auf dem Maßstab der nach Anlage 8 Nr. 1 Buchstabe c StrlSchV /R 1/ zulässigen Mittelungsmasse ist im bestehenden Regelwerk des KKV beschrieben. Die Anwendung des Abschneidekriteriums gemäß Anlage 8 Teil A Buchstabe e StrlSchV /R 1/ (10 %-Regel) bei der Feststellung der Freigabefähigkeit einzelner Freigabechargen bewerten wir im Abschnitt 8.

In der Auflage 8 des Freigabebescheides 1/2016 /S 11/, im Abschnitt IV.2.2.4 des Freigabebescheides 1/2018 /S 12/ und im Abschnitt III.3.2.4 des Freigabebescheides 1/2021 /S 19/ ist die Nachverfolgung der Abgabechargen hinsichtlich der Massen und der mittleren Ausschöpfung der Summenformel nach Anlage IV StrlSchV-2001 /R 4/, nunmehr Anlage 8 StrlSchV /R 1/, vorgegeben, sodass ein gegebenenfalls in dem noch zu erstellenden Freigabebescheid festzulegendes Massen- und Aktivitätsbudget (vgl. Abschnitt 8) im Rahmen einer fortschreitenden Bilanzierung für die Deponie Brake-Käseburg eingehalten und kontrolliert werden kann.

Wir bestätigen, dass eine zeitliche Verschiebung der beantragten spezifischen Freigabe keinen Einfluss auf die Betrachtungen im EFN /U 3/ hat (vgl. Abschnitt 8).

Die Angabe, dass eine ggf. erforderliche Vorpressung von Materialien im KKV erfolgt /U 3/, stimmt mit den Angaben im Fachgespräch /S 1/ überein. Die GIB hat dargelegt, dass keine Verpressung von KKV-Abfällen am Deponiestandort vorgesehen ist /S 1/.

Wir bestätigen, dass im EFN (vgl. Tabelle 3-1 /U 3/) alle Radionuklide erfasst wurden, die für freizugebende Stoffe aus dem KKV relevant sind. Die Auswahl ist in Übereinstimmung mit der Ausführungsanweisung zur Freigabe /S 13/, deren Anwendung vom MU zugestimmt wurde /S 14/.

4 Randbedingungen der Deponie und des Standorts

4.1 Ablagerungsmengen, Flächen und Basisabdichtung

Sachverhalt

Die Deponie Brake-Käseburg ist für die Ablagerung von Siedlungsabfällen einschließlich asbesthaltigen oder sonst mit Schadstoffen belasteten Bau- und Abbruchabfällen ausgelegt /U 3/. Die Deponie besteht aus den beiden Bauabschnitten (BA) BA-Süd und BA-Nord. Über den Zustand der beiden Bauabschnitte werden jährlich Berichte (vgl. /S 23, S 24/) erstellt. Weitere Informationen sind gemäß EFN in den Besprechungsprotokollen /S 1, S 2/ zusammengefasst, insbesondere auch Angaben zum schon verfüllten und noch für Ablagerungen verfügbaren Deponievolumen /U 3/.

Der BA-Süd wurde bis 1996 betrieben /U 3/. Anschließend wurden bis 1999 Maßnahmen zur Sicherung und Rekultivierung durchgeführt. 2001 wurde der BA-Süd in die Nachsorgephase überführt. Beim BA-Süd liegt keine Basisabdichtung mit Kunststoffdichtungsbahnen vor. Aus einem Dichtwandtopf wird Sickerwasser gefördert /U 3/.

Der BA-Nord, der für die Ablagerung der festen Stoffe aus dem KKV vorgesehen ist, wird seit 1996 betrieben /U 3/. Von 1996 bis 2005 wurden im Wesentlichen nicht behandelte Siedlungsabfälle, Sperrmüll, Boden- und Baustellenabfälle sowie Produktionsrückstände und asbesthaltige Abfälle abgelagert (ca. 10.000 Mg/a bis 40.000 Mg/a). Von 2005 bis 2011 erfolgte überwiegend die Ablagerung mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfalls (ca. 7.000 Mg/a bis 12.000 Mg/a). Seit 2011 werden nahezu ausschließlich asbesthaltige Baustoffe, Betonreste und sonstige Bau-/Abbruchabfälle sowie Strahlmittelabfälle abgelagert (2011 bis 2017: gemittelt 360 Mg/a; 2018: 1.422 Mg/a) /U 3/.

Die bis Ende 2017 im BA-Nord abgelagerten Abfälle summieren sich zu einem Volumen von 318.467 m³ und einer Masse von 316.672 Mg /U 3/. Daher ergibt sich rechnerisch eine mittlere Dichte von 1,0 Mg/m³ für das bisher im BA-Nord abgelagerte Material. Mit Stand Januar 2019 wird im Jahresbericht /S 24/ ein Ablagerungsvolumen von insgesamt ca. 319.156 m³ angegeben, die Masse summiert sich auf 318.094 Mg /U 3/.

Das mit Stand April 2019 für Anlieferungen von Abfällen zur Verfügung stehende Restvolumen des BA Nord beträgt 58.126 m³ /U 3, S 35/. Für die für die Freigabe zur Beseitigung aus dem KKV vorgesehenen Mengen, die im BA-Nord abgelagert werden sollen (vgl. Kapitel 3 /U 3/ und Abschnitt 3), steht demnach ausreichend Restvolumen zur Verfügung /U 3/.

Die Deponieflächen, die für die Szenarien „Nutzung von Oberflächenwasser“ (Szenario O1; vgl. Kapitel 4.2 /U 3/ und Abschnitt 7) bzw. „Nutzung von Grundwasser“ (Szenario G; vgl.

Kapitel 4.2 /U 3/ und Abschnitt 7) zu Grunde zu legen sind, werden anhand eines Plans des BA-Nord mit Stand Januar 2020 /S 36/ ermittelt /U 3/. Für die Bereiche, welche im Deponiebetrieb nicht mit einer Abdeckung versehen sind (Versickerungsbereiche im Szenario O1), ergibt sich eine Fläche von ca. 30.800 m² ≈ 175 m x 175 m /U 3/. Für die Bereiche, für die ein Versagen der gesamten Oberflächenabdeckung in der Zukunft unterstellt wird (Versickerungsbereiche im Szenario G), wird im EFN eine Fläche von ca. 47.176 m² ≈ 217 m x 217 m ermittelt /U 3/.

Gemäß dem EFN /U 3/ wird in den Baugrundgutachten zur Deponieerweiterung die geologische und hydrogeologische Situation beschrieben. Demnach besteht der unmittelbare Untergrund der Deponie aus einer Wechsellagerung von Weichschichten (Klei und Torf) mit einer Gesamtmächtigkeit zwischen 7,9 m und 12,5 m (vgl. Abschnitt 4.2). Gemäß den Baugrundgutachten /S 21, S 22/ können die Weichschichten dazu führen, dass durch die im Bereich der Deponie entstehende Auflast eine Setzung eintreten kann. /U 3/. Der BA-Nord verfügt an der Basis über eine Kombinationsabdichtung, die aus einer mineralischen Dichtschicht und Kunststoffdichtungsbahnen, entsprechend der bei Inbetriebnahme des BA-Nord geltenden Vorschrift Technische Anleitung (TA) Siedlungsabfall /S 37/, besteht /U 3/. Oberhalb der Dichtung befindet sich ein Drainagesystem aus flächig aufgebrachtem Kies sowie in regelmäßigen Abständen angeordneten und gelochten Kunststoffrohren /U 3/. Auf diese Weise wird die im Baugrundgutachten zur nördlichen Deponieerweiterung /S 22/ besorgte Durchströmung des Deponiekörpers mit Grundwasser gemäß EFN auch bei Setzungen verhindert /U 3/.

Bei den Annahmen zu Parametern für das standortspezifische Modell zum Eintrag von Radionukliden in das Grundwasser (vgl. Kapitel 4.2.7 /U 3/) wird die Ausführung der Deponie Brake-Käseburg als Deponieklasse II angesetzt.

Bewertung

Der aktuelle Zustand des BA-Süd, der von 1975 bis 1996 betrieben wurde, ist in den Jahresberichten /S 23, S 24/ dokumentiert. Der Aufbau der Dichtungsspundwand (Dichtwandtopf /U 3/) des BA-Süd und die umlaufende Ringdränage sind 1996 in der Veröffentlichung /S 30/ beschrieben worden. Der BA-Süd hat keine Basisabdichtung, ein Großteil des gebildeten Sickerwassers wurde über die Torfschicht (vgl. Abschnitt 4.2) dem Deponiegraben zugeführt /S 27, S 30/. Die sodann zur Fassung und ordnungsgemäßen Entsorgung von schadstoffbelastetem Wasser erstellte Dichtungsspundwand reicht bis in die untere Kleischicht /S 30/. Die aus Kies und einem Dränrohr bestehende Ringdränage beginnt auf der Oberkante des Kleihorizontes /S 30/. Das Sickerwasser des BA-Süd wird aus Pumpwerken zur Deponiekläranlage gefördert /S 30/ und liefert einen Beitrag zur Sickerwassermenge (vgl. Abschnitt 4.3).

Wir haben die im EFN /U 3/ dargelegten Massen- und Volumenangaben anhand der Angaben der GIB /S 1, S 35/, der Berechnung des Restvolumens /S 38/ und der Deponieberichte /S 23, S 24/ geprüft. Aus einer Differenzvolumenermittlung des Gesamteinlagerungsvolumens des BA-Nord und dem Volumen der dort abgelagerten Abfälle wurde ein Restvolumen von 28.385 m³ mit Stand Januar 2021 /S 38/ ermittelt. Das im EFN /U 3/ angegebene höhere Restvolumen des BA-Nord von 58.126 m³ ist ein Planungswert, dessen Volumenerhöhung sich unter anderem aus einer geänderten Ausführungsplanung des Oberflächenabdichtungssystems mit einer geringeren Schichtdicke /S 38/ ergibt. Für unsere weiteren Betrachtungen der Deponie Brake-Käseburg verwenden wir das Restvolumen des BA-Nord von 28.385 m³. Für die Szenarien, die abhängig vom Restvolumen sind, führen wir im Anhang I (Abschnitt 13) eine zusätzliche Betrachtung mit dem Planungswert von 58.126 m³ gemäß EFN /U 3/ durch. Die mittlere Dichte des bisher im BA-Nord abgelagerten Materials (1,0 Mg/m³ /U 3/) ist rechnerisch korrekt ermittelt worden.

Gemäß dem Protokoll /S 1/ ist die Ablagerungsfläche kleiner als 200 m x 200 m. Gemäß dem Protokoll /S 2/ sind Teile des BA-Nord bereits mit einer Oberflächenabdichtung versehen. Niederschlag auf diese abgedeckten Bereiche wird somit nicht mit dem Sickerwasser abgeführt. Für die Sickerwasserbetrachtung ist somit nur die nicht abgedeckte Fläche relevant. Für das Grundwasserszenario bei Versagen der Abdichtung ist hingegen die gesamte Deponiefläche des BA-Nord zu berücksichtigen /S 2/. Die im EFN ermittelten Flächen für die Szenarien O1 (30.800 m² ≈ 175 m x 175 m) bzw. G (47.176 m² ≈ 217 m x 217 m) /U 3/ sind nachvollziehbar und hinsichtlich des Aktivitätsübergangs der Radionuklide in das Oberflächen- bzw. Grundwasser jeweils konservativ gewählt, da jeweils alle potenziell vom Sickerwasser durchdrungenen und radionuklidhaltenden Ablagerungsbereiche berücksichtigt werden.

Gemäß dem Protokoll /S 1/ entspricht die Deponie Brake-Käseburg der Deponieklasse II. Die Beschreibung der Basisabdichtung des BA-Nord im EFN /U 3/ ist in Übereinstimmung mit einer Schnittzeichnung des BA-Nord /S 40/. Die Angaben zu mineralischer Dichtung, Kunststoffdichtungsbahn und Dränschicht /S 40/ erfüllen die Vorgaben zum Deponiebasisabdichtungssystem für die Deponieklasse II gemäß der TA Siedlungsabfall /S 37/. Damit wird auch die diesbezügliche Vorgabe nach Anlage 8 Teil C Nr. 3 StrlSchV /R 1/ für die spezifische Freigabe, d. h. die Entsprechung mindestens der Anforderungen der Deponieklasse I gemäß Deponieverordnung /R 5/, eingehalten.

Die Setzungen der Deponie werden regelmäßig gemessen /S 23, S 24/. An den Messpunkten an den Ober- und Unterkanten der Böschungen der Randwälle betragen die Setzungen insgesamt ca. 1-2 cm pro Jahr. Die Aufzeichnung der vergangenen Jahre zeigt, dass die jährliche Setzung abnimmt /S 24/. Ein weiteres Abklingen der Setzungen war auch 2018 erkennbar /S 24/. Die Setzung liegt im Bereich von weniger als

insgesamt 0,5 m nach über 20 Jahren, und die zukünftig hinzukommende Ablagerungsmasse wird sehr viel geringer sein als diejenige, die bereits auf der Deponie abgelagert wurde. Im Hinblick auf zukünftig nicht auszuschließende geringfügige Setzungen ist die Modellierung der Szenarien im EFN vor dem Hintergrund der über die gesamte Deponie homogenisierten Annahmen konservativ. Diese Aussage gilt auch für die Parametrisierung der geologischen Barriere (vgl. Abschnitt 4.2). Bei einer denkbaren zukünftigen Deponieerweiterung (vgl. Abschnitt 4.6) ist die Integrität der Abdichtung gegenüber dem oberflächennahen Grundwassergeringleiter (vgl. Abschnitt 4.2) im Rahmen eines Planergänzungsverfahrens nachzuweisen.

4.2 Hydrologische und Hydrogeologische Parameter

Sachverhalt

Die Weser verläuft ca. 1 km östlich der Deponie Brake-Käseburg /U 3/. Im Zusammenhang mit der Einleitung von Abwasser aus der Deponiekläranlage in die Weser (vgl. Kapitel 4.2.5 /U 3/) werden im EFN ein mittlerer jährlicher Abfluss (MQ) der Weser von 322 m³/s, entsprechend dem Wert des Pegels Intschede für 2014 /S 41/, sowie als Durchmischungswassermenge ein Anteil von 6,4 % dieses MQ-Wertes zu Grunde gelegt. Für die Nutzung von Oberflächenwasser (vgl. Abschnitt 7) resultiert ein Abfluss, der Radionuklide enthält, von ca. 6,5E+11 dm³/a /U 3/. Dieser Ansatz unterstellt laut EFN /U 3/ konservativ, dass eine Entnahme des Wassers aus der Weser im unmittelbaren Abstrom der Einleitungsstelle erfolgt. Eine Durchmischung mit weniger als 6,4 % des MQ-Wertes ist laut EFN nicht möglich, da einerseits die Einleitung des Abwassers der Deponie nicht direkt am Ufer erfolgt, eine Entnahme andererseits aber im Uferbereich erfolgen würde /U 3/.

Westlich der Deponie und direkt an den Deponiestandort angrenzend fließt der lokale Vorfluter Südliche Rönnel (vgl. Kapitel 2.5.2 /U 3/). Eine Einleitung von Abwasser aus der Deponiekläranlage in den Vorfluter Südliche Rönnel wird nicht durchgeführt und ist gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis auch nicht genehmigt /S 1/. Ebenso findet auch keine Ableitung von gesammelten Wässern nach Starkregenereignissen aus dem dafür vorgehaltenen Ausgleichsbehälter (vgl. Abschnitt 4.3) in die Südliche Rönnel statt /U 3/.

Die Deponie liegt auf ca. 0 m NN im hydrogeologischen Teilraum Unterweser-Marsch /S 42, U 3/. Die Unterweser-Marsch ist durch Küstensedimente und fluviatile Gezeitenablagerungen gekennzeichnet. Aufgrund der geringen Durchlässigkeit der Sedimente, der geringen Flurabstände und auch der künstlichen Entwässerung ist die Grundwasserneubildung im Wesermarschgebiet mit unter 100 mm/a relativ gering /S 42, U 3/.

Im Zusammenhang mit dem Szenario G (vgl. Kapitel 4.2.7 /U 3/) ist die Ermittlung standortspezifischer hydrogeologischer Parameter erforderlich. Aktuelle Messdaten zu Grundwasserständen in den Messstellen am Deponiestandort ermöglichen die Ableitung des hydraulischen Gradienten am Standort /U 3/. Der geologische Aufbau des Untergrundes am Deponiestandort ist anhand zahlreicher Bohrungen charakterisiert und im EFN /U 3/ sind Bohrprofile aus der Bohrdatenbank des LBEG /S 31/ dargestellt.

Die Deponie gründet auf einem holozänen Grundwassergeringleiter, mit einem darunterliegenden pleistozänen Grundwasserleiter (GWL). Im Liegenden der pleistozänen Sande wurde Lauenburger Ton mit einer Mindestmächtigkeit von 6 m /S 27/ erbohrt /U 3/. Der Grundwasserspiegel im pleistozänen Stockwerk ist gespannt und liegt bei -2,5 m bis 0 m NN /S 27, S 31, U 3/. Gemäß der Studie /S 27/ wirken sich langfristige Pegelschwankungen der Weser auf den Grundwasserspiegel aus, der Tideeinfluss ist demgegenüber am Deponiestandort nicht mehr auszumachen. Das Grundwassergefälle ist gering und wird zudem durch künstliche Entwässerung beeinflusst /U 3/.

Der Aufbau des holozänen Grundwassergeringleiters wird im EFN /U 3/, auch im Hinblick auf den Radionuklidtransport unter Angabe von hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwerten und effektiven Porositäten (gemäß /S 21, S 27/), folgendermaßen beschrieben:

- Es liegt eine obere Kleischicht mit geringer Mächtigkeit (im Mittel 1,9 m /S 27/) vor, welche nur eine eingeschränkte Schutzwirkung hinsichtlich des Austrags von Radionukliden besitzt /U 3/.
- Darunter folgt eine Torfschicht mit geringer Mächtigkeit (im Mittel 1,7 m /S 27/), welche als stark anisotrop und inhomogen charakterisiert wird. Aufgrund der im Vergleich zu den umgebenden Kleischichten höheren hydraulischen Durchlässigkeit in horizontaler Richtung stellt die Torfschicht eine oberflächennahe, wasserführende Schicht dar. Durch die gespannten hydraulischen Verhältnisse (geringere Druckhöhen als das Grundwasser im darunterliegenden pleistozänen GWL) verläuft der Druckgradient von unten nach oben, so dass bei gleichbleibenden hydraulischen Bedingungen der pleistozäne GWL von den Sickerwässern aus der Torfschicht auch bei hydraulischen Kurzschlüssen zwischen beiden wasserführenden Schichten (z. B. durch Bohrungen oder lokale Inhomogenitäten im Schichtaufbau und -wechsel /S 27/) nicht beeinflusst wird /U 3/.
- Darunter folgt eine untere Kleischicht mit großer Mächtigkeit (im Mittel 6,7 m /S 27/), welche einen homogenen Aufbau und somit eine hohe Schutzwirkung hinsichtlich des Austrags von Radionukliden besitzt /U 3/.

Der unterhalb dieser Klei- und Torfschichten befindliche gespannte pleistozäne GWL setzt sich aus Mittel- bis Grobsanden mit unterschiedlichen Feinsandanteilen sowie teilweise auch Kiesanteilen zusammen /S 20, S 21, S 31/ und weist eine Mächtigkeit von 5 m (mittlere

Angabe gemäß /S 27/ und belegt durch Bohrprofile) auf /U 3/. Der hydraulische Durchlässigkeitsbeiwert wird in der Studie /S 27/ mit $2E-03$ m/s bzw. im Gutachten /S 29/ mit $1E-05$ m/s bis $1E-03$ m/s angegeben. Die effektive Porosität liegt bei 28 % /S 27/. Zur Ermittlung der hydraulischen Gradienten wurden (gemäß dem Vor-Ort-Termin /S 1/) die Ruhewasserspiegel der Grundwassermessstellen, welche am Deponiestandort in den Schichten des Pleistozäns verfiltert sind, ausgewertet. Diese im EFN für den hydraulischen Gradienten ermittelten Werte (im Mittel $1E-04$ bis $7E-04$) liegen laut EFN in ähnlichen Bereichen wie in der Studie /S 27/ angegeben ($2E-04$ bis $1E-03$) /U 3/.

Laut Aussage im EFN (Kapitel 4.2.7 /U 3/) stellen die gemäß der SSK-Empfehlung /R 3/ verwendeten Parameter zur Charakterisierung des GWL einen generischen Ansatz dar, welcher die hydrogeologische Situation standortunabhängig beschreibt. Mit Hilfe standortspezifischer Daten /S 1, S 27/ wurde im EFN ein standortspezifisches Modell der Deponie entwickelt. In diesem standortspezifischen Modell zur Berechnung der Radionuklidmigration von der Deponie in das Grundwasser werden im EFN /U 3/ folgende hydrogeologischen Parameter zu Grunde gelegt:

- Die Parametrisierung der geologischen Barriere (geologisch: Kleischichten; technisch: Oberflächenabdichtung, Basisabdichtung) wird laut EFN konservativ gewählt, indem die Gesamtmächtigkeit dieser Schicht unter der Deponie mit 1 m angenommen wird /U 3/. Dies berücksichtigt eine potenziell stark variierende Mächtigkeit der geologischen Barriere sowie die Beeinflussung der oberflächennahen (temporär) wasserführenden gespannten Torfschicht durch hydraulisch bedingt aufsteigendes Grundwasser aus den pleistozänen Schichten, z. B. verursacht durch hydraulische Kurzschlüsse. Die mittlere Dichte beträgt $1,3 \text{ Mg/m}^3$, entsprechend dem Minimalwert des Überdeckungsmaterials (vgl. /S 1/). Entsprechend dem Forschungsbericht /S 5/ wird eine effektive Porosität von 0,2 angesetzt (vgl. Tabelle 4-48 /U 3/).
- Als hydrogeologische Parameter für den GWL werden im EFN eine Mächtigkeit von 5 m gemäß /S 5, S 27/, eine Dichte von $1,6 \text{ Mg/m}^3$ gemäß /S 5/, eine effektive Porosität von 0,28 gemäß /S 27/ sowie eine Darcy-Geschwindigkeit von 32 m/a gemäß /S 1, S 27/ herangezogen (vgl. Tabelle 4-48 /U 3/).

Der EFN /U 3/ enthält eine zusammenfassende Darstellung der hydrogeologischen Parameter mit weiteren Annahmen zur Deponie und zum Sickerwasser (vgl. Tabelle 4-48 /U 3/). Bei den Szenarien O1 bzw. G (vgl. Kapitel 4.2.4 bzw. 4.2.7 /U 3/) wird, auf Basis des Forschungsberichts /S 5/, eine Sickerwasserneubildungshöhe von 0,3 m/a bzw. 0,2 m/a angesetzt /U 3/.

Bewertung

Die Einleitung des in der Deponiekläranlage gereinigten Abwassers (vgl. Abschnitt 4.3) erfolgt in die Unterweser unterhalb der Tidegrenze. Die Zugrundelegung des mittleren

jährlichen Abflusses (MQ) des Pegels Intschede /U 3/, d. h. des Zuflusses aus der Mittelweser, sowie eines Anteils von 6,4 % dieses MQ-Wertes als Durchmischungswassermenge (vgl. Kap. 5.3 der AVV /R 6/) ist nachvollziehbar. Der Pegel Intschede ist der zum Bremer Weserwehr (Tidegrenze) nächstgelegene Pegel der Mittelweser, für den im Gewässerkundlichen Jahrbuch /S 41/ Abflusswerte angegeben sind. Die Werte im Gewässerkundlichen Jahrbuch 2014 (MQ = 322 m³/s) bzw. 2015 (MQ = 321 m³/s) /S 41/ unterscheiden sich nicht signifikant. Der Ansatz eines Anteils von 6,4 % dieses Abflusswertes, d. h. eines radionuklidhaltenden Abflusses von ca. 6,5E+08 m³/a /U 3/, entspricht näherungsweise einer Durchmischungswassermenge von etwa 21 m³/s, welche für den Nahbereich des KGU ermittelt /S 46/ wurde. Die Durchmischungswassermenge von etwa 21 m³/s wurde auch im Genehmigungsverfahren zur Stilllegung und zum Abbau des KGU herangezogen (vgl. Kap. II.1.2.6.2 im Genehmigungsbescheid /S 45/). Bei einer Einleitung der maximalen Sickerwassermenge (Kapazität Deponiekläranlage) von ca. 50.000 m³/a (vgl. Abschnitt 4.3) resultiert ein Wassermengenverhältnis von ca. 1,3E+04. Die Erläuterungen im EFN /U 3/ zur Konservativität dieses Ansatzes hinsichtlich der Nutzung von Oberflächenwasser (vgl. Abschnitt 7) sind nachvollziehbar, d. h. eine geringere Durchmischungswassermenge ist nicht zu erwarten.

Der Vorfluter Südliche Rönnel wird in der wasserrechtlichen Erlaubnis /S 25/ nicht benannt, d. h. eine Einleitung von gereinigtem Sickerwasser in diesen Vorfluter ist von den Bescheiden /S 25/ nicht umfasst /S 2/. Es ist lediglich eine Einleitung von gesammeltem Niederschlagswasser, das auf der Nordböschung des BA-Süd bzw. auf der Südböschung des BA-Nord anfällt, in die Rönnel erlaubt /S 39/. Der Austritt von Sickerwasser in die Rönnel wird von der GIB ausgeschlossen /S 1/. Da in den lokalen Vorfluter Südliche Rönnel keine Einleitung von Sickerwasser erfolgt, sind hydrologische Charakteristika der Südlichen Rönnel für den EFN nicht relevant.

Der im EFN /U 3/ beschriebene Aufbau des holozänen Grundwassergeringleiters (entsprechend der Wechsellagerung von Weichschichten /S 21, S 22/), einschließlich der erläuterten hydraulischen Verhältnisse, ist in Übereinstimmung mit dem diesbezüglich zitierten Baugrundgutachten von 1985 /S 21/ sowie der Studie /S 27, S 28/. Die im EFN (vgl. Kapitel 4.2.7 /U 3/) erläuterte Parametrisierung der geologischen Barriere (Abdichtung) unter der Deponie ist nachvollziehbar. Diese Parametrisierung (angesezte Dicke 1 m) ist aufgrund der Mächtigkeit der unteren Kleischicht (im Mittel 6,7 m /S 27/) hinsichtlich der Radionuklidmigration nach dem Versagen der Oberflächenabdichtung und Basisabdichtung konservativ gewählt.

Die Auswirkungen der Beeinflussung der wasserführenden gespannten Torfschicht durch hydraulisch bedingt aufsteigendes Grundwasser aus den pleistozänen Schichten, z. B. verursacht durch hydraulische Kurzschlüsse /U 3/, bewerten wir im Abschnitt 5.2.7.

Die Beschreibung des pleistozänen GWL im EFN /U 3/ ist in Übereinstimmung mit der Studie /S 27, S 28/ und dem Gutachten /S 29/. Die im EFN /U 3/ herangezogenen hydrogeologischen Parameter für den GWL (Mächtigkeit 5 m; Dichte $1,6 \text{ Mg/m}^3$; effektive Porosität 0,28) sind nachvollziehbar und hinsichtlich der Berechnung der Radionuklid-Ausbreitung im Szenario G (vgl. Abschnitt 7.2) geeignet. Eine geringfügig niedrigere gemittelte Mächtigkeit des GWL (4,8 m gemäß /S 27, S 28/) wirkt sich nicht signifikant auf die Berechnungsergebnisse aus. Die in der Studie zur Anwendung hydrogeologischer Verfahren bei Deponien angegebene effektive Porosität ist von 0,28 gemäß der Veröffentlichung 1992 /S 27/ auf 0,20 gemäß der Veröffentlichung 1998 /S 28/ korrigiert worden. Wir verwenden für unsere Berechnungen des Grundwasserpfades den aktuellen Wert von 0,20 /S 28/. Der Unterschied wirkt sich nur minimal auf die Ergebnisse aus (Abweichung kleiner 1 %).

Zur Bewertung der hydraulischen Gradienten (im Mittel $1\text{E-}04$ bis $7\text{E-}04$ gemäß EFN /U 3/) wurden uns Daten zu Wasserständen von Brunnen am Deponiestandort sowie ein Übersichtsplan der Grundwassermessstellen zur Verfügung gestellt /S 48/. Außerdem sind in den Jahresberichten /S 23, S 24/ und im Baugrundgutachten /S 22/ Wasserstände von Brunnen angegeben. Im Rahmen der Deponieüberwachung /S 23, S 24/ werden das oberflächennahe Grundwasser (sog. b-Brunnen, verfiltert im holozänen Grundwassergeringleiter) sowie das tiefe Grundwasser (sog. a-Brunnen, verfiltert im pleistozänen GWL) beprobt. Neben chemischen Parametern werden auch die Wasserstände der Brunnen zum Zeitpunkt der Probennahme erfasst. Die von uns anhand der Lage und Wasserstände der a-Brunnen /S 22, S 23, S 24, S 48/ ermittelten hydraulischen Gradienten liegen zwischen $1\text{E-}04$ und $2\text{E-}03$ und werden im Folgenden von uns zur Berechnung der Darcy-Geschwindigkeit herangezogen.

Die Darcy-Geschwindigkeit ist das Produkt aus dem Durchlässigkeitsbeiwert und dem hydraulischen Gradienten. Eine Darcy-Geschwindigkeit von 32 m/a (vgl. Tabelle 4-48 /U 3/) ergibt sich näherungsweise, wenn obere Werte der im EFN /U 3/ herangezogenen Durchlässigkeitsbeiwerte ($1\text{E-}05 \text{ m/s}$ bis $2\text{E-}3 \text{ m/s}$ /S 27, S 29/) und hydraulischen Gradienten ($2\text{E-}04$ bis $1\text{E-}03$ /S 27/) zugrunde gelegt werden. Anhand der Durchlässigkeitsbeiwerte gemäß /S 27, S 28, S 29/ sowie der von uns ermittelten hydraulischen Gradienten erhalten wir je nach Ansatz gemittelte Werte der Darcy-Geschwindigkeit von 3 bis 32 m/a . Die im Szenario G (vgl. Abschnitt 7.2) herangezogene Darcy-Geschwindigkeit von 32 m/a ist nachvollziehbar und aus unserer Sicht hinsichtlich der Radionuklid-Ausbreitung konservativ.

Darüber hinaus wird im EFN /U 3/ sowie in unserer standortspezifischen Modellierung des Szenarios G (vgl. Abschnitt 7.2) in konservativer Weise davon ausgegangen, dass die Darcy-Geschwindigkeit sowie die Fließrichtung des GWL über die Gesamtzeit der Ausbreitung (bis zum Erreichen der Maximalkonzentrationen der Radionuklide im Brunnen) gleichbleiben. Gemäß der Studie /S 27, S 28/ und dem Gutachten /S 29/

steht im pleistozänen GWL gespanntes Grundwasser an, das mit dem Wasser der Weser in Verbindung steht. Zwar ist der Gezeiteneinfluss etwa 1 km von der Weser entfernt in Messstellen nicht mehr auszumachen, langfristige Schwankungen eines mittleren Weserpegelstandes pausen sich jedoch auf den Verlauf der Grundwasserganglinien durch /S 27, S 28/. Bei hohen Pegelständen fließt Wasser von der Weser weg in Richtung Binnenland, bei tiefen Pegelständen ist die Weser Vorfluter. Bezüglich des Szenarios G und in Bezug auf die herangezogene Darcy-Geschwindigkeit von 32 m/a ist festzustellen, dass die Modellierung im EFN /U 3/ aufgrund der oben genannten Variationen des Fließverhaltens des GWL als konservativ anzusehen ist.

Der Ansatz einer Sickerwasserneubildungshöhe von 0,3 m/a bzw. 0,2 m/a bei den Szenarien O1 bzw. G entspricht den Angaben im Forschungsbericht /S 5/. Die Auswirkungen der hinterlegten hydrologischen und hydrogeologischen Parameter bewerten wir im Zusammenhang mit der Radionuklidausbreitung (vgl. Abschnitt 7).

4.3 Anfall von Sickerwasser, Klärschlamm und Filtermaterial

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ wird ausgesagt, dass gemäß dem Jahresbericht /S 24/ für den BA-Nord für den Zeitraum 2011 bis 2018 eine mittlere Sickerwassermenge von ca. 9.200 m³/a ermittelt wurde. Aus dem BA-Süd fielen für den Zeitraum 2013 bis 2018 im Mittel ca. 27.600 m³/a an, die aus dem Dichtwandtopf gefördert wurden /U 3/. Im Zusammenhang mit den Szenarien „Verwertung von Klärschlamm“, „Beprobung und Reinigung von Behältern“, „Umgang mit Filtermaterialien“ und „Entsorgung von Überschusswasser“ (vgl. Kapitel 4.2.6. und 4.3.3 bis 4.3.5 /U 3/) wird im EFN die Sickerwassermenge mit ca. 36.800 m³/a angegeben /U 3/.

Das gesamte Sickerwasser der Deponie Brake-Käseburg wird in einer Deponiekläranlage (Durchsatz bis ca. 50.000 m³/a) gereinigt und anschließend über ein Rohrleitungssystem in die Weser abgegeben /U 3/. Die Einleitung des gereinigten Sickerwassers in die Weser erfolgt bei einer tidenbedingten Überdeckung der Einleitstelle von mindestens 1,5 m und während der Monate Mai bis September nur im Zeitraum von 21:00 Uhr bis 06:00 Uhr, sonst ganztägig /U 3/.

Die Deponiekläranlage verfügt über diverse Becken zur Sickerwasserbehandlung und einen vorgeschalteten Sickerwasserausgleichsbehälter mit einem Füllvolumen von ca. 1.600 m³, wovon im Normalbetrieb 200 m³ als Reserve für den Sickerwasseranfall nach Starkregeneignissen freigehalten werden /U 3/.

Für den sehr seltenen Fall, dass nach Starkregenereignissen und bei langandauernden Niederschlagsperioden Abwasser und Sickerwasser anfällt, das nicht in den Ausgleichsbehältern aufgefangen werden kann, erfolgt die Abgabe in Tankwagen an dafür zugelassene Entsorger (externe Kläranlagen) /U 3/. Dieser Fall ist laut EFN in der Historie des Deponiebetriebs zweimal vorgekommen, wobei das angefallene Abwasser und Sickerwasser jeweils wie beschrieben abgegeben wurde /U 3/.

Weiterhin existiert eine Bypass-Leitung für die Einleitung in das Kanalnetz der Stadt Brake /U 3/. Diese Einleitmöglichkeit ist grundsätzlich vorgehalten, wird aber nur im Anforderungsfall auf behördliche Anordnung genutzt /S 2/. Die Kläranlage der Stadt Brake ist für 34.000 Einwohner ausgelegt, das gereinigte Abwasser wird in die Weser eingeleitet, und der anfallende Klärschlamm wird thermisch verwertet /U 3, S 50/.

Die bei der Sickerwasserreinigung anfallende Klärschlammmenge der Deponie Brake-Käseburg beträgt ca. 2.000 Mg/a (feucht, Feststoffgehalt ca. 2%). Daraus resultiert eine anfallende Trockenmasse des Klärschlammes von ca. 40 Mg/a /U 3/. Der Klärschlamm wird auf der Deponie entwässert und anschließend an einen zertifizierten Entsorger abgegeben. Die Entwässerung kann ggf. auch in einer externen Anlage durchgeführt werden /U 3/.

Zusätzlich zum Klärschlamm fallen Feststoffe aus den Filteranlagen der Deponiekläranlage an /U 3/. Dabei handelt es sich um ca. 0,5 Mg Filtermaterial (Aktivkohle) pro Jahr. Außerdem fallen ca. 1 Mg Quarzsande und Kiese pro Jahr an, welche zurzeit auf der Deponie Brake-Käseburg abgelagert werden. Der Filtertausch erfolgt jährlich /S 2/. Es gibt noch ein großes Aktivkohlesystem (8 Mg Aktivkohle), das derzeit nicht notwendig und dementsprechend nicht in Betrieb ist. Bei Bedarf ist dieses System wieder reaktivierbar /U 3/.

Bewertung

Die Angaben im EFN /U 3/ zur Einleitung von gereinigtem Sickerwasser in die Weser stimmen mit der wasserrechtlichen Erlaubnis /S 25/ überein. Gemäß der Auflage III.9 /S 25/ darf die Einleitung nur unter Wasser erfolgen, und im Sommerhalbjahr (Badesaison Mai bis September) nur zu Nachtzeiten (21:00 Uhr bis 06:00 Uhr). Die Jahres-schmutzwassermenge wurde 1996 mit 55.000 m³/a festgesetzt, 1998 auf 40.000 m³/a verringert, 2002 auf 48.000 m³/a erhöht, 2003 auf 55.000 m³/a erhöht, 2005 auf 65.000 m³/a erhöht, 2006 mit 50.847 m³/a festgesetzt und wird seit 2015 aus Mittelwerten der vier höchsten Werte der vergangenen fünf Jahre festgelegt /S 25/.

Im 5. Änderungsbescheid der Wasserrechtlichen Erlaubnis von 2002 /S 25/ wird in einer Auflage die Mitbehandlung externer Abwässer, hier Abwasser aus der Kondensat-Entsorgung aus dem KKKU, in der Deponiekläranlage geregelt. Im Vor-Ort-Termin /S 2/ wurde dazu festgestellt, dass eine Mitbehandlung externer Abwässer aus dem KKKU

seit Ende des KKU-Leistungsbetriebs nicht mehr durchgeführt wird und im Rahmen des Abbaus des KKU aus technischen Gründen ausgeschlossen werden kann.

Der Umgang mit dem Sickerwasser und dessen Einleitung (Sickerwasserbehälter, Starkregenereignis) führt zu potenziellen Expositionspfaden, auf die wir in den Abschnitten 5.2.5 sowie 5.3.3 bis 5.3.5 eingehen. Gemäß der Auflage III.10 der wasserrechtlichen Erlaubnis /S 25/ ist die Einleitmöglichkeit in das Kanalnetz der Stadt Brake dauerhaft betriebsbereit zu halten.

Wir haben die Sickerwasserfördermengen anhand der Deponieberichte /S 23, S 24/ geprüft und bestätigen die im EFN /U 3/ angegebene mittlere Sickerwassermenge von ca. 9.200 m³/a für den BA-Nord im Zeitraum 2011 bis 2018. Für den BA-Süd ermitteln wir für den Zeitraum 2011 bis 2018 einen Wert von ca. 27.600 m³/a in Übereinstimmung mit dem EFN /U 3/. Für den im EFN /U 3/ angegebenen Zeitraum von 2013 bis 2018 fallen im Mittel dagegen nur ca. 26.600 m³/a für den BA-Süd an. Der resultierende Summenwert von 36.800 m³/a als Sickerwassermenge bei den Szenarien Beprobung und Reinigung von Behältern, Umgang mit Filtermaterialien und Entsorgung von Überschusswasser (vgl. Abschnitt 6) ist plausibel.

Die Angaben im EFN /U 3/ zum Klärschlamm stimmen mit den Protokollen /S 1, S 2/ und weiteren Unterlagen /S 32/ überein. In den Entsorgungsnachweisen für die Jahre 2017 und 2018 /S 32/ wird eine feuchte Klärschlammmenge von 1.568 Mg bzw. 896 Mg angegeben. Die im EFN betrachtete Klärschlammmenge von 2.000 Mg/a ist demnach abdeckend gewählt. Gemäß Protokoll /S 1/ findet die Klärschlamm Entsorgung nicht auf landwirtschaftlichen Flächen statt, sondern bei zertifizierten Entsorgern. Alternative Verwertungswege für den Klärschlamm werden regelmäßig gesucht und geprüft. Die Trocknung von Klärschlamm bewerten wir in den Abschnitten 5.3.2 und 6.2.

Gemäß den Protokollen /S 1, S 2/ besteht bei den eisenhaltigen Klärschlämmen die Möglichkeit der Herstellung von Ersatzbaustoffen. Die entstehenden Produkte können im Deponiewegebau /S 2/ verwendet werden (vgl. Abschnitt 5.2.6). Eine Nutzung im Hochbau (Gebäude) ist unwahrscheinlich /S 1/ und wird von uns nicht weiter betrachtet.

Es fallen ca. 500 kg Aktivkohle pro Jahr an, die extern entsorgt werden /S 2/. Die Reinigungsschlämme werden zusammen mit dem Klärschlamm entsorgt. Die Angabe im EFN, dass Kies und Quarzsand (gesamt 1 Mg) auf der Deponie abgelagert werden, stimmt mit den Erkenntnissen aus den Fachgesprächen überein /S 1, S 2/. Die Aktivkohle der außerdem einsetzbaren großen Aktivkohlefilter (8 Mg), die derzeit nicht notwendig und dementsprechend nicht in Betrieb sind /U 3/, würde bei einer bedarfsweisen Reaktivierung alle zwei Jahre wiederaufgearbeitet /S 1/ (vgl. Abschnitt 6.5).

4.4 Übergang der Radionuklide in das Sickerwasser, den Klärschlamm und das Abwasser

Sachverhalt

Zur Berechnung des Übergangs der Radionuklide aus dem Deponiekörper in das Sickerwasser sowie der Migrationsgeschwindigkeit der Radionuklide (vgl. Anhang D 1.2 /S 5/) in den verschiedenen Kompartimenten (Deponie, geologische Barriere, ungesättigte Zone und GWL) werden im EFN elementspezifische K_d -Werte (Sorptionkoeffizienten) herangezogen, welche im Forschungsbericht /S 5/ ermittelt wurden und in der Tabelle 4-1 im EFN /U 3/ (mit den Bezeichnungen „ K_d -Wert Deponie“, „ K_d -Wert Barriere“, „ K_d -Wert GWL“) aufgelistet sind. Die „ K_d -Werte GWL“ gelten auch für die ungesättigte Zone /U 3/.

Für das Radionuklid C 14 wird im EFN /U 3/ eine gesonderte Betrachtung des „ K_d -Wertes Deponie“ durchgeführt. Die durch die spezifische Freigabe aus dem KKV zur Ablagerung auf der Deponie Brake-Käseburg anfallenden festen Reststoffe bestehen gemäß EFN /U 3/ zum überwiegenden Teil aus Bauschutt und Beton. Gemäß dem Forschungsbericht /S 52/ ergeben sich K_d -Wertebereiche für Carbonat an Beton und dem daraus resultierenden Bauschutt von 100 – 1000 cm^3/g für den pH-Bereich 12,5 – 8 /U 3/. Wesentlich niedrigere pH-Werte stellen sich gemäß dem Forschungsbericht /S 53/ aufgrund der alkalischen Wirkung von Beton/Bauschutt nicht ein /U 3/. Daher wird im EFN für den K_d -Wert der obersten Schicht, in der die Radionuklide bei Deponierung gebunden sind, ein Wert von 100 cm^3/g angesetzt /U 3/. Für den darunter befindlichen Deponiekörper, welcher sich aus verschiedensten Materialien zusammensetzt, wurde ein laut EFN /U 3/ konservativ niedrigerer K_d -Wert für C 14 von 10 cm^3/g angesetzt. Dies trägt gemäß EFN der Tatsache Rechnung, dass für C 14 von einer großen Bandbreite möglicher K_d -Werte ausgegangen werden muss.

Das aus dem Deponiekörper austretende Sickerwasser wird über die Deponiekläranlage der Deponie Brake-Käseburg geleitet (vgl. Abschnitt 4.3). Dort wird eine Partitionierung der im Sickerwasser enthaltenen Radionuklide berücksichtigt, wobei die elementspezifischen Partitionierungsfaktoren gemäß dem Forschungsbericht /S 5/ angewendet werden (vgl. Tabelle 4-41 /U 3/). Die im EFN verwendeten Partitionierungsfaktoren sind in Tabelle 4-1 zusammengestellt /U 3/. Wasserstoff, Chlor und Calcium gelangen bevorzugt in das Abwasser der Deponiekläranlage, während andere Elemente (Kohlenstoff, Plutonium, Americium, Curium) bevorzugt in den Klärschlamm übergehen. Für die sonstigen im EFN /U 3/ berücksichtigten Radionuklide wird jeweils ein vollständiger Übergang sowohl in das Abwasser als auch in den Klärschlamm angesetzt. Die Partitionierungsfaktoren summieren sich in den einzelnen Kompartimenten laut EFN /U 3/ konservativ zu mehr als 100 %.

Tabelle 4-1: Partitionierungsfaktoren für den Übergang vom Sickerwasser ins Abwasser und in den Klärschlamm /U 3/.

Radionuklid	Übergang	
	Ins Abwasser	In Klärschlamm
H 3, Cl 36, Ca 41	100 %	10 %
C 14, Pu-Isotope, Am 241, Cm 243, Cm 244	10 %	100 %
Sonstige im EFN berücksichtigte Radionuklide	100 %	100 %

Bewertung

Bei den K_d -Werten werden im EFN /U 3/ mit Ausnahme des Radionuklids C 14 keine standortspezifischen Modifikationen gegenüber dem Forschungsbericht /S 5/ vorgenommen. Dagegen haben wir aus technischer Sicht keine Einwände.

Für C 14 wird für die Ablagerungsschicht, die den Bauschutt, Beton und das Isoliermaterial aus dem KKKU enthält, im EFN /U 3/ ein für Beton spezifischer K_d -Wert von $100 \text{ cm}^3/\text{g}$ festgelegt. Einen für Beton spezifischen K_d -Wert zu berücksichtigen, ist für uns nachvollziehbar, da die Ablagerungsschicht, die die Reststoffe aus dem KKKU enthält, sich überwiegend aus Beton und Bauschutt zusammensetzt (vgl. Abschnitt 3). Das Sorptionsverhalten wird durch das Isoliermaterial nicht signifikant verändert. Für Kohlenstoff sind in der Fachliteratur /S 77/ verschiedene Sorptionsmechanismen im Beton bekannt. Die Stärke dieser Sorptionen und somit der K_d -Wert nehmen mit sinkendem pH-Wert des Sickerwassers, das den Beton durchfließt, ab /S 77/. Der pH-Wert des Sickerwassers nimmt aufgrund der durch das Sickerwasser initiierten Zersetzungsprozesse im Beton mit der Zeit ab /S 77/. Im Ergebnis unserer Recherche und unter Berücksichtigung der Fachliteratur /S 78/ liegt der pH-Wert des Sickerwassers, das den zu deponierenden Beton durchströmt, auch Jahrtausende nach Austritt der maximalen Aktivitätskonzentration von C 14 aus der obersten Ablagerungsschicht bei 12,5. Für diesen pH-Bereich werden in der Fachliteratur /S 77, S 79, S 80/ K_d -Werte für Kohlenstoff im Beton im Bereich von $100 \text{ cm}^3/\text{g}$ bis $5.000 \text{ cm}^3/\text{g}$ angegeben. Niedrige K_d -Werte zeigen eine geringe Sorption von Radionukliden am Feststoff an und haben somit geringere Transportdauern der Radionuklide zur Folge. Das führt zu einem verringerten Einfluss des radioaktiven Zerfalls sowie zu einer geringeren Verteilung der zeitabhängigen Aktivitätskonzentration durch hydromechanische Dispersion und damit zu einer höheren maximalen Aktivitätskonzentration. Wir können den im EFN /U 3/ festgelegten K_d -Wert für C 14 in der obersten Ablagerungsschicht ($100 \text{ cm}^3/\text{g}$) daher nachvollziehen und haben diesen Wert ebenfalls für unsere diesbezüglichen Berechnungen herangezogen.

Der im EFN /U 3/ festgelegte K_d -Wert für den unter der obersten Ablagerungsschicht befindlichen Deponiekörper von $10 \text{ cm}^3/\text{g}$ liegt im mittleren Niveau des Wertebereichs, der aus den Angaben der Fachliteratur ($5 \text{ cm}^3/\text{g}$ /S 7/; $0,9 \text{ cm}^3/\text{g}$ bis $10 \text{ cm}^3/\text{g}$ /S 81/;

1 cm³/g bis 70 cm³/g /S 82/; 5 cm³/g bis 35,2 cm³/g, /S 47/) resultiert. In unseren Berechnungen haben wir ebenfalls einen K_d-Wert für C 14 von 10 cm³/g für den unter der obersten Ablagerungsschicht befindlichen Deponiekörper angesetzt.

Die im EFN /U 3/ verwendeten elementspezifischen Partitionierungsfaktoren (vgl. Tabelle 4-1) für die Deponiekläranlage sind in Übereinstimmung mit dem Forschungsbericht /S 5/, der als Grundlage für das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ verwendet wurde. Zudem wurden die Faktoren für die Übergänge ins Abwasser und in den Klärschlamm als unabhängig voneinander festgelegt, so dass in Summe konservativ mehr als 100 % der Anteile betrachtet werden. Gegen die Verwendung dieser Faktoren bestehen daher unsererseits keine Einwände. Bei unseren Berechnungen (vgl. Abschnitte 6 und 7) haben wir ebenfalls die Partitionierungsfaktoren aus dem Forschungsbericht /S 5/ herangezogen.

4.5 Bisherige Ablagerungen von Radionukliden

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ werden die auf der Deponie Brake-Käseburg abgelagerten Radionuklide aus bereits durchgeführten Freigabekampagnen des KKU /S 26/ berücksichtigt. Die bisher (Stand 31.03.2020) aus dem KKU auf der Deponie Brake-Käseburg abgelagerten Radioaktivitäten aus der Freigabe zur Beseitigung gemäß § 29 Absatz 2 Satz 2 Nr. 2 StrlSchV-2001 /R 4/ bzw. aus früheren Ablagerungen (unter Anwendung der einschlägigen Regelungen der Strahlenschutzverordnungen von 1979 bzw. 1989) werden im EFN /U 3/ unter dem Begriff freigabeäquivalente Ablagerung zusammengefasst. Diese sind in der Auflistung /S 26/ bilanziert und summieren sich (zerfallskorrigiert auf den Stichtag 01.06.2018) auf 3,2E+06 Bq. Die Nuklidzusammensetzung (zerfallskorrigiert) ist wie folgt angegeben: 56,4 % Ni 63; 23,9 % Co 60; 9,2 % C 14, 8,1 % Cs 137; 2,0 % Fe 55, 0,3 % Pu 241; 0,1 % Sb 125. Alle bisherigen Anlieferungen erfolgten bis einschließlich 13.05.2005 /U 3/.

Die freigabeäquivalente Ablagerung aus dem KKU auf der Deponie Brake-Käseburg lässt sich wie folgt zusammenfassen /U 3/ (Stand 31.03.2020):

- Die bis zum 18.08.1994 erfolgte freigabeäquivalente Ablagerung umfasst 42,2 Mg mit einer zerfallskorrigierten Radioaktivität von 6,4E+05 Bq (82,5 % Ni 63; 17,4 % Co 60; 0,1 % Fe 55). Gemäß Betriebsdokumentation der Deponie ist diese Ablagerung im BA-Süd erfolgt /U 3/.
- Die weitere freigabeäquivalente Ablagerung von 186,9 Mg mit einer zerfallskorrigierten Radioaktivität von 2,6E+06 Bq erfolgte im Zeitraum 11.06.1996 bis 13.05.2005 gemäß Betriebsdokumentation im BA-Nord /U 3/.

Weitere Ablagerungen aus der Freigabe zur Beseitigung gemäß § 29 Absatz 2 Satz 2 Nr. 2 StrlSchV-2001 /R 4/ bzw. Ablagerungen aus der spezifischen Freigabe gemäß § 36 Absatz 1 Nr. 3 StrlSchV /R 1/ sowohl durch KKV als auch durch andere Anlieferer erfolgten laut EFN auf der Deponie Brake-Käseburg nicht /S 2, U 3/.

Bewertung

Die Angaben im EFN /U 3/ zu den bisherigen Ablagerungen sind nachvollziehbar und in Übereinstimmung mit der Auflistung der PreussenElektra /S 26/. Diese Auflistung /S 26/ haben wir anhand der Informationen, die uns als Sachverständige im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren des KKV in diesem Zusammenhang vorliegen, geprüft und dabei keine Abweichungen festgestellt. Die Aussage, dass weitere Ablagerungen aus der Freigabe zur Beseitigung sowohl durch KKV als auch durch andere Anlieferer auf der Deponie Brake-Käseburg nicht erfolgten /U 3/, ist in Übereinstimmung mit den Angaben des Deponiebetreibers /S 2/.

4.6 Potenzielle Erweiterungen der Deponie und Standortentwicklung

Sachverhalt

Entsorgungszentrum

Die im Rahmen der Standortentwicklung des Entsorgungszentrums Wesermarsch geplanten Baumaßnahmen an der Deponie Brake-Käseburg, welche im Protokoll /S 1/ erläutert werden, betreffen keines der betrachteten Szenarien und haben daher laut EFN keinen Einfluss auf die Betrachtungen /U 3/.

Erweiterung der Deponie

Für den BA-Nord ist ein weiterer Deponieabschnitt (2. Teilabschnitt) planfestgestellt und zugelassen, welcher weitere ca. 500.000 m³ Verfüllvolumen umfasst /S 1, U 3/. Bei einer ggf. stattfindenden Errichtung des 2. Teilabschnitts BA-Nord wird laut EFN eine strikte Trennung des Wasserhaushalts von den bisherigen Abschnitten (BA-Süd und 1. Teilabschnitt BA-Nord) erfolgen. Gleichwohl kann eine gemeinsame Behandlung des Sickerwassers stattfinden /S 1, U 3/.

Die Ausführung dieser Erweiterung ist derzeit nicht geplant, kann aber nicht ausgeschlossen werden /U 3/. Die Ablagerung von Reststoffen aus der spezifischen Freigabe des KKV im 2. Teilabschnitt BA-Nord ist nicht vorgesehen und daher nicht Gegenstand des EFN. Eine Umlagerung von Abfällen aus dem 1. Teilabschnitt BA-Nord in den 2. Teilabschnitt BA-Nord

zur Herstellung erforderlicher Konturen kann nicht ausgeschlossen werden, wodurch auch die aus dem KKV freigegebenen Reststoffe betroffen sein können /U 3/.

Ausbau der Rönnel

Der lokale Vorfluter Südliche Rönnel (vgl. Abschnitt 4.2) soll ab 2021 auf ca. 4,7 km Länge ausgebaut werden /U 3/. Davon betroffen sind auch ca. 900 m im Bereich der Deponie Brake-Käseburg. Es ist vorgesehen, die Breite des Vorfluters im gesamten Profil sowie die Sohlentiefe zu vergrößern /S 1/. Der Ausbau erfolgt vorbehaltlich einer positiven Prüfung, dass die geplanten Maßnahmen keinen Einfluss auf die Standsicherheit der Deponie haben und kein Grundbruch zu befürchten ist. Die für die Deponie in den Szenarien des EFN zu Grunde gelegten Parameter sind laut EFN daher im Durchführungsfall nicht betroffen /U 3/.

Der Ausbau des lokalen Vorfluters führt nicht dazu, dass die Einleitung des Abwassers in die Weser geändert wird /U 3/. Daher sind laut EFN /U 3/ keine zusätzlichen Szenarien zu betrachten. Der Übergang von Radionukliden aus der geplanten Entsorgung von spezifisch freigegebenen radioaktiven Stoffen aus dem KKV in die Südliche Rönnel wird durch die bauliche Ausführung (gemäß /S 37/) der Deponie Brake-Käseburg verhindert /U 3/.

Bewertung

Die Aussagen im EFN /U 3/ zum Entsorgungszentrum, zur Erweiterung der Deponie und zum Ausbau der Südlichen Rönnel sind in Übereinstimmung mit den Angaben im Fachgespräch /S 1/.

Entsorgungszentrum

Bezüglich des Entsorgungszentrums bestätigen wir, dass die geplanten Baumaßnahmen, d. h. die Umnutzung der Nachrottehalle in eine Umschlaghalle, die Errichtung einer weiteren Halle und eines Waschplatzes für LKW sowie die Einrichtung eines Lagerplatzes für Behälter /S 1/, keine Rückwirkungen auf die Nachweisführung zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums im EFN haben.

Erweiterung der Deponie

Die Erweiterung der Deponie wird als zusätzliches standortspezifisches Szenario von uns in Abschnitt 5.3.1 untersucht und bewertet.

Ausbau der Rönnel

Wir bestätigen, dass durch den Ausbau der Rönnel keine zusätzlich zu betrachtenden Szenarien folgen und auch keine geänderte Betrachtung von vorhandenen Szenarien nötig ist. Die Zulässigkeit des Ausbaus der Rönnel wird hinsichtlich der Anforderungen

anderer öffentlich-rechtlicher Vorschriften in einem gesonderten Verfahren geprüft /S 1/. Hierbei erfolgt auch eine Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit der Deponie, sodass negative Einflüsse (z. B. Grundbruch) ausgeschlossen sind. Eine Einleitung von Abwasser aus der Deponiekläranlage in die Rönnel findet gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis /S 25/ nicht statt (vgl. Abschnitt 4.2). Daher sind die durch den Ausbau möglichen Veränderungen der hydrologischen Charakteristika der Rönnel für die Einleitung des Abwassers in die Weser (Szenario O1) nicht relevant.

5 Identifikation der relevanten Expositionspfade

5.1 Übersicht der Szenarien

Sachverhalt

Gemäß der SSK-Empfehlung /R 3/ werden zur Herleitung der Freigabewerte (FGW) der Anlage III Tabelle 1 Spalte 9a bzw. Spalte 9c StrlSchV-2001 /R 4/, nunmehr Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 bzw. Spalte 10 StrlSchV /R 1/, für Deponien folgende Szenarien betrachtet /U 3/:

- T1: Transport
- D1: Deponie Eingangsbereich
- D2: Deponie mechanisch-biologische Vorbehandlung (MBV)
- D3: Deponie Einlagerung
- O1: Nutzung von Oberflächenwasser
- O2: Verwertung von Klärschlamm
- G: Nutzung von Grundwasser

Aufgrund der von den Annahmen in der SSK-Empfehlung /R 3/ abweichenden Randbedingungen werden im EFN /U 3/ zusätzlich folgende standortspezifische Szenarien für die Deponie Brake-Käseburg betrachtet:

- Umgang mit Material bei der Deponieerweiterung,
- Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm,
- Beprobung und Reinigung von Behältern,
- Umgang mit Filtermaterialien,
- Entsorgung von Überschusswasser und
- Ausgasung aus dem Deponiekörper.

Bewertung

Die im EFN /U 3/ aufgelisteten Szenarien stimmen mit den in der SSK-Empfehlung /R 3/ im Zusammenhang mit der Deponierung benannten Szenarien überein. Im nachstehenden Abschnitt 5.2 wird auf die Szenarien gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ eingegangen. Die gemäß EFN /U 3/ vom Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ abweichenden Randbedingungen führen zu zusätzlichen Szenarien,

die im Abschnitt 5.3 näher betrachtet werden. Darüber hinaus sind keine zusätzlichen standortspezifischen Szenarien zu betrachten.

5.2 Szenarien gemäß Modell der SSK-Empfehlung

5.2.1 Transport (T1)

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ wird dargestellt, dass aufgrund der kurzen Distanz von ca. 16 km für den Straßentransport zwischen dem KKV und der Deponie die Annahmen zu den Transportzeiten gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ abdeckend sind. Weiterhin wird beim geplanten Abtransport des Materials aus dem KKV nicht von einer signifikanten Staubfreisetzung ausgegangen, da das Material in Big-Bags verpackt ist und somit auch hier die Annahmen der SSK /R 3/ abdeckend gegenüber den Gegebenheiten des vorliegenden EFN /U 3/ sind. Im EFN wird davon ausgegangen, dass die Geometrien und ggf. Abschirmungen beim Transport im vorliegenden Fall nicht von den Annahmen, die im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ getroffen wurden, abweichen bzw. dass die reale Expositionsgeometrie weniger restriktiv ist als die Modellannahme /U 3/.

Es wird im vorliegenden EFN geschlussfolgert, dass die Berechnungen des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ abdeckend für das Szenario „Transport“ sind und daher eine explizite Betrachtung nicht erforderlich ist /U 3/.

Bewertung

Wir haben die Straßenverbindung zwischen dem KKV und der Deponie anhand von frei verfügbarem Kartenmaterial geprüft und bestätigen, dass die Distanz weniger als 20 km beträgt. Eine Anlieferungsmenge von 15 Mg pro LKW /S 2/ ist realistisch und führt zu Expositionszeiten, die durch die Annahmen des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ abgedeckt sind.

Da im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ kein Kredit von einer Verpackung des spezifisch freigegebenen Abfalls genommen wird, bestätigen wir die Aussage im EFN /U 3/, dass die Annahmen der SSK bezüglich einer Staubfreisetzung abdeckend gegenüber den im EFN beschriebenen Gegebenheiten der Deponie Brake-Käseburg sind. Die Geometrien und Abschirmungen beim Transport zur Deponie Brake-Käseburg weichen nicht von den Annahmen der SSK /R 3/ und des Forschungsberichts /S 5/ ab.

Wir bestätigen, dass die Annahmen und Berechnungen des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ für das Szenario „Transport“ abdeckend gegenüber den Gegebenheiten für den Transport vom KKV zur Deponie Brake-Käseburg sind und dass die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario „Transport“ gegeben ist.

5.2.2 Deponie Eingangsbereich (D1)

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ werden die im Eingangsbereich vorgesehenen Prozeduren dargestellt:

- Eingangskontrolle per Kamera,
- Wägung der Abfälle (durch Wägung des ankommenden Fahrzeugs),
- Eingangskontrolle am Fahrzeug,
- Kontrolle des Entsorgungsnachweises und
- Zuweisung des Ablagerungsorts.

Die dafür vorgesehene Zeit soll ca. 15 Minuten betragen. Der Abstand des Abfertigungsgebäudes im Eingangsbereich zur LKW-Ladung bei der Eingangskontrolle wird mit 4,15 m angegeben /U 3/.

Laut EFN wird die längere Dauer von 15 Minuten im Vergleich zum Modell der SSK-Empfehlung mit 10 Minuten /R 3/ durch den größeren Abstand des Abfertigungsgebäudes im Eingangsbereich zur LKW-Ladung bei der Eingangskontrolle (4,15 m statt 1 m gemäß Modell der SSK-Empfehlung /R 3/) mehr als kompensiert /U 3/.

Es wird geschlussfolgert, dass die Berechnungen des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ abdeckend für das Szenario „Deponie Eingangsbereich“ im vorliegenden EFN sind und daher eine explizite Betrachtung zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums nicht erforderlich ist /U 3/.

Bewertung

Die Angaben zur Abfertigungszeit und dem Abstand des Abfertigungsgebäudes im Eingangsbereich zur LKW-Ladung wurden von der Deponiebetreiberin GIB bestätigt /S 1, S 2/.

Aufgrund der Divergenz der Strahlung nimmt die Dosisleistung pro Fläche mit zunehmendem Abstand von der Strahlenquelle mehr als linear ab. Aufgrund dessen bestä-

tigen wir die Darstellung im EFN /U 3/, dass der erhöhte Zeitaufwand im Eingangsbereich (Faktor 1,5) durch den größeren Abstand (ca. Faktor 4) des Abfertigungsgebäudes im Eingangsbereich zur LKW-Ladung bei der Eingangskontrolle mehr als kompensiert wird. Inwieweit bei der Eingangskontrolle auch Unterlagen (im EFN /U 3/ als Entsorgungsnachweis bezeichnet) übergeben werden, ist für die angesetzten Aufenthaltszeiten nebensächlich.

Eine gegenüber dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ erhöhte Staubfreisetzung ist nicht zu erwarten, da gemäß Fachgespräch /S 1/ die Sichtkontrolle ohne Öffnung der Big-Bags durchgeführt wird. Die Beprobung nach Deponieverordnung (DepV) /R 5/ kann gemäß den Ausführungen im Fachgespräch /S 1/ im KKV erfolgen, indem die erzeugerseitigen und die sonst deponiebetreiberseitigen Beprobungen nach § 8 DepV /R 5/ dort zusammengefasst durchgeführt werden. Die Beprobung am Standort der kerntechnischen Anlage vor dem Transport zur Beseitigungsanlage ist in ähnlichen Verfahren gängige Praxis. Zur Sicherstellung dieser Vorgehensweise haben wir den nachfolgenden Maßgabenvorschlag formuliert.

/MV-1/ KKV hat einen Nachweis vorzulegen, dass die deponiebetreiberseitigen Beprobungen nach § 8 Deponieverordnung vor dem Transport der Reststoffe zur Deponie Brake-Käseburg im KKV durchgeführt werden.

Wir bestätigen, dass die Annahmen und Berechnungen des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ bei Berücksichtigung unseres Maßgabenvorschlags /MV-1/ für das Szenario „Deponie Eingangsbereich“ abdeckend für die Gegebenheiten der Deponie Brake-Käseburg sind, und dass dann die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario Deponie Eingangsbereich nachgewiesen ist.

5.2.3 Deponie mechanisch-biologische Vorbehandlung (MBV) (D2)

Sachverhalt

Nach Angabe im EFN /U 3/ findet eine mechanisch-biologische Vorbehandlung von spezifisch freigegebenen Reststoffen aus dem KKV, die durch die Deponie Brake-Käseburg angenommen werden, nicht statt. Im EFN wird geschlussfolgert, dass daher eine Betrachtung dieses Szenarios im EFN /U 3/ nicht erforderlich ist.

Bewertung

Gemäß den Angaben der GIB /S 1/ findet keine mechanisch-biologische Vorbehandlung von Abfällen aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg statt. Uns liegen

keine Informationen vor, dass eine mechanisch-biologische Vorbehandlung für KKU-Abfälle in Zukunft geplant ist. Wir bestätigen daher, dass eine Betrachtung des Szenarios D2 im EFN nicht erforderlich ist.

5.2.4 Deponie Einlagerung (D3)

Sachverhalt

Im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ wird davon ausgegangen, dass Deponiemitarbeiter beim Einbau potenziell durch Direktstrahlung, durch Inhalation sowie durch Ingestion von Staub exponiert werden /U 3/.

Nach Angabe im EFN /U 3/ kann das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ nur hinsichtlich der potenziellen Exposition durch Inhalation und Ingestion als abdeckend angesehen werden. Da die Anlieferung der Materialien aus der Freigabe aus dem KKU in geschlossenen Big-Bags erfolgt, ist die Staubentstehung bei der Einlagerung deutlich geringer als im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ angesetzt /U 3/. Daher ist für alle Radionuklide, bei welchen Inhalation bzw. Ingestion im Expositionsszenario dominiert, laut EFN keine explizite Berechnung der potenziellen Exposition im Szenario D3 erforderlich /U 3/.

Laut EFN /U 3/ sind das potenzielle Versagen einzelner Big-Bags beim Einbau sowie die Direktstrahlung nicht durch das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ abgedeckt. Für diese beiden Fälle erfolgt eine explizite Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition im Szenario D3 unter Berücksichtigung der Randbedingungen der Deponie Brake-Käseburg.

Bewertung

Die Anlieferung der Abfälle erfolgt gemäß dem Fachgespräch /S 1/ in Big-Bags. Da im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ kein Kredit von einer Verpackung des spezifisch freigegebenen Abfalls genommen wird, bestätigen wir, dass die Annahmen der SSK-Empfehlung /R 3/ hinsichtlich der potenziellen Exposition durch Inhalation und Ingestion abdeckend gegenüber den Gegebenheiten der Deponie Brake-Käseburg /U 3/ sind.

Wir bestätigen, dass für die beiden Fälle des potenziellen Versagens einzelner Big-Bags beim Einbau sowie der Direktstrahlung eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis erforderlich ist, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario „Deponie Einlagerung“ zu prüfen. Die explizite Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition für das Szenario D3 erfolgt in Abschnitt 6.1.

5.2.5 Nutzung von Oberflächenwasser (O1)

Sachverhalt

Nach Angabe im EFN /U 3/ ist das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ für das Szenario „Nutzung von Oberflächenwasser“ aufgrund der lokalen Gegebenheiten für die Deponie Brake-Käseburg nicht vollständig anwendbar. Insbesondere weist die Deponie Brake-Käseburg eine deutlich geringere Jahreskapazität im Vergleich zum Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ auf und ein sehr großer Teil des Deponiekörpers ist bereits belegt. Im EFN /U 3/ wird daher eine explizite Betrachtung und Berechnung zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario O1 durchgeführt.

Durch die technische und organisatorische Ausführung der Einleitung des Abwassers in den Vorfluter Weser werden im EFN signifikante Expositionen, die über den im EFN im Szenario O1 betrachteten Umfang hinausgehen, ausgeschlossen /U 3/.

Eine alternative Einleitung des Sickerwassers in die Kläranlage der Stadt Brake erfolgt nur auf Grund behördlicher Anordnung im Notfall /U 3/ (vgl. Abschnitt 4.3). Bezüglich der Einleitung in die Vorflut besteht laut EFN /U 3/ kein Unterschied zwischen der Deponiekläranlage Brake-Käseburg und derjenigen der Stadt Brake. Daher sei die Notfalleinleitung in die Kläranlage der Stadt Brake durch die Betrachtungen im Szenario O1 abgedeckt /U 3/.

Bewertung

Wir bestätigen, dass die lokalen Gegebenheiten der Deponie Brake-Käseburg nicht vollständig durch die Annahmen der SSK-Empfehlung /R 3/ abgedeckt werden. Daher ist eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis erforderlich, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario „Nutzung von Oberflächenwasser“ zu prüfen. Die explizite Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition für das Szenario O1 erfolgt in Abschnitt 7.1.

Aufgrund der Gegebenheiten der Einleitung in die Weser (vgl. Abschnitt 4.3) sind keine über das Szenario O1 des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ hinausgehende Expositionspfade bei der Nutzung von Oberflächenwasser zu betrachten. Dieses gilt in gleicher Weise auch für eine Notfalleinleitung des Sickerwassers in die Kläranlage der Stadt Brake. Die Szenarien im Zusammenhang mit dem Umgang mit Sickerwasser bewerten wir in den Abschnitten 5.3.3 bis 5.3.5.

5.2.6 Verwertung von Klärschlamm (O2)

Sachverhalt

Laut EFN ist die Nutzung von Klärschlamm aus Deponiekläranlagen in der Landwirtschaft im Land Niedersachsen nicht vorgesehen /U 3/. Der Klärschlamm der Deponie Brake-Käseburg wird nicht auf landwirtschaftliche Flächen verbracht. Das damit verbundene Expositionsszenario O2 wird daher im vorliegenden im EFN /U 3/ nicht betrachtet.

Der Klärschlamm aus der Sickerwasseraufbereitung wird entwässert und an zertifizierte Entsorger abgegeben. Der Klärschlamm wird nicht auf der Deponie Brake-Käseburg abgelagert /U 3/.

Die im Zusammenhang mit der weiteren Verwertung des Klärschlammes möglichen Szenarien werden im EFN hinsichtlich einer potenziellen Exposition betrachtet /U 3/.

Bewertung

Eine landwirtschaftliche Nutzung des Klärschlammes aus der Deponie Brake-Käseburg findet gemäß den Ausführungen im Fachgespräch /S 1/ nicht statt. Nach Angaben der GIB /S 2/ wird der anfallende Klärschlamm an zertifizierte Entsorger abgegeben (vgl. Abschnitt 4.3). Gemäß den Ausführungen im Fachgespräch /S 1/ erfolgt auf der Deponie keine Klärschlamm-trocknung, sondern lediglich eine Entwässerung. Die Darstellung im EFN /U 3/, dass der Klärschlamm nicht auf der Deponie Brake-Käseburg abgelagert wird, stimmt mit den Angaben der GIB /S 1/ überein.

Eine Betrachtung der landwirtschaftlichen Nutzung von Klärschlamm gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ ist daher nicht erforderlich. Stattdessen werden die alternativen Verwertungswege, die nicht den Annahmen des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ entsprechen, in den Abschnitten 5.3.2 und 6.2 explizit betrachtet und berechnet, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario „Verwertung von Klärschlamm“ zu prüfen. Ein Einsatz von Klärschlamm als Düngestoff im Rahmen des zukünftigen Aufbaus einer Rekultivierungsschicht der Deponie (vgl. /S 43/) wird im EFN nicht betrachtet und ist aufgrund der Abgabe an zertifizierte Entsorger auch nicht anzusetzen.

Nach Angabe der GIB /S 2/ wurde der Klärschlamm in der Vergangenheit als Bauersatzstoff im Deponiewegebau verwendet (vgl. Abschnitt 4.3). Gegenwärtig ist eine solche Verwendung von Klärschlamm als Bauersatzstoff nach Mitteilung des MU /S 43/ aller Voraussicht nach nicht zulässig. Um die Ausführungen im EFN /U 3/ zum Deponiewegebau bewerten zu können, führen wir dennoch eine radiologische Betrachtung dieses Verwertungspfad es durch und prüfen die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums.

5.2.7 Nutzung von Grundwasser (G)

Sachverhalt

Nach Angaben im EFN /U 3/ ist das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ für das Szenario „Nutzung von Grundwasser“ aufgrund der lokalen Gegebenheiten für die Deponie Brake-Käseburg nicht vollständig anwendbar. Insbesondere weist die Deponie Brake-Käseburg eine deutlich geringere Jahreskapazität im Vergleich zum Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ auf und ein sehr großer Teil des Deponiekörpers ist bereits belegt. Es wird daher eine explizite Betrachtung und Berechnung zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario G im EFN /U 3/ durchgeführt.

Es wird eine Nutzung von Grundwasser aus dem pleistozänen GWL unterstellt /U 3/ (vgl. Abschnitt 4.2). Laut EFN /U 3/ kann zudem auch eine gelegentliche Nutzung der oberflächennahen, z. B. nach Starkregenereignissen wasserführenden torfhaltigen Schicht als Tränke von Nutztieren nicht ausgeschlossen werden. Da im Grundwassermodell konservativ unterstellt wird, dass die untere Kleischicht, welche die Torfschicht vom GWL weitestgehend abdichtet, nicht wirksam ist und eine Durchmischung stattfinden kann, wird eine solche Nutzung durch diese Annahmen laut EFN ebenfalls abdeckend mitbetrachtet /U 3/.

Bewertung

Wir bestätigen, dass die lokalen Gegebenheiten der Deponie Brake-Käseburg nicht vollständig durch die Annahmen der SSK-Empfehlung /R 3/ abgedeckt werden. Daher ist eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis erforderlich, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario „Nutzung von Grundwasser“ zu prüfen. Die explizite Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition für das Szenario G erfolgt in Abschnitt 7.2.

Aufgrund der hydraulischen Verhältnisse (vgl. Abschnitt 4.2) ist eine Beeinflussung der wasserführenden gespannten Torfschicht durch hydraulisch bedingt aufsteigendes Grundwasser aus dem pleistozänen GWL, z. B. verursacht durch hydraulische Kurzschlüsse, nicht auszuschließen. Wir bestätigen, dass die Berechnungen zur Nutzung von Grundwasser (vgl. Abschnitt 7.2) eine gelegentliche Nutzung des oberflächennahen Grundwassergeringleiters, beispielsweise zur Tränke von Nutztieren, abdecken.

5.3 Zusätzliche standortspezifische Szenarien

5.3.1 Umgang mit Material bei der Deponieerweiterung

Sachverhalt

Gemäß EFN /U 3/ kann nicht ausgeschlossen werden, dass aus dem KKV eingelagerte Reststoffe aus der Freigabe zur Beseitigung von einer Umlagerung betroffen sind, die im Falle einer nicht auszuschließenden Deponieerweiterung notwendig werden kann (vgl. Abschnitt 4.6).

Laut EFN ergibt sich damit ein potenzielles Expositionsszenario, welches dem Szenario D3 gemäß der SSK-Empfehlung /R 3/ ähnelt. Zum standortspezifischen Szenario D3 auf der Deponie Brake-Käseburg werden folgende Unterschiede dargestellt /U 3/:

- Die Mengen für potenziell umzulagerndes Material ergeben sich aus den verbliebenen Restvolumina der Deponie von ca. 58.000 m³ und dem geplanten Einlagerungsvolumen für Reststoffe aus der Freigabe zur Beseitigung aus dem KKV von ca. 8.300 m³.
- Die Beschädigung von eingelagerten Big-Bags bei der Umlagerung führt ggf. zu einer Staubfreisetzung.

Diesen Unterschieden wird im EFN /U 3/ gegenübergestellt,

- dass für Radionuklide mit signifikanter Gammastrahlung Aktivitätsbeschränkungen aus anderen Szenarien einzuhalten sind, die dazu führen, dass in den umzulagernden Massen geringere Aktivitätskonzentrationen auftreten als bei einer Vollausschöpfung der FGW,
- dass das Hauptnuklid bei der Freigabe aus dem KKV Co 60 ist (zu erwartender Anteil an der Ausschöpfung der Summenformel FGW mehr als 90 %, Halbwertszeit 5,3 a) und von diesem Radionuklid bei einer potenziellen Umlagerung, die erst einige Jahre nach Einlagerung stattfinden wird, ein signifikanter Anteil schon zerfallen ist und
- dass Arbeiten zum Umlagern von Deponiematerial auf mehrere Deponiemitarbeiter verteilt sein werden.

Die gegenüber dem Szenario D3 gemäß SSK-Empfehlung /R 3/ größeren Mengen an potenziell kontaminiertem Material, welches innerhalb eines Jahres gehandhabt wird (Faktor 10 durch Gesamtablagerung von 10.000 Mg aus dem KKV), werden laut EFN ausgeglichen durch /U 3/:

- Reduzierte Radioaktivitäten gammaaktiver Radionuklide (gemeint ist hier die aus dem standortspezifischen Szenario D3 resultierende Aktivitätsbeschränkung; mindestens Faktor 4),
- Aktivitätsverringering durch radioaktiven Zerfall des dominierenden Radionuklids Co 60 (Faktor 2 je 5,3 Jahre bis zur Durchführung der Umlagerung),
- aus den Abläufen einer Umlagerung resultierenden Vermischung (maximal Faktor 7) und
- geringer Anteil an Radionukliden mit hoher Relevanz der Inhalation im Nuklidvektor (zusätzlich reduzierte Radioaktivität für Pu 239/Pu 240 aus Szenario „Nutzung von Grundwasser“, mindestens Faktor 3,6)

Aus diesen Punkten wird im EFN /U 3/ geschlussfolgert, dass das Szenario D3 gemäß SSK-Empfehlung /R 3/ als abdeckend für eine mögliche Umlagerung von Material auf der Deponie Brake-Käseburg ohne weitere Anforderungen an den Arbeitsschutz beim Umlagern angesehen werden kann und dass die Einhaltung des Dosiskriteriums gegeben ist.

Bewertung

Gemäß den Fachgesprächen /S 1, S 3/ ist eine Umlagerung von Abfällen aus dem 1. Teilabschnitt des BA-Nord in den 2. Teilabschnitt des BA-Nord im Rahmen einer Erweiterung der Deponie denkbar. Im Szenario D3 gemäß der SSK-Empfehlung /R 3/ wird von einem Umgang mit maximal 1.000 Mg/a an kontaminiertem Material ausgegangen, während bei der Umlagerung die gesamten, aus dem KKV kommenden Reststoffe aus der Freigabe zur Beseitigung von 10.000 Mg (vgl. Abschnitt 3) innerhalb eines Jahres betrachtet werden. Dieser im EFN /U 3/ gewählte Vergleich ist daher nachvollziehbar.

Wir bestätigen, dass durch andere Szenarien (vgl. Abschnitt 6) Aktivitätsbeschränkungen für Radionuklide mit signifikanter Gammastrahlung gegeben sind, die die Aktivitätskonzentrationen gegenüber einer Vollausschöpfung der FGW mindestens um den Faktor 4 reduzieren.

Die Aussage zum erhöhten Anteil des Radionuklids Co 60 im Nuklidvektor für die Reststoffe zur Freigabe aus dem KKV ist nach Ergebnissen aus der radiologischen Charakterisierung des KKV und den Angaben zu den bisher schon erfolgten Ablagerungen (vgl. Abschnitt 4.5) nachvollziehbar. Außerdem sind die Korrosions-/Aktivierungsprodukte Fe 55 und Ni 63, die ebenfalls mit erhöhtem Anteil im Nuklidvektor vorkommen, nicht dosisrelevant. Aufgrund der Halbwertszeit von Co 60 von 5,3 Jahren ist bei einer möglichen zukünftigen Umlagerung eine deutliche Aktivitätsverringering vor dem Hin-

tergrund der Restbetriebszeit zur Nutzung des Restvolumens des BA-Nord der Deponie Brake-Käseburg auch im Anschluss an die Einlagerung von Reststoffen zur Freigabe aus dem KKV zu erwarten.

Bei einer angenommenen Vermengung der Abfälle, die sich durch den Einsatz von Überdeckungsmaterial sowie die sequenzielle Einlagerung begründen lässt, ist eine deutliche Reduzierung der spezifischen Aktivität anzusetzen, die bei der Umlagerung gehandhabt wird. Im Unterschied zur Antragstellerin nehmen wir für unsere Bewertung dieses Szenarios ein geringeres Restvolumen von 28.385 m³ gemäß Abschnitt 4.1 an.

Wir bestätigen, dass im Nuklidvektor des KKV ein geringer Anteil an Radionukliden mit hoher Relevanz für die innere Exposition durch Inhalation vorliegt. Außerdem resultieren für die Radionuklide Pu 239 / Pu 240 aufgrund der Ergebnisse für das Szenario G Aktivitätsbeschränkungen (vgl. Abschnitt 7.2). Insgesamt ist die potenzielle Exposition durch Inhalation, die aus einer ggf. auftretenden Staubbefreiung aufgrund einer Beschädigung von Big-Bags bei der Umlagerung resultieren kann, durch die konservativen Annahmen des Szenarios D3 gemäß der SSK-Empfehlung /R 3/ und des Forschungsberichts /S 5/ abgedeckt.

Wir bestätigen aufgrund der Randbedingungen, die bei einer Umlagerung von Abfällen mit Reststoffen aus der Freigabe zur Beseitigung aus dem KKV vorliegen, dass die Annahmen und Berechnungen in Anlehnung an das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ für das Szenario „Deponie Einlagerung“ abdeckend gegenüber den Betrachtungen im vorliegenden EFN /U 3/ für das Szenario „Umgang mit Material bei der Deponieerweiterung“ sind. Wir bestätigen daher ohne explizite Dosisberechnung, dass die Einhaltung des 10-µSv/a-Kriteriums für das Szenario „Umgang mit Material bei der Deponieerweiterung“ im vorliegenden EFN /U 3/ gegeben ist.

5.3.2 Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm

Sachverhalt

Nach Angaben im EFN /U 3/ können die Ergebnisse aus dem Szenario O2, „Verwertung von Klärschlamm“, herangezogen werden. Die dort ermittelten Aktivitätskonzentrationen im feuchten Klärschlamm sind laut EFN /U 3/ bis auf wenige Ausnahmen (genannt werden Ag 108m und Ba 133) zum Teil deutlich niedriger als die FGW für die uneingeschränkte Freigabe gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 3 StrlSchV /R 1/. Die Handhabung dieser Substanz, wie z. B. die Probenahme und die Befüllung des Tankwagens zur Entsorgung durch einen zertifizierten Klärschlamm Entsorger, ist laut EFN durch das Szenario Beprobung und Reinigung von Behältern bereits berücksichtigt /U 3/. Laut EFN /U 3/ sind somit keine Expositionen oberhalb von 10 µSv/a zu besorgen.

Ebenfalls sei keine Exposition oberhalb von 10 $\mu\text{Sv/a}$ für die Entsorgung von getrocknetem Klärschlamm zu erwarten, da der FGW gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrlSchV /R 1/ für die spezifische Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen von bis zu 100 Mg/a bei trockenem Klärschlamm deutlich unterschritten wird /U 3/.

Bewertung

Die von uns berechneten potenziellen Aktivitätskonzentrationen im Klärschlamm bestätigen, bis auf die Radionuklide H 3, Ag 108m und Ba 133, die Aussage im EFN /U 3/, dass die ermittelten Aktivitätskonzentrationen im feuchten Klärschlamm niedriger als die FGW für die uneingeschränkte Freigabe gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 3 StrlSchV /R 1/ sind.

Für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 haben wir aus den Szenarien D3 und O2 in Übereinstimmung mit dem EFN /U 3/ Beschränkungen für die freizugebene Radioaktivität ermittelt. Mit diesen Beschränkungen werden auch für diese beiden Radionuklide die FGW für die uneingeschränkte Freigabe gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 3 StrlSchV /R 1/ eingehalten.

Für das Radionuklid H 3 führen wir im Szenario O2 eine explizite Betrachtung der potenziellen Exposition durch Inhalation und Ingestion unter Annahme einer vollständigen Freisetzung der H-3-Radioaktivität durch. Im Szenario „Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm“ ist keine über die vollständige Freisetzung von H 3 hinausgehende Exposition möglich. Daher sind für den Fall der Entwässerung keine weiteren Betrachtungen in diesem Szenario erforderlich.

Die von uns berechneten potenziellen Aktivitätskonzentrationen im Klärschlamm bestätigen unter Berücksichtigung von Aktivitätsbeschränkungen, die in anderen Szenarien berechnet wurden (vgl. Abschnitt 8), die Aussage im EFN, dass die ermittelten Aktivitätskonzentrationen im trockenen Klärschlamm niedriger als die FGW für die spezifische Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrlSchV /R 1/ sind.

Dennoch sehen wir, abweichend vom EFN /U 3/, die Handhabung des Klärschlammes bei der Entwässerung und Entsorgung nicht als abgedeckt durch die Betrachtung der Beprobung und Reinigung von Behältern (vgl. Abschnitt 5.3.3) an. Nach Angaben der GIB /S 1/ ist eine jährliche Expositionszeit von 500 Stunden in diesem Szenario anzusetzen. Diese Expositionszeit überschreitet deutlich die 165 Stunden für die Beprobung und Reinigung von Behältern im EFN /U 3/. Daher ist eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis erforderlich, um die Einhaltung des 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums für das Szenario „Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm“ zu prüfen. Die explizite

Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition für das Szenario „Entwässerung und Entsorgung“ von Klärschlamm erfolgt in Abschnitt 6.3.

5.3.3 Beprobung und Reinigung von Behältern

Sachverhalt

Nach Angaben im EFN /U 3/ fallen regelmäßig umfangreiche Arbeiten zur Beprobung von Sickerwasser aus diversen Behältern und gelegentlich Arbeiten zur Reinigung von Sickerwasserbehältern an. Für diese Arbeiten ist zu prüfen, inwieweit das Dosiskriterium eingehalten wird /U 3/.

Im Fachgespräch /S 1/ wurde als abdeckendes Szenario für diese Arbeiten die arbeitstägliche Beprobung der Sickerwasserbehälter identifiziert. Im EFN wird daher eine explizite Betrachtung und Berechnung für das Szenario „Beprobung und Reinigung von Behältern“ durchgeführt /U 3/.

Bewertung

Wir bestätigen aufgrund der beim Vor-Ort-Termin /S 1/ erläuterten Gegebenheiten, dass die regelmäßig anfallenden Arbeiten zur Beprobung von Sickerwasserbehältern und gelegentlichen Arbeiten zur Reinigung von Sickerwasserbehältern hinsichtlich der Exposition der Mitarbeiter und Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums zu überprüfen sind. Die arbeitstägliche Beprobung der Sickerwasserbehälter wurde beim Vor-Ort-Termin /S 1/ als abdeckendes Szenario aufgrund der Gegebenheiten für die Direktstrahlung und dem jährlichen Zeitaufwand identifiziert. Die explizite Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition für das Szenario „Beprobung und Reinigung von Behältern“ erfolgt in Abschnitt 6.4.

5.3.4 Umgang mit Filtermaterialien

Sachverhalt

Nach Angaben im EFN /U 3/ fallen im Rahmen der Reinigung und Wartung der Filteranlage der Deponiekläranlage Feststoffe an. Dabei handelt es sich um ca. 0,5 Mg Aktivkohle pro Jahr sowie Kiese und Quarzsande (vgl. Abschnitt 4.3). Im EFN wird von einer externen Entsorgung der Aktivkohle ausgegangen. Laut EFN ist durch die Einhaltung der Werte der spe-

zifischen Freigabe die Verbrennung bereits radiologisch abgedeckt /U 3/. Eine Weiternutzung im Bereich von Lebensmitteln bzw. Kosmetik wird im EFN /U 3/ ausgeschlossen. Die ausgetauschten Kiese und Quarzsande werden auf der Deponie abgelagert.

Nach Angaben im EFN /U 3/ ergibt sich eine potenzielle Exposition nur für die Deponiemitarbeiter durch die Spülung der Filter, wobei sorbierte Radionuklide für eine Exposition durch Gammastrahlung sorgen. Eine solche Sorption ist hauptsächlich an der Aktivkohle zu erwarten, da Kiese und Quarzsande laut EFN demgegenüber eine deutlich geringere Sorptionsfähigkeit aufweisen /U 3/. Eine signifikante Exposition beim Umgang mit Kies und Quarzsand wird im EFN /U 3/ ausgeschlossen. Ein Einfluss auf die Aktivitätsbilanz durch die Einlagerung der ausgetauschten Kiese und Quarzsande auf der Deponie wird ausgeschlossen /U 3/. Rückspülwässer werden der Deponiekläranlage zugeführt und sind somit nicht explizit zu betrachten /U 3/.

Im EFN /U 3/ wird daher eine explizite Betrachtung und Berechnung für das Szenario „Umgang mit Filtermaterialien“ für die Exposition beim Spülen des Aktivkohlefilters durchgeführt.

Bewertung

Die im EFN /U 3/ zum Szenario „Umgang mit Filtermaterialien“ gemachten Angaben zur Art, Menge und Entsorgung der Filtermaterialien wurden von uns bereits in Abschnitt 4.3 positiv bewertet.

Entsprechend den Ergebnissen unserer eigenen Recherchen zur Aktivkohleadsorption dienen mit Aktivkohle belegte Festbettreaktoren in der Abwassertechnik und bei der Aufbereitung von Deponiesickerwässern primär der adsorptiven Rückhaltung von gelösten organischen Inhaltsstoffen. Neben der adsorptiven Fähigkeit der Aktivkohle werden vom Festbettsystem auch Schwebstoffe und partikelgebundene Stoffe zurückgehalten. Dieser Rückhalteeffekt des Festbettsystems wird jedoch in der Literatur als untergeordnet eingestuft. Gelöste anorganische Metallionen werden von der Aktivkohle selbst nicht gehalten. Die Aktivkohle als Bestandteil der Reinigungsstufen der Sickerwässer aus Siedlungsabfalldeponien ist aus diesem Grunde nicht als Radionuklid-Schadstoffsенke anzusehen. Eine weitergehende radiologische Betrachtung des Filtertausches und der Entsorgung der Aktivkohle bzw. der Entsorgung der Rückstände aus der Aktivkohleaufarbeitung halten wir daher nicht für erforderlich.

Wir bestätigen, dass eine zukünftig mögliche Verbrennung /S 2/ der Aktivkohle durch die Einhaltung der FGW für die spezifische Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrlSchV /R 1/ abgedeckt ist. Auch unter konservativen Annahmen, dass die gesamte jährliche Radioaktivität im Sickerwasser für die Sorption im Aktivkohlefilter zur Verfügung steht (vgl. Annahme Partitionierungs-

faktoren in Abschnitt 7.1) und ein K_d -Wert von $100 \text{ cm}^3/\text{g}$ für alle Radionuklide angenommen wird (vgl. Abschnitt 6.5), resultiert für die spezifische Radioaktivität im Aktivkohlefilter keine Überschreitung der FGW der spezifischen Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrlSchV /R 1/.

Wir bestätigen anhand unserer eigenen Literaturrecherche (vgl. /S 54/), dass der Gebrauch von belasteter Aktivkohle für z. B. Lebensmittel oder Kosmetika nicht zu unterstellen ist. Bei diesen Produkten kommt ausschließlich pulverförmige Aktivkohle zum Einsatz, welche bei dem thermischen Reaktivierungsprozess verbrennen würde. Bei dem hier verwendeten Filtermaterial handelt es sich um industrielle Aktivkohle, die nicht pulverförmig vorliegt. Zusätzlich herrscht bei Herstellern eine strikte Trennung zwischen industriell genutzter Aktivkohle sowie pulverförmiger Aktivkohle, die in Bereichen wie der Lebensmittel- oder Pharmaindustrie Anwendung findet.

In den Teilszenarien 2 und 3b des Szenarios D3 wird der Aufenthalt auf einer Ablagerung betrachtet (vgl. Abschnitt 6.1.1). Dabei wird die gesamte Ablagerungsmasse aus dem KKU zur Berechnung verwendet. Im Fall des Übergangs von Radionukliden aus dem Abfall über das Sickerwasser in das Filtermaterial Kies und Quarzsand sowie der anschließenden Ablagerung wieder auf der Deponie verändert sich die Aktivitätsbilanz nicht und erfordert daher keine zusätzlichen radiologischen Betrachtungen.

Aufgrund der Zeitangaben der GIB /S 2/ ist das Spülen der Filter als radiologisch abdeckendes Szenario für potenzielle Exposition durch die Filtermaterialien anzusehen und deckt den Filtertausch von Kies und Quarzsand mit ab.

In der Literatur /S 47/ werden für einzelne Radionuklide K_d -Werte für Sand angegeben, die über dem angenommenen K_d -Wert von $100 \text{ cm}^3/\text{g}$ für Aktivkohle liegen, so dass wir die Aussage im EFN /U 3/, dass Kiese und Quarzsande gegenüber Aktivkohle generell eine geringere Sorptionsfähigkeit aufweisen, nicht vollumfänglich bestätigen können. Zusätzlich zum EFN /U 3/ betrachten wir daher neben dem Spülen der Aktivkohle auch das Spülen der Kiese und Quarzsande. Eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis beim Spülen der Filter mit den verwendeten Filtermaterialien ist erforderlich, um die Einhaltung des $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums für das Szenario „Umgang mit Filtermaterialien“ zu prüfen. Die explizite Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition für das Szenario „Umgang mit Filtermaterialien“ erfolgt in Abschnitt 6.5.

5.3.5 Entsorgung von Überschusswasser

Sachverhalt

Nach Angaben im EFN /U 3/ erfolgt die Abgabe von Abwasser und Sickerwasser in Tankwagen an dafür zugelassene Entsorger im sehr seltenen Fall, dass nach Starkregenereignissen und bei langandauernden Niederschlagsperioden das anfallende Wasser nicht in den Ausgleichsbehältern aufgefangen werden kann.

Für den Tankwagenfahrer ergibt sich damit laut EFN /U 3/ eine potenzielle Exposition. Im EFN /U 3/ wird daher eine explizite Betrachtung und Berechnung für das Szenario „Entsorgung von Überschusswasser“ durchgeführt.

Bewertung

Nach den Angaben der GIB /S 1, S 2/ wird nach Starkregenereignissen und bei langandauernden Niederschlagsperioden das anfallende Wasser mit Tankfahrzeugen abtransportiert, um zu verhindern, dass Wasser nicht mehr im Ausgleichsbehälter aufgefangen werden kann. Für die externe Entsorgung ist ein Tankwagenfahrer einer potentiellen Exposition ausgesetzt.

Daher ist eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis erforderlich, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario „Entsorgung von Überschusswasser“ zu prüfen. Die explizite Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition für das Szenario „Entsorgung von Überschusswasser“ erfolgt in Abschnitt 6.6.

5.3.6 Ausgasung aus dem Deponiekörper

Sachverhalt

Nach Angaben im EFN /U 3/ wird durch bakteriellen Abbau der organisch und zum Teil anorganisch vorliegende Kohlenstoff unter den typischen anaeroben Bedingungen in der Deponie zum größten Teil als Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Methan (CH₄) mit dem Deponiegas abgegeben. Diejenigen Radionuklide, welche in signifikanten Mengen im Deponiegas auftreten und hierdurch freigesetzt werden könnten, sind laut EFN H 3 und C 14 /U 3/.

Zur Prüfung der Einhaltung des Dosiskriteriums wird im EFN /U 3/ betrachtet, ob eine Gasfreisetzung aus der Deponie zu einer Freisetzung von Radionukliden aus den gemäß StrlSchV /R 1/ spezifisch zur Beseitigung auf Deponien freigegebenen festen Reststoffen

führen kann. Darüber hinaus wird auch eine Gasfreisetzung direkt aus den freigegebenen festen Reststoffen aus dem KKV selbst betrachtet /U 3/.

- Mit Verweis auf die Stellungnahme /S 56/ führt laut EFN /U 3/ eine Gasfreisetzung aus den nicht gemäß StrlSchV /R 1/ freigegebenen Abfällen aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Deponiegases mit geringer Reaktivität nicht zu einer Freisetzung von Radionukliden aus den gemäß StrlSchV /R 1/ freigegebenen festen Reststoffen des KKV.
- Eine Gasfreisetzung aus den abgelagerten und gemäß StrlSchV /R 1/ freigegebenen festen Reststoffen selbst wird als nicht relevant eingestuft, da diese Reststoffe kein organisches Material enthalten, welches durch Gär- und Faulprozesse eine Freisetzung von H 3 und C 14 bewirken könnte /U 3/.

Aufgrund dessen wird im EFN /U 3/ geschlossen, dass eine Ausgasung von Radionukliden aus dem Deponiekörper und eine damit verbundene Überschreitung des Dosiskriteriums nicht zu besorgen ist.

Bewertung

Die Bewertung im EFN /U 3/, dass eine Gasfreisetzung aus anderen nicht gemäß StrlSchV /R 1/ freigegebenen Abfällen aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Deponiegases (geringe Reaktivität) nicht zu einer Freisetzung von Radionukliden aus den gemäß StrlSchV /R 1/ freigegebenen Abfällen führt, ist plausibel.

Eine Gasfreisetzung aus den abgelagerten festen gemäß StrlSchV /R 1/ freigegebenen Stoffen selbst sehen wir, im Unterschied zum EFN /U 3/ und in Übereinstimmung mit der Stellungnahme /S 56/, jedoch als möglich an.

Daher halten wir eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis für erforderlich, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für das Szenario „Ausgasung aus dem Deponiekörper“ zu prüfen. Unsere explizite Betrachtung und Berechnung der potenziellen Exposition für das Szenario „Ausgasung aus dem Deponiekörper“ erfolgt in Abschnitt 6.7 für den Deponiemitarbeiter. Diese Betrachtung deckt radiologisch auch die Exposition für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung der Deponie Brake-Käseburg ab.

5.4 Zusammenstellung relevanter Expositionspfade

Wie in Abschnitt 2.2 ausgeführt, bezeichnen wir als relevante Szenarien diejenigen, bei denen die Ermittlung der potenziellen Exposition erforderlich ist, um die Einhaltung des

10- μ Sv/a-Kriteriums zu überprüfen. Ein zusammenfassender Überblick der aufgrund der abweichenden Randbedingungen der Deponie Brake-Käseburg zu betrachtenden Szenarien im Vergleich zu den Modellszenarien der SSK-Empfehlung /R 3/ ist in der Tabelle 14-1 im Anhang II (Abschnitt 14) dargestellt.

Für die in den Abschnitten 5.2 und 5.3 identifizierten relevanten Expositionspfade ist die potenzielle Exposition für folgende Personen zu ermitteln:

- a) Für die beteiligten Mitarbeiter
 - beim Umgang mit den freizugebenden Reststoffen auf der Deponie,
 - bei der Verwertung von Klärschlamm als Bauersatzstoff,
 - bei der Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm,
 - bei der Beprobung und Reinigung von Behältern,
 - beim Umgang mit dem Sickerwasser und mit Filtermaterialien,
 - bei der Entsorgung von Überschusswasser sowie
 - im Zusammenhang mit Ausgasung aus dem Deponiekörper.
- b) Für Einzelpersonen der allgemeinen Bevölkerung (Wohnbevölkerung) aufgrund des Übergangs von Radionukliden aus der Gesamtheit aller im Deponiekörper befindlichen, nach § 36 StrlSchV /R 1/ freizugebenen und bisher abgelagerten radioaktiven Stoffe (vgl. Abschnitte 3 und 4.5) über das Sickerwasser der Deponie
 - in den Vorfluter (Oberflächenwasser) während des Deponiebetriebs sowie
 - in das Grundwasser nach Betriebsende und einem unterstellten Versagen der Abdichtung der Deponie.

Die Ermittlung der potenziellen Exposition wird in den nachfolgenden Abschnitten 6 und 7 durchgeführt.

5.5 Überlagerung von Expositionspfaden

Im EFN /U 3/ wird eine potenzielle Überlagerung der Exposition aus verschiedenen Szenarien mit Verweis auf die SSK-Empfehlung /R 3/ nicht betrachtet. Auch unter dem Gesichtspunkt der speziellen Randbedingungen der Deponie Brake-Käseburg wird im EFN /U 3/ von diesem Vorgehen nicht abgewichen.

Für die Szenarien gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ ist es aufgrund der angenommenen Tätigkeitsbereiche und Arbeitszeiten (vgl. Szenarien T1, D1 und D3) sowie der betrachteten Zeithorizonte (vgl. Szenarien O1 und G) nachvollziehbar, eine potenzielle Überlagerung auszuschließen. Demgegenüber sehen wir die Betrachtung einer potenziellen

Überlagerung von Expositionen durch die zusätzlichen standortspezifischen Szenarien, bei denen dieselbe Person von mehreren Expositionspfaden betroffen sein könnte, als gerechtfertigt an.

Die Szenarien T1 (Transport) und D1 (Deponie Eingangsbereich) sind nicht durch zusätzliche standortspezifische Szenarien betroffen. Im Szenario D3 (Deponie Einlagerung) unterstellen wir eine Überlagerung innerhalb des Szenarios durch den vorgesehenen Einbau (vgl. Abschnitt 6.1.1) und das Versagen von Big-Bags (vgl. Abschnitt 6.1.3), da nicht ausgeschlossen ist, dass die Tätigkeiten im Zusammenhang mit diesen Expositionspfaden von demselben Deponiemitarbeiter durchgeführt werden. Zusätzlich unterstellen wir noch die Überlagerung mit dem standortspezifischen Szenario „Ausgasung aus dem Deponiekörper“, da die Exposition durch Deponiegas zwangsläufig bei einem Aufenthalt auf der Deponiekrone auftritt.

Die Szenarien O1 (Nutzung von Oberflächenwasser) und G (Nutzung von Grundwasser) sind nicht mit zusätzlichen standortspezifischen Szenarien zu überlagern. Die allgemeine Wohnbevölkerung ist somit nicht von weiteren standortspezifischen Szenarien betroffen.

Im Szenario O2 (Verwertung von Klärschlamm) ist keine Überlagerung mit anderen standortspezifischen Szenarien zu unterstellen. Da ein Trocknungsprozess des Klärschlammes nicht auf der Deponie Brake-Käseburg stattfindet /S 1/, wirkt sich eine potenzielle Exposition durch die Freisetzung von H 3 beim Trocknungsprozess nicht auf die Deponiemitarbeiter oder die allgemeine Wohnbevölkerung in der Umgebung aus.

Das standortspezifische Szenario „Umgang mit Material bei der Deponieerweiterung“ ist nicht mit anderen Szenarien zu überlagern, da eine potenzielle Umlagerung erst einige Jahre nach der Einlagerung und den damit verbundenen Szenarien stattfinden würde.

Für das standortspezifische Szenario „Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm“ ist keine Überlagerung mit anderen betrachteten Szenarien zu besorgen, da die Arbeiten zur Entwässerung und Entsorgung von einer externen Firma durchgeführt werden.

Im standortspezifischen Szenario „Beprobung und Reinigung von Behältern“ betrachten wir konservativ die Überlagerung innerhalb des Szenarios in der Art, dass ein Deponiemitarbeiter beide Arbeiten (Beprobung und Reinigung) durchführt. Gemäß /S 2/ werden weitere Tätigkeiten durch den selben Deponiemitarbeiter durchgeführt, die aber zu keiner signifikanten Exposition führen (vgl. Abschnitt 6.4). Abdeckend betrachten wir dennoch eine Überlagerung mit den durchgeführten Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem standortspezifischen Szenario „Umgang mit Filtermaterialien“. Aufgrund der damit verbundenen Jahresarbeitszeit ist nicht zu erwarten, dass derjenige Deponiemitarbeiter noch weitere Tätigkeiten aus den hier betrachteten Szenarien wahrnimmt.

Im standortspezifischen Szenario „Entsorgung von Überschusswasser“ ist nicht zu erwarten, dass die mit einer Exposition verbundenen Tätigkeiten, insbesondere die Fahrt des Tankfahrzeugs zu einem zertifizierten Entsorger, von einem Deponiemitarbeiter ausgeführt werden. Somit ist keine Überlagerung mit anderen hier betrachteten Szenarien zu besorgen.

6 Potenzielle Exposition der Mitarbeiter

Im Folgenden werden die für die Exposition der Mitarbeiter relevanten Szenarien und Expositionspfade beschrieben und bewertet, für die gemäß Abschnitt 5 eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis erforderlich ist, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums zu prüfen.

6.1 Deponie Einlagerung (D3)

Im Folgenden wird auf das Szenario D3 in seiner Gesamtheit, d. h. unter Berücksichtigung des vorgesehenen Einbaus, der erweiterten Abdeckung und des Versagens von Big-Bags eingegangen.

6.1.1 Vorgesehener Einbau

Sachverhalt

Nach Angaben im EFN /U 3/ sind die bisher auf der Deponie Brake-Käseburg erfolgten freigabeäquivalenten Ablagerungen für dieses Szenario nicht relevant, da diese durch den Einbau von sonstigen Reststoffen soweit abgeschirmt sind, dass davon keine signifikante Ortsdosisleistung ausgeht.

Für die explizite Berechnung der potenziellen Exposition durch zukünftig zu deponierende Materialien aus dem KKU werden unter anderem folgende Abläufe und Randbedingungen angegeben /U 3/:

- Die Anlieferung aus dem KKU zur Deponie erfolgt in geschlossenen Big-Bags, die einzeln vom anliefernden LKW entladen werden. Für Entladung und Transport wird ein Radlader verwendet, ein Mitarbeiter schlauft die Big-Bags in die Gabel des Radladers ein (im Folgenden als sogenannter „Einschläufer“ bezeichnet).
- Für die Big-Bags erfolgt ein sofortiger Einbau in die Deponie und eine Überschüttung mit Abdeckmaterial (Bauschutt). Vorgeschrieben ist eine Überdeckung mit mindestens 0,1 m Bauschutt oder vergleichbarem Material. Eine Mindestüberdeckung der Ladekante mit 0,2 m Abdeckmaterial ist gesichert /S 2/. Eine Einlagerungskampagne wird kontinuierlich innerhalb einiger Tage abgewickelt.
- Gemäß den Angaben des Deponiebetreibers /S 2/ halten sich Mitarbeiter ca. 1.000 h im Jahr auf der Deponiekronen auf, wobei sie sich aber nur ca. 50 h im Jahr in unmittelbarer Umgebung des Einlagerungsbereichs und die restlichen 950 h im Jahr abseits dieses Bereichs (überschüttete Ladekante) befinden. Diese Aufenthaltszeiten betreffen nicht die Arbeitszeiten, die mit dem Abladen und Einbau der Big-Bags verbunden sind.

Im EFN werden daraus folgende Teilszenarien für die Einlagerung definiert /U 3/:

1. Entladung und Einbau
 - a. Entladung des LKWs,
 - b. Transport eines Big-Bags zur Einbaustelle,
 - c. Aufenthalt während des Einbaus unmittelbar vor dem Ablagerungsort, der während der Ablagerung im Frontbereich (unmittelbarer Einbaubereich bzw. Ladekante) nicht abgedeckt ist,
 - d. Überschüttung der eingebauten Fläche und der Ladekante
2. Aufenthalt auf der abgedeckten Ablagerung
3. Aufenthalt auf der Deponiekrone neben der abgedeckten Ablagerung oder in Front einer Ladekante
 - a. Aufenthalt auf der Deponiekrone neben der abgedeckten Ablagerung
 - b. Aufenthalt in Front einer Ladekante

Die Berechnungen der Exposition durch Gammadirektstrahlung werden nuklidspezifisch durchgeführt. Die dafür verwendeten Parameter sind in der Tabelle 4-2 im EFN /U 3/ aufgeführt.

Abschirmung

In einer zusätzlichen Berechnung wird im EFN /U 3/ der Abschirmfaktor der Direktstrahlung ermittelt, der sich aus einem Aufenthalt in einer Fahrzeugkabine (effektive Abschirmung durch 5 mm Stahl insbesondere bei Verwendung einer Frontladerschaufel und hinsichtlich der Abschirmung nach unten) gegenüber dem Aufenthalt im Freien ergibt. Diese Abschirmfaktoren werden bei Tätigkeiten unter Anwendung von Fahrzeugen auf der Einlagerungsfläche (Teilszenario 2), auf der Deponiekrone (Teilszenarien 3a und 3b) und beim Überschütten der Einlagerungsfläche oder Ladekante (Teilszenario 1d) berücksichtigt /U 3/. Für den Transport der Big-Bags vom LKW zur Einlagerungsstelle (Teilszenario 1b) wird im EFN /U 3/ demgegenüber kein Abschirmfaktor berücksichtigt.

Radionuklide und Ausgangsaktivitäten

Gemäß der beschriebenen Vorgehensweise werden die Berechnungen für die laut EFN /U 3/ in diesem Szenario relevanten Radionuklide Co 60, Cs 137, Eu 152 und Eu 154 durchgeführt. Durch die Betrachtung von Co 60 sind laut EFN /U 3/ auch die Radionuklide Nb 94, Ag 108m, Sb 125 und Ba 133 implizit mit abgedeckt. Für weitere, bei der Freigabe aus dem KKK zu berücksichtigende Radionuklide ist entweder das Szenario D3 nicht dosisrelevant

(z. B. H 3, C 14, Sr 90) oder die Dosisrelevanz der Radionuklide ergibt sich nahezu vollständig aus der potenziellen Exposition durch Inhalation und Ingestion (Pu 238, Pu 241, Am 241) /U 3/.

Nach Angabe im EFN /U 3/ kann im Szenario D3 aufgrund der standortspezifischen Besonderheiten der Deponie Brake-Käseburg bei einer Vollausschöpfung der FGW nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ für eine Freigabe von 100 Mg/a und nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/ für eine Freigabe von 1.000 Mg/a für Radionuklide mit signifikanter Gammastrahlung die Einhaltung des Dosiskriteriums von 10 μ Sv/a nicht nachgewiesen werden.

Die Berechnung der potenziellen Dosis im Expositionsszenario D3 wird daher unter der Berücksichtigung einer jährlich gemittelten Ausschöpfung der Freigabewerte von jeweils 25 % bei voller Ausschöpfung der jeweiligen Freigabemengen durchgeführt /U 3/.

Zur Dosisbestimmung in den Teilszenarien 1a und 1b wird die Radioaktivität in einem Big-Bag unter Ausschöpfung der FGW von 25 % gemäß der jeweiligen Masse ermittelt /U 3/. Zudem wird eine mittlere Radioaktivität pro LKW als zeitliches Mittel im Entladeprozess unterstellt /U 3/. Die Gesamtaktivität wird dazu als Summe der Radioaktivitäten in den einzelnen Big-Bags unter Vollbeladung mit 0,5 multipliziert, um im zeitlichen Mittel eine halbe Beladung darzustellen (vgl. Tabellen 4-10 und 4-11 im EFN /U 3/). Zur Dosisbestimmung in den Teilszenarien 1c und 1d werden die FGW mit einer jährlich gemittelten Ausschöpfung von jeweils 25 % verwendet.

Für die Bestimmung der mittleren Radioaktivität in der Einlagerungsschicht in den Teilszenarien 2 bis 3b wird angenommen, dass eine Freigabe unter Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ (mittlere Ausschöpfung 25 %) von insgesamt 1.000 Mg in Verbindung mit einer Ablagerung von insgesamt 3.600 Mg (360 Mg/a) nicht freigaberelevanter Reststoffe und eine Freigabe unter Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/ (mittlere Ausschöpfung von 25 %) von insgesamt 9.000 Mg erfolgt (vgl. Tabelle 4-12 im EFN /U 3/). Eine Zerfallskorrektur wird dabei nicht durchgeführt.

Teilszenario 1: Entladung und Einbau

Für die Dauer der Entladung (Sichtkontrolle und Einschlaufen), des Transports und des Einbaus eines Big-Bags auf der Deponie werden mit Verweis auf /S 2/ in Summe 10 Minuten angesetzt /U 3/. Für die Überschüttung des KKV-Materials (1000 Mg/a Beton bzw. 100 Mg/a Isoliermaterial) mit einem Radlader wird im EFN /U 3/ eine Dauer von 10 h/a bzw. 3 h/a angesetzt.

Die Berechnung der Teilszenarien 1a und 1b wurde im EFN /U 3/ für die Ablagerung von Bauschutt und Isoliermaterial für den jeweils exponierten Deponiemitarbeiter durchgeführt.

Für die Teilszenarien 1c und 1d wurden verschiedene Abstände ohne vordere Abschirmung durch Überdeckung in der Berechnung angenommen.

Mit den entsprechenden Expositionszeiten wird die Jahresdosis für eine Ablagerung von 1.000 Mg Bauschutt pro Jahr sowie für eine Ablagerung von 100 Mg Isoliermaterial pro Jahr für den jeweils exponierten Deponiemitarbeiter berechnet (vgl. Tabellen 4-23 bis 4-32 im EFN /U 3/). Für die Gesamtbetrachtung des Szenarios D3 wird für den jeweils exponierten Deponiemitarbeiter das Maximum der berechneten Jahresdosiswerte aus den beiden Ablagerungsmengen herangezogen /U 3/.

Teilszenario 2: Aufenthalt auf der abgedeckten Ablagerung

Für das Teilszenario 2 wurden drei verschiedene horizontale Lagen der Aufpunkte und eine Abschirmschicht von 0,1 m durch Überdeckung betrachtet. Für die Berechnung der Jahresdosis im Teilszenario 2 (vgl. Tabelle 4-33 im EFN /U 3/) wird die spezifische Radioaktivität (vgl. Tabelle 4-12 im EFN /U 3/) herangezogen sowie die Annahme zur Zeitdauer, dass sich der Deponiemitarbeiter zu 75 % der Zeit im Radlader und zu 25 % im Freien aufhält. Für den Aufenthalt im Radlader wird die Abschirmung durch den Radlader in die Rechnung mit einbezogen /U 3/.

Teilszenario 3: Aufenthalt auf der Deponiekrone neben der abgedeckten Ablagerung oder in Front einer Ladekante

Für das Teilszenario 3a wurden Berechnungen für eine Mächtigkeit von 0,1 m der Abschirmschicht durch Überdeckung durchgeführt (vgl. Tabelle 4-9 im EFN /U 3/). Für das Teilszenario 3b wurden Berechnungen in verschiedenen Abständen mit 0,2 m vorderer Abschirmschicht durch Überdeckung durchgeführt (vgl. Tabelle 4-7 im EFN /U 3/).

Aus den Ergebnissen wird geschlussfolgert, dass das Teilszenario 3a immer niedrigere Expositionen als Teilszenario 3b erwarten lässt und daher in den weiteren Betrachtungen immer das Teilszenario 3b herangezogen wird /U 3/. Für die Berechnung der Jahresdosis im Teilszenario 3b wird analog zum Teilszenario 2 vorgegangen (vgl. Tabelle 4-34 /U 3/).

Zusammenfassung der Teilszenarien 1a bis 3b im EFN für das Szenario D3

Für die Gesamtdosis der Teilszenarien 1a bis 3b im Szenario D3 werden die Einzelergebnisse addiert (vgl. Tabellen 4-35 und 4-36 im EFN /U 3/). Dabei wird im EFN /U 3/ angenommen, dass im Teilszenario 1 ein Deponiemitarbeiter nur als Radladerfahrer oder Einschlauffer arbeiten kann. Für die weiteren Teilszenarien wird davon ausgegangen, dass derselbe Deponiemitarbeiter wie im Teilszenario 1 betroffen ist. Damit wird im EFN angenommen, dass im Szenario D3 lediglich ein einzelner Deponiemitarbeiter betroffen ist /U 3/. Demnach spielt für die Berechnungen die Anzahl der Mitarbeiter der Deponie keine Rolle. Für die Teilszenarien, in welchen entweder die Ablagerung von 1.000 Mg/a Bauschutt oder

die Ablagerung von 100 Mg/a Isoliermaterial zu unterscheiden ist, wird jeweils der Fall für die Summierung verwendet, der zur höheren Dosis führt /U 3/. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 4-35 und 4-36 im EFN /U 3/ dargestellt.

Nach Angabe im EFN /U 3/ wird das Dosiskriterium von 10 $\mu\text{Sv/a}$ für alle vier betrachteten Radionuklide im Fall der Ausschöpfung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ bzw. nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/ von jeweils 25 % im Mittel über alle freizugebenden Chargen eingehalten.

Für die in diesem Szenario nicht explizit betrachteten Radionuklide Nb 94, Ag 108m, Sb 125 und Ba 133, welche laut EFN /U 3/ durch die Betrachtung von Co 60 abgedeckt sind, ergeben sich die jährlichen Aktivitätsbegrenzungen analog /U 3/. Die maximalen Gesamtaktivitäten ergeben sich aus den jährlichen Aktivitätsbegrenzungen (Ablagerung von 1.000 Mg, FGW nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ und Ablagerung von 9.000 Mg, FGW nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV, Ausschöpfung der FGW jeweils von 25 %) /U 3/.

Bewertung

Wir bestätigen die Aussage im EFN /U 3/, dass die bisher auf der Deponie Brake-Käseburg erfolgten freigabeäquivalenten Ablagerungen (vgl. Abschnitt 4.5) für das Szenario D3 nicht relevant sind. Die letzte Ablagerung erfolgte im Jahr 2005 /S 26/, so dass sich anhand der danach erfolgten Ablagerungen bezogen auf die Ablagerungsfläche eine Mindestüberdeckung von 1,5 m ergibt, wodurch die Unterbindung einer signifikanten Ortsdosisleistung von diesen Abfällen sichergestellt ist.

Die Angaben im EFN zum Ablauf und zu den Randbedingungen der Anlieferung und des Einbaus der Reststoffe aus dem KKV sind in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Fachgespräche /S 1, S 2/. Die Anlieferung der Reststoffe aus dem KKV an die Deponie erfolgt in geschlossenen Big-Bags, die einzeln vom LKW entladen werden. Die Handhabung der Big-Bags erfolgt mit einem Radlader. Neben dem Radladerfahrer wird ein zweiter Deponiemitarbeiter eingesetzt, der die Sichtkontrolle, das Einschleusen der Big-Bags und die Einweisung am Ablagerungsort vornimmt /S 1, S 2/.

Nach Angaben des Deponiebetreibers werden die aus dem KKV angelieferten Reststoffe sofort eingebaut und zeitnah mit Abdeckmaterial, z. B. Bauschutt, überschüttet /S 1/. Hinsichtlich der Überdeckung ist eine Dicke von 0,1 m oben und 0,2 m an der Ladekante nach Angabe der GIB sichergestellt /S 2/.

Die im EFN /U 3/ angesetzten Modellierungsparameter (vgl. Tabelle 4-2 im EFN) sind in Übereinstimmung mit den von uns konservativ getroffenen Annahmen für die Mo-

dellierung der Teilszenarien. Wir setzen die Zeiten für den Aufenthalt der Deponiemitarbeiter auf der Deponiekrone entsprechend den Erkenntnissen aus dem Fachgespräch /S 2/ an. Die im EFN /U 3/ (vgl. Tabelle 4-3 im EFN) angesetzten Zeiten stimmen mit unseren Annahmen überein.

Die im EFN /U 3/ dargestellten Teilszenarien decken die möglichen Expositionen und Arbeitszeiten für das Szenario D3 vollständig ab. Die Berechnungen führen wir in den Teilszenarien 1a bis 1d jeweils für Bauschutt und Isoliermaterial sowie in den Teilszenarien 2, 3a und 3b für gemischten Abfall durch.

Abschirmung

Die Annahme eines Abschirmfaktors durch den Aufenthalt im Radlader im Vergleich zum Aufenthalt im Freien ist nachvollziehbar. Insbesondere die Direktstrahlung von unten wird durch einen Aufenthalt in der Fahrerkabine abgeschirmt. Auch die Frontladerschaufel kann als Abschirmung bei bestimmten Tätigkeiten angesehen werden. Die Annahme von 5 mm Stahl als Abschirmgeometrie und -material ist plausibel. Es ist zudem nachvollziehbar, für das Teilszenario 1b keine Abschirmung anzunehmen, da dort ein Fahrzeug mit Gabel für den Transport der Big-Bags verwendet wird im Gegensatz zum Einsatz eines Frontladers mit Schaufel in den anderen Teilszenarien. Eine Gabel erzeugt aufgrund der Position und Geometrie keine effektive Abschirmwirkung für den Fahrer.

Der EFN /U 3/ geht von einem einheitlichen Satz Abschirmfaktoren für die Werte ohne und mit Überschüttung sowie für Bauschutt und Isoliermaterial aus. Demgegenüber haben wir für jeden Datensatz einen eigenen Abschirmfaktor berechnet, der mit weniger als 10 % geringfügig von den Werten im EFN /U 3/ abweicht und eine geringere Abschirmwirkung ergibt.

Radionuklide und Ausgangsaktivitäten

Wir bestätigen, dass die im EFN /U 3/ in diesem Szenario D3 betrachteten Radionuklide Co 60, Cs 137, Eu 152 und Eu 154 aufgrund der anzuwendenden Gammadosisleistungsfaktoren in Verbindung mit dem nuklidspezifischen FGW dosisrelevant sind. Ebenso sind durch die Betrachtung von Co 60 auch die Radionuklide Nb 94, Ag 108m, Sb 125 und Ba 133 aufgrund der anzuwendenden Gammadosisleistungsfaktoren in Verbindung mit dem nuklidspezifischen FGW implizit mit abgedeckt.

Zusätzlich betrachten wir in unseren Berechnungen noch die Radionuklide Mn 54, Zn 65, Ru 106, Ag 110m, Cs 134, Ce 144, Eu 155 und Gd 153. Für diese Radionuklide ist gemäß der SSK-Empfehlung /R 3/ das Szenario D3 bestimmend für den FGW und das Produkt aus Gammadosisleistungsfaktor und FGW ist bei diesen Radionukliden ähnlich zu Co 60.

Die restlichen Radionuklide, die bei der vorgesehenen Freigabe aus dem KKV zu berücksichtigen sind (vgl. Abschnitt 3), sind für das hier betrachtete Szenario D3 im Hinblick auf Direktstrahlung nicht dosisrelevant. Die Radionuklide, deren Dosisrelevanz sich nahezu vollständig aus der potenziellen Exposition durch Inhalation und Ingestion ergibt, werden im EFN /U 3/ richtigerweise nicht betrachtet, da die Expositionspfade Inhalation und Ingestion im hier betrachteten Szenario D3 durch das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ abgedeckt sind (vgl. Abschnitt 5.2.4)

Der EFN /U 3/ sieht eine Reduzierung der mittleren jährlichen Ausschöpfung der Freigabewerte auf jeweils 25 % für die Radionuklide Co 60, Cs 137, Eu 152, Eu 154, Nb 94, Ag 108m, Sb 125 und Ba 133 vor. Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse haben wir bei unseren Berechnungen der potenziellen Dosis für alle von uns betrachteten Radionuklide diese Reduzierung der Ausschöpfung der Freigabewerte bei voller Ausschöpfung der jeweiligen für die Ablagerung auf der Deponie Brake-Käseburg vorgesehenen Freigabemengen ebenfalls berücksichtigt.

Die Angaben im EFN /U 3/ zur Bestimmung der Radioaktivitäten der Strahlungsquellen in den verschiedenen Teilszenarien sind plausibel und stimmen mit den von uns getroffenen Annahmen überein. Der EFN /U 3/ ermittelt im Ergebnis dieselben Radioaktivitätswerte, die sich aus unseren Berechnungen ergeben.

Teilszenario 1: Entladung und Einbau

Die Zeit von 10 Minuten pro Big-Bag, die für die Entladung, den Transport und den Einbau in Summe im EFN /U 3/ angesetzt sind, ist angemessen und entspricht den Erkenntnissen aus den Fachgesprächen /S 1, S 2/. Die von uns angenommene Aufteilung der Zeiten entspricht den Erkenntnissen aus dem Fachgespräch /S 2/ und wurde im EFN /U 3/ analog gewählt. Die zur Dauer der Überschüttung angesetzten Zeiten von 10 h im Jahr bei einer Ablagerungsmenge von 1.000 Mg/a und 3 h im Jahr bei einer Ablagerungsmenge von 100 Mg/a sind aufgrund der Anzahl der dabei angelieferten Big-Bags nachvollziehbar gewählt.

Für das Teilszenario 1a (Entladung des LKWs) betrachten wir den Radladerfahrer und den Einschlauffer. Der Radladerfahrer sitzt in seinem Radlader und wird nach der Sichtkontrolle des Big-Bags von dem Einschlauffer eingewiesen, so dass er mit dem Radlader den Big-Bag per Gabel vom LKW heben kann. Wir berechnen für das Teilszenario 1a für alle betrachteten Situationen am LKW bis zu einem Faktor 2 höhere Jahresdosiswerte als der EFN /U 3/. Da im EFN /U 3/ keine Angaben zur Modellierung der Strahlenquelle gemacht werden und die weiteren Parameter von uns gemäß Tabelle 4-2 des EFN /U 3/ angesetzt wurden, schlussfolgern wir, dass die Abweichungen auf eine unterschiedliche Modellierung der Strahlenquelle zurückzuführen sind.

Für das Teilszenario 1b (Transport eines Big-Bags zur Einbaustelle) nehmen wir im Gegensatz zum EFN /U 3/ an, dass der Einschlauffer durch den Transport zur Einbaustelle analog zum Radladerfahrer exponiert wird. Konservativ und analog zum EFN /U 3/ nehmen wir keinen Kredit von einer möglichen Abschirmwirkung durch den Radlader. Für das Teilszenario 1b sind die Jahresdosiswerte für den Radladerfahrer im EFN /U 3/ abdeckend gegenüber unseren Berechnungen.

In den Teilszenarien 1c (Aufenthalt vor der Ablagerung) und 1d (Überschüttung der eingebauten Big-Bags) betrachten wir analog zum EFN in konservativer Weise einen Deponiemitarbeiter, der vorher die Arbeit des Radladerfahrers oder des Einschlaufers durchgeführt hat. Im EFN /U 3/ wird keine Angabe zum angenommenen Ablagerungsmaterial in den Teilszenarien 1c und 1d gemacht. Wir haben unsere Berechnungen jeweils für Bauschutt und Isoliermaterial durchgeführt. Relevant für die Berechnung der Jahresdosis sind die Mittelwerte für Abstände von 1 m bis 5 m, da die Mitarbeiter sich im Nahbereich der Strahlungsquelle aufhalten. Die Jahresdosiswerte der Teilszenarien 1c und 1d im EFN /U 3/ sind bis auf das Radionuklid Eu 152 (Teilszenario 1c) bzw. die Radionuklide Cs 137 und Eu 152 (Teilszenario 1d) abdeckend gegenüber unseren Berechnungen, wobei unsere berechneten Jahresdosiswerte mit denen im EFN /U 3/ im Rahmen der Modellierungsgenauigkeit gut übereinstimmen. Für die Radionuklide Cs 137 und Eu 152 weichen unsere Jahresdosiswerte weniger als 10 % von denen im EFN /U 3/ ab.

Teilszenario 2: Aufenthalt auf der abgedeckten Ablagerung

Die drei im EFN /U 3/ gewählten Aufpunkte für das Teilszenario 2 sind geeignet, um alle möglichen Aufpunkte auf der angenommenen quadratischen Einlagerungsfläche abzudecken. Wir nehmen konservativ den Aufenthalt eines Arbeiters in der Mitte der Ablagerungsfläche unter Verwendung einer Abschirmschicht von 0,1 m durch Überdeckung an. Zusätzlich wird noch der Anteil der Zeit, die im Radlader verbracht wird, in die Berechnung als Abschirmfaktor mit einbezogen. Die im EFN /U 3/ angesetzten 75 % der Arbeitszeit im Radlader entsprechen der SSK-Empfehlung /R 3/, sodass wir analog vorgehen.

Unsere im Teilszenario 2 berechneten Jahresdosiswerte stimmen mit denen im EFN /U 3/ im Rahmen der Modellierungsgenauigkeit mit einer maximalen Abweichung von weniger als 15 % gut überein.

Teilszenario 3: Aufenthalt auf der Deponiekronen neben der abgedeckten Ablagerung oder in Front einer Ladekante

Im Teilszenario 3a (Aufenthalt auf der Deponiekronen neben der abgedeckten Ablagerung) nehmen wir den Aufenthalt eines Deponiemitarbeiters auf der Ablagerungsfläche mit einer Dicke der Abschirmschicht von 0,1 m durch Überdeckung an. Unsere im

Teilszenario 3a berechneten Jahresdosiswerte stimmen mit denen im EFN im Rahmen der Modellierungsgenauigkeit mit einer maximalen Abweichung von weniger als 20 % gut überein.

Im Teilszenario 3b (Aufenthalt in Front einer Ladekante) gehen wir von einer Abschirmschicht mit 0,2 m Dicke durch Überdeckung und einer Dichte von 1,3 Mg/m³ zur Abschirmung der Strahlenquelle aus. Zusätzlich wird noch der Anteil der Zeit, die im Radlader verbracht wird, in die Berechnung zur Berücksichtigung des Abschirmfaktors mit einbezogen. Die im EFN /U 3/ angesetzten 75 % der Arbeitszeit im Radlader entsprechen den SSK-Empfehlung /R 3/, sodass wir analog vorgehen.

Unsere berechneten Jahresdosiswerte im Teilszenario 3b stimmen mit denen im EFN /U 3/ im Rahmen der Modellierungsgenauigkeit mit einer maximalen Abweichung von 20 % gut überein. Wir bestätigen durch den Vergleich der Ergebnisse die Aussage im EFN /U 3/, dass das Teilszenario 3a immer zu niedrigeren Expositionen als das Teilszenario 3b führt.

Zusammenfassung der Teilszenarien 1a bis 3b für das Szenario D3

Zur Ermittlung der gesamten Jahresdosis für den vorgesehenen Einbau im Szenario D3 für einen Mitarbeiter der Deponie Brake-Käseburg durch Ablagerungen von freigegebenen Reststoffen aus dem KKV werden die Einzelergebnisse addiert. Dabei wird kein Kredit von der Anzahl der Deponiemitarbeiter genommen.

Für die Teilszenarien, in denen die Ablagerung von 1.000 Mg Bauschutt pro Jahr und von 100 Mg Isoliermaterial pro Jahr betrachtet wird, verwenden wir konservativ jeweils den Fall für die Summierung, der zu einer höheren Dosis führt.

Insgesamt berechnen wir für den vorgesehenen Einbau für die im EFN /U3/ betrachteten gammastrahlenden Radionuklide höhere Jahresdosen als im EFN angegeben. Das ist fast ausschließlich auf eine höhere Jahresdosis im Teilszenario 1a zurückzuführen. Das Szenario D3 wird in seiner Gesamtheit unter Berücksichtigung des vorgesehenen Einbaus, der erweiterten Abdeckung und des Versagens von Big-Bags in Abschnitt 6.1.3 bewertet.

6.1.2 Erweiterte Abdeckung

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ werden für das Szenario D3 die Auswirkungen verschiedener Dicken der Abschirmschicht durch Überdeckung auf die potenzielle Exposition betrachtet. Variiert wird die

Dicke der oberen Abschirmschicht /U 3/. Die Mächtigkeit der Überschüttung der Ladekante wird konstant mit 0,2 m angesetzt /U 3/. Eine erhöhte Dicke der oberen Abschirmschicht wird nur für das Teilszenario 2 angenommen, da sich die Parameter in den anderen Teilszenarien nicht verändern /U 3/.

Im EFN /U 3/ wird aus den Berechnungen geschlussfolgert, dass für eine obere Abschirmschicht von 0,2 m das 10- μ Sv/a-Kriterium auch eingehalten wird, wenn eine Ausschöpfung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ bzw. nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/ von jeweils 33 % bei voller Ausschöpfung der Freigabemengen angenommen wird. Würde die obere Abschirmschicht auf 0,34 m erhöht werden, wäre die Einhaltung des Dosiskriteriums auch bei einer Ausschöpfung der FGW von im Mittel 40 % gewährleistet /U 3/.

Bewertung

Da von der Deponiebetreiberin eine obere Abschirmschicht durch Überdeckung von ausschließlich 0,1 m garantiert wird /S 2/, halten wir die Bewertung einer erweiterten Abschirmung nicht für erforderlich.

6.1.3 Versagen von Big-Bags

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ werden für die Arbeitsschritte im Szenario D3 das Versagen einzelner Big-Bags und die daraus zusätzlich auftretenden potenziellen Expositionen betrachtet. Mit Verweis auf das Protokoll /S 2/ wird eine Beschädigung bei weniger als 1 % der Big-Bags unterstellt. Dieser geringe Anteil wird damit begründet, dass bei der Sichtkontrolle im Eingangsbereich bereits auf beschädigte Big-Bags kontrolliert und diese an das KKV zurückgeschickt werden /U 3/.

Tritt eine Beschädigung des Big-Bags auf dem Weg zur Ablagerung auf, wird gemäß den Vorgaben mit asbesthaltigen Abfällen vorgegangen /U 3/. Die Mitarbeiter ziehen persönliche Einwegschutzkleidung einschließlich partikelfiltrierender Halbmasken an. Der beschädigte Big-Bag wird befeuchtet und kann anschließend mit Dichtband oder -folie verschlossen oder in einen Über-Big-Bag umverpackt werden, um diesen weiter zu transportieren /U 3/. Durch diese Vorgehensweise wird eine potenzielle Exposition der Mitarbeiter durch Inhalation bzw. Ingestion durch defekte Big-Bags nach Angaben im EFN nahezu komplett unterbunden /U 3/.

Zur Berechnung der Direktstrahlung durch beschädigte Big-Bags wird für die Instandsetzung auf dem Weg zur Ablagerung eine Zeit von 30 Minuten pro Big-Bag im EFN /U 3/ angesetzt. Bei einer Anzahl von 1.000 Big-Bags pro Jahr entspricht dies im Fall der Anlieferung von Bauschutt einer Gesamtzeit von 5 Stunden bzw. im Fall der Anlieferung von Isoliermaterial in 500 Big-Bags einer Gesamtzeit von 2,5 Stunden /U 3/. Als vergleichbares Szenario bezüglich der Dosisleistung von beschädigten Big-Bags wird im EFN der Transport der Big-Bags mit dem Radlader angesetzt /U 3/. Die resultierende Exposition durch die betroffenen Big-Bags gibt der EFN /U 3/ mit kleiner als $0,1 \mu\text{Sv}$ pro Jahr an.

Weiterhin wird unterstellt, dass der Umgang mit den beschädigten Big-Bags in einem Abstand von 2 m vom LKW stattfindet /U 3/. Im EFN wird dafür als vergleichbares Szenario bezüglich der Dosisleistung das Entladen des LKWs vom Radladerfahrer herangezogen. Als resultierende potenzielle Exposition wird ein Wert im Bereich von $0,15 \mu\text{Sv}$ pro Jahr im EFN angegeben /U 3/.

Bewertung

Während der Arbeitsabläufe von der Anlieferung bis zum Einbau können Beschädigungen an den Big-Bags auftreten, die durch die vorherigen Betrachtungen im Szenario D3 nicht abgedeckt sind. Nach den Ergebnissen des Fachgesprächs /S 2/ ist bei Anlieferungen von einem Anteil defekter Big-Bags von weniger als 1-2 % auszugehen. Bereits beim Transport zur Deponie beschädigte Big-Bags werden nach der Sichtkontrolle bei der Anlieferung wieder in das KKV zurückgeliefert. Im Fall einer Beschädigung des Big-Bags am Ablagerungsort erfolgt unverzüglich eine Überdeckung des Big-Bags. Für diese beiden Fälle sind weitere radiologischen Betrachtungen nicht erforderlich.

Wir bestätigen anhand der Ergebnisse aus dem Fachgespräch /S 2/, dass aufgrund der Arbeitsabläufe analog zum Umgang mit asbesthaltigen Abfällen bei einer Beschädigung des Big-Bags auf dem Weg zur Ablagerung eine Exposition durch Inhalation und Ingestion nicht betrachtet werden muss. Eine Exposition der Haut (vgl. /S 56/) ist insbesondere aufgrund des Tragens von Schutzkleidung ebenfalls nicht zu anzunehmen.

Für die Direktstrahlung ist dagegen eine explizite Berechnung der potenziellen Dosis bei einer Beschädigung des Big-Bags auf dem Weg zur Ablagerung erforderlich, um die Einhaltung des $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums zu prüfen. Für diese Tätigkeiten wird abdeckend unterstellt, dass ein Umgang mit den defekten Big-Bags (Annahme 1 % der angelieferten Big-Bags) in 2 m Abstand zum LKW erfolgt /S 2/. Als Zeitraum wird ein Wert von maximal 30 Minuten pro Big-Bag festgelegt /S 2/. Diese Annahmen sind in Übereinstimmung mit denjenigen im EFN /U 3/.

Für die Direktstrahlung von beschädigten Big-Bags ist der Vergleich mit dem Radladerfahrer beim Transport nachvollziehbar gewählt. Die meiste Zeit werden die Deponiearbeiter mit dem Anziehen der Schutzkleidung und dem Befeuchten des Abfalls verbringen, so dass die Annahme einer Entfernung von 2 m zum Big-Bag wie beim Transport des Big-Bags (vgl. Abschnitt 6.1.1) realistisch angesetzt ist. Nach unseren Berechnungen resultiert durch die beschädigten Big-Bags eine potenzielle Exposition unterhalb von $0,1 \mu\text{Sv/a}$.

Neben den beschädigten Big-Bags ist als weitere Strahlenquelle der im zeitlichen Mittel zur Hälfte mit Big-Bags beladene LKW zu berücksichtigen. Im EFN /U 3/ wird dazu als vergleichbares Teilszenario der Radladerfahrer am LKW mit einer horizontalen Positionierung des exponierten Deponiemitarbeiters zur Strahlenquelle angenommen. Das ist abdeckend gegenüber unserer Annahme, dass es für den exponierten Deponiemitarbeiter keine bevorzugte Positionierung gegenüber der Strahlenquelle gibt. Daher nehmen wir als vergleichbares Teilszenario den Einschlauffer am LKW in 2 m Abstand an. Nach unseren Berechnungen resultiert durch die Big-Bags auf der LKW-Ladefläche eine potenzielle Exposition von weniger als $0,3 \mu\text{Sv/a}$.

Da das Versagen von Big-Bags und der Umgang mit der Beschädigung für den Zeitraum der Einlagerung im Szenario D3 erfolgt, sehen wir es als erforderlich an, die potenzielle Exposition durch die beschädigten Big-Bags zur Jahresdosis der Deponiemitarbeiter aus dem Szenario D3 aufzusummieren. Aus dem EFN /U 3/ ergibt sich keine eindeutige Aussage zur Überlagerung der potenziellen Jahresdosen dieser beiden Szenarien. Konservativ verwenden wir die maximale Jahresdosis für die beiden Fälle von beschädigten Big-Bags mit Bauschutt oder mit Isoliermaterial sowie die maximale Jahresdosis der beiden betrachteten Deponiemitarbeiter (Radladerfahrer und Einschlauffer) für den Einbau. Die Jahresdosis für den Einbau von Big-Bags und beim Versagen von Big-Bags sowie die damit aufsummierte Jahresdosis für die Deponiemitarbeiter ist in Tabelle 6-1 dargestellt.

Tabelle 6-1: Jahresdosiswerte für Deponiemitarbeiter für den Einbau, für das Versagen von Big-Bags sowie bei Überlagerung im Szenario D3 unter Berücksichtigung einer jährlich gemittelten Ausschöpfung der Freigabewerte von 25 %.

Radio-nuklid	Jahresdosiswerte Einbau [µSv/a]		Jahresdosiswerte Versagen von Big-Bags [µSv/a]		Jahresdosiswerte Szenario D3 [µSv/a]	
	EFN	TÜV NORD	EFN	TÜV NORD	EFN	TÜV NORD
Co 60	9,7	10,94	< 0,3 *)	0,22	9,7	11,2
Cs 137	5,5	7,78		0,19	5,5	8,0
Eu 152	7,0	8,95		0,19	7,0	9,1
Eu 154	8,5	9,86		0,21	8,5	10,1
Mn 54	-	9,24	-	0,21	-	9,5
Zn 65	-	8,93	-	0,20	-	9,1
Ru 106	-	9,41	-	0,22	-	9,6
Ag 110m	-	11,28	-	0,24	-	11,5
Cs 134	-	10,19	-	0,23	-	10,4
Ce 144	-	7,75	-	0,18	-	7,9
Eu 155	-	5,66	-	0,20	-	5,9
Gd 153	-	9,50	-	0,34	-	9,8

*) Im EFN /U 3/ werden keine nuklidspezifischen Werte angegeben und ein Beitrag zum Jahresdosiswert im gesamten Szenario D3 wird nicht unterstellt.

Unsere Berechnungen zeigen, dass eine Reduzierung der mittleren jährlichen Ausschöpfung der Freigabewerte für alle von uns betrachteten Radionuklide erforderlich ist. Für die Radionuklide Cs 137 und Eu 152 ist die im EFN /U 3/ vorgenommene und von uns analog angesetzte Reduzierung auf 25 % der mittleren jährlichen Ausschöpfung der Freigabewerte abdeckend zur Einhaltung des 10-µSv/a-Kriteriums im Szenario D3.

Für die Radionuklide Co 60 und Eu 154 berechnen wir über die im EFN /U3/ vorgenommene Reduzierung von 25 % hinausgehende Aktivitätsbeschränkungen, um die Einhaltung des 10-µSv/a-Kriteriums im Szenario D3 zu gewährleisten. Für die implizit durch Co 60 abgedeckten Radionuklide Nb 94, Ag 108m, Sb 125 und Ba 133 ergeben sich Aktivitätsbeschränkungen analog zu Co 60.

Über den EFN /U 3/ hinausgehend haben wir weitere Radionuklide (Mn 54, Zn 65, Ru 106, Ag 110m, Cs 134, Ce 144, Eu 155 und Gd 153) im Szenario D3 berücksichtigt. Hierbei ergibt sich ebenfalls das Erfordernis von nuklidspezifischen Beschränkungen der jährlichen Ablagerungsaktivität und der abzulagernden Gesamtaktivität, die restriktiver sind, als die diesbezüglichen Freigabewerte in Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 bzw. Spalte 10 StrlSchV /R 1/.

Die sich aus den von uns durchgeführten Berechnungen ergebenden radionuklidspezifischen Aktivitätsbeschränkungen werden in Abschnitt 8 aufgenommen und mit den Aktivitätsbeschränkungen aus anderen Szenarien zusammengefasst.

6.2 Verwertung von Klärschlamm

Sachverhalt

Der Klärschlamm aus der Sickerwasseraufbereitung der Deponie Brake-Käseburg wird entwässert und an zertifizierte Entsorger abgegeben /U 3/ (vgl. Abschnitte 4.4 und 5.2.6). Nach Angaben im EFN /U 3/ fällt bei der Entwässerung hauptsächlich wassergesättigte Luft an. Bei diesem Prozess ist davon auszugehen, dass die eventuell im zu entwässernden Klärschlamm vorhandene Radioaktivität aus der Deponierung von Reststoffen des KKV, mit Ausnahme von H 3, C 14 und Cl 36, hauptsächlich im Klärschlamm verbleibt /U 3/.

Für die radiologische Bewertung der Verwertung von Klärschlamm wird im EFN /U 3/ die Aktivitätskonzentration im feuchten und trockenen Klärschlamm berechnet. Die Partitionierung für den Verbleib von Radionukliden im Klärschlamm erfolgt gemäß Tabelle 4-1 (vgl. Tabelle 4-41 im EFN /U 3/). Für den Klärschlamm wurde eine jährlich anfallende Masse von 2.000 Mg feucht und 40 Mg trocken angenommen /U 3/. Die im EFN berechneten spezifischen Radioaktivitäten sind in Tabelle 6-2 dargestellt.

Laut EFN /U 3/ zeigen die Ergebnisse, dass die bei einer externen thermischen Entsorgung gegebenenfalls auftretenden Expositionen durch die Einhaltung der Freigabewerte für die Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen von bis zu 100 Mg/a der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrlSchV /R1/ abgedeckt sind. Dies gilt, außer für das Radionuklid H 3, auch für über den Luftpfad bei der Trocknung abgegebene Radioaktivitäten /U 3/.

Für das Radionuklid H 3 wird von einer maßgeblichen Abgabe über die Abluft an die Umgebung beim Trocknungsprozess ausgegangen, die zu einer potenziellen Exposition durch Inhalation und Ingestion führen kann /U 3/. Im EFN /U 3/ wird bei einer vollständigen Ausschöpfung der FGW für H 3 gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R1/ bzw. Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R1/ von einer jährlichen Ablagerung von $6E+12$ Bq ausgegangen, wovon 10 % in den Klärschlamm gelangen können. Es wird für die Trocknung laut EFN /U 3/ abdeckend angenommen, dass nahezu das gesamte Wasser in die Abluft gelangt. Eine Freisetzung von $6E+11$ Bq pro Jahr des Radionuklids H 3 führt laut EFN /U 3/ selbst im ungünstigsten Fall (Kurzzeitfreisetzung über eine Stunde bei ungünstigen meteorologischen Bedingungen) nur zu einer Exposition in der Größenordnung von $1 \mu\text{Sv/a}$, die nicht additiv zu irgendeinem anderen Szenario ist.

Laut EFN /U 3/ sieht die Genehmigung der Deponie die Vererdung von Klärschlamm als Entsorgungsweg nicht vor. Eine mögliche Phosphor-Rückgewinnung aus dem Klärschlamm ist aufgrund der geringen Phosphat- und hohen Stickstoffgehalte keine geeignete Maßnahme /U 3/. Als weiterer potenzieller Verwertungspfad für den Klärschlamm wird die Nut-

zung als Bauersatzstoff auf der Deponie angegeben, wenn vorher eine Trocknung durchgeführt wurde /U 3/. Auf Grund der Beschaffenheit des getrockneten Klärschlammes ist ein Einsatz als Zuschlagsstoff für die Fertigung von Gebäudeteilen auszuschließen /U 3/.

Für die potenzielle Exposition durch Verwertung des deponieeigenen Klärschlammes als Zuschlagstoff im Deponiestraßenbau wird eine jährlich anfallende Trockenmasse des Klärschlammes von 40 Mg angesetzt /U 3/. Laut EFN /U 3/ kann es während der Arbeiten zur Exposition durch Inhalation bei Staubfreisetzung und zur äußeren Exposition kommen. Die zur Berechnung angenommenen Parameter sind in Tabelle 4-44 im EFN /U 3/ dargestellt. Gemäß diesen Parametern wurde auch eine Ingestion berücksichtigt. Der Vermischungsfaktor von zwei für den Bauersatzstoff Klärschlamm resultiert nach Angabe im EFN daraus, dass das reine Material nicht für den Bau einer Deponiestraße geeignet ist, sondern mit entsprechend geeignetem Material wie z. B. Sand, Kies oder Bauschutt gemischt werden muss, um die Tragfähigkeit zu gewährleisten /U 3/.

Die Ergebnisse der Dosisberechnung des EFN /U 3/ sind in Tabelle 6-3 dargestellt. Dort wird für die Bauphase der Deponiestraße bezüglich der Radionuklide Co 60, Sr 90, Cs 137 und Am 241 eine Exposition von weniger als 0,1 $\mu\text{Sv/a}$ ermittelt. Für das Radionuklid Ba 133 wird im EFN /U 3/ das 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriterium demgegenüber signifikant ausgeschöpft sowie im Fall des Radionuklids Ag 108m überschritten.

Für das weitere Expositionsszenario Nutzung der Deponiestraße wird laut EFN /U 3/ konservativ eine jährliche Nutzungszeit von ca. 800 Stunden für den mit Zusatz von Klärschlamm gebauten Straßenabschnitt unterstellt. Im Vergleich zur Bauphase wird von einer verringerten Staubkonzentration von 100 $\mu\text{g/m}^3$ ausgegangen, was doppelt so hoch wie das für die allgemeine Bevölkerung zulässige Tagesmittel ist /U 3/.

Die Ergebnisse der Exposition bei Nutzung der Deponiestraße sind in Tabelle 6-4 dargestellt. Im EFN /U3/ wird für die Radionuklide Co 60, Sr 90, Cs 137 und Am 241 eine Exposition von insgesamt weniger als 0,5 $\mu\text{Sv/a}$ berechnet. Für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 wird eine Exposition ermittelt, die das 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriterium überschreitet und daher eine Beschränkung der Ablagerung auf der Deponie Brake-Käseburg erfordert /U 3/.

Laut EFN /U 3/ ist das Radionuklid Ba 133 bereits ausreichend durch die mit dem Szenario D3 verbundene Reduzierung der mittleren Ausschöpfung auf 25 % der FGW beschränkt, um für das hier betrachtete Szenario die Einhaltung des Dosiskriteriums zu ermöglichen. Für das Radionuklid Ag 108m muss die abgelagerte Radioaktivität aus dem KKV um den Faktor 40 gegenüber der möglichen Vollausschöpfung der FGW verringert werden, um für dieses Szenario die Einhaltung des 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums zu ermöglichen /U 3/.

Zusätzlich wird im EFN /U 3/ die Exposition durch die Verwertung von Klärschlamm bei einer Notfalleinleitung des Sickerwassers der Deponie Brake-Käseburg in die Kläranlage der Stadt Brake (vgl. Abschnitt 4.3) betrachtet. Anhand des Durchsatzes der Kläranlage der

Stadt Brake von ca. $1,5E+06 \text{ m}^3/\text{a}$ und dem gemittelten Wert von ca. $4E-04 \text{ Mg/m}^3$ Trockenmasse Klärschlamm pro m^3 Sickerwasser, wird im EFN eine jährliche Trockenmasse von 600 Mg für die Kläranlage der Stadt Brake berechnet /U 3/. Laut EFN /U 3/ decken damit die Annahmen gemäß SSK-Empfehlung /R 3/ eine auf weniger als sieben Monate zeitlich begrenzte Einleitung von Sickerwasser aus der Deponie Brake-Käseburg in die Kläranlage der Stadt Brake ab.

Bewertung

Auf der Deponie Brake-Käseburg findet eine Entwässerung des Klärschlammes mit anschließender Abgabe an zertifizierte Entsorger statt (vgl. Abschnitt 5.2.6). Die im EFN /U 3/ angesetzten Partitionierungsfaktoren wurden von uns in Abschnitt 4.4 bestätigt. Die angesetzte Klärschlammmenge von 2.000 Mg/a (feucht) bzw. 40 Mg/a (trocken) ist gemäß Abschnitt 4.3 abdeckend gewählt.

Wir berechnen die nuklidspezifische Radioaktivität im Klärschlamm anhand der Aktivitätsabgabe mit dem Sickerwasser, die ausführlich in Abschnitt 7.1 dargestellt wird. Unsere Ergebnisse in Form der spezifischen Radioaktivitäten sind denjenigen des EFN /U 3/ sowie den FGW für die Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen von bis zu 100 Mg/a gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrlSchV /R 1/ in Tabelle 6-2 gegenübergestellt.

Tabelle 6-2: Potenzielle spezifische Radioaktivitäten im Klärschlamm im Szenario „Verwertung von Klärschlamm“; Vergleich der Werte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Spez. Radioaktivität im Klärschlamm (feucht) [Bq/g]		FGW Beseitigung Verbrennung [Bq/g]	Spez. Radioaktivität im Klärschlamm (trocken) [Bq/g]	
	EFN	TÜV NORD		EFN	TÜV NORD
Co 60	1,4E-09	2,3E-06	7,0E+00	7,0E-08	1,2E-04
Sr 90	3,0E-02	1,2E-01	4,0E+01	1,5E+00	5,8E+00
Ag 108m	1,4E-01	3,4E-01	1,0E+01	7,2E+00	1,7E+01
Ba 133	4,9E-02	4,3E-01	8,0E+01	2,4E+00	2,1E+01
Cs 137	1,1E-06	1,9E-06	1,0E+01	5,4E-05	9,3E-05
Am 241	2,0E-16	1,9E-12	1,0E+00	1,0E-14	9,4E-11

Unsere Ergebnisse bestätigen mit Ausnahme des Radionuklids Ag 108m für die Trockenmasse des Klärschlammes die Einhaltung der FGW für die Freigabe zur Beseitigung in Verbrennungsanlagen von bis zu 100 Mg/a gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrlSchV /R 1/. Da durch unsere Berechnungen für das Radionuklid Ag 108m im Szenario D3 bereits die Begrenzung auf eine mittlere Ausschöpfung von ca. 22 % der FGW ermittelt wurde (vgl. Abschnitt 6.1.3 und Abschnitt 8), resultiert durch die hier berechnete 1,7-fache Überschreitung des FGW gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 9 StrlSchV /R1/ keine weitere Begrenzung der Gesamtaktivität.

Für das Radionuklid H 3 führen wir eine explizite Betrachtung des Luftpfades durch, da eine Abgabe über die Abluft an die Umgebung beim Trocknungsprozess nicht ausgeschlossen werden kann. Im EFN /U 3/ wurde in gleicher Weise vorgegangen. Bei einer vollständigen Ausschöpfung der FGW für H 3 gemäß Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ bzw. Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/ und einem Ablagerungszeitraum auf der Deponie von 15 Jahren gemäß EFN /U 3/ ermitteln wir eine jährlich gemittelte Ablagerung von $7,6E+12$ Bq, die über dem angegebenen Wert im EFN /U 3/ liegt. Gemäß den Partitionierungsfaktoren (Tabelle 4-1) können davon 10 % in den Klärschlamm gelangen. Wir nehmen für unsere Berechnungen abdeckend an, dass nahezu das gesamte Wasser in die Abluft gelangt. Der EFN /U 3/ geht ebenfalls von dieser Annahme aus. Unsere Berechnung für eine Freisetzung des Radionuklids H 3 von $7,6E+11$ Bq pro Jahr über den Luftpfad bestätigt auch unter ungünstigen Ausbreitungsbedingungen die Einhaltung des $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums.

Eine Phosphor-Rückgewinnung, die gemäß EFN /U 3/ aufgrund der geringen Phosphat- und hohen Stickstoffgehalte keine geeignete Maßnahme ist, wird von der GIB für die Zukunft nicht ausgeschlossen /S 2/. Mit Inkrafttreten der Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung, mit der die Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm und Klärschlammgemisch (AbfKlärV) /S 16/ in mehreren zeitlichen Stufen geändert wird, hat das Gebot zur Phosphorrückgewinnung Rechtsverbindlichkeit erhalten. Bis zum Jahr 2029 müssen unter anderem Betreiber von Klärschlammverbrennungsanlagen die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm, beziehungsweise der Klärschlammmasche, sicherstellen. Die Pflicht zur Rückgewinnung besteht, sobald der Phosphorgehalt in der Klärschlamm-trockenmasse 2 % oder mehr beträgt. Die AbfKlärV /S 16/ sieht zudem vor, dass Kläranlagenbetreiber bis zum Ende des Jahres 2023 der zuständigen Behörde ein Konzept vorlegen müssen, aus dem hervorgeht, in welcher Weise (mit welchem Verfahren) der Phosphor zurückgewonnen werden soll.

Für die Rückgewinnung des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors werden derzeit nasschemische und thermische Verfahrensentwicklungen verfolgt, wobei die thermischen Verfahren eine gegenüber den sonstigen Verfahren deutlich höhere Recyclingquote aufweisen (bis zu Faktor 2) /S 17/. Seit 2018 erfolgt eine erste großtechnische Umsetzung der Phosphorrückgewinnung (TetraPhos®-Verfahren) /S 18/, bei der das in der Klärschlamm-masche enthaltene Calciumphosphat in Phosphorsäure gelöst wird. Durch die Umsetzung des gelösten Calciumphosphats mit Schwefelsäure wird Phosphorsäure gebildet. Dieses Produkt wird in verschiedenen Selektionsstufen aufbereitet, wobei Phosphorsäure zur industriellen Verwertung gewonnen wird. Die Nebenprodukte finden Verwertung als Gips oder werden einer Deponierung zugeführt. Mit Ausnahme der Phosphorsäure entspricht dies den Modellannahmen, die zur Herleitung der Freigabewerte für die spezifische Freigabe zur Verbrennung zugrunde gelegt wurden. Diese Freigabewerte werden vom hier betrachteten feuchten bzw. trockenem

Klärschlamm eingehalten. Unter Berücksichtigung der vorgelagerten prozessbedingten Verbrennung des Klärschlammes enthält das Produkt der Phosphorsäure kein für das Freigabeverfahren des KKV relevantes Radionuklid. Andere derzeit in der Entwicklung befindliche Verfahren können wir zum jetzigen Zeitpunkt nicht bewerten. Mit der Festlegung in den Freigabebescheiden 1/2016 /S 11/ für die Freigabe von Schüttgütern, 1/2018 /S 12/ für die Freigabe von Feststoffen und 1/2021 /S 19/ für die Freigabe von Betonstrukturteilen, dass im Freigabeverfahren vorzulegende Unterlagen, wie der hier bewertete EFN /U 3/, bei neuen Erkenntnissen zu aktualisieren und der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde zur Zustimmung vorzulegen sind, ist die Würdigung einer zukünftig möglichen Phosphorrückgewinnung im Freigabeverfahren gewährleistet.

Die Ausführung im EFN /U 3/ zur Vererdung von Klärschlamm entspricht der Angabe der GIB /S 2/, dass die Deponiegenehmigung eine Vererdung des Klärschlammes nicht vorsieht. Ferner ist laut GIB /S 1/ eine Nutzung im Hochbau oder für Gebäude unwahrscheinlich, was mit den Angaben im EFN /U 3/ übereinstimmt.

Wir führen eine radiologische Betrachtung des Klärschlammes als Bauersatzstoff im Deponiewegebau durch (vgl. Abschnitt 5.2.6) und prüfen die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums. Für die Berechnung der potenziellen Exposition durch die Verwertung des deponieeigenen Klärschlammes für den Wegebau nehmen wir 40 Mg trockenen Klärschlamm pro Jahr an, der sich aus der abdeckenden Annahme von 2.000 Mg feuchtem Klärschlamm pro Jahr ergibt. Dies wird vom EFN /U 3/ analog angenommen. Neben der Direktstrahlung kann es beim Bau einer Deponiestraße auch zur Exposition durch Inhalation und Ingestion kommen.

Die für den Deponiewegebau unterstellte Beimischung von mindestens 50 % weiterer Stoffe zur Stabilisierung stimmt mit den Angaben im Fachgespräch /S 2/ überein und ist plausibel. Die Deponiestraße hat eine Schichtdicke von maximal 0,3 m und eine Breite von 8 m bis 10 m /S 2/. Die entsprechenden Parameter stimmen mit denjenigen im EFN /U 3/ überein. Gemäß den Angaben der GIB /S 2/ wird der Wegebau nicht im öffentlichen Bereich durchgeführt, d. h. es ergibt sich keine Exposition für die allgemeine Bevölkerung.

Die im EFN /U 3/ angesetzte Atemrate (1,2 m³/h) sowie die angesetzte Ingestionsrate (6 mg/h) entsprechen den Angaben gemäß BglBb /R 8/. Die Staubkonzentration (1 mg/m³) ist nachvollziehbar gewählt und stimmt mit den Angaben der SSK /R 3/ und des Forschungsberichts /S 5/ für andere Szenarien überein. Für den Aufkonzentrationsfaktor im inhalierbaren und ingestierbaren Feinstaub nehmen wir im Unterschied zum EFN (vgl. Tabelle 4-44 /U 3/) jeweils einen höheren Wert von 10 gemäß den Annahmen der SSK /R 3, R 9/ und des Forschungsberichts /S 5/ an.

Wir ermitteln sowohl für die Direktstrahlung als auch für Inhalation und Ingestion jeweils größere Dosiskonversionsfaktoren als im EFN /U 3/ angegeben. Für die Berechnung der Direktstrahlung werden im EFN /U 3/ keine Angaben zur verwendeten Dichte des Baumaterials oder zum Dosisaufpunkt gemacht. Die Unterschiede in den Dosiskonversionsfaktoren für die Inhalation und die Ingestion sind einzig auf die unterschiedlichen Annahmen zum jeweiligen Aufkonzentrationsfaktor zurückzuführen. Unsere berechneten Jahresdosiswerte für die Nutzung von Klärschlamm im Deponiewegbau sind denjenigen des EFN /U 3/ in der Tabelle 6-3 gegenübergestellt.

Tabelle 6-3: Potenzielle Exposition in der Bauphase bei Verwertung von deponieeigenem Klärschlamm als Bauersatzstoff im Deponiestraßenbau; Vergleich der Werte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Jahresdosis [$\mu\text{Sv/a}$]	
	EFN	TÜV NORD
Co 60	< 0,1	< 1
Sr 90		
Cs 137		
Am 241		
Ag 108m	49	125
Ba 133	3,5	30

Für die Bauphase der Deponiestraße ermitteln wir für die Radionuklide Co 60, Sr 90, Cs 137 und Am 241 eine höhere jährliche Exposition als im EFN /U 3/ angegeben, die in Summe mit weniger als $1 \mu\text{Sv/a}$ aber deutlich unter dem $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriterium liegt. Für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 berechnen wir deutlich höhere Jahresdosiswerte als im EFN /U 3/, die zudem das $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriterium überschreiten. Daraus folgt, dass eine Reduzierung der mittleren jährlichen Ausschöpfung der Freigabewerte für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 erforderlich ist, um die Einhaltung des $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums im Szenario O2 zu gewährleisten. Im Fall des Radionuklids Ag 108m führt dies zu Aktivitätsbeschränkungen, die über die bereits im Szenario D3 ermittelten hinausgehen.

Für die Nutzung der Deponiestraße nehmen wir als abdeckendes Szenario an, dass aus dem gesamten Klärschlammfall über 10 Jahre Deponiestraßen gebaut werden, was nach unserer Berechnung einer gesamten Weglänge von ca. 222 m auf der Deponie entspricht. Für die Nutzungsdauer dieser Wege nehmen wir 400 h pro Jahr an. Dies entspricht der halben Nutzungsdauer im Vergleich zum EFN /U 3/, da wir nur ungefähr die Hälfte der Weglänge ansetzen. Konservativ wird keine Aktivitätsreduzierung durch Zerfall angenommen.

Die vom EFN angenommene reduzierte Staubkonzentration von $100 \mu\text{g/m}^3$ in der Nutzungsphase im Vergleich zu 1mg/m^3 in der Bauphase ist nachvollziehbar angesetzt. Im Forschungsbericht /S 5/ wird aus Untersuchungsergebnissen ein Mittelwert der Staubkonzentration von $587 \mu\text{g/m}^3$ für verschiedene Zustände von Deponiestraßen

angegeben. Nach /S 34/ wird für Straßen mit nicht staubendem Belag eine Korngrößenverteilung mit einem Anteil von 19 % für lungengängigen Feinstaub (Partikelgrößen $\leq 10 \mu\text{m}$) angegeben. Daraus ergibt sich eine zu betrachtende Staubkonzentration im Bereich von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die wir für unsere Berechnungen ansetzen. Dieser Wert wird im EFN /U 3/ analog verwendet. Damit reduzieren sich im Vergleich zur Bauphase die Dosiskonversionsfaktoren für die Inhalation um einen Faktor 10.

Die Ergebnisse der potenziellen Exposition bei Nutzung der mit deponieeigenem Klärschlamm gebauten Deponiestraße sind in Tabelle 6-4 dargestellt. Eine Überlagerung der Jahresdosiswerte durch die Bauphase und durch die Nutzung der Deponiestraße setzen wir nicht an.

Tabelle 6-4: Potenzielle Exposition in der Nutzungsphase bei Verwertung von deponieeigenem Klärschlamm als Bauersatzstoff im Deponiestraßenbau; Vergleich der Werte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Jahresdosiswerte [$\mu\text{Sv}/\text{a}$]	
	EFN	TÜV NORD
Co 60	< 0,01	< 0,1
Sr 90	0,22	2,0
Cs 137	0,01	< 0,1
Am 241	< 0,01	< 0,1
Ag 108m	392	910
Ba 133	28	219

Für die Radionuklide Co 60, Sr 90, Cs 137 und Am 241 ermitteln wir eine Jahresdosis unterhalb von $10 \mu\text{Sv}$ und bestätigen damit die diesbezüglichen Angaben im EFN /U 3/. Ebenso wie im EFN /U 3/ berechnen wir für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 eine Jahresdosis, die das $10\text{-}\mu\text{Sv}/\text{a}$ -Kriterium deutlich überschreitet, so dass eine Beschränkung der mittleren jährlichen Ausschöpfung der Freigabewerte für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 erforderlich ist, um die Einhaltung des $10\text{-}\mu\text{Sv}/\text{a}$ -Kriteriums im Szenario O2 zu gewährleisten. Dies führt für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 zu Aktivitätsbeschränkungen, die über die bereits im Szenario D3 sowie im hier betrachteten Szenario für den Bau der Deponiestraße ermittelten hinausgehen.

Die sich aus den von uns durchgeführten Berechnungen ergebenden radionuklidspezifischen Aktivitätsbeschränkungen werden in Abschnitt 8 aufgenommen und mit den Aktivitätsbeschränkungen aus anderen Szenarien zusammengefasst.

Wir betrachten die Exposition durch die Verwertung von Klärschlamm bei einer Notfall-einleitung des Sickerwassers der Deponie Brake-Käseburg in die Kläranlage der Stadt Brake. Die vom EFN /U 3/ angegebene jährliche Trockenmasse des Klärschlammes von 600 Mg aus der Kläranlage der Stadt Brake haben wir anhand der uns vorliegenden Informationen /S 4/ geprüft und bestätigen diese. Eine auf weniger als sieben Monate zeitlich begrenzte Einleitung von Sickerwasser aus der Deponie Brake-Käseburg

in die Kläranlage der Stadt Brake, wie sie bei einer Notfalleinleitung vorliegt, wird durch das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ abgedeckt und muss radiologisch nicht weiter betrachtet werden, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums zu bestätigen.

6.3 Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ wird davon ausgegangen, dass die Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm durch die Betrachtung des Szenarios „Beprobung und Reinigung von Behältern“ bereits berücksichtigt ist und damit eine potenzielle Überschreitung des Dosiskriteriums nicht auftritt (vgl. Abschnitt 5.3.2). Eine radiologische Betrachtung wird im EFN /U 3/ nicht durchgeführt.

Bewertung

Gemäß Abschnitt 5.3.2 sehen wir die Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm nicht durch die Betrachtungen des Szenarios „Beprobung und Reinigung von Behältern“ abgedeckt.

Die Fahrt des Tankwagens des externen Entsorgers zur Deponie ist eine Leerfahrt und hat daher keine radiologische Relevanz. Für die radiologische Betrachtung der Entwässerung nehmen wir eine zylinderförmige Vorrichtung zur Entwässerung an. Der entwässerte Klärschlamm wird von der Maschine direkt in den Tankwagen zur Entsorgung gepumpt. Die Expositionszeit für die Entwässerung und Entsorgung setzen wir gemäß den Angaben der GIB /S 1/ an. Die damit von uns berechneten Jahresdosiswerte für die Entwässerung sowie die Entsorgung sind in Tabelle 6-5 dargestellt.

Tabelle 6-5: Potenzielle Jahresdosiswerte im Szenario „Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm“; Werte des TÜV NORD.

Radio-nuklid	Jahresdosiswerte [μ Sv/a] TÜV NORD
Co 60	< 0,1
Cs 137	
Eu 152	
Eu 154	
Ag 108m	60
Ba 133	16

Die in diesem Szenario berechneten Überschreitungen des 10- μ Sv/a-Kriteriums für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 sind durch die Aktivitätsbeschränkungen bei dem

Szenario Verwertung von Klärschlamm (vgl. Abschnitt 6.2) abgedeckt. Die hier berechneten Überschreitungen erfordern keine zusätzlichen Aktivitätsbeschränkungen, da die Arbeiten zur Entwässerung und Entsorgung von einer externen Firma durchgeführt werden und somit keine Überlagerung mit den anderen hier betrachteten Szenarien zu besorgen ist.

6.4 Beprobung und Reinigung von Behältern

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ werden radiologische Betrachtungen durchgeführt, um im Szenario „Beprobung und Reinigung von Behältern“ die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums zu prüfen (vgl. Abschnitt 5.3.3). Für die Beprobung der Sickerwasserbehälter wird ein täglicher Gesamtaufwand von 45 Minuten angesetzt, der sich auf das Aufsuchen, die Beprobung und den Rückweg aufteilt /U 3/. Nach Angaben im EFN /U 3/ wird ein abdeckendes Szenario betrachtet, in dem angenommen wird, dass diese Arbeiten nur von einem Deponiemitarbeiter durchgeführt werden, der sich zudem die gesamte Zeit auf dem Rand des größten Behälters aufhält.

Laut EFN /U 3/ führt die Position auf dem Rand des Behälters zur höchsten Exposition durch Direktstrahlung aus dem Sickerwasser, da der Behälter nur mit einer Abdeckung versehen ist, die eine sehr geringe Abschirmwirkung hat. Die Wände aller Behälter bestehen aus Beton mit einer Dicke von 0,18 m, so dass sich beim Aufenthalt neben dem Behälter eine deutlich geringere Direktstrahlung von Radionukliden aus dem Sickerwasser ergibt /U 3/.

Im EFN wird der Sickerwasserausgleichsbehälter als zylinderförmiges Bauwerk mit einem Füllvolumen von ca. 1.600 m³ modelliert /U 3/. Im Normalbetrieb sollen davon ca. 200 m² als Reserve für den Sickerwasseranfall nach Starkregenereignissen freigehalten werden.

Die im EFN /U 3/ berechneten Jahresdosen für die Beprobung des größten Sickerwasserbehälters sind in Tabelle 6-6 dargestellt. Laut EFN /U 3/ zeigen die Ergebnisse, dass das als abdeckend für die Behälterbeprobung und –reinigung anzunehmende Szenario eine potenzielle Exposition ergibt, die den Bereich von 10 μ Sv/a deutlich unterschreitet.

Als weiteres Szenario wird die Reinigung von Becken betrachtet /U 3/. Das vollständig mit Sickerwasser gefüllte Becken wird mit einer Ausdehnung von 2 m \times 2 m \times 2 m angenommen /U 3/. Für die Berechnung wird als Aufenthaltsdauer 4 h pro Woche für insgesamt 52 Wochen, in Summe 208 h, angesetzt /U 3/.

Die Ergebnisse der Jahresdosiswerte des EFN /U 3/ sind in Tabelle 6-7 dargestellt. Nach Angabe im EFN /U 3/ zeigen die Ergebnisse, dass sich die berechnete Exposition für einen

Deponiemitarbeiter, der beide Aufgaben wahrnimmt, auf einen Wert unterhalb von 0,4 $\mu\text{Sv/a}$ addiert und damit das Dosiskriteriums deutlich unterschreitet /U 3/.

Bewertung

Wie in Abschnitt 5.3.3 dargestellt, führen wir radiologische Betrachtungen durch, um im Szenario „Beprobung und Reinigung von Behältern“ die Einhaltung des 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums zu prüfen. Die im EFN /U 3/ angenommenen Parameter zur Modellierung des Sickerwasserausgleichsbehälters und der Expositionszeit sind plausibel angesetzt und entsprechen den Angaben der GIB /S 1/.

Unsere berechneten Jahresdosiswerte für die Beprobung des Sickerwasserausgleichsbehälters sind denjenigen des EFN /U 3/ in Tabelle 6-6 gegenübergestellt.

Tabelle 6-6: Potenzielle Exposition für die Beprobung des Sickerwasserausgleichsbehälters; Vergleich der Jahresdosiswerte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Jahresdosiswerte [$\mu\text{Sv/a}$]	
	EFN	TÜV NORD
Co 60	< 0,1	< 0,1
Cs 137		
Eu 152		
Eu 154		
Ag 108m	0,20	0,5
Ba 133	0,014	0,2

Unsere Berechnungen ergeben für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 gegenüber dem EFN /U 3/ eine höhere Jahresdosis. Die Werte liegen unterhalb von 1 $\mu\text{Sv/a}$. Wir bestätigen die Aussage im EFN /U 3/, dass das als abdeckend für die Behälterbeprobung und -reinigung angenommene Szenario der Beprobung des Ausgleichsbehälters eine potenzielle Exposition ergibt, die den Bereich von 10 $\mu\text{Sv/a}$ deutlich unterschreitet.

Gemäß den Angaben der GIB /S 2/ können neben der Probennahme noch weitere Tätigkeiten durch einen identischen Deponiemitarbeiter durchgeführt werden. Bei einer potenziellen Exposition würden sich die entsprechenden Jahresdosen addieren. Die Probenahme von Wasser /S 2/, das nicht in Kontakt mit dem zu deponierenden Material aus dem KKV kommt, ist radiologisch nicht relevant. Die Probenanalyse /S 2/ ist aufgrund der geringen Wassermengen und den geringen Aufenthaltszeiten in unmittelbarer Nähe ebenso radiologisch nicht relevant.

Aus den Angaben der Deponiebetreiberin ergibt sich als radiologisch relevanter Pfad die Reinigung von Becken /S 2/. Gemäß den Angaben der GIB /S 2/ kann für die Reinigung ein Behälter mit der Grundfläche von 2 m \times 2 m angenommen werden, was in Übereinstimmung mit dem Modell des EFN /U 3/ ist. Da der Behälter zur Hälfte gefüllt

sein soll und Direktkontakt zum Sickerwasser besteht /S 2/, nehmen wir im Unterschied zum EFN /U 3/ eine Höhe von 1 m für das Sickerwasser an.

Als Aufenthaltsdauer kann laut GIB /S 2/ eine Zeit von 2 Stunden pro Woche angenommen werden, wobei es insgesamt 4 Behälter zur Reinigung gibt. Bei 52 Wochen resultiert daraus eine Gesamtzeit von 416 h/a und damit eine um den Faktor 2 höhere Expositionszeit als im EFN /U 3/ angenommen. Die daraus ermittelten Jahresdosiswerte sind denjenigen des EFN /U 3/ in Tabelle 6-7 gegenübergestellt.

Tabelle 6-7: Potenzielle Exposition für die Beckenreinigung; Vergleich der Jahresdosiswerte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Jahresdosiswerte [$\mu\text{Sv/a}$]	
	EFN	TÜV NORD
Co 60	< 0,1	< 0,1
Cs 137		
Eu 152		
Eu 154		
Ag 108m	0,14	2,7
Ba 133	0,010	0,8

Unsere Berechnungen ergeben für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 gegenüber dem EFN /U 3/ deutlich höhere Jahresdosiswerte. Die Werte liegen unterhalb von $3 \mu\text{Sv/a}$. Wir bestätigen die Aussage im EFN /U 3/, dass der Jahresdosiswert in diesem Szenario selbst für einen Deponiemitarbeiter, der beide Aufgaben der Beprobung und Reinigung wahrnimmt, unter $10 \mu\text{Sv/a}$ liegt.

6.5 Umgang mit Filtermaterialien

Sachverhalt

Als radiologisch abdeckenden Pfad mit einer potenziellen Exposition wird im EFN /U 3/ das Spülen der Filter identifiziert (vgl. Abschnitt 5.3.4). Dies wird einmal pro Woche für ca. 4 h für die Kies- und Aktivkohlefilter durchgeführt /U 3/. Laut EFN weisen Kiese und Quarzsande gegenüber der Aktivkohle eine deutlich geringere Sorptionsfähigkeit auf, so dass eine signifikante Exposition nur im Umgang mit der Aktivkohle auftritt /U 3/.

Im EFN /U 3/ wird eine radiologische Betrachtung der potenziellen Exposition durch das Spülen des Aktivkohlefilters durchgeführt. Bei der Berechnung wird als Geometrie des Filters eine Ausdehnung von $2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ angenommen /U 3/. Die effektive Dichte des Aktivkohlefilters wird laut EFN /U 3/ konservativ mit $0,2 \text{ Mg/m}^3$ angesetzt.

Nach Angabe im EFN /U 3/ dient die Aktivkohle zur Reinigung des Sickerwassers von organischen Komponenten und hat eine hohe Sorptionsfähigkeit für solche Verbindungen, während anorganische Verbindungen eher gering absorbiert werden /U 3/. Für alle betrachteten Radionuklide wird laut EFN /U 3/ konservativ ein K_d -Wert von $100 \text{ cm}^3/\text{g}$ für die Sorption an der Aktivkohle angesetzt.

Mit der Aktivitätskonzentration im Sickerwasser wird die Aktivitätskonzentration im Aktivkohlefilter berechnet /U 3/. Die Ergebnisse der Jahresdosiswerte des EFN /U 3/ sind in Tabelle 6-8 dargestellt.

Für die Radionuklide Co 60, Cs 137, Eu 152 und Eu 154 weist der EFN /U 3/ Jahresdosiswerte von kleiner als $0,01 \mu\text{Sv}/\text{a}$ aus. Bei Vollausschöpfung der FGW wird im EFN eine Jahresdosis berechnet, die das Dosiskriterium für das Radionuklid Ba 133 signifikant überschreitet bzw. für das Radionuklid Ag 108m überschreitet /U 3/. Laut EFN /U 3/ reduziert sich die ermittelte Dosis bei Berücksichtigung der Aktivitätsbeschränkungen aus den Szenarien D3 und O2 um einen Faktor 4 für Ba 133 und einen Faktor 40 für Ag 108m. Damit liegt die ermittelte Dosis für die beiden Radionuklide jeweils unter $1 \mu\text{Sv}/\text{a}$ /U 3/. Selbst im Fall der Überlagerung der Exposition mit dem vorherigen Szenario „Beprobung und Reinigung von Behältern“ ist keine Überschreitung des Dosiskriteriums zu besorgen /U 3/.

Bewertung

Gemäß Abschnitt 5.3.4 ist das Spülen der Filter als radiologisch abdeckendes Szenario für potenzielle Exposition durch die Filtermaterialien anzusehen. Im Unterschied zum EFN /U 3/ modellieren wir den Aktivkohlefilter mit einer zylindrischen Geometrie. Gemäß den Angaben der GIB /S 2/ hat der Aktivkohlefilter eine Höhe von 2 m und einen Durchmesser von 1 m. Anhand dieser Geometrie und der Masse von 0,5 Mg (vgl. Abschnitt 4.3) nehmen wir im Unterschied zum EFN /U 3/ eine Dichte von $0,318 \text{ Mg}/\text{m}^3$ an.

Abweichend zur Literatur (vgl. Abschnitt 5.3.4) berücksichtigen wir eine Sorption für gelöste Metallionen an Aktivkohle. Für das vorliegende Szenario setzen wir einen konservativen K_d -Wert von $100 \text{ cm}^3/\text{g}$ für die Sorption der Metallionen an der Aktivkohle an, der analog auch im EFN /U 3/ angenommen wird. Unsere berechneten Jahresdosiswerte sind denjenigen des EFN /U 3/ in Tabelle 6-8 gegenübergestellt.

Tabelle 6-8: Potenzielle Exposition im Szenario „Umgang mit Filtermaterialien“ beim Spülen des Aktivkohlefilters; Vergleich der Jahresdosiswerte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Jahresdosiswerte [$\mu\text{Sv/a}$]	
	EFN	TÜV NORD
Co 60	< 0,01	< 0,1
Cs 137		
Eu 152		
Eu 154		
Ag 108m	31	33
Ba 133	2,3	13

Bis auf das Radionuklid Ba 133 ermitteln wir Jahresdosiswerte, die mit denen im EFN /U 3/ gut übereinstimmen. Unter Berücksichtigung der Aktivitätsbeschränkungen aus den Szenarien D3 und O2 bestätigen wir die Aussage im EFN /U 3/, dass damit die ermittelte Jahresdosis für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 jeweils unter $1 \mu\text{Sv/a}$ liegen wird. Falls ein Einsatz der großen Aktivkohlefilter (8 Mg) erforderlich werden sollte (vgl. Abschnitt 4.3), wird auch bei einem Spülvorgang dieser Aktivkohle das $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriterium eingehalten.

Gemäß Abschnitt 5.3.4 betrachten wir zusätzlich das Spülen des Filters aus Kies und Quarzsand. Unterschiede zur Betrachtung des Aktivkohlefilters sind die Masse von 1 Mg sowie die K_d -Werte. Als K_d -Werte für Kies und Quarzsand verwenden wir die Daten zu Sand aus der Studie der IAEA /S 47/. Unsere berechneten Jahresdosiswerte sind in Tabelle 6-9 dargestellt.

Tabelle 6-9: Potenzielle Exposition im Szenario „Umgang mit Filtermaterialien“ beim Spülen des Filters aus Kies und Quarzsand; Werte des TÜV NORD. Die K_d -Werte für die Sorption an Sand sind zum Vergleich mit dem K_d -Wert für die Sorption an der Aktivkohle ($100 \text{ cm}^3/\text{g}$, siehe Text) angegeben.

Radio-nuklid	K_d -Wert Sand [cm^3/g] /S 47/	Jahresdosiswerte [$\mu\text{Sv/a}$] TÜV NORD
Co 60	60	< 0,1
Cs 137	280	
Eu 152	267,8	
Eu 154	267,8	
Ag 108m	90	44
Ba 133	44,2	8

Unter Berücksichtigung der Aktivitätsbeschränkungen aus den Szenarien D3 und O2 bestätigen wir, dass die ermittelte Jahresdosis für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 auch für das Spülen des Filters mit Kies und Quarzsand jeweils unter $1 \mu\text{Sv/a}$ liegen wird. Auch bei einer Überlagerung der beiden Spülvorgänge ist durch die Aktivitätsbeschränkungen aus den Szenarien D3 und O2 die Einhaltung des $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums sichergestellt.

Die von der GIB genannten weiteren Arbeitsabläufe mit den Filtern /S 2/ sind radiologisch nicht relevant. Der Filtertausch der Aktivkohle erfolgt durch eine externe Firma /S 2/, so dass keine Überlagerung mit anderen Szenarien zu betrachten ist. Aufgrund der um ca. einen Faktor 50 niedrigeren jährlichen Zeitdauer im Vergleich zum Spülen der Filter wird die potenzielle Exposition deutlich unter $1 \mu\text{Sv/a}$ liegen. Der Filtertausch von Kies und Quarzsand wird von betriebseigenem Personal durchgeführt /S 2/, so dass eine Überlagerung mit den Szenarien zur Beprobung und Reinigung von Behältern sowie zum Spülen des Filters nicht auszuschließen ist. Aufgrund der auch beim Filtertausch von Kies und Quarzsand um ca. einen Faktor 50 niedrigeren jährlichen Zeitdauer im Vergleich zum Spülen der Filter wird die ermittelte potenzielle Exposition deutlich unter $1 \mu\text{Sv/a}$ liegen.

Somit ist selbst im Fall der Überlagerung der Exposition aus allen möglichen Tätigkeiten der Szenarien „Beprobung und Reinigung von Behältern“ sowie „Umgang mit Filtermaterialien“ unter Berücksichtigung der Aktivitätsbeschränkungen aus den Szenarien D3 und O2 keine Überschreitung des $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums zu erwarten.

6.6 Entsorgung von Überschusswasser

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ wird eine radiologische Betrachtung der potenziellen Exposition durch die Entsorgung von Überschusswasser (vgl. Abschnitt 5.3.5) durchgeführt. Das Volumen des Tankfahrzeugs wird mit 25 m^3 angenommen /U 3/. Für die radiologisch relevante Fahrzeit wird im EFN /U 3/ die Hälfte einer jährlichen Arbeitszeit von 2.000 h angesetzt. Die andere Hälfte der Arbeitszeit ist für den Weg zur Deponie als Leerfahrten ohne radiologische Auswirkungen zu betrachten /U 3/.

Die Jahresdosiswerte des EFN /U 3/ sind in Tabelle 6-10 dargestellt. Laut EFN /U 3/ zeigen diese, dass für alle betrachteten Radionuklide das $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriterium sicher eingehalten wird.

Bewertung

Wie in Abschnitt 5.3.5 dargestellt, führen wir eine radiologische Betrachtung des Szenarios „Entsorgung von Überschusswasser“ durch. Die im EFN /U 3/ verwendeten Modellierungsparameter und die Expositionszeit sind plausibel angesetzt und entsprechen den von uns getroffenen Annahmen für unsere Berechnungen.

Unsere berechneten Jahresdosiswerte sind denjenigen des EFN /U 3/ in Tabelle 6-10 gegenübergestellt.

Tabelle 6-10: Potenzielle Exposition im Szenario „Entsorgung von Überschusswasser“; Vergleich der Jahresdosiswerte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Jahresdosiswerte [$\mu\text{Sv/a}$]	
	EFN	TÜV NORD
Co 60	< 0,01	< 0,1
Cs 137		
Eu 152		
Eu 154		
Ag 108m	6,7E-02	1,4
Ba 133	4,9E-03	0,4

Wir bestätigen die Aussage im EFN /U 3/, dass für alle Radionuklide im Szenario „Entsorgung von Überschusswasser“ keine Überschreitung des 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums vorliegt. Diese Aussage gilt auch ohne Berücksichtigung der Aktivitätsbeschränkungen aus den Szenarien D3 und O2.

6.7 Ausgasung aus dem Deponiekörper

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ wird davon ausgegangen, dass eine Ausgasung von Radionukliden aus dem Deponiekörper und eine damit verbundene potenzielle Überschreitung des Dosiskriteriums nicht auftritt (vgl. Abschnitt 5.3.6). Eine radiologische Betrachtung wird im EFN /U 3/ nicht durchgeführt.

Bewertung

Entgegen der Annahmen im EFN /U 3/ gehen wir gemäß Abschnitt 5.3.6 von einer möglichen Gasfreisetzung in Verbindung mit einer Freisetzung von Radionukliden aus den abgelagerten nach StrlSchV /R 1/ freigegebenen festen Stoffen aus. Zur Abschätzung einer zu unterstellenden potenziellen Dosis für dieses Szenario betrachten wir konservativ eine vollständige Freisetzung von H 3 innerhalb eines Jahres aus den abgelagerten, spezifisch zur Beseitigung auf Deponien freigegebenen Stoffen. Darüber hinaus nehmen wir aufgrund unserer Erfahrungen mit dem Langzeitverhalten von festen Stoffen aus kerntechnischen Anlagen an (vgl. /S 56/), dass abdeckend 10 % des Radionuklids C 14, beispielsweise als CO_2 , aus den abgelagerten freigegebenen Stoffen entweicht.

Konservativ setzen wir zur Berechnung der potenziellen Exposition die erhöhte Atemrate von 1,2 m³/h gemäß BglBb /R 8/ an und treffen konservative Annahmen beispielsweise hinsichtlich der abgelagerten Masse sowie hinsichtlich des Aufenthalts des Deponiemitarbeiters auf der Deponie. Die von uns berechnete Jahresdosis für das Szenario „Ausgasung aus dem Deponiekörper“ ist in Tabelle 6-11 dargestellt.

Tabelle 6-11: Potenzielle Exposition im Szenario „Ausgasung aus dem Deponiekörper“; Werte des TÜV NORD.

Radionuklid	Jahresdosiswerte [μSv/a] TÜV NORD
H 3	0,5
C 14	0,1

Die von uns ermittelten Jahresdosiswerte in Tabelle 6-11 zeigen, dass das 10-μSv/a-Kriterium für das Szenario „Ausgasung aus dem Deponiekörper“ eingehalten wird. Das Szenario „Ausgasung aus dem Deponiekörper“ ist additiv zum Szenario D3, für das wir im Abschnitt 6.1 radionuklidspezifische Aktivitätsbeschränkungen ermittelt haben. Diese Aktivitätsbeschränkungen betreffen jedoch nicht die Radionuklide H 3 und C 14, da diese für das Szenario D3 radiologisch nicht relevant sind, so dass sich aus der Überlagerung der beiden hier betrachteten Szenarien keine zusätzlichen Aktivitätsbeschränkungen ergeben. Wir kommen somit auch unter Berücksichtigung der Überlagerung mit dem Szenario D3 zu dem Ergebnis, dass das 10-μSv/a-Kriterium für das Szenario „Ausgasung aus dem Deponiekörper“ eingehalten wird.

7 Potenzielle Exposition der allgemeinen Bevölkerung

7.1 Nutzung von Oberflächenwasser (O1)

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ wird eine explizite Betrachtung und Berechnung zur Einhaltung des $10\text{-}\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums für das Szenario O1 durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.2.5). Laut EFN wird ein konservativ-vereinfachendes Modell mit den folgenden Parametern und Randbedingungen betrachtet /U 3/:

- Die Flächenabmessung der Deponiekrone, die derzeit noch nicht mit einer Oberflächenabdichtung versehen ist, beträgt ca. 30.800 m^2 ($175\text{ m} \times 175\text{ m}$; vgl. Abschnitt 4.1).
- Auf die Deponie wird über die gesamte Fläche eine 1 m mächtige Schicht abgelagert, die die kompletten spezifischen Freigabemengen aus dem KKV beinhaltet (Gesamtmasse 10.000 Mg ; vgl. Abschnitt 3).
- Die für die spezifische Freigabe zur Beseitigung aus dem KKV vorgesehene Abfallmenge reicht nicht aus, um auf eine Fläche von $175\text{ m} \times 175\text{ m}$ eine 1 m mächtige Schicht aufzubringen. Für Betrachtungen im Zusammenhang mit einer Durchsickerung der Abfallschicht wird trotzdem von einer solchen Fläche ausgegangen, die dann zwangsläufig auch Material, das nicht aus der Freigabe des KKV stammt, beinhaltet. Eine Ablagerung des zur Freigabe aus dem KKV vorgesehenen Materials in einer dünneren Schicht ist auf Grund der Abmessungen der Big-Bags nicht möglich. Das Volumen der Schicht (ca. 30.800 m^3) ist mehr als dreimal größer als das vom KKV geplante Einlagerungsvolumen (ca. 8.300 m^3).
- In den jeweiligen Freigabemengen werden die Freigabewerte zu 100 % ausgeschöpft. Die Berechnungen erfolgen für alle Radionuklide, die auf Basis der radiologischen Charakterisierung der Reststoffe aus dem KKV zu berücksichtigen sind.
- Es wird während der Betriebszeit der Deponie eine Sickerwasserrate gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ von $0,3\text{ m/a}$ angesetzt. Das Sickerwasser durchströmt die Deponie und wird an der Basis gefasst und abgeleitet.
- Die Aktivitätskonzentration im Sickerwasser wird unter Verwendung der K_d -Werte (vgl. Tabelle 4.1 /U 3/) mit dem Programm ECOLEGO /S 33/ mit einem numerischen Modell für eine normierte Aktivitätskonzentration von 1 Bq/g in der Ablagerungsschicht berechnet. Abweichend vom Vorgehen bei der Berechnung des Grundwasserpfades (vgl. Abschnitt 7.2) wird laut EFN /U 3/ konservativ eine Restlaufzeit der Deponie bis zur Installation der Oberflächenabdeckung von 50 Jahren angesetzt, um

das Maximum der Sickerwasserkonzentration zu erfassen. Aus der normierten Sickerwasserkonzentration und der jährlich anfallenden Sickerwassermenge (ca. 30.800 m² Fläche und 0,3 m/a Sickerwasserrate ergibt ca. 9.200 m³/a) ergibt sich der jährliche normierte Aktivitätsaustrag für jedes Radionuklid. Die nuklidspezifische Sickerwasserkonzentration und der nuklidspezifische Aktivitätsaustrag wird aus den Annahmen gemäß den Freigabeplanungen unter Ausschöpfung von jeweils 100 % der FGW für jedes Radionuklid separat berechnet.

- Der anfallende Sickerwasserstrom wird über die Deponiekläranlage geleitet. Dort werden die Partitionierungsfaktoren für das Abwasser bzw. den Klärschlamm (vgl. Abschnitt 4.4) berücksichtigt.
- Die Einleitung von Abwasser in die Weser (vgl. Abschnitt 4.2) wird berücksichtigt.

Zur Berechnung der potenziellen Exposition der allgemeinen Bevölkerung (Wohnbevölkerung) werden die Nutzungsarten des Oberflächenwassers (Vorfluter Weser) gemäß Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ unterstellt /U 3/:

- Trinkwassergewinnung,
- Beregnung von Feldern,
- Beregnung von Viehweiden,
- Tränke von Nutztieren und
- Fischverzehr.

Im EFN /U 3/ wird angegeben, dass für alle Radionuklide, die bei der Freigabe aus dem KKV relevant sein könnten, ein Wert von deutlich kleiner als 1 µSv/a resultiert. Daraus wird geschlussfolgert, dass aus der Deponierung der spezifisch freigegebenen Stoffe aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg bei Einhaltung der FGW der StrlSchV /R 1/ über das Szenario O1 keine Exposition, die das Dosiskriterium 10 µSv/a erreicht oder überschreitet, resultiert /U 3/. Weiterhin wird im EFN /U 3/ festgestellt, dass die bisher auf der Deponie Brake-Käseburg erfolgten freigabeäquivalenten Ablagerungen aus beiden Bauabschnitten nicht relevant für das Szenario O1 sind.

Bewertung

Wie in Abschnitt 5.2.5 dargestellt, ist eine explizite Betrachtung des Szenarios O1 und Berechnung der potenziellen Dosis erforderlich, um die Einhaltung des 10-µSv/a-Kriteriums für das Szenario „Nutzung von Oberflächenwasser“ zu prüfen.

Gemäß Abschnitt 4.1 beträgt das Restvolumen der Deponie Brake-Käseburg nach der aktuellen Genehmigung 28.385 m³ mit Stand Januar 2021 /S 38/. Daher setzen wir für unsere Berechnungen eine Abfallschicht an, die im Einklang mit dem Restvolumen von

28.385 m³ und dem von K KU geplanten Ablagerungsvolumen von ca. 8.300 m³ (vgl. Abschnitt 3) ist.

Die im EFN /U 3/ aufgeführten Modellannahmen haben wir geprüft und bewerten die Parameter und Randbedingungen für die Berechnung des Szenarios O1 bis auf das Ablagerungsvolumen als nachvollziehbar (vgl. Abschnitt 4).

Die Annahme der Sickerwasserrate sowie der Weg des Sickerwassers über die Deponie und die Sickerwasserfassung in die Deponiekläranlage sind in Übereinstimmung mit den Vorgaben des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/.

Die im EFN /U 3/ angegebene Aktivitätsabgabe mit dem Sickerwasser haben wir anhand von unabhängigen Berechnungen mit einem von uns entwickelten Programm (vgl. Abschnitt 2.3) für alle für die Freigabe aus dem K KU relevanten Radionuklide (siehe Abschnitt 3) geprüft.

Wir setzen die Expositionspfade gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ an. Die im EFN /U 3/ angegebenen Expositionspfade stimmen damit überein. Wir haben die Dosisberechnung gemäß den Vorgaben der AVV /R 6/ durchgeführt (vgl. Abschnitt 2.3).

Wir haben die bisher auf der Deponie Brake-Käseburg erfolgten freigabeäquivalenten Ablagerungen in unsere Berechnung explizit mit einfließen lassen. Unsere Ergebnisse in Form der berechneten Jahresdosiswerte sind in Tabelle 7-1 denen des EFN /U 3/ gegenübergestellt. Es werden nur Radionuklide mit Jahresdosiswerten größer als 1E-02 µSv/a aufgelistet.

Tabelle 7-1: Berechnete Jahresdosiswerte für das Szenario O1; Vergleich der Werte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Resultierende Jahresdosiswerte [µSv/a]	
	EFN	TÜV NORD
H 3	2,07E-01	7,0E-01
Cl 36	1,26E-01	1,7E-01
Ca 41	3,50E-02	8,2E-02
Sr 90	1,80E-02	7,0E-02
Ag 108m	5,72E-02	1,5E-01
Ba 133	1,50E-03	1,3E-02

Wir berechnen im Maximum einen Jahresdosiswert unterhalb von 1 µSv/a. Damit bestätigen wir die Aussage im EFN /U 3/, dass aus der geplanten spezifischen Freigabe von Reststoffen aus dem K KU bei der Deponierung auf der Deponie Brake-Käseburg bei Einhaltung der FGW der StrlSchV /R 1/ durch das Szenario O1 keine Überschreitung des 10-µSv/a-Kriteriums resultiert.

7.2 Nutzung von Grundwasser (G)

Sachverhalt

Im EFN /U 3/ wird eine explizite Betrachtung und Berechnung zur Einhaltung des 10- $\mu\text{Sv/a}$ -Kriteriums für das Szenario G durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.2.7). Die im EFN /U 3/ angesetzten hydrologischen und hydrogeologischen Parameter zur Deponie Brake-Käseburg wurden in Abschnitt 4.2 ausführlich dargestellt. Laut EFN wird ein Modell mit den folgenden Parametern und Randbedingungen zur Berechnung der Radionuklidmigration betrachtet /U 3/:

- Die Flächenabmessung der Deponie beträgt 217 m \times 217 m (vgl. Abschnitt 4.1). Die Mächtigkeit der bestehenden Abfallschicht beträgt 9 m und die Dichte 1,0 Mg/m³.
- Auf die nahezu gefüllte Deponie wird eine 1 m mächtige Schicht abgelagert, die die kompletten aus KKV spezifisch freigegebenen Abfallmengen beinhaltet (vgl. Abschnitt 3).
- Die für die Freigabe zur Beseitigung aus dem KKV vorgesehene Abfallmenge reicht nicht aus, um auf einer Fläche von 217 m \times 217 m eine 1 m mächtige Schicht aufzubringen. Für Betrachtungen im Zusammenhang mit einer Durchsickerung der Abfallschicht wird daher von einer solchen Fläche ausgegangen, die dann auch Material, das nicht aus der Freigabe des KKV stammt, beinhaltet. Eine Ablagerung des zur Freigabe aus dem KKV vorgesehenen Materials in einer dünneren Schicht ist auf Grund der Abmessungen der Big-Bags nicht möglich. Das aus einer oberen 1 m mächtigen und 217 m \times 217 m ausgedehnten Schicht resultierende Volumen beträgt ca. 47.000 m³.
- In den jeweiligen Freigabemengen werden die Freigabewerte zu 100 % ausgeschöpft. Die Darstellung von Ergebnissen beschränkt sich auf radiologisch relevante Radionuklide.
- Die Parametrisierung der geologischen Barriere (Abdichtung) wird gemäß Abschnitt 4.2 angesetzt.
- Es wird während der Betriebszeit der Deponie eine Sickerwasserrate gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ von 0,3 m/a angesetzt. Die anzunehmende Restbetriebszeit der Deponie wird gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ mit 20 angesetzt. Während dieser Restbetriebszeit gelangt Sickerwasser, das die obere Schicht, die Abfall aus der Freigabe enthält (Dichte 1,2 Mg/m³), durchsickert hat, in die tieferen Deponiebereiche (Dichte 1,0 Mg/m³).
- Nach 20 Jahren Restbetriebszeit wird die Deponie stillgelegt und entsprechend den Anforderungen (Deponieklasse II, vgl. Abschnitt 4.1) abgedeckt.

- Der Austrag ins Grundwasser wird mit einem Modell, welches auf dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ aufbaut (beginnend 100 a nach Verschluss der Deponie) berechnet. Die mit Abschluss der Deponie angesetzte Phase von 100 a, in der kein Sickerwasser aus der Deponie in das Grundwasser gelangt, beruht auf der anzusetzenden Funktionsdauer der noch aufzubringenden Oberflächenabdeckung. Die schon bestehende funktionierende Basisabdichtung stellt hierzu eine zusätzliche Absicherung dar.
- Der Transport in der Deponie, der Barriere, in der ungesättigten Zone und im Grundwasser wird auf Basis des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ berechnet. Das Modell zur Berechnung des Stofftransports in allen Kompartimenten wird mit Hilfe der Software ECOLEGO /S 33/ realisiert.

Die im EFN /U 3/ für die Berechnung der potenziellen Exposition der allgemeinen Bevölkerung (Wohnbevölkerung) verwendeten Parameter sind in Tabelle 7-2 aufgelistet. Eine schematische Darstellung des Radionuklidtransports von der Abfallschicht zum Brunnen ist in Abbildung 7-1 gezeigt.

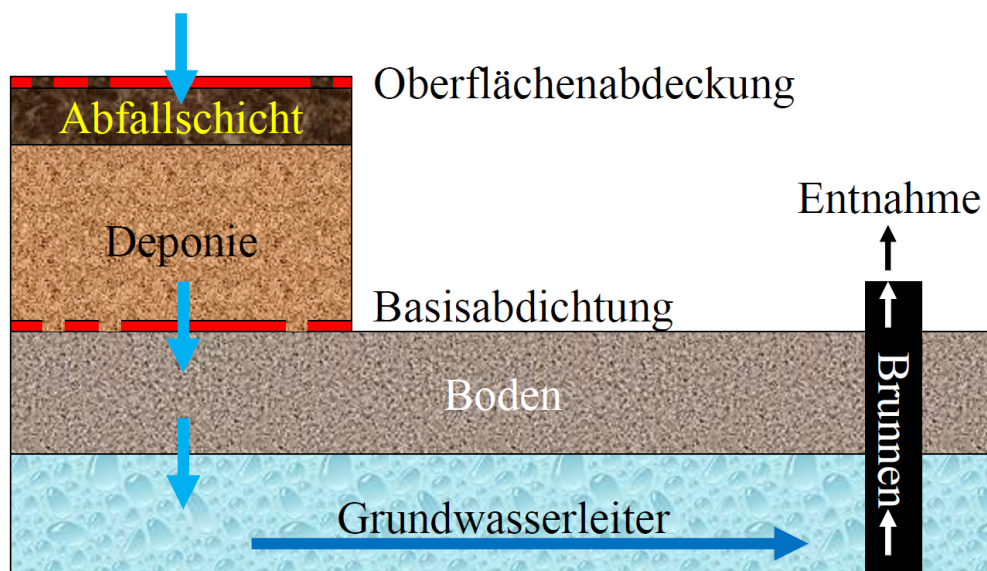


Abbildung 7-1: Schematische Darstellung des Radionuklidtransports von der Abfallschicht zum Brunnen im Modell; Abbildung aus /U 3/. (Die geologische Barriere und die ungesättigte Zone werden in dieser Darstellung zusammenfassend als Boden bezeichnet.)

Die Modellrechnungen wurden gemäß EFN /U 3/ mit der Simulationssoftware ECOLEGO /S 33/ jeweils für eine normierte Radioaktivität von 1 Bq/g in der obersten Abfallschicht als initiale Aktivitätsverteilung durchgeführt. Im Modell des EFN /U 3/ wird Dispersion (gemeint

ist hier die longitudinale hydromechanische Dispersion, vgl. Abschnitt 2.3; longitudinal bedeutet, dass die hydromechanische Dispersion in Fließrichtung erfolgt) berücksichtigt, da eine Nichtberücksichtigung zu

- einer erheblichen Überschätzung der maximalen Aktivitätskonzentration im Brunnen und
- numerischen Instabilitäten in den Rechnungen führt, die weitere Überschätzungen der maximalen Aktivitätskonzentration zur Folge haben können.

Die Herleitung einer für das Modell geeigneten Dispersionslänge (Parameter, der die Inhomogenitäten des durchströmten Kompartiments repräsentiert und zur Berücksichtigung der hydromechanischen Dispersion erforderlich ist) aus Messwerten ist gemäß EFN /U 3/ nicht möglich, da neben den hydrogeologischen Effekten und der Fließstrecke auch der Einfluss des Modellansatzes (Abbildung eines dreidimensionalen Prozesses in einem eindimensionalen Modell) berücksichtigt werden muss. Die Dispersionslänge wurde daher anhand von Skalenbetrachtungen (Abhängigkeit der Dispersionslänge von der Fließstrecke) im EFN /U 3/ abgeschätzt. Zur Parametrisierung der Dispersionslänge wurde im EFN /U 3/ folgendes Vorgehen verwendet:

- die Kompartimente Barriere, ungesättigte Zone und Grundwasserleiter werden in ECOLEGO /S 33/ als jeweils geschlossene numerische Kompartimente angesetzt. Dort wird als Dispersionslänge jeweils das 0,1-fache der Längenausdehnung des jeweiligen Kompartiments angesetzt.
- Das Kompartiment Deponie wird in ECOLEGO /S 33/ in zehn einzelne Teilkompartimente aufgeteilt. Dadurch ergibt sich eine numerische Dispersion in der Berechnung. Diese entspricht einer Dispersionslänge von ca. 0,3 m. Zusätzliche hydrogeologische Dispersionseffekte werden für die Deponie nicht berücksichtigt.
- Molekulare Diffusion (vgl. Abschnitt 2.3) wurde in keinem der Kompartimente berücksichtigt.

Gemäß EFN /U 3/ ergibt sich eine Péclet-Zahl (Maßzahl zwischen dem advektiven und diffusiven Transportteil, vgl. Abschnitt 2.3) von 6,3. Bei Péclet-Zahlen oberhalb von 5 überwiegt gemäß EFN /U 3/ der Effekt der hydromechanischen Dispersion. Der dispersive Effekt überwiegt somit gegenüber dem diffusiven Effekt beim Grundwassermodell der Deponie Brake-Käseburg /U 3/.

Es wird im EFN /U 3/ eine Nutzung des Grundwassers gemäß Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ für folgende Zwecke unterstellt:

- Trinkwassergewinnung,
- Beregnung von Feldern mit Blattgemüse und sonstigem Gemüse und
- Tränke von Nutztieren.

Für diese Expositionsszenarien wird die potenzielle Exposition berechnet /U 3/. Dabei ergeben sich gemäß EFN /U 3/ bei jeweiliger voller Ausschöpfung der Freigabewerte für die meisten in Tabelle 7-3 aufgeführten Radionuklide rechnerisch Überschreitungen des Dosiskriteriums von 10 $\mu\text{Sv/a}$. Andere bei der Freigabe aus dem KKV relevante Radionuklide, welche nicht in Tabelle 7-3 aufgeführt sind, tragen gemäß EFN /U 3/ nicht signifikant zur potenziellen Exposition über das Expositionsszenario G bei.

Bewertung

Die im EFN /U 3/ angegebenen maximalen Aktivitätskonzentrationen im GWL und die daraus resultierenden Expositionen haben wir anhand von unabhängigen Berechnungen mit einer von uns entwickelten Software (vgl. Abschnitt 2.3) für alle für die Freigabe von Reststoffen aus dem KKV relevanten Radionuklide (vgl. Abschnitt 3) geprüft.

In unseren Berechnungen wurden die Kompartimente Deponie, geologische Barriere (Abdichtung) und Grundwasserleiter jeweils als eindimensionale geschlossene numerische Kompartimente angesetzt. Gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ haben wir keine zusätzliche ungesättigte Zone angesetzt.

Unseren Berechnungen des Radionuklidtransports durch den GWL legen wir folgende Parameter und Randbedingungen zugrunde (vgl. Tabelle 7-2):

- Die angesetzte Flächenabmessung der Deponie von 217 m \times 217 m und die Dichte der bestehenden Abfallschicht sind nachvollziehbar (vgl. Abschnitt 4.1). Die Mächtigkeit der bestehenden Abfallschicht setzen wir im Unterschied zum EFN /U 3/ mit ca. 7 m an. Eine Mächtigkeit des bestehenden Abfalls von ca. 7 m ergibt sich aus der Flächenabmessung der Deponie und dem Ablagerungsvolumen der bestehenden Abfallschicht (vgl. Abschnitt 4.1).
- Die Modellannahme zum Ablagerungsvolumen wurde von uns in Abschnitt 7.1 bewertet und gilt analog für das Szenario G.
- Die Parametrisierung der geologischen Barriere (Abdichtung) wurde von uns in Abschnitt 4.2 bewertet.
- Die Sickerwasserraten zu verschiedenen Zeitpunkten und die dazugehörigen Zeitabschnitte setzen wir gemäß den Vorgaben des Modells der SSK-Empfehlung /R 3/ an. Um das Nachsickern des Sickerwassers bei der Bewertung der Deponie zu berücksichtigen, haben wir zusätzlich zu dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ in der anfänglichen Zeitspanne mit vollständiger Funktion der Oberflächenabdichtung einen Abfall der Sickerwassergeschwindigkeit von 0,3 m/a auf 0 m/a innerhalb von 25 Jahren berücksichtigt.

- Für den Anstieg der Sickerwasserrate nach Versagen der Oberflächen- und Basisabdichtung (100 Jahre nach Betriebsende) gehen wir gemäß Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ von einem linearen Anstieg über 100 Jahre aus.
- Wir haben in unserem Modell das Abpumpen des Sickerwassers mit der in das Sickerwasser übergetretenen Radioaktivität während der Betriebs- und Nachbetriebsphase implementiert. Dabei gehen wir von einer Nachbetriebsphase von 25 Jahren aus.

Die hydrologischen und hydrogeologischen Parameter zur Deponie Brake-Käseburg wurden von uns in Abschnitt 4.2 bewertet. Für unsere Berechnungen haben wir die Ablagerung der in Abschnitt 3 dargestellten Gesamtmassen (1.000 Mg unter Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ sowie 9.000 Mg unter Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/) zugrunde gelegt. Zusätzlich wurden im Rahmen unserer Berechnungen die bisher auf der Deponie Brake-Käseburg im BA-Nord abgelagerten Radioaktivitäten einbezogen (vgl. Abschnitt 4.5).

Gegen die im EFN /U 3/ angesetzten K_d -Werte (vgl. Tabelle 4-1 und Kapitel A-2.1.2 /U 3/) haben wir keine Einwände (vgl. Abschnitt 4.4). Wir haben diese Werte im Rahmen unserer Berechnungen ebenfalls herangezogen.

Im EFN /U 3/ wurde eine longitudinale hydromechanische Dispersion im Berechnungsmodell berücksichtigt, molekulare Diffusion wurde hingegen nicht berücksichtigt. Eine über das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ hinausgehende Implementierung einer longitudinalen hydromechanischen Dispersion ist für uns nachvollziehbar. Darüber hinaus halten wir die Berücksichtigung des physikalischen Effekts der molekularen Diffusion bei der Betrachtung des Grundwasserpfades von Deponien für erforderlich. Dementsprechend haben wir in unserem Berechnungsmodell über das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ hinausgehend die longitudinale hydrodynamische Dispersion (Zusammenfassung der Effekte der longitudinalen hydromechanischen Dispersion und der molekularen Diffusion) berücksichtigt, um eine realistischere Modellierung sicherzustellen (vgl. Abschnitt 2.3).

Die für die Berechnungen benötigten longitudinalen hydromechanischen Dispersionskoeffizienten und bodenabhängigen (effektiven) Diffusionskoeffizienten haben wir aus der Fachliteratur abgeleitet. In diesem Zusammenhang bestätigen wir die Aussage im EFN /U 3/, dass die Festlegung von longitudinalen Dispersionslängen in den jeweiligen Kompartimenten aus Messwerten nicht möglich ist, da keine derartigen Messwerte vom Deponiestandort Brake-Käseburg vorliegen. Die longitudinale Dispersionslänge wurde von uns, wie auch im EFN /U 3/ beschrieben, anhand von Skalenbetrachtungen ermittelt. Die im EFN /U 3/ angegebene longitudinale Dispersionslänge für den Depo-

niekörper, die sich aus einer numerischen Dispersion ergibt, können wir nicht nachvollziehen. Wir bewerten diese aber anhand unserer eigenen Ergebnisse als konservativ.

Tabelle 7-2: Parameter zur Berechnung des Grundwasserpfades; Vergleich der Werte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Parameter	Einheit	Wert	
		EFN	TÜV NORD
Annahmen zur Deponie			
Länge und Breite Deponiekörper	m	217	217
Höhe Deponiekörper ¹⁾	m	10	7,4
Porenraum Deponie	-	0,25	0,25
Dichte Deponiematerial	Mg/m ³	1,0	1,0
Dichte abzulagernde Reststoffe aus KKU	Mg/m ³	1,2	1,0 ²⁾
Betriebszeit	a	20	20
Annahmen zur geologischen Barriere / technischen Abdichtung			
Gesamthöhe Barriere	m	1	1
Dichte Barriere	Mg/m ³	1,3	1,3
Porenraum Barriere	-	0,2	0,2
Standzeit Abdichtung	a	100	100
Annahmen zur Sickerwassermenge und –strecke			
Mächtigkeit ungesättigte Zone	m	1	-
Porenraum ungesättigte Zone	-	0,28	-
Sickerwasserneubildung im Betrieb	m/a	0,3	0,3
Sickerwasserneubildung bei intakter Abdichtung	m/a	0,0	0,0
Abfall der Sickerwasserneubildung in der anfänglichen Zeitspanne der intakten Abdichtung	a	-	25
Zeitdauer Anstieg Sickerwasserneubildung	a	100	100
Sickerwasserneubildung nach Versagen der Abdichtung	m/a	0,2	0,2
Standzeit Basiswasserfassung Nachbetrieb	a	-	25
Annahmen zum Grundwasserleiter			
Mächtigkeit GWL	m	5	5
Porenraum GWL	-	0,28	0,20
Dichte GWL	Mg/m ³	1,6	1,6
Darcy-Geschwindigkeit	m/a	32	32
Abstand Brunnen zur Deponie	m	500	500
Filterstrecke Brunnen	M	5	³⁾
Verdünnungsfaktor	-	3,7	⁴⁾

1) Summe aus Höhe der Deponie und der Abfallschicht (vgl. Abbildung 7-1).

2) Da der Hauptanteil des Restvolumens durch Material gebildet wird, welches nicht aus der Freigabe des KKU stammt, wird der gleiche Wert wie für den vorhandenen Deponiekörper angesetzt.

3) Gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ ist dieser Parameter nicht relevant

4) In unserer Modellierung ergeben sich nuklidabhängige Verdünnungsfaktoren.

Für die Kompartimente geologische Barriere und Grundwasserleiter haben wir niedrigere longitudinale Dispersionslängen als im EFN /U 3/ ermittelt. Die Verwendung von niedrigeren longitudinalen Dispersionslängen ist konservativ, da sie zu einer weniger

breiten Verteilung der zeitabhängigen Aktivitätskonzentration und damit zu höheren maximalen Aktivitätskonzentrationen führt.

Die im EFN /U 3/ angegebene Péclet-Zahl und die Angabe, dass bei Péclet-Zahlen oberhalb von 5 der Effekt der hydromechanischen Dispersion überwiegt, können wir nicht nachvollziehen. Aus den von uns bestimmten longitudinalen hydromechanischen Dispersions- und effektiven Diffusionskoeffizienten haben wir die Péclet-Zahlen für die relevanten Radionuklide (vgl. Abschnitt 3) gemäß der Literatur /S 74, S 75/ für die Kompartimente Deponiekörper, geologische Barriere und Grundwasserleiter berechnet. Gemäß der Fachliteratur /S 75/ zeigen Péclet-Zahlen unterhalb von 1 an, dass die molekulare Diffusion der dominante Transportprozess ist, bei Péclet-Zahlen oberhalb von 1 dominiert die hydromechanische Dispersion. Anhand der von uns nuklidspezifisch für die drei Kompartimente berechneten Péclet-Zahlen, die im Ergebnis deutlich oberhalb von 1 liegen, kommen wir zu dem Schluss, dass der Effekt der hydromechanischen Dispersion in der Deponie, der geologischen Barriere und dem GWL im Fall der Deponie Brake-Käseburg für die betrachteten Radionuklide dominiert. Die Aussage im EFN /U 3/, dass der dispersive Effekt überwiegt, können wir anhand unserer Berechnungen bestätigen.

Wir bestätigen, dass es durch die Nichtberücksichtigung des im EFN /U 3/ als Dispersion bezeichneten Effekts zu einer Überschätzung der maximalen Aktivitätskonzentration im Grundwasserleiter kommt, da die hydrodynamische Dispersion zu einer breiteren Verteilung der zeitabhängigen Aktivitätskonzentrationen führt. Im Unterschied zum EFN /U 3/ führt bei unseren Berechnungen eine Nichtberücksichtigung der Dispersion nicht zu numerischen Instabilitäten.

Unsere berechneten maximalen Aktivitätskonzentrationen im Szenario G, die zu den Jahresdosiswerten in Tabelle 7-3 führen, werden erst nach mehreren hundert Jahren (z. B. Ca 41, Ag 108m und C 14) bzw. mehreren tausend Jahren (z. B. Pu) erreicht. Das Auftreten einer maximalen Aktivitätskonzentration eines Radionuklids ist erst nach Versagen der Basisabdichtung (100 a nach Verschluss der Deponie gemäß Modell der SSK-Empfehlung /R 3/) zu erwarten.

Anhand unserer Berechnungen (vgl. Tabelle 7-3) bestätigen wir, dass alle bei der Freigabe aus dem KKKU in diesem Szenario relevanten Radionuklide, die signifikant zur potenziellen Exposition beitragen, im EFN /U 3/ betrachtet werden.

Für die Radionuklide Cl 36 und Ca 41 berechnen wir eine geringere maximale Aktivitätskonzentration als im EFN /U 3/ angegeben, da das Sickerwasser, das den Großteil der Radioaktivität enthält, in der Betriebs- bzw. Nachbetriebsphase abgepumpt wird. Dieser Effekt wurde im EFN /U 3/ nicht berücksichtigt. Für die Radionuklide C 14,

Ni 63, Sr 90, Nb 94, Ag 108m, U 234, U 235, U 238, Pu 239 und Pu 240 berechnen wir höhere maximale Aktivitätskonzentrationen als im EFN /U 3/ angegeben.

In der standortspezifischen Modellierung des Szenarios G wird in konservativer Weise davon ausgegangen, dass Nutzungen des Brunnens gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ möglich sind. Die Nutzungsmöglichkeiten eines Brunnens im Umfeld der Deponie Brake-Käseburg sind eingeschränkt. Die Deponie liegt in einem Gebiet mit einem versalzten Grundwasserleiter /S 29, S 88/. Das Grundwasser in vielen Marschgebieten, unter anderem im Landkreis Wesermarsch, weist keine Trinkwasserqualität auf /S 89/. Bezüglich des Szenarios G ist festzustellen, dass eine Aufbereitung oder Entsalzung des Wassers aus dem Brunnen zu einer Verringerung der Aktivitätskonzentration der Radionuklide vor der Nutzung führen würde.

Wir setzen die Expositionspfade gemäß dem Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ an. Im EFN /U 3/ werden die Expositionspfade in gleicher Weise angesetzt. Wir haben die Dosisberechnung gemäß den Vorgaben der AVV /R 6/ durchgeführt (vgl. Abschnitt 2.3). Unsere Ergebnisse in Form der berechneten Jahresdosiswerte sind in Tabelle 7-3 denen des EFN gegenübergestellt.

Tabelle 7-3: Potenzielle Exposition für das Szenario G bei Anwendung der FGW nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 und Spalte 10 StrlSchV /R 1/ in Verbindung mit den beantragten Gesamtmassen (vgl. Abschnitt 3); Vergleich der Werte zwischen EFN /U 3/ und TÜV NORD.

Radio-nuklid	Resultierende Jahresdosiswerte [$\mu\text{Sv/a}$]	
	EFN	TÜV NORD
C 14	998	1713
Cl 36	180	0,01
Ca 41	77	73
Ni 63	0,7	46
Sr 90	0,448	1,3
Nb 94	12,5	18
Ag 108m	55	60
U 234	111	180
U 235	59	85
U 238	100	166
Pu 239	48	88
Pu 240	36	75

Für das Radionuklid Sr 90 ermitteln wir eine Jahresdosis unterhalb von $10 \mu\text{Sv}$ und bestätigen damit das diesbezügliche Ergebnis des EFN /U 3/. Ebenso wie im EFN /U 3/ berechnen wir für die Radionuklide C 14, Ca 41, Nb 94, Ag 108m, U 234, U 235,

U 238, Pu 239 und Pu 240 eine Jahresdosis, die das 10- μ Sv/a-Kriterium deutlich überschreitet, so dass eine Beschränkung der Gesamtaktivitätswerte für diese Radionuklide erforderlich ist, um die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums im Szenario G zu gewährleisten. Für das Radionuklid Ni 63 berechnen wir im Unterschied zum EFN /U 3/ eine Jahresdosis oberhalb von 10 μ Sv, sodass auch für dieses Radionuklid eine Beschränkung der Gesamtaktivität zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums im Szenario G erforderlich ist. Eine Überlagerung des Szenarios G mit anderen Szenarien ist nicht zu betrachten, da ein Aktivitätsübergang ins Grundwasser erst nach Versagen der Basisabdichtung (100 a nach Verschluss der Deponie gemäß Modell der SSK-Empfehlung /R 3/) auftreten kann.

Die sich aus den von uns durchgeführten Berechnungen ergebenden radionuklidspezifischen Aktivitätsbeschränkungen werden in Abschnitt 8 aufgenommen und mit den Aktivitätsbeschränkungen aus anderen Szenarien zusammengefasst.

8 Zusammenstellung der Ergebnisse im Hinblick auf die resultierenden Aktivitätsbegrenzungen

Sachverhalt

Im Rahmen eines EFN /U 3/ wurde eine Ablagerung von aus dem KKV spezifisch freizugebenen Reststoffen auf der Deponie Brake-Käseburg im Hinblick auf die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums betrachtet.

Im Ergebnis des EFN /U 3/ folgen aus den betrachteten Szenarien D3 (Deponie Einlagerung), O2 (Verwertung von Klärschlamm) und G (Nutzung von Grundwasser) nuklidspezifische Aktivitätsbegrenzungen gegenüber den Freigabewerten nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ bzw. nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/. Diese beziehen sich zum einen auf die insgesamt abzulagernde Radioaktivität (Gesamtaktivität) und zum anderen auf die jährlich zulässige Aktivitätsablagerung. Die Aktivitätsbeschränkungen sind im EFN /U 3/ aufgelistet. Eine Begrenzung der Ablagerung auf eine bestimmte Zeitdauer ist aus Sicht dieses EFN /U 3/ nicht erforderlich.

Darüber hinaus kommt der EFN /U 3/ zu dem Schluss, dass eine Anwendung reduzierter FGW für Einzelchargen nicht erforderlich ist. Daher können weiterhin für einzelne Chargen die FGW nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ bzw. nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/ Anwendung finden, wobei die im EFN /U 3/ aufgeführten jahresbezogenen Aktivitätsbegrenzungen sowie Gesamtaktivitätsbegrenzungen im Rahmen einer Bilanzierung berücksichtigt werden sollen.

Die Anwendung des Abschneidekriteriums gemäß Anlage 8 Teil A Buchstabe e StrlSchV /R 1/ (10 %-Regel) soll bei der Feststellung der Freigabefähigkeit einzelner Chargen weiterhin erfolgen. Für die Einhaltung der oben genannten Aktivitätsbegrenzungen sollen dabei die Radionuklide, die im Rahmen der 10 %-Regel erfasst wurden, weiterhin durch eine obere Abschätzung berücksichtigt werden, sofern deren Aktivitätsmenge einen signifikanten Anteil an der einzuhaltenden Jahresaktivität liefert.

Aus den Angaben in der SSK-Empfehlung /R 3/ wird im EFN /U 3/ geschlussfolgert, dass eine potenzielle Überlagerung der Expositionen aus verschiedenen Szenarien zur Betrachtung der Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums nicht erfolgen muss. Laut EFN /U 3/ führt die Einhaltung der FGW in Verbindung mit den ausgewiesenen Aktivitätsbegrenzungen zu einer Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums für die Ablagerung von spezifisch freizugebenen Reststoffen aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg.

Bewertung

Wir folgen der Feststellung des EFN /U 3/, dass zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums nuklidspezifische Aktivitätsbegrenzungen erforderlich sind. Diese erstrecken sich auf eine jährlich zulässige Aktivitätsablagerung und eine zulässige insgesamt abzulaugernde Radioaktivität (zulässige Gesamtaktivität). Im Ergebnis unserer Betrachtungen kommen wir in Übereinstimmung mit der diesbezüglichen Angabe im EFN /U 3/ außerdem zu dem Schluss, dass darüber hinaus eine Anwendung reduzierter FGW für einzelne Freigabechargen nicht erforderlich ist.

Bei unserer Ermittlung der erforderlichen Aktivitätsbegrenzungen haben wir eine potenzielle Überlagerung verschiedener Szenarien nicht generell ausgeschlossen. Dies betrifft insbesondere die zusätzlichen standortspezifischen Szenarien, bei denen dieselbe Person von mehreren Expositionspfaden betroffen sein kann (z. B. die Ausgasung aus dem Deponiekörper in Verbindung mit dem Szenario D3). Für die Deponie Brake-Käseburg haben wir neben potenziellen Überlagerungen von Szenarien (vgl. Abschnitt 6) auch die potenzielle Überlagerung von Expositionen innerhalb eines Szenarios berücksichtigt.

Im Folgenden stellen wir die jeweils restriktiveren nuklidspezifischen Aktivitätsbegrenzungen aus unseren Berechnungen bzw. aus dem EFN /U 3/ dar. Bei den Berechnungen zum Nachweis der Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums wurde jeweils angenommen, dass die resultierende Dosis vollständig durch die Aktivität eines einzelnen Radionuklids bestimmt wird. Dabei wurde die nuklidspezifische Radioaktivität der für die spezifische Freigabe vorgesehenen Reststoffe unter Berücksichtigung der jeweils heranzuziehenden Masse angesetzt. Bei Umsetzung der Aktivitätsbeschränkungen im Freigabeverfahren ist daher zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums die Summenformel anzuwenden.

Jährliche Aktivitätsbegrenzungen

Aus den Betrachtungen im Abschnitt 6 zu den Szenarien D3 und O2 folgen Aktivitätsbegrenzungen. Diese in Tabelle 8-1 dargestellten Jahresaktivitätswerte (Aktivitätsbegrenzungen) entsprechen einer potenziellen Jahresdosis von 10 μ Sv. Diese Jahresdosiswerte werden jeweils durch ein einzelnes Radionuklid verursacht, was die Anwendung einer Summenformel bei der Aktivitätsbilanzierung erforderlich macht. In Tabelle 8-1 wurde der jeweils restriktivere Wert aus dem EFN (Teil A) bzw. aus unseren Berechnungen (Teil B) aufgelistet. Die Festlegung der Aktivitätsbegrenzung erfolgte im Sinne der Begründung zur StrlSchV /S 8/, wonach der Mittelwert der statistischen Dosisverteilung bei Modellrechnungen zur Festlegung von Freigabewerten unter oder

höchstens bei 10 $\mu\text{Sv/a}$ liegen darf. Aufgrund der bei unseren Betrachtungen unterstellten Konservativitäten ist diese Anforderung durch die Aktivitätsbegrenzungen erfüllt.

Tabelle 8-1: Jährliche Aktivitätsbegrenzungen für die Beseitigung radioaktiver Reststoffe aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg. Die Begrenzungen resultieren aus den Szenarien D3 (Deponie Einlagerung) bzw. O2 (Verwendung von Klärschlamm). Auf die Begrenzungen ist die Summenformel anzuwenden.

	Radio-nuklid	Jährliche Aktivitätsbegrenzung [Bq/a]			
		bei Freigabe unter Anwendung der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8		bei Freigabe unter Anwendung der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10	
			Quelle		Quelle
Teil A	Cs 137	2,5E+08	EFN	2,0E+09	EFN
	Eu 152	2,5E+08	EFN	1,0E+09	EFN
Teil B	Mn 54	2,7E+08	TÜV NORD	1,6E+09	TÜV NORD
	Co 60	1,4E+08	TÜV NORD	4,5E+08	TÜV NORD
	Zn 65	2,8E+08	TÜV NORD	2,2E+09	TÜV NORD
	Nb 94	2,3E+08	TÜV NORD	6,8E+08	TÜV NORD
	Ru 106	1,8E+09	TÜV NORD	5,3E+09	TÜV NORD
	Ag 108m	9,9E+06	TÜV NORD	1,1E+07	TÜV NORD
	Ag 110m	1,3E+08	TÜV NORD	4,4E+08	TÜV NORD
	Sb 125	9,1E+08	TÜV NORD	2,3E+09	TÜV NORD
	Ba 133	1,8E+08	TÜV NORD	4,6E+08	TÜV NORD
	Cs 134	2,4E+08	TÜV NORD	7,3E+08	TÜV NORD
	Ce 144	3,2E+09	TÜV NORD	3,2E+10	TÜV NORD
	Eu 154	2,5E+08	TÜV NORD	1,0E+09	TÜV NORD
	Eu 155	4,4E+09	TÜV NORD	4,4E+10	TÜV NORD
Gd 153	2,6E+09	TÜV NORD	2,6E+10	TÜV NORD	

Aufgrund unserer Berechnungen ergeben sich für alle Radionuklide aus Tabelle 8-1 mit Ausnahme von Cs 137 und Eu 152 gegenüber den Berechnungen im EFN /U 3/ restriktivere jährliche Aktivitätsbegrenzungen. Die aus dem Szenario O2 für die Radionuklide Ag 108m und Ba 133 resultierenden jährlichen Aktivitätsbegrenzungen decken dabei Restriktionen, die sich aus den Berechnungen für die Szenarien „Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm“ sowie „Umgang mit Filtermaterialien“ ergeben, mit ab.

Gesamtaktivitätsbegrenzungen

Die nuklidspezifischen Gesamtaktivitätsbegrenzungen für die Ablagerung radioaktiver Reststoffe aus dem KKV sind in Tabelle 8-2 dargestellt. Diese resultieren aus den Szenarien D3 (Deponie Einlagerung), O2 (Verwertung von Klärschlamm) und G (Nutzung von Grundwasser).

Die nuklidspezifischen Gesamtaktivitätsbegrenzungen aus den Szenarien D3 (Deponie Einlagerung) und O2 (Verwertung von Klärschlamm) ergeben sich bei Einhaltung der in Abschnitt 3 aufgeführten Gesamtmassen (1.000 Mg bei Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV /R 1/ sowie 9.000 Mg bei Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV /R 1/) der spezifisch freigegebenen Stoffe. Diese Gesamtmassen spezifisch freizugebener Stoffe sind Grundlage der Berechnungsergebnisse. Im Falle einer Überschreitung der in Abschnitt 3 aufgeführten Gesamtmassen ist eine erneute Betrachtung zum Nachweis der Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums erforderlich. Aus diesem Grund haben wir den nachfolgenden Maßgabenvorschlag formuliert.

/MV-2/: Den Berechnungen zum Nachweis des 10- μ Sv/a-Kriteriums liegen Gesamtmassen von 1.000 Mg unter Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV sowie 9.000 Mg unter Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV der spezifisch freizugebener Stoffe zugrunde. Vor einer Überschreitung dieser Gesamtmassen ist eine erneute Betrachtung zum Nachweis der Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums erforderlich. Eine diesbezügliche Festlegung in Verbindung mit einem Verfahren zur fortschreitenden Massenbilanzierung ist als betriebliche Regelung für die spezifische Freigabe zu treffen und vor der ersten Inanspruchnahme dieses Entsorgungsweges ist dafür die Zustimmung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde einzuholen.

Unter Berücksichtigung der Gesamtmassen (siehe Maßgabenvorschlag /MV-2/) kommen wir zu der Bewertung, dass weder der Beginn noch die Zeitdauer der Ablagerung einen Einfluss auf die Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums haben.

Aus den Betrachtungen im Abschnitt 7 zu dem Szenario G folgen ebenso Aktivitätsbegrenzungen. Diese in Tabelle 8-2 mit dargestellten Gesamtaktivitätswerte (Aktivitätsbegrenzungen) entsprechen einer potenziellen Jahresdosis von 10 μ Sv. Diese Jahresdosiswerte werden durch ein einzelnes Radionuklid verursacht, was die Anwendung einer Summenformel bei der Aktivitätsbilanzierung über die Gesamtdauer der Ablagerung erforderlich macht. In Tabelle 8-2 wurde der jeweils restriktivere Wert aus dem EFN (Teil A) bzw. aus unseren Berechnungen (Teil B) aufgelistet. Die Festlegung der Aktivitätsbegrenzung erfolgte im Sinne der Begründung zur StrlSchV /S 8/, wonach der Mittelwert der statistischen Dosisverteilung bei Modellrechnungen zur Festlegung von Freigabewerten unter oder höchstens bei 10 μ Sv/a liegen darf. Aufgrund der bei unseren Betrachtungen unterstellten Konservativitäten ist diese Anforderung durch die Aktivitätsbegrenzungen erfüllt.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Gesamtmassen (siehe Maßgabenvorschlag /MV-2/) in Verbindung mit den jeweils heranzuziehenden FGW berechnen wir

für die im EFN (vgl. Tabelle 5-1 /U 3/) aufgeführten Radionuklide Cl 36 und Sr 90 für das Szenario G keine Aktivitätsbeschränkungen.

Tabelle 8-2: Gesamtaktivitätsbegrenzungen für die Beseitigung radioaktiver Reststoffe aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg. Die Begrenzungen resultieren aus den Szenarien D3 (Deponie Einlagerung), O2 (Verwendung von Klärschlamm) und G (Nutzung von Grundwasser). Auf die Begrenzungen ist die Summenformel anzuwenden.

	Radio-nuklid	Begrenzung der Gesamtaktivität [Bq]	
			Quelle
Teil A	Cl 36	3,2E+08	EFN
	Ca 41	5,0E+10	EFN
	Cs 137	2,1E+10	EFN
	Eu 152	1,2E+10	EFN
Teil B	C 14	4,4E+10	TÜV NORD
	Mn 54	1,7E+10	TÜV NORD
	Co 60	5,5E+09	TÜV NORD
	Ni 63	4,1E+12	TÜV NORD
	Zn 65	2,3E+10	TÜV NORD
	Nb 94	8,4E+09	TÜV NORD
	Ru 106	6,6E+10	TÜV NORD
	Ag 108m	2,0E+08	TÜV NORD
	Ag 110m	5,3E+09	TÜV NORD
	Sb 125	3,0E+10	TÜV NORD
	Ba 133	5,9E+09	TÜV NORD
	Cs 134	9,0E+09	TÜV NORD
	Ce 144	3,2E+11	TÜV NORD
	Eu 154	1,2E+10	TÜV NORD
	Eu 155	4,4E+11	TÜV NORD
	Gd 153	2,6E+11	TÜV NORD
	U 234	6,3E+08	TÜV NORD
	U 235	6,7E+08	TÜV NORD
	U 238	6,9E+08	TÜV NORD
	Pu 239	6,2E+08	TÜV NORD
Pu 240	8,6E+08	TÜV NORD	

Aufgrund unserer Berechnungen ergeben sich für alle Radionuklide aus Tabelle 8-2 mit Ausnahme von Cl 36, Ca 41, Cs 137 und Eu 152 gegenüber den Berechnungen im EFN /U 3/ restriktivere Gesamtaktivitätsbegrenzungen.

Zusammenfassung der Aktivitätsbegrenzungen

Im Ergebnis unserer Berechnungen kommen wir zu dem Schluss, dass zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums jahresbezogene Aktivitätsbegrenzungen sowie Gesamtaktivitätsbegrenzungen erforderlich sind, die für einzelne Radionuklide niedrigere Werte

erfordern als im EFN /U 3/ ausgewiesen. Diese sind in einer Aktivitätsbilanzierung der Reststoffe aus dem KKV bei der spezifischen Freigabe zur Beseitigung auf der Deponie Brake-Käseburg zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 3).

Die Anwendung des Abschneidekriteriums gemäß Anlage 8 Teil A Buchstabe e StrlSchV /R 1/ (10 %-Regel) bei der Feststellung der Freigabefähigkeit einzelner Chargen ist weiterhin vorgesehen. Die konkrete Ausgestaltung zur Berücksichtigung der Radionuklide, die im Rahmen der 10 %-Regel bei der Freigabeentscheidung nicht berücksichtigt werden, aber weiterhin bei dem Nachweis der Einhaltung der Aktivitätsbegrenzung relevant sind, ist für uns im EFN /U 3/ nicht nachvollziehbar dargestellt. Dies ist im Zusammenhang mit der Vorlage des Verfahrens zur fortschreitenden Bilanzierung zu prüfen (siehe Maßgabenvorschlag /MV-3/).

Als Ergebnis der beiden vorgenannten Absätze haben wir den nachfolgenden Maßgabenvorschlag formuliert.

/MV-3/: Bei der spezifischen Freigabe von Reststoffen aus dem KKV zur Beseitigung auf der Deponie Brake-Käseburg sind zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums über die beantragten jahresbezogenen Aktivitätsbegrenzungen gemäß Tabelle 8-1 Teil A sowie Gesamtaktivitätsbegrenzungen gemäß Tabelle 8-2 Teil A hinaus die Festlegungen jahresbezogener Aktivitätsbegrenzungen gemäß Tabelle 8-1 Teil B sowie Gesamtaktivitätsbegrenzungen gemäß Tabelle 8-2 Teil B erforderlich. Diesbezügliche Festlegungen in Verbindung mit einem Verfahren zur fortschreitenden Aktivitätsbilanzierung sind als betriebliche Regelungen für die spezifische Freigabe zu treffen und vor der ersten Inanspruchnahme dieses Entsorgungsweges ist dafür die Zustimmung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde einzuholen. Hierbei sind auch Radionuklide einzubeziehen, die bei der Anwendung des Abschneidekriteriums gemäß Anlage 8 Teil A Buchstabe e StrlSchV (10 %-Regel) bei der Freigabeentscheidung nicht berücksichtigt werden müssen, aber bei dem Nachweis der Einhaltung der Aktivitätsbegrenzung relevant sind.

9 Konservativitäten

Im EFN /U 3/ und in unserer Bewertung sind zur Nachweisführung der Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums, d. h. bei der Modellierung und Berechnung zur Ermittlung der potenziellen Expositionen, konservative Ansätze gewählt worden. In der SSK-Empfehlung zur Ermittlung der Strahlenexposition von 2013 /R 10/ wird unter anderem auf die Anforderungen an die radioökologische Modellierung im Rahmen von Freigabeverfahren eingegangen. Dabei kann laut SSK-Empfehlung /R 10/ mit einer Sensitivitätsanalyse festgelegt werden, welche Einflussfaktoren den größten Einfluss auf die Dosis haben und somit sorgfältig untersucht werden müssen. Folglich hat sich bezüglich der Regelungen der Freigabe zur Beseitigung /R 3, R 4/, nunmehr spezifische Freigabe /R 1/, angesichts der Unsicherheiten der Parameter, die in die Ermittlung der potenziellen Exposition eingehen, eine Analyse der Unsicherheiten /S 86, S 87/ als hilfreich erwiesen /R 10/.

In der SSK-Empfehlung /R 3/ und im Forschungsbericht /S 5/ wird die Konservativität des radiologischen Modells, u. a. für die Freigabe zur Beseitigung auf Deponien, diskutiert, wobei sich die Konservativitätsanalyse auf bewusst konservativ gewählte Ansätze bei Parametern oder Expositionssituationen sowie auf die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse abstützt /S 5/. Den Regelungen der Freigabe zur Beseitigung /R 3, R 4/, nunmehr spezifische Freigabe /R 1/, liegen die Parameter und Expositionssituationen aus den Entwürfen der AVV von 2005 (Zitat [AVV 05] in der SSK-Empfehlung /R 3/) bzw. von 2003 (Zitat [SSK 03] im Forschungsbericht /S 5/) zu Grunde.

Insgesamt sehen wir aufgrund der Gegebenheiten,

- dass die Parameter in der AVV /R 6/ mit denjenigen im Entwurf der AVV von 2005 (Zitat [AVV 05] in der SSK-Empfehlung /R 3/) übereinstimmen,
- dass für die Regelungen der Freigabe zur Beseitigung eine Analyse der Unsicherheiten durchgeführt wurde /R 10, S 86, S 87/ und
- dass die vorliegende radiologische Modellierung, insbesondere zum Grundwasserpfad (vgl. Abschnitte 4.2 und 7.2), Konservativitäten beinhaltet,

im Zusammenhang mit der beabsichtigten spezifischen Freigabe und Deponierung auf der Deponie Brake-Käseburg eine weitergehende Sensitivitätsanalyse nicht als erforderlich an.

10 Maßgabenvorschläge

- /MV-1/ KKU hat einen Nachweis vorzulegen, dass die deponiebetreiberseitigen Beprobungen nach § 8 Deponieverordnung vor dem Transport der Reststoffe zur Deponie Brake-Käseburg im KKU durchgeführt werden.
- /MV-2/ Den Berechnungen zum Nachweis des 10- μ Sv/a-Kriteriums liegen Gesamtmassen von 1.000 Mg unter Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8 StrlSchV sowie 9.000 Mg unter Anwendung der Freigabewerte nach Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10 StrlSchV der spezifisch freizugebenen Stoffe zugrunde. Vor einer Überschreitung dieser Gesamtmassen ist eine erneute Betrachtung zum Nachweis der Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums erforderlich. Eine diesbezügliche Festlegung in Verbindung mit einem Verfahren zur fortschreitenden Massenbilanzierung ist als betriebliche Regelung für die spezifische Freigabe zu treffen und vor der ersten Inanspruchnahme dieses Entsorgungsweges ist dafür die Zustimmung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde einzuholen.
- /MV-3/ Bei der spezifischen Freigabe von Reststoffen aus dem KKU zur Beseitigung auf der Deponie Brake-Käseburg sind zur Einhaltung des 10- μ Sv/a-Kriteriums über die beantragten jahresbezogenen Aktivitätsbegrenzungen gemäß Tabelle 8-1 Teil A sowie Gesamtaktivitätsbegrenzungen gemäß Tabelle 8-2 Teil A hinaus die Festlegungen jahresbezogener Aktivitätsbegrenzungen gemäß Tabelle 8-1 Teil B sowie Gesamtaktivitätsbegrenzungen gemäß Tabelle 8-2 Teil B erforderlich. Diesbezügliche Festlegungen in Verbindung mit einem Verfahren zur fortschreitenden Aktivitätsbilanzierung sind als betriebliche Regelungen für die spezifische Freigabe zu treffen und vor der ersten Inanspruchnahme dieses Entsorgungsweges ist dafür die Zustimmung der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde einzuholen. Hierbei sind auch Radionuklide einzubeziehen, die bei der Anwendung des Abschneidekriteriums gemäß Anlage 8 Teil A Buchstabe e StrlSchV (10 %-Regel) bei der Freigabeentscheidung nicht berücksichtigt werden müssen, aber bei dem Nachweis der Einhaltung der Aktivitätsbegrenzung relevant sind.

11 Unterlagen

Antragsunterlagen

- /U 1/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
Antrag nach § 36 Absatz 1 Satz 1 Nr. 3 Strahlenschutzverordnung
Freigabe von Schüttgütern und Feststoffen zur Beseitigung auf der Deponie Käseburg
Az.: San-dc, Schreiben vom 22.03.2019
(KKU2019/0240)
- /U 2/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
Zuleitung des Einzelfallnachweises nach § 37 StrlSchV zur Freigabe von Reststoffen aus dem KKU zur Deponierung auf der Zentraldeponie Brake-Käseburg
Az.: Dr. Er/kl, Schreiben vom 24.09.2020
(KKU2020/0929)
- /U 3/ Brenk Systemplanung GmbH
Einzelfallnachweis nach § 37 StrlSchV zur Freigabe von Reststoffen aus dem KKU zur Deponierung auf der Zentraldeponie Brake-Käseburg
Endbericht, Rev. 3 vom 23.09.2020
(KKU2020/0929)

Regelwerk

- /R 1/ Strahlenschutzverordnung – StrlSchV [StrlSchV-2018]
Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung
Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. November 2020 (BGBl. I S. 2502) geändert worden ist
- /R 2/ Strahlenschutzgesetz – StrlSchG
Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung
Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das durch Artikel 9 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist.
- /R 3/ Strahlenschutzkommission
Berichte der SSK, Heft 54, 2007
Freigabe von Stoffen zur Beseitigung
Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 213. Sitzung der SSK am 05./06.12.2006
BAnz Nr. 113a vom 22.06.2007

-
- /R 4/ Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [StrlSchV-2001]
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen
(Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714;
2002 I S. 1459), die zuletzt durch nach Maßgabe des Artikel 10 durch Artikel 6
des Gesetzes vom 27. Januar 2017 (BGBl. I S. 114, 1222) geändert worden ist
- /R 5/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV)
vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert am 27. September 2017
(BGBl. I S. 3465)
- /R 6/ Bundesumweltministerium
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 der Strahlenschutzverordnung
(Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus
Anlagen oder Einrichtungen) (AVV)
BAnz AT 05.09.2012 B1
- /R 7/ Bundesumweltministerium
Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strahlenexposi-
tion vom 23. Juli 2001
BAnz Nr. 160 a und b vom 28.08.2001
- /R 8/ Bundesamt für Strahlenschutz
Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbau-
bedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen - Bergbau) (BglBb)
urn:nbn:de:0221-20100329966
BfS-SW-07/10, März 2010
- /R 9/ Strahlenschutzkommission
Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radi-
oaktivität aus anzeige- und genehmigungspflichtigem Umgang
Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 151. Sitzung
der SSK am 11./12.02.1998
BAnz Nr. 193 vom 15.10.1998
- /R 10/ Strahlenschutzkommission
Ermittlung der Strahlenexposition
Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 263. Sitzung
der SSK am 12.06.2013
Berichte der SSK, Heft 65, 2014

Sonstige Unterlagen

- /S 1/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
Kernkraftwerk Unterweser (KKU)
Besprechungsprotokoll zum Fachgespräch zum Einzelfallnachweis Brake-Käse-
burg
Az.: TSE-Schä/dc, Schreiben vom 25.10.2019
mit Anlage: Besprechungsprotokoll zum Fachgespräch am 06.08.2019,
mit weiteren Anlagen
(KKU2019/0948)
- /S 2/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
Kernkraftwerk Unterweser (KKU)
Besprechungsprotokoll zum Fachgespräch zum Einzelfallnachweis Brake-Käse-
burg
Az.: TSE-Schä/dc, Schreiben vom 30.03.2020
mit Anlage: Besprechungsprotokoll zum Fachgespräch am 13.03.2020
(KKU2020/0373)
- /S 3/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
Kernkraftwerk Unterweser (KKU)
Besprechungsprotokoll zum Fachgespräch zum Einzelfallnachweis Brake-Käse-
burg
Az.: TSE-Schä/dc, Schreiben vom 07.04.2020
mit Anlage: Besprechungsprotokoll zum Fachgespräch am 09.03.2020
(KKU2020/0429)
- /S 4/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
Kernkraftwerk Unterweser (KKU)
Ergänzende Unterlagen zum Einzelfallnachweis Brake-Käseburg
Az.: TSE-Schä/dc, Schreiben vom 09.04.2020
mit Anlage: Notiz [REDACTED]/PEL-RRE,
mit weiteren Anlagen
(KKU2020/0462)
- /S 5/ Brenk Systemplanung GmbH
Endbericht zum BMU-Forschungsvorhaben StSch 4279
Spezifische Fragestellungen für die Fortentwicklung von Datensätzen für die
Freigrenzen, Freigabe von Oberflächenkontaminationen
Fortentwicklung des radiologischen Modells für die Berechnung von Freigabe-
werten für die Freigabe zur Beseitigung
Aachen, Juli 2004, Ergänzungen Dezember 2004

-
- /S 6/ Bundesumweltministerium
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten (AVV Tätigkeiten) vom 08.06.2020
BAnz AT 16.06.2020 B3
- /S 7/ Europäische Kommission
Definition of Clearance Levels for the Release of Radioactively Contaminated Buildings and Building Rubble
Radiation Protection 114 (RP 114), 1999
- /S 8/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
Begründung zur Verordnung zur weiteren Modernisierung des Strahlenschutzrechtes
Bundesrat-Drucksache 423/18 vom 05.09.2018, Seite 290 ff
- /S 10/ MicroShield
Groove Engineering Inc.
Lynchburg, USA
- /S 11/ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Bescheid für das Kernkraftwerk Unterweser (KKU) zur Freigabe von Schüttgütern nach § 29 Strahlenschutzverordnung (Freigabebescheid 1/2016)
Az.: 42-40311/7/170/30.11, vom 08.06.2016
(KKU2016/0906)
- /S 12/ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Bescheid für das Kernkraftwerk Unterweser (KKU) zur Freigabe von Feststoffen nach § 29 Strahlenschutzverordnung (Freigabebescheid 1/2018)
Az.: 42-40311/7/170/30.11, vom 27.11.2018
(KKU2018/0938)
- /S 13/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
Freigabe gemäß § 29 StrlSchV - Nuklidvektoren und Hochrechnungsfaktoren
Ausführungsanweisung Nr. AAW-32-ENT-200, Stand 18.12.2017
(KKU2017/1146)
- /S 14/ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Kernkraftwerk Unterweser (KKU)
Ausführungsanweisung AAW-32-ENT-200 „Freigabe gemäß § 29 StrlSchV – Nuklidvektoren und Hochrechnungsfaktoren“ vom 18.12.2017
Az.: 42-40311/7/2/013-0006-005, Schreiben vom 19.02.2018
(KKU2018/0163)

-
- /S 15/ International Atomic Energy Agency
Principles for the exemption of radiation sources and practices from regulatory control
Safety Series No. 89, 1988
- /S 16/ Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27.09.2017
(AbfklärV)
Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 65, S. 3465
- /S 17/ Infoschrift des LFU Bayern
Klärschlamm Entsorgung in Bayern – Planungshilfe für Kommunen
Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU)
April 2019
- /S 18/ Umweltbundesamt
Klärschlamm Entsorgung in der BRD
Mai 2018
- /S 19/ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Bescheid für das Kernkraftwerk Unterweser (KKU) zur Freigabe von Beton-
strukturteilen nach § 33 Strahlenschutzverordnung (Freigabebescheid 1/2021)
Az.: Ref42-40311/07/2/011-0005
(KKU2021/0273)
- /S 20/ IGB Ingenieurbüro für Grundbau und Bodenmechanik
Deponie Wesermarsch-Mitte
Baugrundgutachten – Standsicherheitsuntersuchung
Az.: H 9210/74, Hamburg, 18.06.1976
Bereitgestellt mit E-Mail des Staatl. Gewerbeaufsichtsamts Oldenburg vom
29.05.2019
(KKU2019/0413)
- /S 21/ IGB Ingenieurbüro für Grundbau und Bodenmechanik
Deponie Wesermarsch Mitte, Westliche Erweiterung
Baugrundgutachten – Folgerungen für die Beurteilung der vorgesehenen Erwei-
terungsfläche
Az.: H 3003/85, Hamburg, 06.12.1985
Bereitgestellt vom Staatl. Gewerbeaufsichtsamts Oldenburg mit E-Mail vom
29.05.2019
(KKU2019/0414)

-
- /S 22/ IGB Ingenieurbüro für Grundbau, Bodenmechanik und Umwelttechnik
Deponie Wesermarsch Mitte, Nördliche und südliche Erweiterung
Baugrundgutachten – Folgerungen für die Beurteilung der vorgesehenen Erweiterungsfäche
Az.: H 13810/87, Hamburg, 09.04.1988
i. V. m. Schreiben des IGB vom 05.12.1988, Az.: H 12610/88, Nördliche Erweiterung – Baubegleitende Beratung
Bereitgestellt mit Schreiben der PEL vom 20.03.2019, Az.; TSESchä/dc (KKU2019/0233)
- /S 23/ Abfallwirtschaft Wesermarsch / Ingenieurbüro Hinrichs GmbH
Zentraldeponie Brake-Käseburg, Bauabschnitte Nord und Süd
Erklärung zum Deponieverhalten Jahresübersicht 2017
Februar 2018
Bereitgestellt von GIB-Entsorgungszentrum bzw. Ingenieurbüro Hinrichs GmbH mit E-Mail vom 28.01.2019
(KKU2019/0064) (KKU2019/0065)
- /S 24/ Abfallwirtschaft Wesermarsch / Ingenieurbüro Hinrichs GmbH
Zentraldeponie Brake-Käseburg Bauabschnitte Nord und Süd
Erklärung zum Deponieverhalten Jahresübersicht 2018
März 2019
Bereitgestellt von PEL mit E-Mail vom 19.07.2019
(KKU2019/0637) (KKU2019/0636)

- /S 25/ Bezirksregierung Weser-Ems
Plangenehmigung gemäß § 7 Abs. 3 Abfallgesetz (AbfG) für die Errichtung und zum Betrieb einer Sickerwasserkläranlage auf dem Gelände der Zentraldeponie Brake-Käseburg, Landkreis Wesermarsch, sowie der Einleitungserlaubnis dazu
Az.: 501.1-62811-15/1-1/2, vom 19.06.1996; i. V. m:
1. Änderungsbescheid, Az.: 501.1-62811-15/1-1/2, vom 31.10.1996
2. Änderungsbescheid, Az.: 501.1-62811-15/1-1/2, vom 26.03.1997
3. Änderungsbescheid, Az.: 501.27-62811-15/1-1/2, vom 12.01.1998
4. Änderungsbescheid, Az.: 501.27-62811-15/1-1/2, vom 09.04.1998
5. Änderungsbescheid, Az.: 501.15-62811-15/1-1/2, vom 26.04.2002
6. Änderungsbescheid, Az.: 501.15-62811-15/1-1/2, vom 07.01.2004
7. Erlaubnisänderung durch den Landkreis Wesermarsch,
Az.: 682431-1092, vom 29.09.2005 und 13.10.2005
8. Erlaubnisänderung durch den Landkreis Wesermarsch,
Az.: 682431-1092, vom 12.05.2006
9. Erlaubnisänderung durch den Landkreis Wesermarsch,
Az.: 683131-150, vom 02.06.2015
10. Änderung der wasserrechtlichen Erlaubnis durch das Staatl. Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg, Az.: OL009182258-32 Win, vom 14.08.2017
11. Änderung der wasserrechtlichen Erlaubnis durch das Staatl. Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg, Az.: 3.2-Win-62811-15/1-1/2, vom 12.03.2018
Bereitgestellt vom Staatl. Gewerbeaufsichtsamts Oldenburg mit E-Mail vom 06.03.2020
(KKU2020/0636)
- /S 26/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
Auflistung aller vom KKU zur Deponierung freigegebenen Massen und Aktivitäten; Deponie: Zentraldeponie Brake-Käseburg, Landkreis Wesermarsch
Az.: KKU-TSE, Rev. 1 vom September 2020
Bereitgestellt mit Schreiben der PEL vom 23.09.2020, Az.: TSESchä/kl
(KKU2020/0930)
- /S 27/ W. Entenmann
Das hydrogeologische Beweissicherungsverfahren für Hausmülldeponien
Band 1: Verfahren, Fallbeispiele, Erkundung und Erfassung hydraulischer Daten – Clausthaler Geologische Abhandlungen 49
Verlag Sven von Loga, Köln (1992) ISBN 3-87361-805-2
- /S 28/ W. Entenmann
Hydrogeologische Untersuchungsmethoden von Altlasten
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (1998) ISBN 3-540-62931-9

- /S 29/ Bundesanstalt für Wasserbau
Fahrrinnenanpassung der Unterweser – Fahrrinnenanpassung der Außenweser
an die Entwicklung im Schiffsverkehr sowie Tiefenanpassung der hafengebundenen
Wendestelle – Summation der Anpassungen von Unter- und Außenweser
Gutachten zur ausbaubedingten Änderung der Grundwasserverhältnisse
BAW-Nr. 5.02.10048.00-7, Karlsruhe, 24.03.2006
<http://weseranpassung.de/> (abgerufen am 04.05.2020)
- /S 30/ H. Carlsen, D. Brüers, A. Wieners
Zentraldeponie Brake-Käseburg
Deponieumschließung mit gedichteten Stahlspundbohlen
Müll und Abfall 11/1996, S. 716 – 723
- /S 31/ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)
<https://www.lbeg.niedersachsen.de/>
Bohrdatenbank Niedersachsen
<https://nibis.lbeg.de/bohranzeige/>
- /S 32/ GIB Entsorgung Wesermarsch GmbH
Entsorgungsnachweise zum Klärschlamm aus den Jahren 2017, 2018, 2019
Bereitgestellt von Staatl. Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg mit E-Mail vom
12.07.2019
(KKU2019/368) (KKU2019/639)
- /S 33/ Ecolego v.6.2.52
Facilia AB, Schweden
(vgl. [FAC 17] in /U 3/)
- /S 34/ Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort
Diffuse Staubemissionen
Technische Grundlage
Wien, 2013
- /S 35/ Ingenieurbüro Hinrichs GmbH
Deponie Brake-Käseburg BA Nord – Teilabschnitt 1
Restvolumenermittlung
Az.: HI 056901, vom 09.07.2019
Vorgelegt mit Schreiben der PEL vom 25.10.2019 /S 1/
(KKU2019/0948)

- /S 36/ Armin Meyer, Ingenieurbüro für Vermessung
Zentraldeponie Brake-Käseburg
Restvolumenermittlung BA Nord
Lageplan Schüttstand 07.01.2020
Zeichnung Nr. 24CG0220, Januar 2020
Vorgelegt mit Schreiben der PEL vom 09.04.2020 /S 4/
(KKU2020/0462)
- /S 37/ TA Siedlungsabfall
Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung
von Siedlungsabfällen (Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallge-
setz) vom 14. Mai 1993
BAnz. Nr. 99a vom 29.05.1993
Aufgehoben gemäß Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Aufhebung von Ver-
waltungsvorschriften zum Deponierecht vom 27. April 2009
- /S 38/ Abfallwirtschaft Wesermarsch / Armin Meyer, Ingenieurbüro für Vermessung
Zentraldeponie Brake-Käseburg
Feststellung der Restlaufzeit (Stand 07. Januar 2021)
Az.: 24CA02AB.043, vom 08.01.2021
Vorgelegt als Anlage 2 mit Schreiben der PEL,
Az.: TD-██████/Ws, vom 09.02.2021
(KKU2021/0142)
- /S 39/ Landkreis Wesermarsch, Der Landrat
Erlaubnis-Nr. 1092/76 – Deponie Brake-Käseburg – (Neufassung) zur Einlei-
tung von gesammeltem Niederschlags- und Oberflächenwasser in die Rönnel
Aktenzeichen 682431-1092, vom 17.03.2010
Bereitgestellt vom Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen
und Klimaschutz per E-Mail vom 09.03.2021
(KKU2021/0207)
- /S 40/ Landkreis Wesermarsch, Der Oberkreisdirektor
Zentraldeponie Wesermarsch-Mitte – Bauabschnitt Nord
Schnitt Süd II- Nord II – Brake Utw., Dezember 1989
Mit Stempelvermerk der Bezirksregierung Weser-Ems zum Planfeststellungsbe-
schluss von 1993
(KKU2019/0412)
Bereitgestellt vom Staatl. Gewerbeaufsichtsamt im Rahmen eines Gesprächs
zum Einzelfallnachweis am 28.05.2019 bei MU in Hannover
(KKU2019/0572)

- /S 41/ Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Herausgeber)
Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch
Weser- und Emsgebiet – Pegel Intschede
2014; 1.11.2013 - 31.12.2014 (Norden, 2017)
2015; 1.11.2014 - 31.12.2015 (Norden, 2018)
<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/publikationen>
(abgerufen am 06.07.2020)
- /S 42/ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)
Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen
GeoBericht 3, Hannover, 2016
<https://www.lbeg.niedersachsen.de> (abgerufen am 02.07.2020)
- /S 43/ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Mitteilung aus dem Referat 36 an die TÜV Nord EnSys GmbH & Co. KG
AW: Stellungnahmeentwurf zum EFN: Klärschlamm als Deponieersatzbaustoff
E-Mail vom 03.03.2021
(KKU2021/0184)
- /S 45/ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Genehmigungsbescheid für das Kernkraftwerk Unterweser (KKU)
(Bescheid I/2018) Stilllegung und Abbau (Stilllegung, Abbauphase 1)
Az.: 42-40311/7/170/20.8-01, Hannover, 05.02.2018
- /S 46/ Brenk Systemplanung GmbH
Neuberechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des Kernkraftwerks
Unterweser (KKU) durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser bei
Einsatz einer VE-Pumpe
vom 15.12.2011
(KKU2013/3800)
- /S 47/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and
Clearance
Safety Reports Series No. 44, 2005
- /S 48/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Unterweser
KKU: EFN Brake-Käseburg – Daten zu Pegelständen
Bereitgestellt von PEL mit E-Mail vom 04.03.2020

-
- /S 50/ Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband (OOWV)
ZD Brake Käseburg – Einleitmöglichkeit in das Kanalnetz der Stadt Brake
E-Mail an PEL vom 24.03.2020
Vorgelegt mit Schreiben der PEL vom 09.04.2020 /S 4/
(KKU2020/0462)
- /S 52/ Brenk Systemplanung GmbH
Schlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben 02S 7900
Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Betonfreigabe - Betonrecycling
Aachen, 31.05.2005
- /S 53/ Institut für Massivbau und Baustofftechnologie der Universität Karlsruhe
Kontaminierter Beton: Rückbau kerntechnischer Anlagen – Eindringen von Ra-
dionukliden in Betonoberflächen und Freisetzung eingedrungener Aktivität aus
Bauschutt und Beton
Schlussbericht zum Fördervorhaben BMBF 02S7910
2007
- /S 54/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Freigabe von Aktivkohle aus einem Kernkraftwerk vor dem Hintergrund der Re-
duktion des Freigabewerts mit der neuen StriSchV
TÜV NORD Freigabesymposium, Hannover, November 2019
- /S 56/ TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG
Qualifizierung Deponien Schleswig-Holstein
Stellungnahme
Az.: SON2018/0153, vom 16.08.2019
[https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/V/_startseite/
Artikel2019/III/190909_deponie_gutachten.html](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/V/_startseite/Artikel2019/III/190909_deponie_gutachten.html)
(abgerufen am 18.05.2020)
- /S 74/ B. J. Kirby
Micro- and Nanoscale Fluid Mechanics: Transport in Microfluidic Devices
Cambridge University Press, New York (2010) ISBN 978-0-521-11903-0
- /S 75/ M. Huysmans, A. Dassargues
Review of the use of Péclet numbers to determine the relative importance of ad-
vection and diffusion in low permeability environments
Hydrogeol. J. Vol. 13, 895-904
2005

-
- /S 77/ M. Ochs, D. Mallants, L. Wang
 Radionuclide and Metal Sorption on Cement and Concrete
 Topics in Safety, Risk, Reliability and Quality, Vol. 29
 Springer International Publishing, Cham (2016) ISBN 978-3-319-23650-6
- /S 78/ Belgian agency for radioactive waste and enriched fissile materials
 (ODRAF/NIRAS)
 Time dependence of the geochemical boundary conditions for the cementitious
 engineered barriers of the Belgian surface disposal facility
 Project near surface disposal of category A waste at Dessel
 NIRAS-MP5-03 DATA-LT(NF)
 NIROND-TR 2008-24 E
 2009
- /S 79/ D. Savage, M. Stenhouse S. Benbow
 Evolution of Near-Field Physico-Chemical Characteristics of the SFR Repository
 SKI Report 00:49, SKI Project Number 99136
 2000
- /S 80/ A. C. Campell, K. M. Krupka
 Application of Geochemical Data and Modelling in Performance Assessments of
 Low-Level Radioactive Waste Disposal Facilities
 Waste Management Symposium, Tucson, 1997
- /S 81/ Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB)
 Geowissenschaftliches Gutachten zu den Antragsunterlagen für ein „Endlager
 für radioaktive Abfälle in der Schachanlage Konrad / Salzgitter“
 NLfB Archiv-Nr.: 111134
 (Anlage 3.2.5/1, KD-Werte (ml/g) verschiedener Nuklide)
 Mai 1995
- /S 82/ M. I. Sheppard, D. H. Thibault
 Default soil solid / liquid partition coefficients, K_{ds} , for four major soil types: A
 compendium
 Health Physics Vol. 59 No. 4, 471-482
 1990
- /S 86/ Brenk Systemplanung GmbH
 Endbericht zum BMU-Forschungsvorhaben StSch 4279
 Abschätzung der Kollektivdosis durch Freigaben in Deutschland
 Aachen, Dezember 2003H

-
- /S 87/ S.Thierfeldt, Brenk Systemplanung GmbH, Aachen
Strahlenexposition als Folge der Freigabe; in:
Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission
Band 55 (2005), S. 129-141
- /S 88/ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)
Versalzung des Grundwassers 1 : 200.000
<https://www.lbeg.niedersachsen.de/HUEK200Versalzung/versalzung-des-grundwassers-1200-000-641.html>
(abgerufen am 23.10.2020)
- /S 89/ Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband
https://de.wikipedia.org/wiki/Oldenburgisch-Ostfriesischer_Wasserverband
(abgerufen am 20.07.2020)

12 Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
BA	Bauabschnitt
BglBb	Berechnungsgrundlagen Bergbau
Bq	Becquerel
D1	Szenario „Deponie Eingangsbereich“
D2	Szenario „Deponie MBV“
D3	Szenario „Deponie Einlagerung“
DepV	Deponieverordnung
EFN	Einzelfallnachweis
FGW	Freigabewert
G	Szenario „Nutzung von Grundwasser“
GIB	GIB Entsorgung Wesermarsch GmbH
GWL	Grundwasserleiter
IAEA	International Atomic Energy Agency
K _d -Wert	Sorptionskoeffizient
KKU	Kernkraftwerk Unterweser
LBEG	Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
MBV	Mechanisch-biologische Vorbehandlung
Mg/a	Megagramm pro Jahr
MQ	mittlerer jährlicher Abfluss
MU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz

O1	Szenario „Nutzung von Oberflächenwasser“
O2	Szenario „Verwertung von Klärschlamm“
PEL	PreussenElektra GmbH
pH-Wert	Negativer dekadischer Logarithmus der H_3O^+ -Konzentration
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
T1	Szenario „Transport“
TA	Technische Anleitung
μSv	Mikrosievert
$\mu Sv/a$	Mikrosievert pro Kalenderjahr

13 Anhang I: Aktivitätsbegrenzungen unter Berücksichtigung eines höheren freien Deponievolumens

Das im EFN /U 3/ angegebene höhere Restvolumen des BA-Nord von 58.126 m³ mit Stand April 2019 ist ein Planungswert, dessen Volumenerhöhung sich unter anderem aus einer geänderten Ausführungsplanung des Oberflächenabdichtungssystems mit einer geringeren Schichtdicke /S 38/ ergibt. Ein höheres Restvolumen (58.126 m³ statt 28.385 m³ gemäß Abschnitt 4.1) hat Auswirkungen auf die Szenarien

- Umgang mit Material bei der Deponieerweiterung,
- Verwertung von Klärschlamm,
- Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm,
- Beprobung und Reinigung von Behältern,
- Umgang mit Filtermaterialien,
- Entsorgung von Überschusswasser,
- Nutzung von Oberflächenwasser und
- Nutzung von Grundwasser.

Hieraus resultieren teilweise geringere als im Abschnitt 8 angegebene nuklidspezifische jährliche Aktivitätsbegrenzungen und Gesamtaktivitätsbegrenzungen für die Ablagerung radioaktiver Reststoffe aus dem KKV. Diese Aktivitätsbegrenzungen sind in den nachfolgenden Tabellen 13-1 und 13-2 dargestellt.

Tabelle 13-1: Jährliche Aktivitätsbegrenzungen für die Beseitigung radioaktiver Reststoffe aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg. Die Begrenzungen resultieren aus den Szenarien D3 (Deponie Einlagerung) bzw. O2 (Verwendung von Klärschlamm) unter Berücksichtigung eines höheren freien Deponievolumens von 58.126 m³. Auf die Begrenzungen ist die Summenformel anzuwenden.



	Radio-nuklid	Jährliche Aktivitätsbegrenzung [Bq/a]			
		bei Freigabe unter Anwendung der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 8		bei Freigabe unter Anwendung der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 10	
			Quelle		Quelle
Teil A	Cs 137	2,5E+08	EFN	2,0E+09	EFN
	Eu 152	2,5E+08	EFN	1,0E+09	EFN
Teil B	Mn 54	2,7E+08	TÜV NORD	1,6E+09	TÜV NORD
	Co 60	1,4E+08	TÜV NORD	4,5E+08	TÜV NORD
	Zn 65	2,8E+08	TÜV NORD	2,2E+09	TÜV NORD
	Nb 94	2,3E+08	TÜV NORD	6,8E+08	TÜV NORD
	Ru 106	1,8E+09	TÜV NORD	5,3E+09	TÜV NORD
	Ag 108m	1,0E+07	TÜV NORD	1,1E+07	TÜV NORD
	Ag 110m	1,3E+08	TÜV NORD	4,4E+08	TÜV NORD
	Sb 125	9,1E+08	TÜV NORD	2,3E+09	TÜV NORD
	Ba 133	1,9E+08	TÜV NORD	4,8E+08	TÜV NORD
	Cs 134	2,4E+08	TÜV NORD	7,3E+08	TÜV NORD
	Ce 144	3,2E+09	TÜV NORD	3,2E+10	TÜV NORD
	Eu 154	2,5E+08	TÜV NORD	1,0E+09	TÜV NORD
	Eu 155	4,4E+09	TÜV NORD	4,4E+10	TÜV NORD
Gd 153	2,6E+09	TÜV NORD	2,6E+10	TÜV NORD	







Tabelle 13-2: Gesamtaktivitätsbegrenzungen für die Beseitigung radioaktiver Reststoffe aus dem KKV auf der Deponie Brake-Käseburg. Die Begrenzungen resultieren aus den Szenarien D3 (Deponie Einlagerung), O2 (Verwendung von Klärschlamm) und G (Nutzung von Grundwasser) unter Berücksichtigung eines höheren freien Deponievolumens von 58.126 m³. Auf die Begrenzungen ist die Summenformel anzuwenden.

	Radio-nuklid	Begrenzung der Gesamtaktivität [Bq]	
			Quelle
Teil A	Cl 36	3,2E+08	EFN
	Cs 137	2,1E+10	EFN
	Eu 152	1,2E+10	EFN
Teil B	C 14	4,7E+10	TÜV NORD
	Ca 41	4,9E+10	TÜV NORD
	Mn 54	1,7E+10	TÜV NORD
	Co 60	5,5E+09	TÜV NORD
	Ni 63	4,4E+12	TÜV NORD
	Zn 65	2,3E+10	TÜV NORD
	Nb 94	8,4E+09	TÜV NORD
	Ru 106	6,6E+10	TÜV NORD
	Ag 108m	2,0E+08	TÜV NORD
	Ag 110m	5,3E+09	TÜV NORD
	Sb 125	3,0E+10	TÜV NORD
	Ba 133	6,3E+09	TÜV NORD
	Cs 134	9,0E+09	TÜV NORD
	Ce 144	3,2E+11	TÜV NORD
	Eu 154	1,2E+10	TÜV NORD
	Eu 155	4,4E+11	TÜV NORD
	Gd 153	2,6E+11	TÜV NORD
	U 234	6,4E+08	TÜV NORD
	U 235	6,8E+08	TÜV NORD
	U 238	7,0E+08	TÜV NORD
Pu 239	6,3E+08	TÜV NORD	
Pu 240	8,8E+08	TÜV NORD	

14 Anhang II: Überblick der Abweichungen von den Modellszenarien der SSK-Empfehlung

Tabelle 14-1: Überblick der aufgrund der abweichenden Randbedingungen der Deponie Brake-Käseburg zu betrachtenden Szenarien im Vergleich zu den Modellszenarien der SSK-Empfehlung /R 3/ unter Beachtung unserer Maßgabenvorschläge.

-  Das Szenario wird im Fall der Deponie Brake-Käseburg abgedeckt durch das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/
-  Das Szenario wird im Fall der Deponie Brake-Käseburg nicht abgedeckt durch das Modell der SSK-Empfehlung /R 3/

	Szenario	Einordnung	Abweichung zum Modell der SSK-Empfehlung /R 3/
beteiligte Mitarbeiter	Transport (T1)		keine
	Deponie Eingangsbereich (D1)		keine
	Deponie MBV (D2)		keine mechanisch-biologische Vorbehandlung der KKV-Reststoffe
	Deponie Einlagerung (D3) (Vorgesehener Einbau, Erweiterte Abdeckung, Versagen von Big-Bags)		abweichende Annahmen bei der Direktstrahlung und Betrachtung des Versagens von Big-Bags
	Verwertung von Klärschlamm (O2)		Szenario standortspezifisch erweitert bzgl. der Nutzung alternativer Entsorgungswege: Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm, Nutzung von Klärschlamm als Bauersatzstoff auf der Deponie, Verwertung des Klärschlammes bei Notfalleinleitung des Sickerwassers in die Kläranlage der Stadt Brake
	Umgang mit Material bei Deponieerweiterung		standortspezifisches Szenario, das im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ nicht betrachtet wird

	Szenario	Einord- nung	Abweichung zum Modell der SSK-Empfehlung /R 3/
beteiligte Mitarbeiter	Entwässerung und Entsorgung von Klärschlamm	○	standortspezifisches Szenario, das im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ nicht betrachtet wird
	Beprobung und Reinigung von Behältern	○	standortspezifisches Szenario, das im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ nicht betrachtet wird
	Umgang mit Filtermaterialien	○	standortspezifisches Szenario, das im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ nicht betrachtet wird
	Entsorgung von Überschusswasser	○	standortspezifisches Szenario, das im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ nicht betrachtet wird
	Ausgasung aus dem Deponiekörper	○	standortspezifisches Szenario, das im Modell der SSK-Empfehlung /R 3/ nicht betrachtet wird
Wohnbevölkerung	Nutzung von Oberflächenwasser (O1)	○	geringere Jahreskapazität der Deponie; Großteil des Deponiekörpers bereits belegt
	Verwertung von Klärschlamm (O2)	✓	keine landwirtschaftliche Nutzung von Klärschlamm vorgesehen
	Nutzung von Grundwasser (G)	○	geringere Jahreskapazität der Deponie; Großteil des Deponiekörpers bereits belegt