

Kerntechnische Beratung der Abfall- verwertungsgesellschaft des Land- kreises Ludwigsburg (AVL) GmbH

Jahresbericht 2020

Darmstadt,
27.07.2021

Im Auftrag der Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises
Ludwigsburg (AVL) GmbH

Autor*innen

Christian Küppers
Dr. Veronika Ustohalova

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

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

Büro Berlin

Borkumstraße 2
13189 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abbildungsverzeichnis | 2 |
| Tabellenverzeichnis | 3 |
| Zusammenfassung | 4 |
| 1. Einleitung | 5 |
| 2. Ergebnisse von Messungen von Tritium in Wässern an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOFF | 7 |
| 3. Bewertung der Ergebnisse der Tritium-Messungen in Wässern an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOFF | 12 |
| 3.1. Vergleich mit Messwerten der allgemeinen Umweltüberwachung an Deponien für gering und mäßig belastete Abfälle | 12 |
| 3.1.1. Messwerte der allgemeinen Umweltüberwachung | 12 |
| 3.1.2. Vergleich der Messwerte der allgemeinen Umweltüberwachung mit den durch die AVL GmbH veranlassten Messwerten | 15 |
| 3.2. Radiologische Bewertung | 16 |
| 3.3. Weitere Bewertungen | 17 |
| 4. Messungen von PM₁₀-Staubkonzentration und Staubniederschlag an der Deponie AM FROSCHGRABEN | 19 |
| 4.1. Durchgeführte radiologische Messungen und Messergebnisse | 19 |
| 4.2. Bewertung der Radionuklidanalysen an Staubproben | 21 |
| 5. Weitere Tätigkeiten zur Unterstützung der AVL GmbH | 23 |
| 6. Ausblick | 24 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----------------|--|----|
| Abbildung 2-1: | Zeitverlauf der Messergebnisse an der Deponie AM FROSCHGRABEN | 11 |
| Abbildung 2-2: | Zeitverlauf der Messergebnisse an der Deponie BURGHOFF | 11 |
| Abbildung 3-1: | Tritium-Deponiesickerwasserkonzentration der bundesweiten allgemeinen Umweltüberwachung (Messungen 1997 bis 2018) | 13 |
| Abbildung 3-2: | Tritium-Deponiesickerwasserkonzentration der bundesweiten allgemeinen Umweltüberwachung - Ausschnitt (Messungen 1997 bis 2018) | 13 |
| Abbildung 3-3: | Tritium-Sickerwasserkonzentration – Deponie BURGHOFF (Messungen der LUBW, 1998 bis 2016) | 14 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|--------------|---|----|
| Tabelle 2-1: | Beprobte Sicker- und Quellwässer | 8 |
| Tabelle 2-2: | Einzelergebnisse der Tritium-Analysen des Jahres 2020 | 9 |
| Tabelle 2-3: | Zusammenfassung der Ergebnisse der Analysen von Sicker-, Oberflächen- und Quellwasser der Jahre 2016 bis 2020 | 10 |
| Tabelle 2-4: | Mittel- und Medianwerte des Tritiums im Sickerwasser | 10 |
| Tabelle 4-1: | Ergebnisse der Radionuklidanalyse im Staubniederschlag | 20 |
| Tabelle 4-2: | Probenmasse der Radionuklidanalyse, massenbezogene Aktivität und Staubniederschlag | 21 |

Zusammenfassung

Das Öko-Institut e.V. berät die Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg (AVL) GmbH in Zusammenhang mit der Ablagerung von aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung freigegebenen Abfällen aus dem ehemaligen Kernforschungszentrum Karlsruhe in den Jahren 2007 bis 2015 sowie von zukünftigen Abfällen aus der Freigabe beim Abbau des Kernkraftwerks Neckarwestheim I (GKN I). Die Tätigkeiten des Jahres 2020 werden im vorliegenden Jahresbericht vorgestellt.

Generell war Tritium im Sickerwasser beider Deponien nur in sehr niedriger Menge feststellbar; dies zudem in einer Konzentration, die unabhängig von einer Ablagerung freigegebener* Abfälle in Deponiesickerwässern anzutreffen ist. Ein Rückgriff auf frühere Messungen des Sickerwassers der Deponie BURGHOF zeigt zudem, dass vor der Einlagerung der freigegebenen Abfälle aus dem ehemaligen Kernforschungszentrum Karlsruhe höhere Konzentrationen an Tritium zu finden waren. Es ist daher möglich, dass die seit Oktober 2016 im Sickerwasser von Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle gemessenen Tritium-Konzentrationen zu einem geringen Anteil durch die Karlsruher Abfälle verursacht sind, zumindest weit überwiegend sind sie aber der allgemeinen technischen Anwendung von Tritium in Technik und Forschung (z. B. in Leuchtmitteln) zuzuschreiben.

Diese Kontaminationen sind sehr niedrig und können nur zu Strahlenexpositionen weit unterhalb von 10 Mikrosievert im Jahr führen. Messungen des Wassers des Hummelbrunnens unterhalb der Deponie AM FROSCHGRABEN ergaben, dass dieses Wasser nicht durch Deponiesickerwasser (bzw. eine dadurch verursachte Tritium-Kontamination) beeinflusst wird. Bei einer einzelnen Messung lag eine gegenüber dem sonstigen Wertebereich erhöhte Tritium-Konzentration im Wasser der Tiefendrainage der Deponie BURGHOF vor. Ein Eintrag von Sickerwasser der Deponie BURGHOF in deren Tiefendrainage ist – auch aufgrund von Untersuchungen anderer Parameter – aber ausgeschlossen.

Ein zeitlicher Trend der Tritium-Konzentration in den Sickerwässern von Bereichen, in denen in der Vergangenheit schon freigegebene Abfälle abgelagert wurden, ist nicht erkennbar. Die Messungen des Sickerwassers der beiden Deponien sollen fortgeführt werden.

Vom 02.09.2019 bis zum 31.08.2020 wurden Staubbiederschlagsmessungen auf der Deponie AM FROSCHGRABEN und in ihrer Umgebung durchgeführt. Dies wurde von der AVL GmbH zum Anlass genommen, die Staubbiederschlagsproben ebenfalls im Hinblick auf Radionuklide zu untersuchen. Die Radionuklidanalysen des Staubbiederschlags ergaben keinen Hinweis auf Freisetzungen künstlicher Radionuklide. Auch hinsichtlich der natürlichen Radionuklide ergab sich kein Hinweis auf Freisetzungen, die nicht mit einem üblichen Deponiebetrieb in Einklang stehen.

* In der Öffentlichkeit werden diese Abfälle zumeist als „freigemessen“ bezeichnet. In vorliegendem Bericht wird jedoch der Begriff „freigegeben“ verwendet, wie er sich auch in den entsprechenden rechtlichen Regelungen findet. Zudem ist die Freigabe ein Prozess, der wesentlich mehr umfasst als eine Messung. Die Freigabe ist vielmehr ein spezieller Verwaltungsakt, durch den die zuständige Behörde dem Abfalleigentümer bescheidet, dass die Entsorgung hinsichtlich des Strahlenschutzes schadlos erfolgt.

1. Einleitung

In den Jahren 2007 bis 2015 wurden von der Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg (AVL) GmbH Abfälle aus dem Landkreis Karlsruhe auf den Deponien AM FROSCHGRABEN bei Schwieberdingen und BURGHOFF bei Vaihingen-Horrheim abgelagert, die aus dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen des ehemaligen Kernforschungszentrums Karlsruhe stammten. Diese Abfälle waren gemäß den Regelungen der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) aufgrund ihrer geringen Radioaktivität aus der Überwachung durch die strahlenschutzrechtlich zuständigen Behörden entlassen („freigegeben“) worden, so dass sie nach den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) auf den Deponien beseitigt werden durften. Bezüglich der Grundzüge des Konzepts der Freigabe sowie von Besonderheiten der Situation an den Deponien der AVL GmbH wird auf das Kapitel 2 des Jahresberichts 2016¹ verwiesen. Das Konzept der Freigabe beruht auf der Begrenzung von Risiken auf einen Bereich, der keine Regulierung und Überwachung mehr erfordert. Es wird auch als „10 Mikrosievert (μSv)-Konzept“ bezeichnet.

Das Bekanntwerden der Ablagerung von freigegebenen Abfällen auf den Deponien der AVL GmbH hat zu kritischen Diskussionen in der Öffentlichkeit geführt. Aus diesem Grund wurden im Oktober 2016 an den beiden Deponien und in deren Umfeld Messungen vorgenommen, um zu überprüfen, ob sich durch diese Abfälle Veränderungen der allgemeinen radiologischen Situation ergeben haben. Auf diese Messungen, ihre Ergebnisse und deren Bewertung wurde ausführlich in Kapitel 3 des Jahresberichts 2016 eingegangen.

Mit den Karlsruher Abfällen wurde auch das Radionuklid Tritium auf den beiden Deponien abgelagert. Tritium ist sehr mobil und kann in das Sickerwasser übertreten. Nach den Beprobungen im Oktober 2016 wurden die Probenahmen von Sickerwasser seit 2017 daher vierteljährlich weitergeführt.

Eine wesentliche Ursache für den allgemeinen Eintrag von Tritium in Deponien ist die Verwendung des Tritiums bei der Leuchtfarbenherstellung, in Tritium-Gaslichtquellen, als Starter für Leuchtstoffröhren und in der Forschung. Als Ersatz für die nicht mehr verwendeten radiumhaltigen Leuchtstoffe wurden bis zur Mitte der 1990er Jahre zinksulfidhaltige Farben verwendet, die mit Tritium angereichert waren. Uhren mit diesen tritiumhaltigen Leuchtfarben weisen im Mittel eine Aktivität von 200 - 300 Millionen Becquerel (Bq) Tritium je Uhr auf. Seit einigen Jahren verwendet man in neuen Uhren Tritium-Gaslichtquellen. Das sind kleine, mit Tritiumgas gefüllte Glasröhrchen. Die Aktivität beispielsweise frei im Handel erwerbbarer Uhren beträgt bis zu 1 Milliarde Bq². Über Abfälle aus tritiumverarbeitenden Betrieben und entsorgte tritiumhaltige Produkte gelangt Tritium auch auf Deponien und in deren Sickerwasser.

Die insgesamt an Tritium mit den Karlsruher Abfällen auf der Deponie AM FROSCHGRABEN abgelagerte Aktivität betrug etwa 22 Milliarden Bq (entsprechend 22 Uhren mit hohem Tritium-Gehalt). Auf der Deponie BURGHOFF wurden etwa 6,4 Milliarden Bq (entsprechend 6,4 Uhren mit hohem Tritium-Gehalt) abgelagert. Gemäß den Regelungen der StrlSchV hätte auf den Deponien eine bestimmte Menge an Tritium abgelagert werden dürfen, ohne dass dadurch die Einhaltung des 10 μSv -Konzepts in Frage gestellt worden wäre. Auch unter Berücksichtigung der weiteren mit den Abfällen abgelagerten Radionuklide durch Anwendung der Summenformel der StrlSchV

¹ C. Küppers, M. Claus, A. Spieth-Achnich: Kerntechnische Beratung der Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg (AVL) GmbH - Jahresbericht 2016, Öko-Institut, Darmstadt 24.2.2017, https://www.avl-ludwigsburg.de/fileadmin/Files/Deponien/freigemessene_Abfaelle/20170424_Jahresbericht2016.pdf

² http://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-alltag/uhren/uhren_node.html. Die Verwendung solcher Uhren erfolgt ohne Überwachung, da die sogenannten Freigrenzen der Radioaktivität von Tritium in einer solchen Uhr nicht überschritten werden.

ergibt sich, dass es zulässig gewesen wäre, auf der Deponie AM FROSCHGRABEN die 74-fache und auf der Deponie BURGHOF die 88-fache Tritium-Menge mit den freigegebenen Abfällen abzulagern.

Die Ergebnisse der Messungen von Tritium in Sickerwässern einschließlich der entsprechenden Ergebnisse der Messungen aus 2016 werden hier im Kapitel 2 dargestellt. Im Kapitel 3 werden die Messergebnisse bewertet.

Der Planfeststellungsbeschluss des Regierungspräsidiums Stuttgart vom 28.01.2014 für die Erhöhung der Deponie AM FROSCHGRABEN fordert in den Nebenbestimmungen, dass fünf Jahre nach Bestandskraft der Entscheidung einjährige PM₁₀-Staubimmissionsmessungen auf dem Gelände des Kleingartenvereins und Staubbiederschlagsmessungen für die Dauer von einem Jahr auf dem Deponiegelände durchzuführen sind. Mit den Messungen wurde von der AVL GmbH die DEKRA Automobil GmbH, Industrie, Bau und Immobilien, beauftragt. Die Messungen des Staubbiederschlags begannen am 02.09.2019 und erfolgten bis 31.08.2020. Über die Anforderungen des Planfeststellungsbeschlusses hinaus wurde im Interesse der AVL GmbH der Staubbiederschlag auch im Hinblick auf Radionuklide untersucht. Die Ergebnisse der radiologischen Untersuchung werden in Kapitel 4 dargestellt und bewertet.

Weitere Tätigkeiten, die der Unterstützung der AVL GmbH im Jahr 2020 dienten, sind im Kapitel 5 genannt. Kapitel 6 enthält einen Ausblick auf zukünftige Tätigkeiten.

2. Ergebnisse von Messungen von Tritium in Wässern an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF

Nachfolgend werden die Ergebnisse der von der AVL GmbH veranlassten Messungen von Tritium in Wässern an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF dargestellt.

Die Probenahmen von Sicker- und Quellwasser erfolgten im Oktober 2016 durch die Nuclear Control & Consulting (NCC) GmbH. Die Laboranalysen dieser Proben wurden vom VKTA - Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e.V., Dresden ausgeführt. In den Jahren 2017 bis 2020 wurden die Proben durch die Environmental Services SGS Institut Fresenius GmbH, Raddolfzell, genommen. Die Auswertung erfolgte durch die IAF – Radioökologie GmbH im Labor für Radioanalytik, Radeberg, mittels Flüssigszintillationsspektrometrie. Aufgrund standardisierter Probenahmen und gleicher Messverfahren sind die Messungen der Jahre 2016 bis 2020 vergleichbar.

In Tabelle 2-1 sind die beprobten Wässer der in den Jahren 2017 bis 2020 weitergeführten Messungen zusammengestellt. Außerdem ist angegeben, ob diese Wässer bereits im Oktober 2016 beprobt wurden, sowie, ob sie von zur Beseitigung freigegebenen Abfällen beeinflusst sein könnten, da die entsprechenden Sickerwasserschächte deren Ablagerungsflächen entwässern.

Tabelle 2-1: Beprobte Sicker- und Quellwässer

| Proben 2017 bis 2020 | | Probenahmen im Oktober 2016? | Ablagerungsfläche freigegebener Abfälle? |
|--------------------------------|---|------------------------------|--|
| Bezeichnung | Beschreibung | | |
| Deponie AM FROSCHGRABEN | | | |
| S 15 | Drainage, Überlauf, entwässert u. a. Ablagerungsfläche 1245318 | ja | ja |
| S 20 | Drainage, Überlauf, entwässert u. a. Ablagerungsfläche 1245318 | ja | ja |
| S 22 | Drainage, Überlauf, entwässert u. a. Ablagerungsflächen 1245660 und 1237787 | ja | ja |
| S 25 | Drainage, Überlauf, entwässert u. a. Ablagerungsfläche 1245510 | ja | ja |
| SF 1 | Oberflächenwasser, vom südlichen Deponiebereich, dort keine Freigabeabfälle abgelagert | ja | nein |
| RKB 2 | Oberflächenwasser von der Nordböschung und von der Südböschung sowie das Quellwasser vom Hummelbrunnen und das unbelastete Sickerwasser von allen Deponieflächen der Deponieklasse 0; Wasserqualität, die von der Deponie in den Vorfluter Glems abgegeben wird | nein | nein |
| H 1 | Hummelbrunnen, von der Deponie unbeeinflusstes Quellwasser | ja | nein |
| Deponie BURGHOFF | | | |
| S 1/4 | Drainage, Überlauf, entwässert Altdeponie mit Hausmüll, dort keine Freigabeabfälle abgelagert | ja | nein |
| S 70 | Drainage, Überlauf, entwässert u. a. Ablagerungsfläche 1386057 | ja | ja |
| S 76 | Drainage, Überlauf, entwässert u. a. Ablagerungsfläche 1383419 | ja | ja |
| SF 12 / T 12 | Schöpfprobe, Talentwässerung; T 12 ist die Tiefendrainage, SF 12 ein kleiner Schlammfang an der Öffnung der Leitung ins Freie | nur T 12 | nein |

Die einzelnen Messergebnisse des Jahres 2020 sind in Tabelle 2-2 aufgeführt, wobei auch die jeweilige vom Messlabor genannte Messunsicherheit (MU) angegeben ist. Die früheren Messwerte können im Einzelnen den Jahresberichten 2017 bis 2019³ entnommen werden. In Tabelle 2-3 sind die Ergebnisse der Analysen von Sickerwasser aus den verschiedenen Deponiebereichen sowie von Oberflächen- und Quellwasser aus den Jahren 2016 bis 2020 zusammengefasst. Die arithmetischen Mittelwerte sowie die Medianwerte⁴ von Tritium in den Sickerwasserproben sind in Tabelle 2-4 aufgeführt.

Tabelle 2-2: Einzelergebnisse der Tritium-Analysen des Jahres 2020

| Bezeichnung | I/2020 | | II/2020 | | III/2020 | | IV/2020 | |
|-------------------------|----------------|--------|-------------------|--------|----------|--------|---------|--------|
| | Bq/l | MU [%] | Bq/l | MU [%] | Bq/l | MU [%] | Bq/l | MU [%] |
| Deponie AM FROSCHGRABEN | | | | | | | | |
| S 15 | 1,3 | 22 | 9,9 ⁵ | 21 | 8,1 | 22 | 0,89 | 25 |
| S 20 | 10,1 | 23 | 6,3 | 22 | 5,9 | 22 | 5,6 | 22 |
| S 22 | 1,2 | 23 | 2,5 | 22 | 3,0 | 22 | 3,1 | 22 |
| S 25 | 2,4 | 22 | 5,6 | 22 | 4,8 | 22 | 10 | 22 |
| SF 1 | 0,79 | 22 | 0,75 | 25 | 0,84 | 24 | 0,96 | 24 |
| RKB 2 | 3,2 | 22 | 0,72 ⁵ | 25 | 0,70 | 26 | 2,4 | 22 |
| H 1 | 0,67 | 26 | 0,76 | 24 | 0,60 | 26 | 0,68 | 25 |
| Deponie BURGHOF | | | | | | | | |
| S 1/4 | 5,9 | 17 | 33 | 10 | 12 | 11 | 13 | 11 |
| S 70 | 2,3 | 22 | 3,4 | 22 | 2,6 | 22 | 0,31 | 22 |
| S 76 | 2,0 | 22 | 2,4 | 22 | 2,1 | 22 | 1,9 | 22 |
| SF 12 / T 12 | - ⁶ | - | 9,5 | 13 | 0,52 | 30 | 0,64 | 26 |

MU: Messunsicherheit

³ Öko-Institut e.V.: Kerntechnische Beratung der Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg (AVL) GmbH - Jahresberichte 2017, 2018, 2019 und 2020, <https://www.avl-ludwigsburg.de/auftrag-zukunft/deponierung/freigemessene-abfaelle/>

⁴ zur Definition des Medians und zur Bedeutung von Medianwerten siehe Kapitel 3.1.1

⁵ die Probenahme an S 15 und RKB 2 erfolgte erst im Oktober 2020

⁶ wegen Reinigungsarbeiten am Schacht war keine Probenahme möglich

Tabelle 2-3: Zusammenfassung der Ergebnisse der Analysen von Sicker-, Oberflächen- und Quellwasser der Jahre 2016 bis 2020

| Art des Wassers | Bandbreite der Tritium-Aktivitätskonzentration [Bq/l] | Messunsicherheit [%] |
|--|---|----------------------|
| Deponie AM FROSCHGRABEN | | |
| Sickerwasser aus Deponiebereichen mit Ablagerung freigegebener Abfälle | 0,46 - 42 | 7,3 – 67 |
| Oberflächenwasser (keine Kontamination durch freigegebene Abfälle zu erwarten) | 0,49 - 3,6 | 22 – 30 |
| Quellwasser (keine Kontamination durch freigegebene Abfälle zu erwarten) | 0,60 - 2,1 | 13 – 26 |
| Deponie BURGHOF | | |
| Sickerwasser aus Deponiebereichen mit Ablagerung freigegebener Abfälle | 0,31 - 12,5 | 8,5 – 29 |
| Sickerwasser aus Deponiebereichen ohne Ablagerung freigegebener Abfälle | < 1,8 - 33 | 10 – 24 |
| Tiefendrainage (keine Kontamination durch freigegebene Abfälle zu erwarten) | 0,46 – 9,5 | 13 – 31 |

Tabelle 2-4: Mittel- und Medianwerte des Tritiums im Sickerwasser

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Deponie AM FROSCHGRABEN | | | | |
| Mittelwert [Bq/l] | 8,1 | 8,0 | 6,5 | 5,0 |
| Medianwert [Bq/l] | 5,0 | 5,4 | 4,2 | 5,2 |
| Deponie BURGHOF | | | | |
| Mittelwert [Bq/l] | 4,5 | 6,8 | 5,8 | 6,7 |
| Medianwert [Bq/l] | 2,6 | 2,9 | 2,7 | 2,5 |

Abbildung 2-1 zeigt die Messergebnisse für die Deponie AM FROSCHGRABEN im zeitlichen Verlauf ab Oktober 2016 für die einzelnen Probenahmestellen einschließlich der Messunsicherheit. Die entsprechenden Ergebnisse für die Deponie BURGHOF sind in Abbildung 2-2 dargestellt.

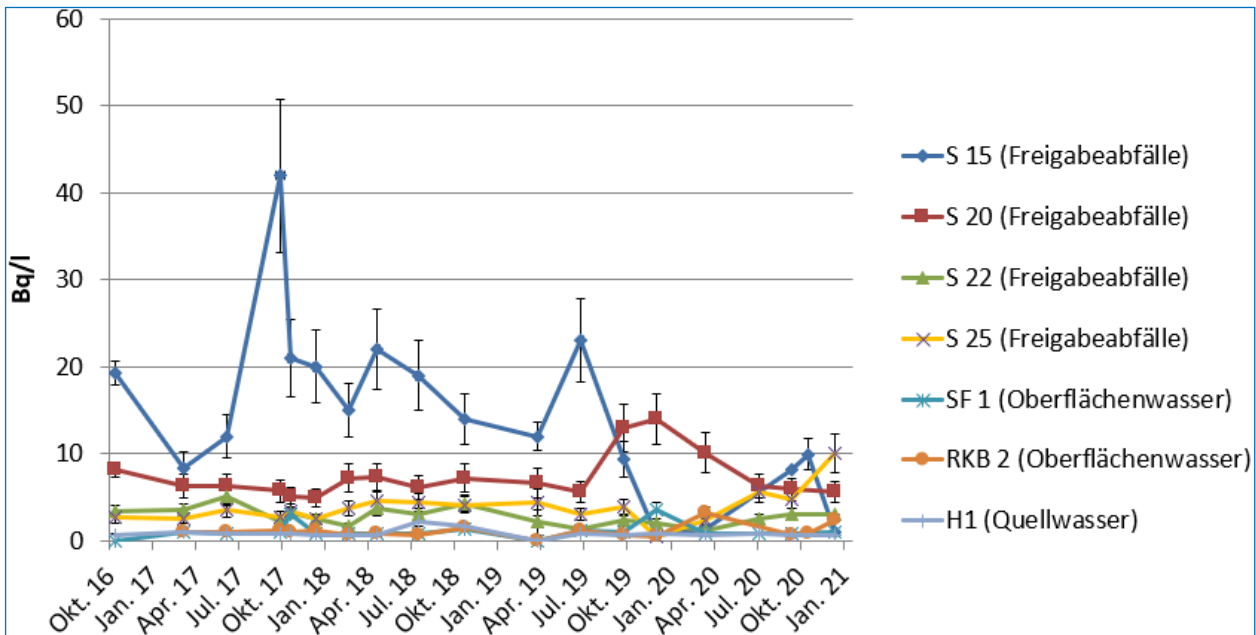


Abbildung 2-1: Zeitverlauf der Messergebnisse an der Deponie AM FROSCGRABEN

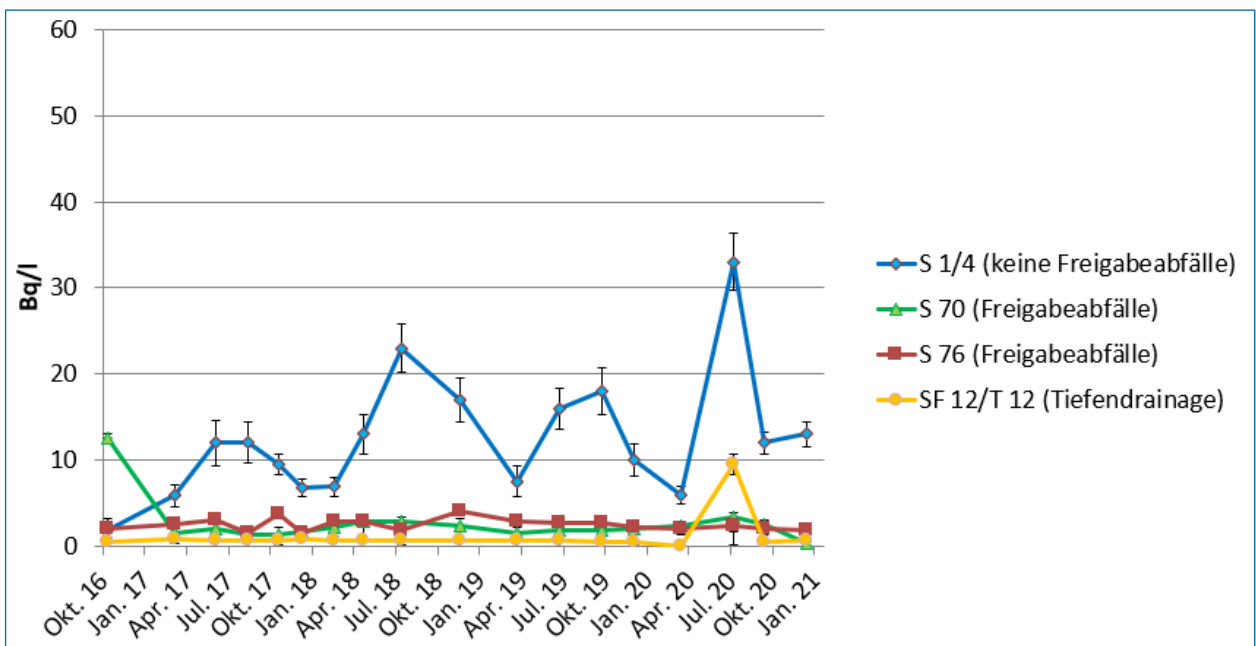


Abbildung 2-2: Zeitverlauf der Messergebnisse an der Deponie BURGHOFF

Der überwiegende Teil der mit den Karlsruher Freigabeabfällen auf der Deponie AM FROSCGRABEN abgelagerten Tritium-Aktivität kann einer einzelnen Charge von etwa 24 Mg Beton zugeordnet werden. Aus den dokumentierten GPS-Daten und der Lage der Sickerwasserleitungen ergibt sich aber nicht, dass die Probennahmestelle S 15 durch diese Charge beeinflusst ist.

3. Bewertung der Ergebnisse der Tritium-Messungen in Wässern an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF

Zur Bewertung der Messergebnisse erfolgt in Kapitel 3.1 zunächst ein Vergleich mit Messwerten der allgemeinen Umweltüberwachung an Deponien für gering und mäßig belastete Abfälle in Deutschland. In Kapitel 3.2 werden die gemessenen Konzentrationen im Hinblick auf ihre radiologische Relevanz bewertet. Weitergehende Bewertungen sind in Kapitel 3.3 enthalten.

3.1. Vergleich mit Messwerten der allgemeinen Umweltüberwachung an Deponien für gering und mäßig belastete Abfälle

3.1.1. Messwerte der allgemeinen Umweltüberwachung

In Deutschland erfolgt im Rahmen der allgemeinen Umweltüberwachung an verschiedenen Deponien für gering und mäßig belastete Abfälle regelmäßig eine Messung von Radionukliden im Sickerwasser, unabhängig davon, ob auf einer solchen Deponie freigegebene Abfälle abgelagert wurden. Die Ergebnisse der Überwachung sind in den Berichten „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des Bundesumweltministeriums dokumentiert⁷. Da die Fertigstellung und Publikation der umfangreichen Berichte zeitverzögert erfolgt, liegt Anfang 2021 als neuester Bericht der Bericht für das Jahr 2018 vor. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Überwachung der Tritium-Aktivität in Deponiesickerwässern der Jahre 1997 bis 2018 dargestellt.

Im Zeitraum 1997 bis 2018 wurden im Rahmen der allgemeinen Umweltüberwachung jährlich zwischen 61 und 113 Tritium-Analysen durchgeführt. In den einzelnen Jahren konnte Tritium in 72,7% bis 82,9% der Analysen nachgewiesen werden. Abbildung 3-1 zeigt die Minimalwerte, die Maximalwerte und die Medianwerte der Einzeljahre. Der Medianwert ist der Wert, bei dem die gleiche Anzahl an Messungen einen geringeren wie einen größeren Wert ergeben hat. Er zeigt die „typische Höhe“ zuverlässiger an als der arithmetische Mittelwert der Messergebnisse, der stark von einzelnen „Ausreißern“ beeinflusst wird.

Aufgrund der Höhe einzelner „Ausreißer“ der Messwerte nach oben sind in Abbildung 3-1 der Medianwert und der Mittelwert nicht mehr ausreichend ablesbar. Daher ist in Abbildung 3-2 ein Ausschnitt gezeigt, bei dem die hohen Konzentrationen abgeschnitten sind. Aus Abbildung 3-2 ist erkennbar, dass der Medianwert über die Jahre relativ konstant ist. Er liegt im Zeitraum 1997 bis 2018 bei 22 ± 6 Bq/l.

⁷ https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2015060312762/browse?type=title&sort_by=2&order=DESC

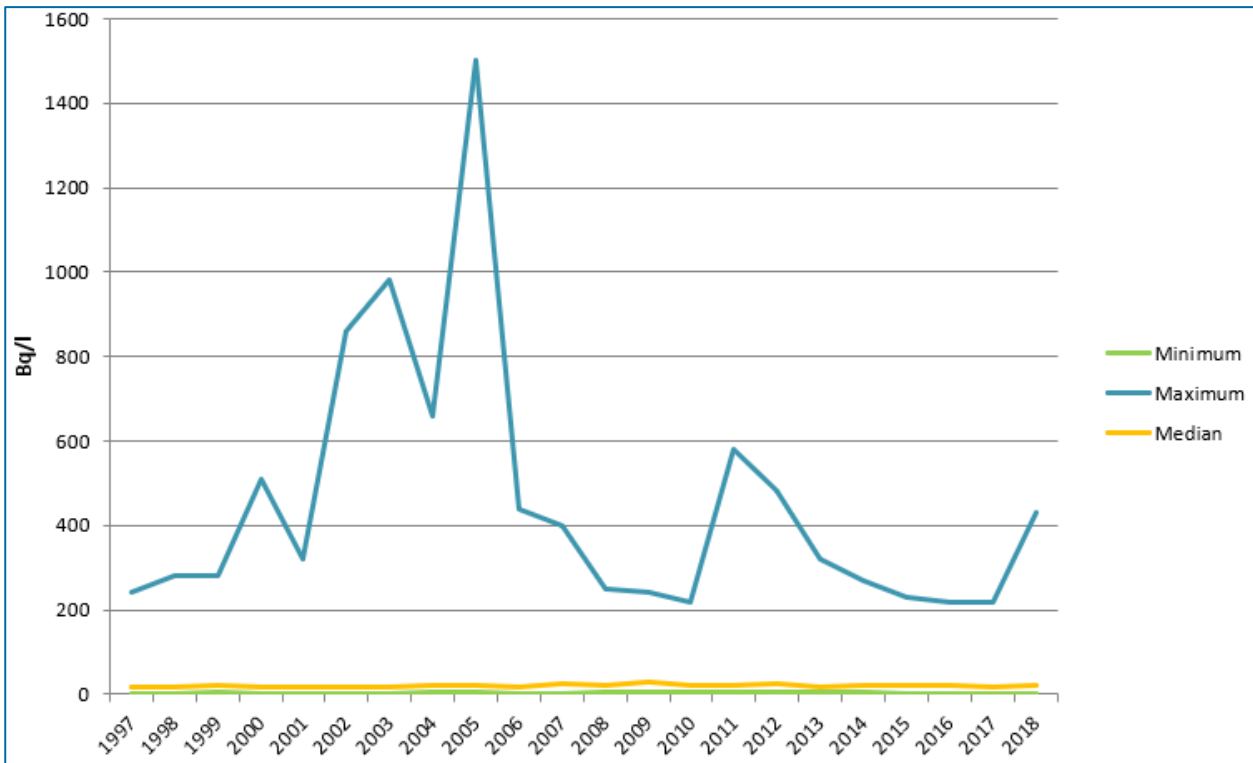


Abbildung 3-1: Tritium-Deponiesickerwasserkonzentration der bundesweiten allgemeinen Umweltüberwachung (Messungen 1997 bis 2018)

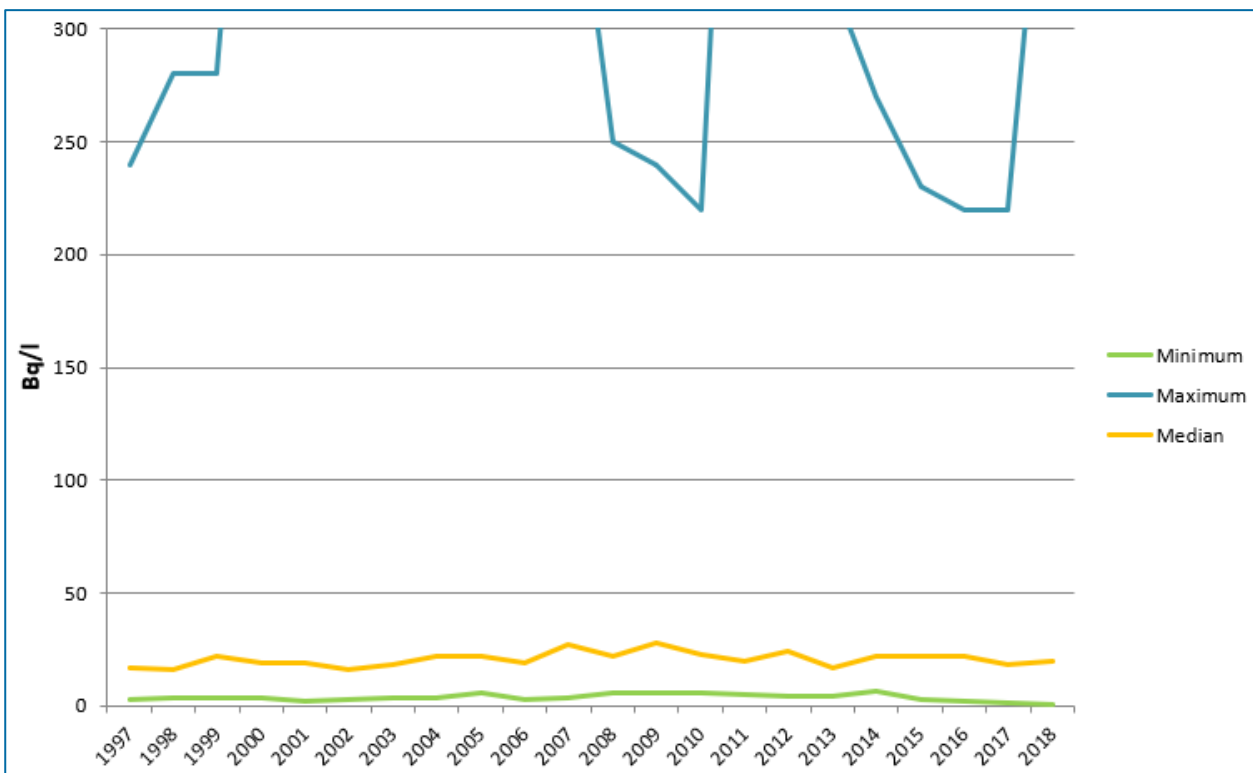


Abbildung 3-2: Tritium-Deponiesickerwasserkonzentration der bundesweiten allgemeinen Umweltüberwachung - Ausschnitt (Messungen 1997 bis 2018)

Das Programm der Messung von Tritium in Deponiesickerwässern im Rahmen der allgemeinen Umweltüberwachung umfasst auch die Deponie BURGHOFF. Diese Messungen werden durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) ausgeführt. Die Messungen erfolgen in der Regel zweimal jährlich am Gesamtsickerwasser, meist jeweils im April/Mai und Oktober/November. Die Datenreihe für Tritium der Jahre 1998 bis 2020 wurde dem Öko-Institut von der LUBW zur Verfügung gestellt⁸.

Die Daten sind in Abbildung 3-3 in ihrem Zeitverlauf 1998 bis 2020 grafisch dargestellt. Der Messfehler ist jeweils als Fehlerbalken kenntlich gemacht. Beim angegebenen Messfehler handelt es sich um den reinen zählstatistischen (Typ-A) 1-Sigma-Fehler (67% statistische Absicherung), der meist bei 6% bis 10% liegt. In den letzten Jahren hat die LUBW nach DIN 11929 zusätzlich zum Typ-A-Fehler noch der Typ-B-Fehler von rund 3 % berücksichtigt. Bei einer statistischen Absicherung von 99,7% (zählstatistischer 3-Sigma-Fehler) würde sich insgesamt ein Fehler von rund 27% ergeben.

In der Abbildung ist gekennzeichnet, ab wann eine Einlagerung der freigegebenen Karlsruher Abfälle erfolgte. Die Messwerte der LUBW beziehen sich auf das Gesamtsickerwasser der Deponie BURGHOFF, während die in Kapitel 2 angegebenen Messwerte im Sickerwasser sich auf bestimmte Sickerwasserschächte beziehen. Der Bereich dieser von Oktober 2016 bis Ende 2020 erhobenen Messwerte bestimmter Sickerwasserschächte ist in Abbildung 3-3 am rechten Rand als „Bereich aktueller Messwerte“ eingetragen. Die Messwerte einzelner Sickerwasserschächte können sowohl höher als auch niedriger sein als die des Gesamtsickerwassers.

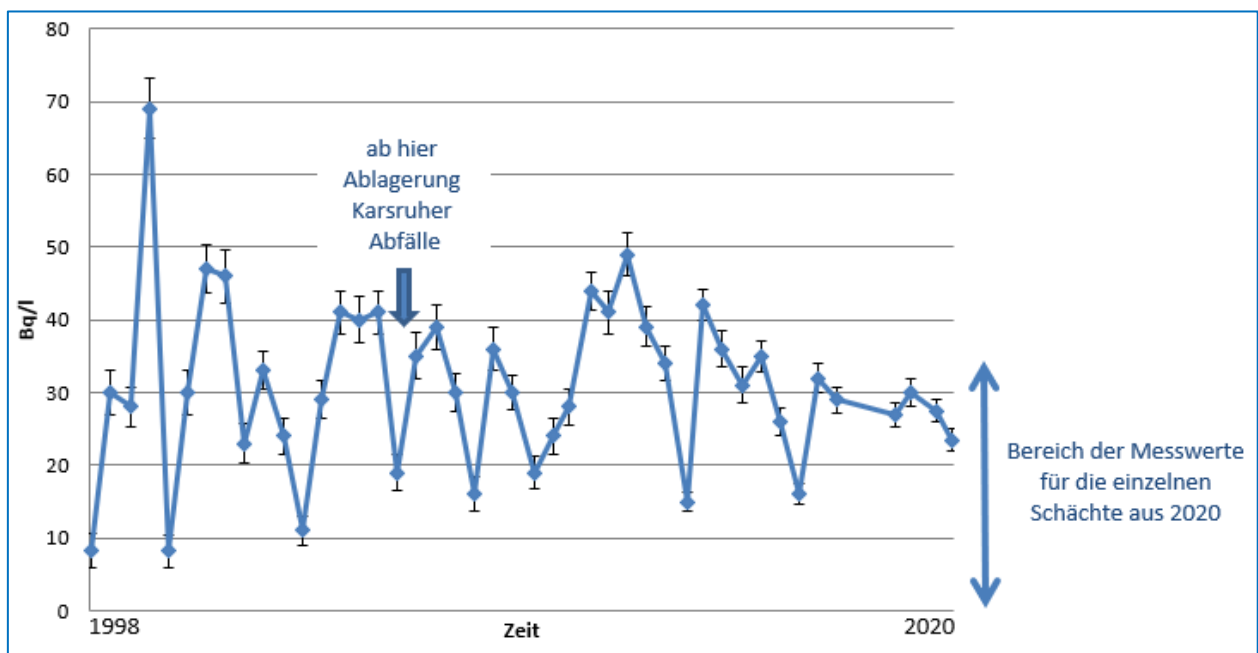


Abbildung 3-3: Tritium-Sickerwasserkonzentration – Deponie BURGHOFF (Messungen der LUBW, 1998 bis 2020)

⁸ Zusammenfassende Ergebnisse finden sich auch in LUBW, Radioaktivität in Baden-Württemberg 2002 bis 2011, Radioaktivität und Strahlenschutz 17, Karlsruhe, Mai 2012, Download unter <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/39227>

3.1.2. Vergleich der Messwerte der allgemeinen Umweltüberwachung mit den durch die AVL GmbH veranlassten Messwerten

Sickerwasser Deponie AM FROSCHGRABEN

Bei der Deponie AM FROSCHGRABEN wurde bei den von der AVL GmbH veranlassten Messungen ab Oktober 2016 mit 42 Bq/l (siehe Abbildung 2-1) die höchste Tritium-Konzentration im Sickerwasser des Sickerwasserschachtes S 15, der auch eine Ablagerungsfläche freigegebener Abfälle entwässert, gefunden. Im Jahr 2020 lagen die Messwerte des Sickerwasserschachtes S 15 zwischen 0,89 Bq/l und 9,9 Bq/l. Das Sickerwasser aus den übrigen Ablagerungsflächen weist durchgängig Tritium-Konzentrationen von maximal 14 Bq/l auf.

Bis auf einen einzigen Ausreißer in Höhe von 42 Bq/l im Jahr 2017 liegen alle Ergebnisse der Messungen von Tritium in den Sickerwässern der Deponie AM FROSCHGRABEN im Bereich der bei Deponien für gering und mäßig belastete Abfälle typischen „Normalwerte“, da der Median der Werte der allgemeinen Umweltüberwachung im Zeitraum 1997 bis 2018 bei 22 ± 6 Bq/l liegt (siehe Abbildung 3-2). Die höchsten Werte der bundesweiten Überwachung betragen zwischen 1997 und 2018 in jedem Jahr mehr als 200 Bq/l, einzelne Werte mehr als 1.000 Bq/l (siehe Abbildung 3-1), so dass auch der einzelne „Ausreißer“ von 42 Bq/l nicht als ungewöhnlich angesehen werden kann. Auch im Vergleich mit der langjährigen Messreihe der Deponie BURGHOF (siehe Abbildung 3-3) ist dieser Wert nicht auffällig, da in dieser langjährigen Messreihe Abweichungen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen in Höhe von 20 Bq/l nicht ungewöhnlich sind.

Es fanden sich statistisch keine Hinweise auf eine Beeinflussung der Tritium-Konzentrationen an einer der Messstellen durch zur Beseitigung auf Deponien freigegebene Abfälle.

Eindeutige zeitliche Trends der Konzentrationen sind insgesamt nicht erkennbar.

Sickerwasser Deponie BURGHOF

Bei der Deponie BURGHOF wurde ab Oktober 2016 bei den von der AVL GmbH veranlassten Messungen die höchste Tritium-Konzentration im Sickerwasser des Sickerwasserschachtes S 1/4, der keine Ablagerungsfläche freigegebener Abfälle entwässert, gefunden (33 Bq/l im 2. Quartal 2020, siehe Abbildung 2-2). Das von Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle beeinflusste Sickerwasser wies bis auf einen Wert (12,5 Bq/l an S 70 im Oktober 2016) durchgängig Tritium-Konzentrationen von maximal 4 Bq/l auf.

Die Tritium-Messwerte der Untersuchungen im Sickerwasser der Deponie BURGHOF ab Oktober 2016 liegen in der unteren Hälfte der langjährigen Messwerte an Tritium durch die LUBW. Die Messwerte waren zudem im Zeitraum vor einer Einlagerung von zur Beseitigung freigegebenen Abfällen aus dem früheren Kernforschungszentrum Karlsruhe teilweise höher als in den letzten Jahren. Aus den in Abbildung 3-3 dargestellten Daten ist ersichtlich, dass sich mit dem Beginn der Einlagerung freigegebener Abfälle aus Karlsruhe kein erkennbarer Einfluss auf die Tritium-Konzentration im Gesamtsickerwasser ergeben hat.

Bis auf den Höchstwert von 33 Bq/l liegen alle Ergebnisse der von der AVL GmbH veranlassten Messungen von Tritium in den Sickerwässern der Deponie BURGHOF im Bereich der bei Deponien für gering und mäßig belastete Abfälle typischen „Normalwerte“, da der Median der Werte der allgemeinen Umweltüberwachung im Zeitraum 1997 bis 2018 bei 22 ± 6 Bq/l liegt (siehe Abbildung 3-2).

Es fanden sich statistisch keine Hinweise auf eine Beeinflussung der Tritium-Konzentrationen an einer der Messstellen durch zur Beseitigung auf Deponien freigegebene Abfälle.

Eindeutige zeitliche Trends der Konzentrationen sind insgesamt nicht erkennbar.

Wasser des Hummelbrunnens und der Tiefendrainage

Die sehr niedrigen Tritium-Konzentrationen im Wasser des Hummelbrunnens unterhalb der Deponie AM FROSCHGRABEN sind nicht höher als in natürlichen Wässern vorkommende Tritium-Konzentrationen (zum natürlichen Vorkommen von Tritium siehe auch die Anmerkung am Ende von Kapitel 3.2). Bis auf den einzelnen Messwert von 9,5 Bq/l (2. Quartal 2020) trifft dies auch für die Tiefendrainage der Deponie BURGHOF zu. Ein Eintrag von Sickerwässern der Deponie in diese Tiefendrainage ist ausgeschlossen, wie auch die regelmäßigen Kontrollen im Zu- und Ablauf im Hinblick auf nichtradiologische Stoffe und Eigenschaften zeigen. Auch durch die vorangegangenen Reinigungsarbeiten am Schacht war ein Sickerwassereintrag nicht möglich. Die nachfolgenden Messwerte lagen wieder im üblichen Bereich. Deren weitere Entwicklung wird verfolgt.

3.2. Radiologische Bewertung

Es ist möglich, dass die seit Oktober 2016 im Sickerwasser von Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle gemessenen Tritium-Konzentrationen zu einem geringen Anteil durch die Karlsruher Abfälle verursacht sind. Unabhängig von der Ursache der Kontaminationen werden diese nachfolgend radiologisch bewertet.

Das Sickerwasser der beiden Deponien wird einer Kläranlage zugeführt und könnte erst nach Vermischung mit einer großen Wassermenge für die Trinkwassergewinnung dienen. Die Sickerwässer der beiden Deponien werden wie folgt weitergeleitet:

- Deponie AM FROSCHGRABEN:

Ableitung des Sickerwassers in das Gruppenklärwerk Talhausen bei Markgröningen. Die geklärten Abwässer werden in die Gloms eingeleitet, die am Pegel Talhausen einen mittleren Jahresabfluss von etwa 1 m³/s aufweist. Nach kurzem Fließweg mündet die Gloms bei Markgröningen-Unterriexingen in die Enz, die dort einen mittleren Abfluss von etwa 20 m³/s hat. Die Enz mündet bei Besigheim in den Neckar (mittlerer Abfluss etwa 80 m³/s).

- Deponie BURGHOF:

Ableitung des Sickerwassers in das Klärwerk Nesselwörth bei Bietigheim. Die geklärten Abwässer werden in die Enz eingeleitet, die nach wenigen Kilometern Fließweg in den Neckar mündet.

Eine Nutzung der Gloms zur Trinkwassergewinnung ist bei deren geringen Wasserführung ausgeschlossen. Bei Enz und Neckar wäre sie prinzipiell möglich.

Die nachfolgende Abschätzung des radiologischen Risikos beruht auf den folgenden insgesamt sehr vorsichtig angesetzten Randbedingungen:

- Es wird die Trinkwassergewinnung aus Enz und Neckar unterstellt.
- Sämtliches Sickerwasser der Deponien soll die mittlere Tritium-Konzentration der beprobten Sickerwasserschächte im Jahr 2020 aufweisen.

- Bei der Berechnung der Dosis eines Säuglings wird unterstellt, dass der gesamte mittlere Jahresbedarf an Trinkwasser eines Säuglings aus der entsprechenden Quelle gedeckt wird. Zusätzlich werden alle Milchfertigprodukte mit Trinkwasser dieser Quelle zubereitet. Insgesamt ergibt sich so ein Trinkwasserkonsum von 215 Liter im Jahr⁹.
- Bei der Berechnung der Dosis eines Erwachsenen wird unterstellt, dass der gesamte mittlere Jahresbedarf an Trinkwasser aus der entsprechenden Quelle gedeckt wird. Dies entspricht einem Trinkwasserkonsum von 350 Liter im Jahr.
- Zu Ermittlung des Risikos wird das „Detriment“ der Internationalen Strahlenschutzkommission¹⁰ herangezogen. Das Detriment ist ein Maß für das strahleninduzierte absolute Risiko bezogen auf stochastische Strahlenwirkungen. In die Schadenshöhe fließen als Parameter die Letalität, der relative Verlust an Lebenserwartung und die Einschränkung an Lebensqualität ein. Neben der Krebsmortalität sind auch der Verlauf nicht tödlicher Krankheiten anhand eines Lebensqualitätsverlustes sowie Erbschäden enthalten.

Das Risiko eines Säuglings, aufgrund des mit dem Sickerwasser in einem Jahr abgeleiteten Tritiums einen gesundheitlichen Schaden zu erleiden, liegt für beide Deponien rein rechnerisch aus einer linearen Interpolation in der Größenordnung von 10^{-12} (Enz) bzw. 10^{-13} (Neckar), also bei 1:1.000 Milliarden (Enz) bzw. 1:10.000 Milliarden (Neckar). Diese Betrachtung veranschaulicht, dass durch die Tritium-Kontaminationen im Sickerwasser der Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF keine gesundheitlichen Risiken für die Bevölkerung bestehen. Für andere Personen der Bevölkerung ist das Risiko noch geringer.

Anmerkung: Die vorangegangene Darstellung bezieht sich ausschließlich auf das mit dem Sickerwasser der Deponien in Enz und Neckar eingeleitete Tritium. Regenwasser enthält ebenfalls Tritium, da Tritium durch kosmische Strahlung in der oberen Atmosphäre als natürliches Radionuklid gebildet und ausgewaschen wird. Hinzu kommt im Regenwasser noch ein rückläufiger Beitrag aus den oberirdischen Atomwaffentests der 1950er und 1960er Jahre. In Deutschland betrug die Tritium-Konzentration im Regenwasser im Jahr 2018 0,40 Bq/l bis 2,18 Bq/l¹¹. Natürliches Regenwasser weist damit eine etwa 100-fach höhere Tritium-Konzentration auf als die durch das Deponiesickerwasser verursachte Tritium-Konzentration in Enz oder Neckar.

3.3. Weitere Bewertungen

In der Öffentlichkeit wurde die Befürchtung geäußert, dass das Tritium aus den freigegebenen Karlsruher Abfällen bereits ausgewaschen wurde und früher deutlich höhere Konzentrationen vorgelegen haben könnten, die nun nicht mehr nachweisbar sind. Für die Deponie BURGHOF stehen dem die oben gezeigten Messwerte der LUBW entgegen.

Zur weiteren Absicherung hat das Öko-Institut ausgehend von der Position der freigegebenen Abfälle im Abfallkörper (siehe Tabelle 3-11 im Jahresbericht 2016) den möglichen zeitlichen Verlauf der Sickerwasserkonzentration abgeschätzt. Hierzu wurde angenommen, dass sich sämtliches Tritium unmittelbar nach der Ablagerung im Sickerwasser löst und keine Sorption stattfindet. Verschiedene andere Parameter, wie Filtergeschwindigkeit des Sickerwassers, Porosität der Deponie etc., wurden dagegen variiert. Es zeigte sich, dass auch bei Variationen, die erhebliche

⁹ gemäß Anlage 11 Teil B Tabelle 1 Strahlenschutzverordnung

¹⁰ Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 (Ann. ICRP 37 (2-4))

¹¹ Bundesumweltministerium: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 2018. https://do-ris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2015060312762/browse?type=title&sort_by=2&order=DESC

Unterschiede in der aktuellen Konzentration im Sickerwasser ergeben, keine wesentlich höheren Konzentrationen in der Vergangenheit erwartet werden können.

4. Messungen von PM₁₀-Staubkonzentration und Staubbiederschlag an der Deponie AM FROSCHGRABEN

4.1. Durchgeführte radiologische Messungen und Messergebnisse

Der Planfeststellungsbeschluss des Regierungspräsidiums Stuttgart vom 28.01.2014 für die Erhöhung der Deponie AM FROSCHGRABEN fordert in den Nebenbestimmungen, dass fünf Jahre nach Bestandskraft der Entscheidung PM₁₀-Staubmessungen für die Dauer von einem Jahr auf dem Gelände des Kleingartenvereins und eine einjährige Staubbiederschlagsmessung an fünf Punkten auf dem Deponiegelände durchzuführen sind.

Mit den Messungen wurde von der AVL GmbH die DEKRA Automobil GmbH, Industrie, Bau und Immobilien, beauftragt¹². Die Messungen begannen am 02.09.2019 und erfolgten bis 17.09.2020. Über die Anforderungen des Planfeststellungsbeschlusses hinaus hat die AVL GmbH Untersuchungen des Staubbiederschlags auch im Hinblick auf Asbest und Radionuklide veranlasst. Die Untersuchungen zu Radionukliden und ihre Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

Der Staubbiederschlag wurde an fünf Messpunkten auf und an der Deponie (MP 1 – MP 5) gemessen, außerdem an einem etwa 800 m von der Deponie entfernten Punkt (MP 6) zur Ermittlung des Hintergrunds. Die Messpunkte sind:

- MP 1: südöstlich des Deponiegeländes auf dem Gelände des Kleingartenvereins,
- MP 2: westliches Deponiegelände, am Rande der Deponie auf einem aufgeschütteten Erdwall,
- MP 3: östliches Deponiegelände, oberhalb der Bauschuttzubereitungsanlage und am Fahrweg,
- MP 4: zentrales Deponiegelände, auf dem Trenndamm zwischen den Bereichen Deponieklasse 0 und Deponieklasse 1,
- MP 5: nördliches Deponiegelände, auf einer Grünfläche am Rande der Deponie,
- MP 6: etwa 800 m östlich vom Deponiegelände auf einer Streuobstwiese.

Der Staubbiederschlag wurde vom 02.09.2019 bis 31.08.2020 gemessen. Dazu wurden sogenannte Bergerhoff-Gefäße ca. 1,5 m über Grund aufgestellt. Die Gefäße wurden über jeweils 28 bis 32 Tage aufgestellt. Daraus ergaben sich zwölf Monatsproben je Messpunkt, aus denen eine Jahresmischprobe für jeden Messpunkt erzeugt wurde. Radionuklide dieser Jahresmischproben wurden mittels Gammaskpektrometrie durch die IAF-Radioökologie GmbH bestimmt. Die Messergebnisse sind in Tabelle 4-1 zusammengestellt. Die Probemasse der Radionuklidanalyse wurde auf Nachfrage mitgeteilt¹³ und ist in Tabelle 4-2 genannt. Ebenfalls dort tabelliert sind die daraus berechneten massenbezogenen Aktivitätswerte sowie die über zwölf Monate gemittelten Staubbiederschlagsraten an den sechs Messpunkten. Eine Bewertung der Messergebnisse erfolgt in Kapitel 4.2.

¹² Für den vorliegenden Jahresbericht wurde der „Abschlussbericht Durchführung von einjährigen Messungen der Luftschadstoffbelastung von Partikel PM₁₀ und Staubbiederschlag im Umfeld der Deponie ‚Am Froschgraben‘ an der B 10 bei Schwieberdingen“ der DEKRA vom 22.12.2020 ausgewertet.

¹³ Steffen Gerdung, DEKRA Automobil GmbH, E-Mail vom 08.02.2021

Tabelle 4-1: Ergebnisse der Radionuklidanalyse im Staubniederschlag

| Radionuklid | Messpunkt 1 | | Messpunkt 2 | | Messpunkt 3 | |
|-------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | Bq | MU [%] | Bq | MU [%] | Bq | MU [%] |
| Beryllium-7 | 1,94 | 16 | 1,63 | 20 | 1,60 | 20 |
| Cäsium-137 | < 0,01 | - | < 0,01 | - | < 0,01 | - |
| Blei-210 | 0,752 | 20 | 0,785 | 25 | 0,745 | 20 |
| Radium-226 | < 0,03 | - | < 0,04 | - | 0,04 | 50 |
| Radium-228 | < 0,04 | - | < 0,05 | - | 0,03 | 60 |
| Thorium-228 | < 0,015 | - | < 0,02 | - | 0,025 | 50 |
| Uran-235 | < 0,006 | - | < 0,01 | - | < 0,01 | - |
| Uran-238 | < 0,05 | - | < 0,06 | - | < 0,045 | - |
| Radionuklid | Messpunkt 4 | | Messpunkt 5 | | Messpunkt 6 | |
| | Bq | MU [%] | Bq | MU [%] | Bq | MU [%] |
| Beryllium-7 | 1,65 | 20 | 1,49 | 20 | 1,62 | 20 |
| Cäsium-137 | < 0,01 | - | < 0,008 | - | < 0,01 | - |
| Blei-210 | 0,84 | 20 | 0,56 | 20 | 0,83 | 20 |
| Radium-226 | 0,06 | 50 | < 0,03 | - | < 0,03 | - |
| Radium-228 | 0,04 | 50 | < 0,04 | - | < 0,035 | - |
| Thorium-228 | 0,04 | 50 | < 0,02 | - | < 0,02 | - |
| Uran-235 | < 0,01 | - | < 0,005 | - | < 0,006 | - |
| Uran-238 | < 0,05 | - | < 0,04 | - | < 0,05 | - |

MU: Messunsicherheit

Tabelle 4-2: Probenmasse der Radionuklidanalyse, massenbezogene Aktivität und Staubbiederschlag

| Messpunkt | Probenmasse [g] | massenbezogene Aktivität [Bq/g] | | Staubbiederschlag [g/(m ² ·d)] |
|-----------|-----------------|---------------------------------|----------|---|
| | | Beryllium-7 | Blei-210 | |
| MP 1 | 0,30 | 6,47 | 2,51 | 0,072 |
| MP 2 | 0,47 | 3,47 | 1,67 | 0,113 |
| MP 3 | 1,03 | 1,55 | 0,72 | 0,249 |
| MP 4 | 0,76 | 2,17 | 1,11 | 0,183 |
| MP 5 | 0,39 | 3,82 | 1,44 | 0,094 |
| MP 6 | 0,23 | 7,04 | 3,61 | 0,055 |

4.2. Bewertung der Radionuklidanalysen an Staubproben

Die Radionuklidanalysen haben Werte deutlich oberhalb der Erkennungsgrenze an allen Messpunkten für Beryllium-7 und Blei-210 ergeben:

- Beryllium-7 hat eine Halbwertszeit von 53 Tagen und wird in der oberen Atmosphäre durch Einwirkung der kosmischen Strahlung gebildet. Es ist daher in der bodennahen Luft und im Niederschlag überall messbar. Es lagert sich in der Luft an darin enthaltenen Aerosolpartikel an.
- Blei-210 (Halbwertszeit 22 Jahre) ist in der natürlichen Zerfallsreihe von Uran-238 enthalten. In der Zerfallsreihe des im Untergrund enthaltenen Uran-238 wird unter anderem das Edelgas Radon-222 gebildet. Dieses kann als Gas aus dem Boden in die Luft gelangen, wo dann durch weitere Zerfälle schließlich Blei-210 gebildet wird. Dieses lagert sich in der Luft an darin enthaltenen Aerosolpartikel an.

Jeweils an den Messpunkten 3 und 4 wurden die Radionuklide Radium-226, Radium-228 und Thorium-228 mit einer Aktivität knapp oberhalb der Nachweisgrenze nachgewiesen. Radium-226 ist in der Zerfallsreihe des Uran-238 enthalten, Radium-228 und Thorium-228 in der Zerfallsreihe des Thorium-232. Da bei diesen Radionukliden in der Zerfallsreihe kein gasförmiges Mutternuklid entsteht ist die Aktivität in der bodennahen Luft deutlich geringer als bei Blei-210.

Die ermittelten Radionuklide sind demnach natürlicherweise vorhanden, indem sie entweder durch die kosmische Strahlung laufend gebildet werden (Beryllium-7) oder Bestandteil der Zerfallsreihen von Uran-238 und Thorium-232 sind. Uran-238 und Thorium-232 mit ihren extrem langen Halbwertszeiten von 4,5 Milliarden und 14 Milliarden Jahren sind noch aus der Entstehung des Universums vorhanden.

Die Konzentration des Beryllium-7 und Blei-210 in der bodennahen Luft hängt wesentlich von meteorologischen Randbedingungen ab. Dabei gibt es auch Situationen, in denen die Beryllium-7-Konzentration steigt und die Blei-210-Konzentration sinkt. In anderen Situationen steigen

und sinken die Konzentration des Beryllium-7 und des Blei-210 gleichermaßen¹⁴. Da die Radionuklidmessungen an der Deponie AM FROSCHGRABEN an Staubproben erfolgte, die über zwölf Monate gesammelt wurden, sind solche Schwankungen herausgemittelt.

Für die natürliche Herkunft der an der Deponie AM FROSCHGRABEN gemessenen Radionuklide sprechen die folgenden Gründe:

- Beryllium-7 und Blei-210 wurden sowohl an den Messpunkten auf der Deponie als auch auf dem Gelände des benachbarten Kleingartenvereins und in ca. 800 m Entfernung am MP 6 nachgewiesen. Bei der quantitativen Beurteilung ist zu berücksichtigen, dass eine höhere Staubkonzentration in der Luft dazu führt, dass sich das in einem Luftvolumen vorhandene Nuklidinventar an eine größere Staubmenge anlagert, die Konzentration im am Boden abgelagerten Staub also geringer wird. Die höchsten mittleren Niederschlagsraten von Staub finden sich aufgrund der dort stattfindenden Arbeiten und Fahrzeugbewegungen auf der Deponie (MP 2 bis 5), eine geringere am Gelände des Kleingartenvereins (MP 1) und die geringste in etwa 800 m Entfernung (MP 6) (siehe Tabelle 4-2). Die Aktivitätskonzentration von Beryllium-7 und Blei-210 zeigt den erwarteten Trend, mit zunehmender Staubkonzentration in der Luft geringer zu werden.
- In den Fällen, in denen Radium-228 und Thorium-228 nachgewiesen werden konnten, wurde die Erkennungsgrenze jeweils bei beiden Radionukliden überschritten und sie wiesen eine ähnliche Aktivität auf. Dies spricht für ein ungestörtes und natürliches Verhältnis der Radionuklide in der Zerfallsreihe des Thorium-232. Der Nachweis gelang an den Messpunkten 3 und 4, die die höchste Staubbiederschlagsrate aufweisen. Auch dies ist plausibel, da diese Radionuklide nur durch Aufwirbelung von Boden oder Ablagerungen in die bodennahe Luft gelangen.
- Radium-226 konnte ebenfalls nur an den Messpunkten 3 und 4 nachgewiesen werden, was auf die gleichen Gründe zurückzuführen ist, die oben bei Radium-228 und Thorium-228 genannt sind.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Radionuklidanalysen des Staubbiederschlags keinen Hinweis auf Freisetzungen künstlicher Radionuklide ergaben. Auch hinsichtlich der natürlichen Radionuklide ergab sich kein Hinweis auf Freisetzungen, die nicht mit einem üblichen Deponiebetrieb in Einklang stehen.

¹⁴ siehe z. B. https://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung_atmosphaere/hohenpeisenberg/download/gaw_briefe/gaw_brief_015_de_pdf.pdf?blob=publicationFile&v=2. In dieser Publikation des Deutschen Wetterdienstes wird Bezug auf Blei-214 genommen. Die entsprechenden Aussagen gelten ebenso für Blei-210, da dies in mehreren Schritten durch den Zerfall des sehr kurzlebigen Blei-214 entsteht.

5. Weitere Tätigkeiten zur Unterstützung der AVL GmbH

Über die Verfolgung der Entwicklung der Ergebnisse der quartalsweisen Tritium-Messungen und die Erstellung des Jahresberichts 2019 hinaus waren im Jahr 2020 keine Tätigkeiten erforderlich.

6. Ausblick

Als zukünftige Tätigkeiten des Öko-Instituts in Zusammenhang mit von nach § 36 StrlSchV zur Beseitigung freigegebenen Abfällen auf den Deponien der AVL GmbH sind geplant:

- Die quartalsweisen Analysen von Sickerwasser der Deponien auf Tritium sollen weitergeführt werden.
- Bei einer Freigabe von Abfällen zur Beseitigung auf einer Deponie aus dem GKN sollen gemäß der für Baden-Württemberg vereinbarten Handlungsanleitung neben einer 100%-Kontrolle durch den Gutachter des baden-württembergischen Umweltministeriums stichprobenweise Kontrollen der Freimessung und Verplombung im Kernkraftwerk GKN I durch das Öko-Institut durchgeführt werden. Außerdem soll eine Überprüfung der Dokumentation erfolgen. Über die Kontrollergebnisse sollen der AVL GmbH schriftliche Berichte erstattet werden.
- Es ist darüber hinaus vorgesehen, dass das Öko-Institut überprüft, ob die gemäß der „Handlungsanleitung zur Entsorgung zweckgerichtet freigemessener Abfälle GKN Neckarwestheim – Block I“ auf der Deponie vorgesehenen Maßnahmen durch die AVL GmbH umgesetzt werden.
- Am Ende der Anlieferungen von zur Beseitigung freigegebenen Abfällen aus dem Abbau des GKN I soll ein Abschlussbericht über die gesamte Entsorgung der freigemessenen Abfälle auf den Deponien des Landkreises Ludwigsburg erstellt werden.