

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

Jahresbericht 2018

Darmstadt,  
11.03.2020

Im Auftrag der Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises  
Ludwigsburg (AVL) GmbH

### **Autorinnen und Autoren**

Christian Küppers  
Manuel Claus

### **Geschäftsstelle Freiburg**

Postfach 17 71  
79017 Freiburg

#### **Hausadresse**

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

### **Büro Berlin**

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

### **Büro Darmstadt**

Rheinstraße 95  
64295 Darmstadt  
Telefon +49 6151 8191-0

[info@oeko.de](mailto:info@oeko.de)  
[www.oeko.de](http://www.oeko.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>2</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2. Ergebnisse von Messungen von Tritium in Wässern an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF</b>	<b>7</b>
<b>3. Bewertung der Ergebnisse der Tritium-Messungen in Wässern an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Vergleich mit Messwerten der allgemeinen Umweltüberwachung an Deponien für gering und mäßig belastete Abfälle</b>	<b>12</b>
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
<b>3.2. Radiologische Bewertung</b>	<b>16</b>
<b>3.3. Weitere Bewertungen</b>	<b>17</b>
<b>4. Weitere Tätigkeiten zur Unterstützung der AVL GmbH</b>	<b>18</b>
<b>5. Ausblick</b>	<b>19</b>

## 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 2016)	13
Abbildung 3-2:	Tritium-Deponiesickerwasserkonzentration der bundesweiten allgemeinen Umweltüberwachung - Ausschnitt (Messungen 1997 bis 2016)	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 2018	9
Tabelle 2-3:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Analysen von Sicker-, Oberflächen- und Quellwasser der Jahre 2016 bis 2018	10
Tabelle 2-4:	Mittel- und Medianwerte des Tritiums im Sickerwasser	10

## 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 2018 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 und der Tiefendrainage der Deponie BURGHOF ergaben, dass dieses Wasser nicht durch Deponiesickerwasser (bzw. eine dadurch verursachte Tritium-Kontamination) beeinflusst wird.

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.

\* 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 BURGHOF bei Vaihingen-Horrheim abgelagert, die aus dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen des ehemaligen Kernforschungszentrums Karlsruhe stammen. Diese Abfälle waren gemäß den Regelungen der 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 wurden. 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 2016<sup>1</sup> 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 ( $\mu\text{Sv}$ )-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 Bq<sup>2</sup>. 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 BURGHOF 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  $\mu\text{Sv}$ -Konzepts in Frage gestellt worden wäre. Auch unter Berücksichtigung der weiteren mit den Abfällen abgelagerten Radionuklide durch Anwendung der Summenformel

<sup>1</sup> 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](https://www.avl-ludwigsburg.de/fileadmin/Files/Deponien/freigemessene_Abfaelle/20170424_Jahresbericht2016.pdf)

<sup>2</sup> [http://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-alltag/uhren/uhren\\_node.html](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.

der StrlSchV 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. Weitere Tätigkeiten, die der Unterstützung der AVL GmbH im Jahr 2018 dienten, sind im Kapitel 4 genannt. Kapitel 5 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 und 2018 wurden die Proben durch die Environmental Services SGS Institut Fresenius GmbH, Radolfzell, 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 2018 vergleichbar.

In Tabelle 2-1 sind die beprobten Wässer der in den Jahren 2017 und 2018 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 und 2018		Probenahmen im Oktober 2016?	Ablagerungsfläche freigegebener Abfälle?
Bezeichnung	Beschreibung		
<b>Deponie AM FROSCHGRABEN</b>			
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
<b>Deponie BURGHOF</b>			
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 2018 sind in Tabelle 2-2 aufgeführt, wobei auch die jeweilige vom Messlabor genannte Messunsicherheit (MU) angegeben ist. Die früheren Messwerte können im Einzelnen dem Jahresbericht 2017<sup>3</sup> entnommen werden. In Tabelle 2-3 sind die Ergebnisse der Analysen von Sickerwasser aus den verschiedenen Deponiebereichen so-

<sup>3</sup> C. Küppers, A. Spieth-Achtnich: Kerntechnische Beratung der Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg (AVL) GmbH - Jahresbericht 2017, Revision 1, Öko-Institut, Darmstadt 14.1.2019, [https://www.avl-ludwigsburg.de/fileadmin/Files/Deponien/freigemessene\\_Abfaelle/Jahresbericht2017\\_Rev1.pdf](https://www.avl-ludwigsburg.de/fileadmin/Files/Deponien/freigemessene_Abfaelle/Jahresbericht2017_Rev1.pdf)

wie von Oberflächen- und Quellwasser aus den Jahren 2016 bis 2018 zusammengefasst. Die arithmetischen Mittelwerte sowie die Medianwerte<sup>4</sup> von Tritium in den Sickerwasserproben sind in Tabelle 2-4 aufgeführt.

**Tabelle 2-2: Einzelergebnisse der Tritium-Analysen des Jahres 2018**

Bezeichnung	I/2018		II/2018		III/2018		IV/2018	
	Bq/l	MU (%)	Bq/l	MU (%)	Bq/l	MU (%)	Bq/l	MU (%)
Deponie AM FROSCHGRABEN								
S 15	15,0	21	22	21	19	21	14	21
S 20	7,2	22	7,3	22	6,1	22	7,2	22
S 22	1,6	23	3,7	22	3,1	22	4,3	22
S 25	3,7	22	4,6	22	4,4	22	4,1	22
SF 1	0,74	26	0,77	24	0,78	24	1,3	23
RKB 2	0,66	26	0,79	25	0,7	24	1,4	23
H 1	0,67	25	0,67	25	2,1	22	1,6	23
Deponie BURGHOFF								
S 1/4	6,9	16	13	18	23	12	17	15
S 70	2,2	22	2,8	22	2,9	22	2,3	22
S 76	2,8	22	2,8	22	1,9	22	4,0	22
SF 12 / T 12	0,65	25	0,68	25	0,66	26	0,64	27

MU: Messunsicherheit

<sup>4</sup> zur Definition des Medians und zur Bedeutung von Medianwerten siehe Kapitel 3.1.1

**Tabelle 2-3: Zusammenfassung der Ergebnisse der Analysen von Sicker-, Oberflächen- und Quellwasser der Jahre 2016 bis 2018**

Art des Wassers	Bandbreite der Tritium-Aktivitätskonzentration [Bq/l]	Messunsicherheit [%]
Deponie AM FROSCHGRABEN		
Sickerwasser aus Deponiebereichen <b>mit</b> Ablagerung freigegebener Abfälle	1,6 - 42	7,3 - 24
Oberflächenwasser (keine Kontamination durch freigegebene Abfälle zu erwarten)	0,66 - 3,0	22 – 26
Quellwasser (keine Kontamination durch freigegebene Abfälle zu erwarten)	0,65 - 2,1	13 – 26
Deponie BURGHOFF		
Sickerwasser aus Deponiebereichen <b>mit</b> Ablagerung freigegebener Abfälle	1,3 - 12,5	8,5 – 29
Sickerwasser aus Deponiebereichen <b>ohne</b> Ablagerung freigegebener Abfälle	< 1,8 - 23	12 - 22
Tiefendrainage (keine Kontamination durch freigegebene Abfälle zu erwarten)	0,53 - 0,92	14 - 28

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

	2017	2018
Deponie AM FROSCHGRABEN		
Mittelwert [Bq/l]	8,1	8,0
Medianwert [Bq/l]	5,0	5,4
Deponie BURGHOFF		
Mittelwert [Bq/l]	4,5	6,8
Medianwert [Bq/l]	2,6	2,9

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 BURGHOFF sind in Abbildung 2-2 dargestellt.

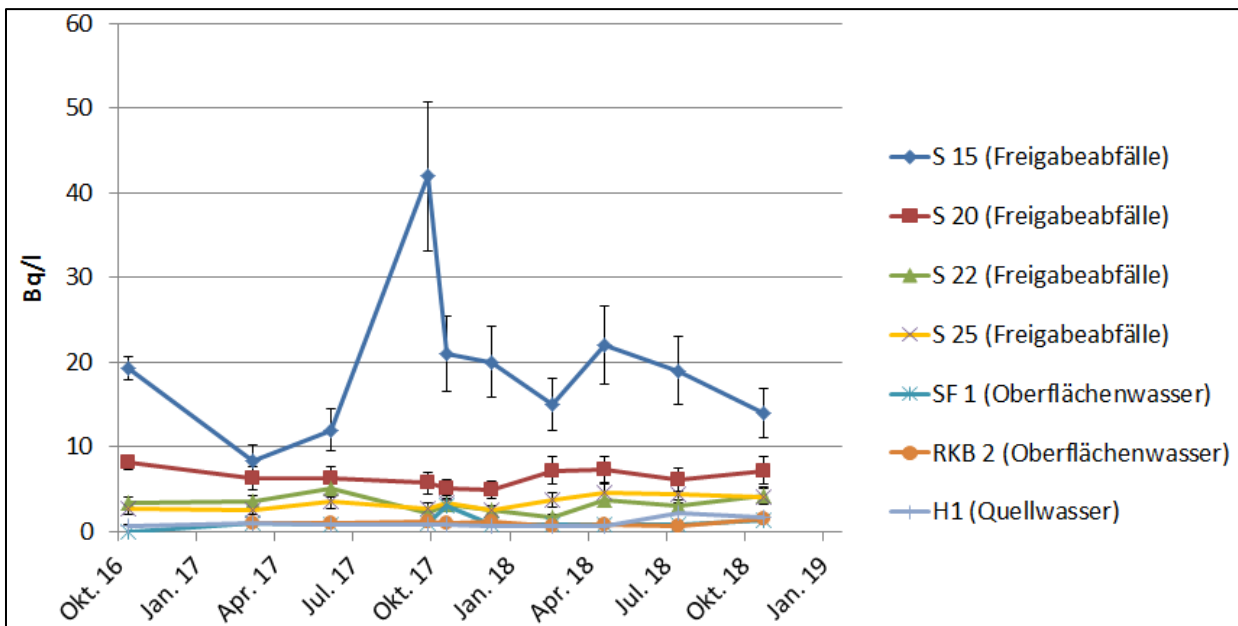


Abbildung 2-1: Zeitverlauf der Messergebnisse an der Deponie AM FROSCHGRABEN

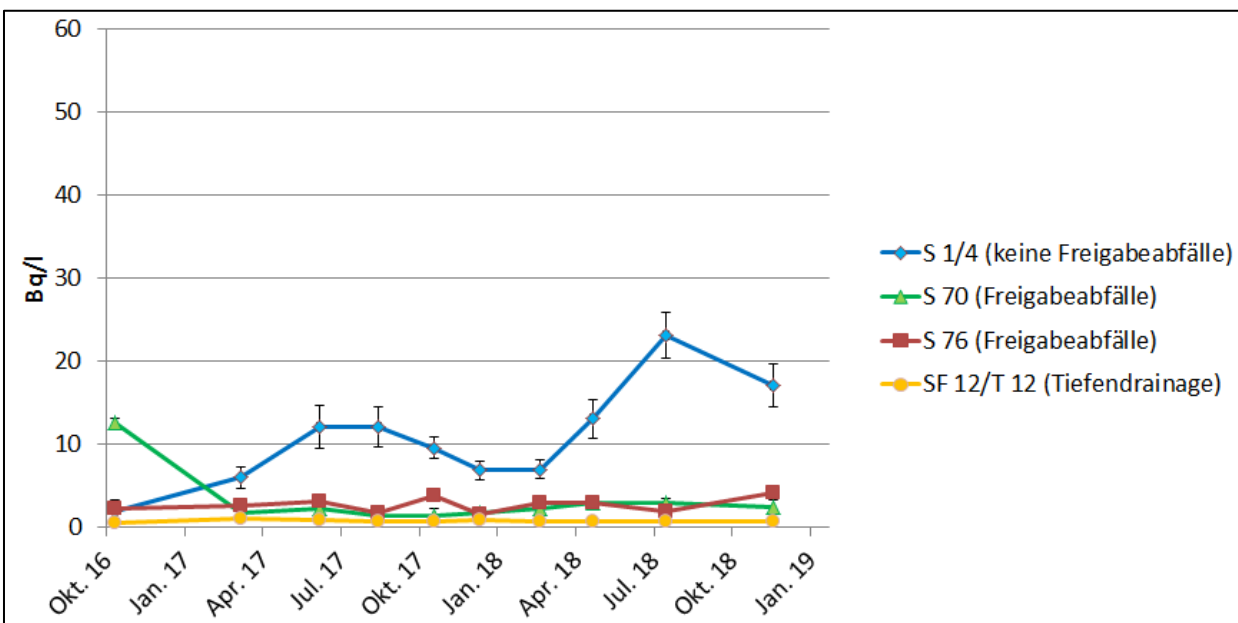


Abbildung 2-2: Zeitverlauf der Messergebnisse an der Deponie BURGHOF

Der überwiegende Teil der mit den Karlsruher Freigabeabfällen auf der Deponie AM FROSCHGRABEN 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 Probenahmestelle 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

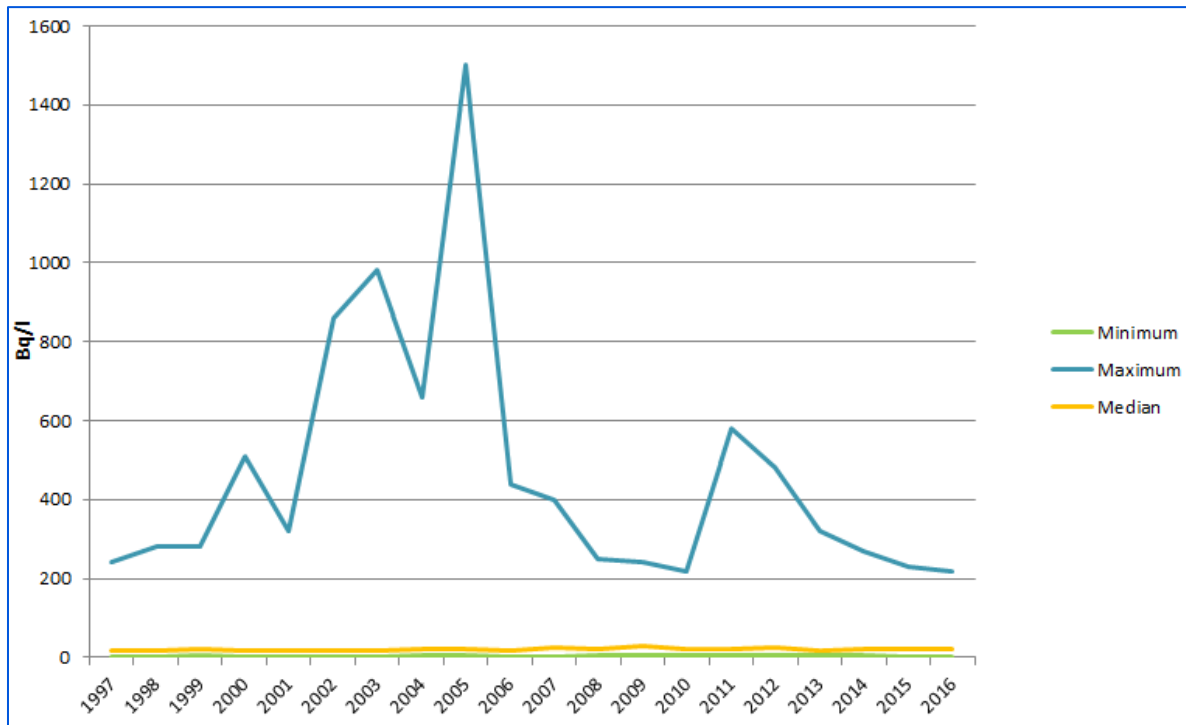
In Deutschland erfolgt im Rahmen der allgemeinen Umweltüberwachung an verschiedenen Deponien für gering und mäßig belastete Abfälle regelmäßig eine Messung von Radionukliden im Sickerwasser, unabhängig davon, ob auf einer solchen Deponie freigegebene Abfälle abgelagert wurden. Die Ergebnisse der Überwachung sind in den Berichten „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des Bundesumweltministeriums dokumentiert<sup>5</sup>. Da die Fertigstellung und Publikation der umfangreichen Berichte zeitverzögert erfolgt, liegt als neuester Bericht im April 2019 der Bericht für das Jahr 2016 vor. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Überwachung der Tritium-Aktivität in Deponiesickerwässern der Jahre 1997 bis 2016 dargestellt.

Im Zeitraum 1997 bis 2016 wurden im Rahmen der allgemeinen Umweltüberwachung jährlich zwischen 64 und 113 Tritium-Analysen durchgeführt. In den einzelnen Jahren konnte Tritium in 73,5% bis 82,1% 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.

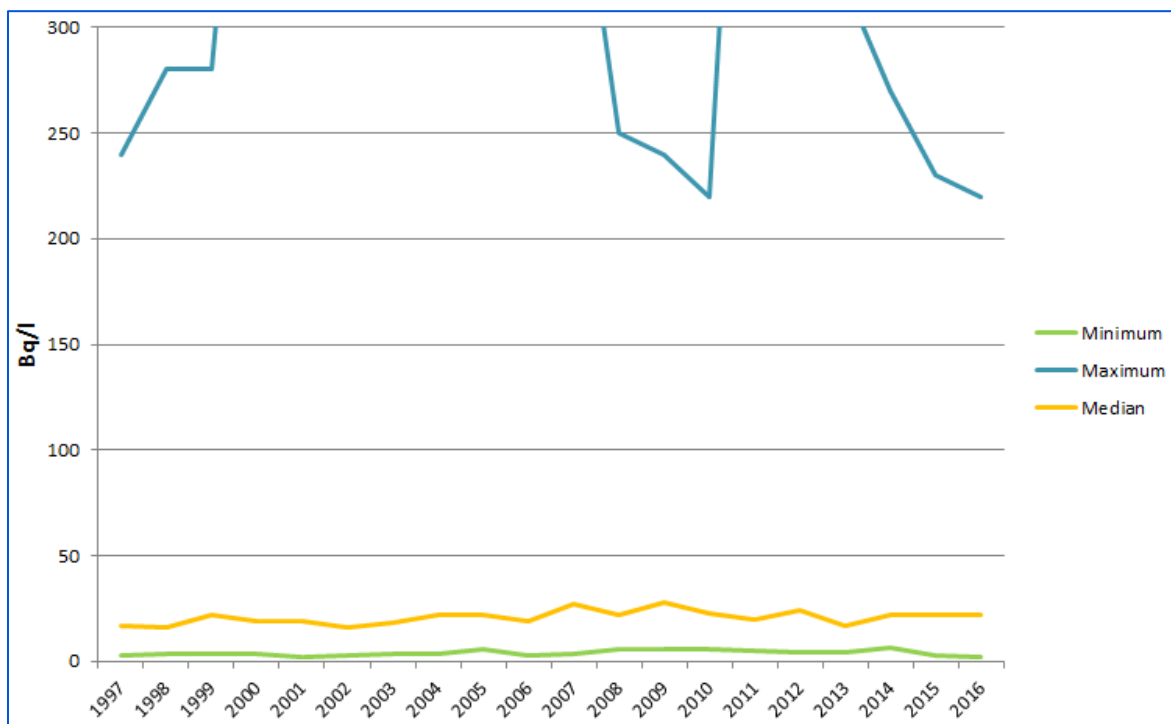
Aufgrund der Höhe einzelner „Ausreißer“ der Messwerte nach oben sind in Abbildung 3-1 der Medianwert und der Mittelwert nicht mehr ausreichend ablesbar. Daher ist in Abbildung 3-2 ein Ausschnitt gezeigt, bei dem die hohen Konzentrationen abgeschnitten sind. Aus Abbildung 3-2 ist erkennbar, dass der Medianwert über die Jahre relativ konstant ist. Er liegt im Zeitraum 1997 bis 2016 bei  $22 \pm 6$  Bq/l.

---

<sup>5</sup> [https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2015060312762/browse?type=title&sort\\_by=2&order=DESC](https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2015060312762/browse?type=title&sort_by=2&order=DESC)



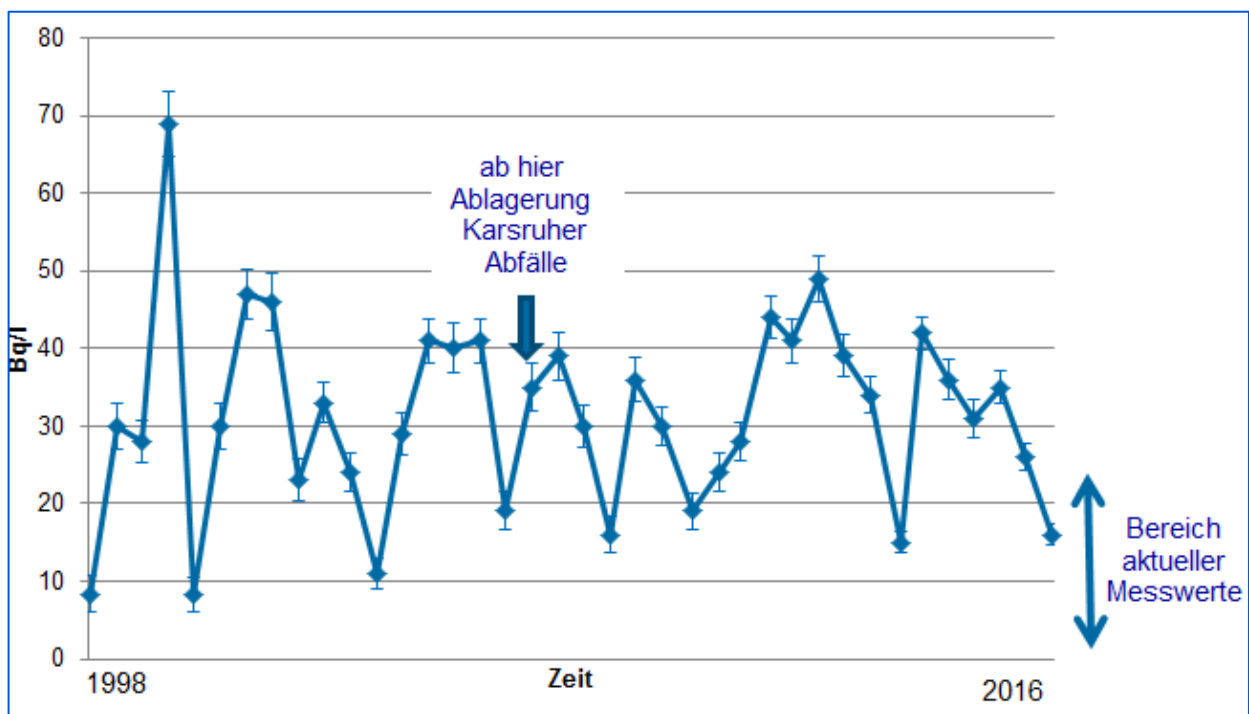
**Abbildung 3-1: Tritium-Deponiesickerwasserkonzentration der bundesweiten allgemeinen Umweltüberwachung (Messungen 1997 bis 2016)**



**Abbildung 3-2: Tritium-Deponiesickerwasserkonzentration der bundesweiten allgemeinen Umweltüberwachung - Ausschnitt (Messungen 1997 bis 2016)**

Das Programm der Messung von Tritium in Deponiesickerwässern im Rahmen der allgemeinen Umweltüberwachung umfasst auch die Deponie BURGHOF. Diese Messungen werden durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) ausgeführt. Die Messungen erfolgen zweimal jährlich am Gesamtsickerwasser, jeweils im April/Mai und Oktober/November. Die Datenreihe für Tritium der Jahre 1998 bis 2016 wurde dem Öko-Institut von der LUBW zur Verfügung gestellt<sup>6</sup>.

Die Daten sind in Abbildung 3-3 in ihrem Zeitverlauf 1998 bis 2016 grafisch dargestellt. Die Messunsicherheit ist jeweils als Fehlerbalken kenntlich gemacht. 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 BURGHOF, während die in Kapitel 2 angegebenen Messwerte im Sickerwasser sich auf bestimmte Sickerwasserschächte beziehen. Der Bereich dieser von Oktober 2016 bis Ende 2018 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 BURGHOF (Messungen der LUBW, 1998 bis 2016)**

<sup>6</sup> Zusammenfassende Ergebnisse finden sich auch in LUBW, Radioaktivität in Baden-Württemberg 2002 bis 2011, Radioaktivität und Strahlenschutz 17, Karlsruhe, Mai 2012, Download unter <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/220325>

### 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 wurden bei den von der AVL GmbH veranlassten Messungen ab Oktober 2016 die höchsten Tritium-Konzentrationen im Sickerwasser des Sickerwasserschachtes S 15, der auch eine Ablagerungsfläche freigegebener Abfälle entwässert, gefunden (8,3 Bq/l bis 42 Bq/l) (siehe Abbildung 2-1). Das Sickerwasser aus den übrigen Ablagerungsflächen weist durchgängig Tritium-Konzentrationen unterhalb von 10 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 2016 bei  $22 \pm 6$  Bq/l liegt (siehe Abbildung 3-2). Die höchsten Werte der bundesweiten Überwachung betragen zwischen 1997 und 2016 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 (23 Bq/l im 3. Quartal 2018, 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 im unteren Drittel 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.

Alle Ergebnisse der von der AVL GmbH veranlassten Messungen von Tritium in den Sickerwässern der Deponie BURGHOF liegen 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 2016 bei  $22 \pm 6$  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 und der Tiefendrainage der Deponie BURGHOFF 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). Das Wasser des Hummelbrunnens und der Tiefendrainage ist unbeeinflusst von Sickerwässern der Deponien.

### 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 Glems eingeleitet, die am Pegel Talhausen einen mittleren Jahresabfluss von etwa 1 m<sup>3</sup>/s aufweist. Nach kurzem Fließweg mündet die Glems bei Markgröningen-Unterriexingen in die Enz, die dort einen mittleren Abfluss von etwa 20 m<sup>3</sup>/s hat. Die Enz mündet bei Besigheim in den Neckar (mittlerer Abfluss etwa 80 m<sup>3</sup>/s).

- Deponie BURGHOFF:

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 Glems 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 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 Jahr<sup>7</sup>.
- 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<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> gemäß Anlage 11 Teil B Tabelle 1 Strahlenschutzverordnung

- Zu Ermittlung des Risikos wird das „Detriment“ der Internationalen Strahlenschutzkommission<sup>8</sup> 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 2016 0,58 Bq/l bis 1,49 Bq/l<sup>9</sup>. 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 Unterschiede in der aktuellen Konzentration im Sickerwasser ergeben, keine wesentlich höheren Konzentrationen in der Vergangenheit erwartet werden können.

<sup>8</sup> Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 (Ann. ICRP 37 (2-4))

<sup>9</sup> Bundesumweltministerium: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 2016. [https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2015060312762/browse?type=title&sort\\_by=2&order=DESC](https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2015060312762/browse?type=title&sort_by=2&order=DESC)

#### **4. Weitere Tätigkeiten zur Unterstützung der AVL GmbH**

Das Öko-Institut hat im Auftrag der AVL GmbH am 18.07.2018 an der Informationsveranstaltung „Bauschuttdeponie Froschgraben: Eine Gefahr für die Anwohner“ des SPD-Ortsvereins Hemmingen im Bürgertreff Hemmingen teilgenommen.

Darüber hinaus hat das Öko-Institut die AVL GmbH bei der Beantwortung diverser Anfragen unterstützt.

## 5. 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. Im Jahr 2019 werden außerdem durch die AVL GmbH aufgrund einer Festlegung des Planfeststellungsbeschlusses Staubmessungen an mehreren Messpunkten auf der Deponie AM FROSCHGRABEN vorgenommen. An den Stäuben werden durch die AVL GmbH, über die Forderung des Planfeststellungsbeschlusses hinausgehend, Radionuklidmessungen veranlasst. Die radiologischen Ergebnisse der Sickerwasser- und Staubanalysen werden vom Öko-Institut bewertet.
- 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.
- Es wird bisher von einem Zeitraum der Tätigkeiten des Öko-Instituts über fünf Jahre (01.02.2016 bis 30.04.2021) ausgegangen. Eine Verlängerungsoption für weitere zwei Jahre ist vorgesehen, abhängig vom Fortschritt des Abbaus des GKN I. Am Ende soll ein Abschlussbericht über die gesamte Entsorgung der freigemessenen Abfälle auf den Deponien des Landkreises Ludwigsburg erstellt werden.