

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

Jahresbericht 2016

Darmstadt,
24.04.2017

Im Auftrag der Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises
Ludwigsburg (AVL) GmbH

Autorinnen und Autoren

Christian Küppers
Manuel Claus
Angelika Spieth-Achtnich

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

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

Büro Berlin

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

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Zusammenfassung	7
1. Einleitung	9
2. Grundzüge des Konzepts der Freigabe und besondere Aspekte bei der Einlagerung freigegebener Abfälle auf den Deponien der AVL GmbH	10
2.1. Begründung des Konzepts der Freigabe	10
2.2. Umsetzung des Konzepts der Freigabe in Deutschland	12
2.3. Besondere Aspekte bei der Ablagerung freigegebener Abfälle auf den Deponien der AVL GmbH	13
3. Durchführung und Bewertung von Messungen auf den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF sowie in deren Umfeld	15
3.1. Mess- und Untersuchungskonzept	15
3.2. Ergebnisse der Messungen und Untersuchungen	18
3.2.1. Ergebnisse der Untersuchungen zur Deponie AM FROSCHGRABEN	19
3.2.1.1. Ortsdosisleistung	19
3.2.1.2. Gammaspektrometrie	20
3.2.1.3. Bodenproben	20
3.2.1.4. Sickerwasser	21
3.2.1.5. Quellwasser	22
3.2.2. Ergebnisse der Untersuchungen zur Deponie BURGHOF	22
3.2.2.1. Ortsdosisleistung	22
3.2.2.2. Gammaspektrometrie	23
3.2.2.3. Bodenproben	24
3.2.2.4. Sickerwasser	25
3.2.2.5. Wasser der Tiefendrainage	25
3.3. Bewertung der Ergebnisse der Messungen und Untersuchungen	25
3.3.1. Ortsdosisleistung und Gamma-Spektrum	26
3.3.2. Bodenprofil	28
3.3.3. Sickerwasser	35
3.3.3.1. H-3-Messwerte	36
3.3.3.2. Cs-137-Messwerte	37

3.3.3.3.	Messwerte sonstiger Radionuklide	38
4.	Unterstützung bei der Öffentlichkeitsarbeit und der Information von Mitarbeitern	39
5.	Ausblick	40

Anhang 1: Messkonzept

Anhang 2: Messbericht AM FROSCHGRABEN

Anhang 3: Messbericht BURGHOFF

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Bodenprofil für Radionuklide der Zerfallsreihe von U-238 – Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN	28
Abbildung 3-2:	Bodenprofil für Radionuklide der Zerfallsreihe von U-238 – Umfeld der Deponie BURGHOF	29
Abbildung 3-3:	Bodenprofil für U-235 – Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN	30
Abbildung 3-4:	Bodenprofil für U-235 – Umfeld der Deponie BURGHOF	30
Abbildung 3-5:	Bodenprofil für Radionuklide aus der Zerfallsreihe von Th-232 – Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN	30
Abbildung 3-6:	Bodenprofil für Radionuklide aus der Zerfallsreihe von Th-232 – Umfeld der Deponie BURGHOF	31
Abbildung 3-7:	Bodenprofil für K-40 – Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN	32
Abbildung 3-8:	Bodenprofil für K-40 – Umfeld der Deponie BURGHOF	32
Abbildung 3-9:	Bodenprofil für Cs-137 – Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN	33
Abbildung 3-10:	Bodenprofil für Cs-137 – Umfeld der Deponie BURGHOF	34
Abbildung 3-11:	Sickerwasserkonzentration H-3 – Deponie BURGHOF (Messungen der LUBW, 1998 bis 2016)	35
Abbildung 3-12:	Sickerwasserkonzentration Cs-137 – Deponie BURGHOF (Messungen der LUBW, 1998 bis 2016)	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Messprogramm - Deponie AM FROSCHGRABEN	17
Tabelle 3-2:	Messprogramm - Deponie BURGHOF	18
Tabelle 3-3:	Gemessene Ortsdosisleistung – Deponie AM FROSCHGRABEN	19
Tabelle 3-4:	Gammaskpektrometrie – Deponie AM FROSCHGRABEN	20
Tabelle 3-5:	Bodenproben – Deponie AM FROSCHGRABEN	21
Tabelle 3-6:	Sickerwasseranalysen – Deponie AM FROSCHGRABEN	22
Tabelle 3-7:	Gemessene Ortsdosisleistung – Deponie BURGHOF	23
Tabelle 3-8:	Gammaskpektrometrie – Deponie BURGHOF	23
Tabelle 3-9:	Bodenproben – Deponie BURGHOF	24
Tabelle 3-10:	Sickerwasseranalysen – Deponie BURGHOF	25
Tabelle 3-11:	Position der freigegebenen Abfälle im Höhenprofil der Deponien	26
Tabelle 3-12:	Vergleich der mittleren bilanzierten Aktivität natürlicher Radionuklide im Abfall mit den Messwerten	27

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 mit zukünftigen Abfällen aus der Freigabe beim Abbau des Kernkraftwerks Neckarwestheim I.

Bei der sogenannten Freigabe werden Abfälle, die aufgrund einer sehr geringen künstlichen Radioaktivität nicht als radioaktive Abfälle endgelagert werden müssen, nach entsprechenden Prüfungen auf der Basis des konventionellen Abfallrechts entsorgt. Die Freigabe wird erlaubt, da das mögliche radiologische Risiko, das mit der Beseitigung der freigegebenen Abfälle nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und den geltenden Verordnungen und technischen Anleitungen einhergehen könnte, als so gering angesehen wird, dass eine Beseitigung als radioaktiver Abfall unverhältnismäßig wäre. Durch besondere Maßnahmen, die in Baden-Württemberg vereinbart wurden, sowie durch spezifische Gegebenheiten der Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF der AVL GmbH sind mögliche Risiken noch geringer, als sie durch das Konzept der Freigabe gefordert sind. Von diesen sehr geringen Risiken ist nur ein sehr eingeschränkter Personenkreis überhaupt betroffen.

Im Oktober 2016 wurden Messungen und Probenahmen auf den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF sowie in deren Umfeld vorgenommen. Damit sollte geklärt werden, ob sich durch die bereits erfolgte Einlagerung von freigegebenem Abfall des ehemaligen Kernforschungszentrums Karlsruhe die radiologische Situation nachweisbar verändert hat. Messungen der Ortsdosisleistung, die ein Maß für die äußere Bestrahlung beim Aufenthalt an einem Ort über eine bestimmte Zeit darstellt, ergaben eine geringere Ortsdosisleistung auf den Deponien als an den öffentlich zugänglichen Messpunkten in deren Umfeld. Auf dem Marktplatz (Schlosshof) der Gemeinde Schwieberdingen wurde die höchste Ortsdosisleistung gefunden. Ein Aufenthalt auf dem Marktplatz über im Jahresmittel 1,4 Stunden pro Tag führt gegenüber einem Aufenthalt auf Böden im Umfeld der Deponien bereits zu einer zusätzlichen Dosis in Höhe des maximal zulässigen Werts für die Freigabe. Messungen an Bodenprofilen des Umfelds der Deponien ergaben keinerlei Hinweise auf einen Eintrag von Radionukliden aus den Abfällen, beispielsweise durch eine Ausbreitung von Stäuben. Im Sickerwasser der Deponien konnte Tritium (H-3) und Cäsium-137 nachgewiesen werden, allerdings nur in einer Konzentration, die unabhängig von der Ablagerung freigegebener Abfälle in Deponiesickerwässern anzutreffen ist. Frühere Messungen des Sickerwassers der Deponie BURGHOF zeigen zudem, dass vor der Einlagerung der freigegebenen Karlsruher Abfälle noch höhere Konzentrationen an Tritium und Cäsium-137 zu finden waren. Diese Kontaminationen können daher – zumindest weit überwiegend – der technischen Anwendung von Tritium (insbesondere Leuchtmittel) und bezogen auf Cäsium-137 dem Fall- und Washout der oberirdischen Atomwaffentests sowie des Reaktorunfalls in Tschernobyl zugeschrieben werden. Messung des Wassers des Hummelbrunnens und der Tiefendrainage der Deponie BURGHOF ergaben, dass dieses Wasser, wie erwartet, nicht durch Deponiesickerwasser beeinflusst ist. Messungen des Sickerwassers der beiden Deponien sollen fortgeführt werden.

In 2016 hat das Öko-Institut die AVL GmbH darüber hinaus bei der Information der Öffentlichkeit unterstützt, sowohl bei Einzelanfragen als auch bei zwei Informationsveranstaltungen. Außerdem erfolgte eine Informationsveranstaltung für Beschäftigte auf den Deponien.

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 dem Atomrecht entlassen („freigegeben“) worden, so dass sie nach den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) zu entsorgen waren. Auf Grundzüge des Konzepts der Freigabe sowie auf Besonderheiten der Situation an den Deponien der AVL GmbH wird in Kapitel 2 weiter eingegangen.

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 an den beiden Deponien Messungen vorgenommen, um zu überprüfen, ob sich durch diese Abfälle Veränderungen der allgemeinen radiologischen Situation ergeben haben. Die Probenahmen und Messungen erfolgten durch einen Unterauftragnehmer des Öko-Instituts e.V., die Nuclear Control & Consulting (NCC) GmbH. Auf diese Messungen, ihre Ergebnisse und deren Bewertung wird in Kapitel 3 weiter eingegangen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Tätigkeiten des Öko-Instituts e.V. lag auf der Unterstützung der AVL GmbH in der Öffentlichkeitsarbeit und der Information der Mitarbeiter. Diese Tätigkeiten sind in Kapitel 4 näher beschrieben.

Der Auftrag des Öko-Instituts e.V. umfasst darüber hinaus Tätigkeiten im Zusammenhang mit der bevorstehenden Beseitigung von zweckgerichtet freigemessenen Abfällen aus dem Rückbau des Gemeinschaftskernkraftwerks Neckarwestheim (GKN). Diese werden voraussichtlich in 2017 beginnen und sind in Kapitel 5 beschrieben.

Der Bericht zum Messkonzept der an den beiden Deponien und in ihrem Umfeld durchgeführten Messungen ist diesem Jahresbericht als Anhang 1 beigefügt. Die beiden Messberichte finden sich zur Deponie AM FROSCHGRABEN in Anhang 2 und für die Deponie BURGHOFF in Anhang 3.

2. Grundzüge des Konzepts der Freigabe und besondere Aspekte bei der Einlagerung freigegebener Abfälle auf den Deponien der AVL GmbH

In Kapitel 2.1 wird zunächst auf Begründung des Konzepts der Freigabe eingegangen. In Kapitel 2.2 wird die Umsetzung in Deutschland, bezogen auf die Freigabe von Abfällen zur Beseitigung auf Deponien, dargestellt. Besondere Aspekte bei der Einlagerung von Abfällen aus dem Abbau der Anlage GKN I werden in Kapitel 2.3 diskutiert.

2.1. Begründung des Konzepts der Freigabe

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

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

Für ionisierende Strahlung ist keine Wirkungsschwelle im Hinblick auf gesundheitliche Schäden bekannt. Da es möglich ist, dass eine solche Schwelle auch nicht existiert, wird im Strahlenschutz davon ausgegangen, dass jede noch so geringe Dosis mit einer mit der Dosis abnehmenden Wahrscheinlichkeit einen Gesundheitsschaden auslösen kann. Würde als Bedingung der Entlassung aus dem Atomrecht ein „Null-Risiko“ (also auch die Dosis 0) herangezogen, so dürften nur Stoffe mit keinerlei künstlichen Radionukliden aus dem Geltungsbereich des Atomrechts entlassen werden. Dies wäre insbesondere aus folgenden Gründen als unverhältnismäßig anzusehen:

- Auch in anderen Rechtsgebieten besteht keine Forderung nach einem Null-Risiko, sondern bestimmte Risiken werden im gesamtgesellschaftlichen Kontext als noch hinnehmbar angesehen. So führt z. B. das Risiko eines Fußgängers, aufgrund eines Verkehrsunfalls tödlich zu verunglücken, nicht zum Verbot des Betriebs von Kraftfahrzeugen. Es wird i.d.R. lediglich versucht, das Risiko auf angemessene Art und Weise „so weit wie möglich“ zu reduzieren.
- Der Mensch ist überall in Deutschland einer im Mittel gegenüber 10 μSv 210fach höheren natürlichen Strahlenexposition ausgesetzt, die die gleichen Wirkungsmechanismen im Hinblick auf gesundheitliche Folgen aufweist. Ein zusätzliches Risiko, das zum Einen erheblich kleiner ist als das aus der natürlichen Strahlung resultierende Risiko und zum Anderen auch deutlich kleiner ist deren Schwankungsbreite kann als hinnehmbar angesehen werden.
- Während der natürlichen Strahlung jeder Mensch ausgesetzt ist, sind allenfalls wenige Einzelpersonen der Bevölkerung dem viel geringeren Risiko der Freigabe ausgesetzt.

Aus diesen Gründen ist eine Freigabe von radioaktiven Stoffen bereits seit Beginn der Nutzung von Radionukliden und der Nutzung der Kerntechnik erfolgt. Verbindliche Regelungen auf dem Niveau der Strahlenschutzverordnung wurden erst im Jahr 2001 eingeführt.

Das aktuelle Konzept der Freigabe basiert auf dem allgemeinen Rechtsprinzip, nach dem Bagatel- len nicht in einer Norm geregelt werden (*“de minimis non curat lex“* - das Gesetz kümmert sich nicht um Kleinigkeiten). Das Konzept wurde von der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) 1988 in seiner noch heute international praktizierten Form formuliert¹. Das Kapitel 4.2.1 (*„Risk based considerations“*) hat die IAEO damals wie folgt formuliert:

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

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

Das akzeptable Risiko wurde 1988 also aus einer Überlegung hergeleitet, gegen welche Risiken Personen sich durch eigene Vorsorgemaßnahmen schützen würden. Es wurde davon ausgegan- gen, dass nur wenige Menschen eigene Ressourcen verwenden würden, um eigene Risiken von 1:100.000 pro Jahr zu vermeiden, und noch weniger Menschen dies täten, um eigene Risiken von 1:1 Mio pro Jahr zu vermeiden. Daraus wurde abgeleitet, dass eine Begrenzung des individuellen Risikos auf den Bereich von 1:1 Mio bis 1:10 Mio ausreichend ist. Unter Bezug auf einen „gerunde- ten Risikokoeffizienten“ wurde daraus eine Begrenzung auf eine jährliche Dosis von 10 bis 100 μSv abgeleitet. Eine solche Dosis ist, wie bereits dargelegt, deutlich kleiner als die mittlere natürliche Dosis in Deutschland von 2.100 μSv im Jahr.

Das 10 μSv -Konzept als Grundlage der Freigabe wird nach wie vor international als Stand von Wissenschaft und Technik angesehen. So führt das Bundesamt für Strahlenschutz in seiner aktu- ellen Publikation „Schwerpunkt Strahlenschutz“² zum Konzept der Freigabe und dem Dosiskriteri- um von 10 μSv effektiver Dosis im Jahr aus:

„Die Freigabe bildet das juristische Rückgrat zur Feststellung der radiologischen Unbedenk- lichkeit. Das Recht gibt den Rahmen staatlichen Handelns vor, basiert hier selbst jedoch we- sentlich auf naturwissenschaftlichen Begründungen, dem derzeitigen Stand von Wissen- schaft und Technik. ... Es ist dabei wichtig festzuhalten, dass diese Regelungen auf den na- turwissenschaftlichen Grundlagen des Strahlenschutzes basieren, über die international un- ter Wissenschaftlern mehrheitlich Konsens besteht. Dies gilt insbesondere für den anzuwen- denden Begriff der jährlichen effektiven Dosis an sich und für die Höhe des Dosiskriteriums, auf dem die Freigabewerte beruhen.“

¹ International Atomic Energy Agency (IAEA): Principles for the Exemption of Radiation and Practices from the Regula- tory Control. Safety Series No. 89, Wien 1988

² Bundesamt für Strahlenschutz, „Schwerpunkt Strahlenschutz“, Salzgitter 2016, http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/schwerpunkt- strahlenschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=5

2.2. Umsetzung des Konzepts der Freigabe in Deutschland

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

- Als Ziel der Risikobegrenzung wurden 10 μSv im Jahr festgelegt.
- Für verschiedene Freigabeoptionen und möglicherweise betroffene Personenkreise wurden abdeckende Expositionsszenarien definiert und für diese Szenarien ermittelt, bei welcher Kontamination sich jeweils eine Dosis von 10 μSv im Jahr ergeben könnte.
- Der niedrigste so ermittelte Konzentrationswert einer Freigabeoption wurde in der StrlSchV als Freigabewert festgelegt. Der Freigabewert bezieht sich entweder auf eine massenbezogene Aktivität (Einheit Bq/g) oder eine flächenbezogene Aktivität (Einheit Bq/cm² oder Bq/m²).

Die im Jahr 2001 in die deutsche StrlSchV aufgenommenen Werte für die Freigabe zur Beseitigung auf einer Deponie basierten auf den Untersuchungen von Poschner und Schaller aus dem Jahr 1995³ und der darauf aufbauenden Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) aus dem Jahr 1998⁴. Der Modellierung hatte unter anderem die Annahme zugrunde gelegen, dass 100 Mg an zur Beseitigung freigegebenen Abfälle im Kalenderjahr auf einer Deponie eingelagert werden. Allerdings wurde die angenommene Masse damals noch nicht als Begrenzung durch die StrlSchV festgelegt.

Aufgrund von zwei wesentlichen Änderungen der Randbedingungen wurden die Freigabewerte für die Beseitigung später überarbeitet:

- Durch Änderungen im Abfallrecht und durch Weiterentwicklung des technischen Standes der Deponietechnik ergaben sich bestimmte Anforderungen an weiterbetriebene und zukünftige Deponien und Entsorgungsanlagen sowie an die damit verbundenen Arbeitsabläufe, die Einfluss auf die Dosisberechnung haben (insbesondere Basis- und Oberflächenabdichtung, Vorbehandlung der Abfälle). Festgeschrieben wurden solche Änderungen insbesondere in der Deponieverordnung (DepV). Auch die zu unterstellende Größe einer Deponie (Jahreskapazität) wurde neu bewertet.
- Außerdem wurde bei der jährlich angenommenen Masse freigegebener Abfälle, die einer einzelnen Entsorgungsanlage zugeführt wird, die damalige Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000 zum Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie in Deutschland berücksichtigt, bei der parallel Rückbauvorhaben mit großen Abfallströmen zu erwarten waren und durch die Modellierung abgedeckt sein sollten. Diese Situation war vergleichbar mit der heutigen, bei der nach dem Unfall in Fukushima acht Kernkraftwerke in Deutschland sofort stillgelegt wurden und die übrigen bis zum Jahr 2022 folgen werden.

Es wurde daraufhin ein neuer Satz von Freigabewerten von der SSK empfohlen⁵ und in die StrlSchV übernommen. Dabei wurden Freigabewerte für freigebbare Jahresmengen von bis zu

³ J. Poschner, G. Schaller: Richtwerte für die spezifische Aktivität von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen, die konventionell entsorgt werden. Bundesamt für Strahlenschutz, Institut für Strahlenhygiene, Reihe BfS-ISH-Berichte, BfS-ISH-169/95 (ISSN 0937-4558), Neuherberg, Januar 1995

⁴ Strahlenschutzkommission (SSK): Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- oder genehmigungspflichtigem Umgang. Empfehlung der SSK, Berichte der SSK des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 16, 1998

⁵ Strahlenschutzkommission (SSK): Freigabe von Stoffen zur Beseitigung. Empfehlung der SSK, Berichte der SSK des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 54, 2007

100 Mg/a und von 100 Mg/a bis zu 1000 Mg/a festgelegt. Die Jahresmengen beziehen sich dabei auf die Summe aller auf einer Deponie angenommenen zur Beseitigung freigegebenen Abfälle, auch wenn sie von verschiedenen Kernkraftwerken oder aus verschiedenen Bundesländern angeliefert werden. Die Regelung der StrlSchV zur erforderlichen Abstimmung zwischen den nach Atomrecht und nach Kreislaufwirtschaftsgesetz zuständigen Behörden stellt sicher, dass es durch die Beseitigung von freigegebenen Stoffen auf einer Deponie zu keinen vom De minimis-Konzept bzw. 10 µSv-Konzept nicht mehr abgedeckten Dosen kommt.

2.3. Besondere Aspekte bei der Ablagerung freigegebener Abfälle auf den Deponien der AVL GmbH

Die Wahrscheinlichkeit, bei einer Dosis von 10 µSv einen schweren gesundheitlichen Schaden zu erleiden, ist äußerst gering (siehe Kapitel 2.1). Sie entspricht etwa der Wahrscheinlichkeit, in einem Jahr durch einen Blitz zu sterben. Bei dieser Wahrscheinlichkeit ist aber noch nicht berücksichtigt, dass die allermeisten Personen im Umfeld einer Deponie, auf der freigegebene Abfälle eingelagert werden, dadurch gar keine zusätzliche Dosis oder eine Dosis von deutlich weniger als 10 µSv im Jahr erhalten. Die reale Situation bei der Entsorgung von zukünftig beim Abbau des Kernkraftwerks GKN I freizugebenden Abfällen auf den Deponien der AVL GmbH stellt sich vielmehr wie folgt dar:

- Einige wenige Beschäftigte beim Transport der Abfälle und auf einer Deponie könnten eine Dosis im Bereich von wenigen µSv im Jahr erhalten. Von einem Erreichen von 10 µSv im Jahr ist nicht auszugehen, da die Freigabewerte mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht ausgeschöpft werden und da die Anlieferung und der Umgang bei der Ablagerung unter günstigeren Bedingungen ablaufen, als dies bei der Herleitung der Freigabewerte angenommen wurde. Grund ist die für die Deponien der AVL GmbH angewandte Handlungsanleitung⁶, die eine staubfreie Anlieferung (keine Dosis mehr durch Einatmen radioaktiver Stoffe möglich) und eine schnelle Abdeckung in einem vorbereiteten Feld (geringere äußere Bestrahlung durch kürzere Umgangszeit und Abschirmung) festlegt.
- Eine Dosis für Personen der Bevölkerung ist für mindestens 100 Jahre praktisch ausgeschlossen. Radionuklide können aufgrund der staubfreien Anlieferung nicht verweht werden. Beim Übergang in das Sickerwasser der Deponie würden Radionuklide einer Kläranlage zugeführt und in deren Vorfluter verdünnt. Die entsprechenden Verhältnisse sind für die Deponien der AVL GmbH wesentlich günstiger als sie bei der Herleitung der Freigabewerte angenommen wurden. Außerdem verhindert die von der Handlungsanleitung geforderte Verpackung der Abfälle einen schnellen Übergang in das Sickerwasser.
- Eine Dosis von Personen der Bevölkerung würde erst dann möglich, wenn über ein Undichtwerden des Systems der Basisabdichtung einer Deponie kontaminiertes Sickerwasser ins Grundwasser gelangen würde und dieses Grundwasser über einen Brunnen genutzt würde. Voraussetzung einer Dosis, die an 10 µSv im Jahr heranreichen könnte wäre zusätzlich unter anderem, dass diese Personen ausschließlich das Wasser dieses Brunnens trinken und nur Lebensmittel von damit berechneten Flächen verzehren. Durch die Deponieverordnung ist eine Dichtheit des Basisabdichtungssystems von 100 Jahren gefordert, so dass es erst später zu einer Kontamination von Grundwasser kommen könnte. Aber auch bei einem völligen Versagen des Basisabdichtungssystems kann es zu keiner Dosis von mehr als 10 µSv im Jahr kommen, da ein solches Versagen bei der Herleitung der Freigabewerte bereits unterstellt worden ist. Zusätzlich wurden aber extreme Nutzungsszenarien des Brunnenwasser unterstellt und die Ablagerung ei-

⁶ Landkreistag Baden-Württemberg: Handlungsanleitung zur Entsorgung von frei-gemessenen Abfällen auf Deponien in Baden-Württemberg. August 2015

ner viel größeren Gesamtmasse an freigegebenem Abfall, nämlich 54.000 Mg⁷, angenommen. Aus dem Abbau des GKN I werden aber nur wenige 1000 Mg auf die Deponien der AVL GmbH gelangen.

⁷ bezogen auf die Freigabe zur Beseitigung von bis zu 1000 Mg/a auf eine Deponie

3. Durchführung und Bewertung von Messungen auf den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF sowie in deren Umfeld

Aufgrund der in den Jahren 2007 bis 2015 auf den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF abgelagerten Abfälle aus dem Rückbau von Karlsruher kerntechnischen Anlagen wurden an diesen Deponien Messungen vorgenommen, um zu überprüfen, ob sich durch diese Abfälle Veränderungen der allgemeinen radiologischen Situation ergeben haben. Dazu wurde zunächst ein Mess- und Untersuchungskonzept erarbeitet (siehe Kapitel 3.1 und Anhang 1). Das Konzept wurde mit einem von der Gemeinde Schwieberdingen beauftragten Sachverständigen abgestimmt. Zu den Messungen und ihren Ergebnissen wurden zwei Messberichte verfasst (siehe Kapitel 3.2 sowie die Anhänge 2 und 3). Kapitel 3.3 beinhaltet die Bewertung der Mess- und Untersuchungsergebnisse.

3.1. Mess- und Untersuchungskonzept

Das „Mess- und Untersuchungskonzept im Zusammenhang mit der Ablagerung von freigegebenen Abfällen aus dem Forschungszentrum Karlsruhe auf Deponien der AVL“ mit Datum vom 06.10.2016 wurde von der NCC GmbH im Unterauftrag des Öko-Instituts e.V. erarbeitet. Es wurde mit dem Öko-Institut e.V. sowie dem von der Gemeinde Schwieberdingen beauftragten Sachverständigen abgestimmt⁸. Außerdem wurde im Mess- und Untersuchungskonzept auf alle Anregungen der besorgten Bevölkerung aus Schwieberdingen sowie auf die Anregungen des Schwieberdinger Gutachters eingegangen. Es wurde darauf geachtet, dass ein möglichst gleichartiges Messprogramm für beide Deponien durchgeführt wurde. Abweichend vom Messprogramm für die Deponie AM FROSCHGRABEN wurde auf Hinweis der Stadt Vaihingen/Enz aber auf Messungen in der Deponieumgebung der Deponie BURGHOF verzichtet. Das vollständige Mess- und Untersuchungskonzept ist dem vorliegenden Jahresbericht als Anhang 1 beigefügt.

Primäres Ziel der Messungen war es, zu prüfen, ob der Bevölkerung auf der Grundlage objektiver Daten belegt werden kann, dass es mit der Entsorgung der kerntechnischen Abfälle zu keinen relevanten Strahlenrisiken kommt und das Dosiskriterium der StrlSchV von 10 μ Sv im Kalenderjahr eingehalten wird. Dazu sollten als Voraussetzung zum Nachweis der Einhaltung des Dosiskriteriums der Freigabe die Messwerte aus dem Bereich der Freigabeabfälle mit Werten der vorhandenen Radioaktivität auf den Deponien und in deren Umfeld verglichen werden. Ausgangspunkt der Planungen des Messkonzeptes waren Angaben zum Nuklidvektor der auf den Deponien der AVL GmbH entsorgten Freigabeabfälle⁹. Diese Daten wurden durch das Öko-Institut aus Informationen des Umweltministeriums Baden-Württemberg und der WAK Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungs-GmbH (seit 03.02.2017 Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH/KTE) zusammengestellt.

Der Bericht zum Mess- und Untersuchungskonzept enthält spezifische Informationen über die Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF, die auch die Einlagerungsorte von freigegebenen Abfällen umfassen¹⁰, sowie bereits bekannte Informationen zur radiologischen Situation im Umfeld¹¹.

⁸ Institut für Umwelttechnologien und Strahlenschutz (iUS) GmbH (Franz Borrmann): Ablagerung nach § 29 StrlSchV freigegebener Materialien auf der Deponie „Am Froschgraben“. Stellungnahme Probenahmekonzept NCC. Erstellt im Auftrag der Gemeinde Schwieberdingen. 30.08.2016

⁹ siehe Anhang 1, Tabelle 2-1

¹⁰ siehe Anhang 1, Kapitel 2.2 und 2.3

¹¹ siehe Anhang 1, Kapitel 2.4

Die **Ortsdosisleistung** (ODL) ist ein Maß für die Dosis durch äußere Exposition, die eine Person beim Aufenthalt an einem bestimmten Ort erhält. Die Dosis einer Person ergibt sich als Produkt aus der Ortsdosisleistung und der Aufenthaltszeit.

Mittels **gammaskopimetrischer Untersuchungen** können einzelne Radionuklide, die Gammastrahlung aussenden, identifiziert werden, da die Energie der Gammastrahlung charakteristisch für ein Radionuklid ist. Als natürlich vorkommende Radionuklide wurden Uran-238 (U-238) mit seiner Zerfallskette, Thorium-232 (Th-232) mit seiner Zerfallskette und Kalium-40 (K-40) bestimmt. Zu einer Zerfallskette zählen die Radionuklide, die nach Zerfall des Mutternuklids entstanden sind und ebenfalls radioaktiv sind. Zur Prüfung, ob radiologisch relevante Aktivitäten aus der Entsorgung der freigegebenen Abfälle vorhanden sind, eignen sich aufgrund des im Messkonzept beschriebenen Nuklidvektors der Abfälle aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe nur die Radionuklide Kobalt-60 (Co-60) und Cäsium-137 (Cs-137).

Mit der Analyse von **Bodenproben** sollte untersucht werden, welche Radionuklide im Boden nachgewiesen werden können. Durch die Herstellung von Tiefenprofilen können Aussagen zur Verteilung im Boden über die Tiefe getroffen werden. Dadurch lässt sich beurteilen, ob es Hinweise auf Ablagerungen von Radionukliden, beispielsweise durch Deposition von Deponiestaub, gibt.

In einem unberührten Abfallkörper können Radionuklide, deren Direktstrahlung nach oben hin durch Abfälle abgeschirmt ist, allenfalls dann zu einer Dosis führen, wenn Niederschlagswasser den Abfall durchdringt und dabei Radionuklide in Lösung gehen, die dann mit dem **Sickerwasser** ausgetragen werden. Zusätzlich müsste, damit es zu einer Dosis von Personen der Bevölkerung kommen kann, eine Nutzung des Gewässers, in das das Sickerwasser nach seiner Klärung in einer Kläranlage geleitet wird, stattfinden. Es wurde daher das Sickerwasser beprobt und analysiert, wobei dem verhältnismäßig mobilen Tritium (H-3) besonderes Augenmerk galt. Das Sickerwasser der Deponien wird in einer größeren Zahl von separaten Strängen erfasst. Auf diese Weise war es möglich, sowohl Sickerwasser aus Bereichen der Ablagerung freigegebener Abfälle als auch Sickerwasser aus Bereichen, die von einer solchen Ablagerung unberührt sind, zu beproben¹².

In der Öffentlichkeit bestand die Sorge, dass Wasser des Feuerlöschteichs von Hardt- und Schönbühlhof seinen Ursprung in der Deponie AM FROSCHGRABEN habe und daher kontaminiert sein könne. Obwohl davon ausgegangen werden konnte, dass dieses Wasser aufgrund seiner Herkunft unbeeinflusst vom Deponiekörper ist, wurde auch dieses Wasser beprobt und auf Tritium hin untersucht. Es handelt sich dabei nicht um Sickerwasser der Deponie sondern um **Quellwasser** des Hummelbrunnens, das von der Deponie unbeeinflusst bleiben müsste. Eine vergleichbare Beprobung wurde für die Deponie BURGHOF durchgeführt, indem dort Wasser der Tiefendrainage beprobt und auf Tritium hin untersucht wurde.

Die Untersuchungsaufgabe, beprobte Orte sowie die Untersuchungsmethode und Messgröße sind für die beiden Deponien in den Tabellen 3-1 und 3-2 zusammengestellt¹³.

¹² Eine Darstellung des Netzes der Sickerwasserfassung findet sich für die Deponie AM FROSCHGRABEN in Anhang 2, Anlage 2.2, und für die Deponie BURGHOF in Anhang 3, Anlage 2.2.

¹³ zu weiteren Details siehe Anhang 1, Tabellen 3-1 und 3-2

Tabelle 3-1: Messprogramm - Deponie AM FROSCHGRABEN

Untersuchungsaufgabe	Orte	Methode(n)/Messgröße
Direktstrahlung von Abfall	Operative Festlegung von Messpunkten nach Abfallherkunft / Abfalleigenschaften, der an der Deponieoberfläche anstehenden Abfälle	ODL und In-Situ-Gamma-Spektrometrie an ausgewählten Referenzpunkten auf dem Abfallkörper, Abschätzung der Aktivität, Prüfung auf künstliche Radionuklide (Kobalt-60, Cäsium-137)
Spezifische Aktivität von künstlichen und natürlichen Radionukliden im Boden	Kritischer Aufpunkt für Staubdeposition im Umfeld der Deponie	Probenahme Bodenprofil (0-30 cm), Gammaskopfspektrometrie
	Landwirtschaftliche Fläche im Umfeld der Deponie	Mischprobe Boden (0-30 cm)
ODL über Boden im öffentlichen Raum, spezifische Aktivität von natürlichen Radionukliden der öffentlichen Plätze und Wege	Marktplatz Schwieberdingen	ODL, In-Situ-Gamma-Spektrometrie, Abschätzung der Aktivität
Sickerwasser	Proben aus verschiedenen Sickerwassersträngen	Bestimmung von Tritium (H-3), künstlichen und natürlichen gammastrahlenden Radionukliden sowie der Gesamtalpha- und Gesamtbetaaktivität; Bestimmung der Uran-Isotopenzusammensetzung
Quellwasser	Hummelbrunnen	Tritium (H-3)

Tabelle 3-2: Messprogramm - Deponie BURGHOFF

Untersuchungsaufgabe	Orte	Methode(n)/Messgröße
Direktstrahlung von Abfall auf der Deponie	Operative Festlegung von Messpunkten nach Abfallherkunft / Abfalleigenschaften, der an der Deponieoberfläche anstehenden Abfälle	ODL und In-Situ-Gamma-Spektrometrie an ausgewählten Referenzpunkten auf dem Abfallkörper, Abschätzung der Aktivität, Prüfung auf künstliche Radionuklide (Kobalt-60, Cäsium-137)
Spezifische Aktivität von künstlichen und natürlichen Radionukliden im Boden	Auf dem Deponiegelände	Probenahme Bodenprofil (0-30 cm), Gammaskopfung
	Natürlicher Boden auf dem Deponiegelände	ODL, In-Situ-Gamma-Spektrometrie, Abschätzung der Aktivität
Sickerwasser	Proben aus verschiedenen Sickerwassersträngen	Bestimmung von Tritium (H-3), künstlichen und natürlichen gammastrahlenden Radionukliden sowie der Gesamtalpha- und Gesamtbetaaktivität; Bestimmung der Uran-Isotopenzusammensetzung
Quellwasser	Tiefendrainage	Tritium (H-3)

In Anlage 1 des Mess- und Untersuchungskonzepts wurden Aktivitätsbilanzen der beiden Deponien aufgestellt, indem Erfahrungswerte des Gehalts an natürlichen und flächendeckend vorhandenen künstlichen Radionukliden bezogen auf die insgesamt abgelagerten Abfälle einzelner Abfallschlüsselnummern zusammengestellt wurden.

Die Beratungen zum Mess- und Untersuchungskonzept erfolgten ab April 2016. Die endgültige Fassung des Mess- und Untersuchungskonzepts wurde mit Datum vom 06.10.2016 erstellt.

3.2. Ergebnisse der Messungen und Untersuchungen

Die Messungen und gammaskopfmessische Felduntersuchungen sowie Probenahmen erfolgten durch die NCC GmbH am 13.10.2016 auf der Deponie AM FROSCHGRABEN und am 12.10.2016 auf der Deponie BURGHOFF. Die Laboranalysen der genommenen Proben wurden

- vom VKTA - Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e.V., Dresden (Untersuchungen an Sicker- und Quellwasser), und
- von der IAF – Radioökologie GmbH (Untersuchungen an Bodenproben)

ausgeführt.

3.2.1. Ergebnisse der Untersuchungen zur Deponie AM FROSCHGRABEN

Im „Messbericht – Deponie AM FROSCHGRABEN“ der NCC GmbH vom 15.11.2016 sind das Vorgehen bei den Messungen und den Probenahmen, die eingesetzten Messgeräte und die angewandten Verfahren im Detail beschrieben. Die Anlagen des Berichts enthalten ebenfalls die Prüfberichte der Laboruntersuchungen. Der „Messbericht – Deponie AM FROSCHGRABEN“ ist dem vorliegenden Jahresbericht als Anhang 2 beigefügt. Nachfolgend werden die Ergebnisse im Überblick dargestellt.

3.2.1.1. Ortsdosisleistung

In Tabelle 3-3 sind die gemessenen Ortsdosisleistungen zusammengestellt. Ihre Messunsicherheit beträgt bei diesen Messungen wenige nSv/h.

Tabelle 3-3: Gemessene Ortsdosisleistung – Deponie AM FROSCHGRABEN

Ort der Messung	Bandbreite [nSv/h]	Mittelwert [nSv/h]
Deponie, Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle		
Messpunkt 1	74 – 99	84
Messpunkt 2	82 – 124	101
Messpunkt 3	62 – 77	67
Messpunkt 4	87 - 122	104
Messungen im Umfeld der Deponie (an den Boden-Probenahmestellen)		
Ackerfläche nordwestlich der Deponie	103 – 131	119
Wiesenfläche nordöstlich der Deponie	112 - 129	120
Messungen auf dem Schlosshof (Marktplatz) Schwieberdingen		
Über Pflaster Hauptplatz	140 - 150	nicht ermittelt
Über rötlichem Ziegelsplitt	89	nur 1 Messwert

Die in Tabelle 3-3 aufgeführten Messwerte wurden alle in einer Höhe von 1 m über dem Boden bestimmt. Am Schlosshof (Marktplatz) Schwieberdingen wurden weitere Messungen der Ortsdosisleistung in einem Messabstand von 5-10 cm vorgenommen. Diese ergaben die höchste Ortsdosisleistung an den Stufen zum Brunnen (186 nSv/h) sowie über rotem und rötlich-gelbem Pflaster (166 bzw. 143 nSv/h). Am niedrigsten war die Ortsdosisleistung am grünlichen Fels der Brunneneinfassung (76 nSv/h).

3.2.1.2. Gammaskpektrometrie

Die Ergebnisse der gammaskpektrometrischen Analysen an den verschiedenen Messorten sind in Tabelle 3-4 dargestellt.

Tabelle 3-4: Gammaskpektrometrie – Deponie AM FROSCHGRABEN

Radionuklid	Bandbreite der Aktivitätskonzentration [Bq/g] (Mittelwert in Klammern)		
	Deponie, Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle	Boden im Deponieumfeld	Schlosshof (Marktplatz) Schwieberdingen
U-238	0,030 – 0,048 (0,034)	0,052 – 0,053 (0,052)	0,110
Th-232	0,017 – 0,046 (0,033)	0,055 – 0,058 (0,056)	0,026
K-40	0,240 – 0,614 (0,436)	0,555 – 0,678 (0,616)	1,053
Co-60	nicht nachweisbar		
Cs-137	nicht nachweisbar		

3.2.1.3. Bodenproben

Die Ergebnisse der Analysen der Bodenproben im Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN sind in Tabelle 3-5 dargestellt. Bei der nordöstlich der Deponie auf einer Wiesenfläche genommenen Probe wäre - aufgrund früherer standortspezifischer Untersuchungen zur Staubausbreitung - am ehesten mit einer erhöhten Aktivität zu rechnen gewesen, wenn es zu einer signifikanten Deposition von mit Radionukliden kontaminiertem Staub außerhalb der Deponie gekommen wäre. Für diesen Standort wurde daher ein Bodenprofil von 0 bis 30 cm in Schritten von 5 cm erstellt. Die nordwestlich der Deponie beprobte Ackerfläche sollte dagegen als von der Deponie unbeeinflusste Referenz gelten und es wurde eine Mischprobe des Bodens von 0 bis 30 cm Tiefe analysiert.

In Tabelle 3-5 ist ebenfalls die Bandbreite der relativen Messunsicherheit angegeben. Für die Messunsicherheit gilt hier, wie auch bei den in den folgenden Abschnitten genannten Werten, dass diese in der Regel mit der Höhe des Messwerts abnimmt.

Tabelle 3-5: Bodenproben – Deponie AM FROSCHGRABEN

Tiefe [cm]	Massenbezogene Aktivität [Bq/g Trockenmasse]						
	U-238	Ra-226	Pb-210	Th-232	K-40	Cs-137	Co-60
Boden nordöstlich der Deponie							
0 – 5	0,050	0,052	0,068	0,057	0,551	0,0063	< 0,00019
5 – 10	0,052	0,054	0,055	0,056	0,552	0,0063	< 0,00016
10 – 15	0,052	0,050	0,053	0,058	0,585	0,0041	< 0,00014
15 – 20	0,051	0,054	0,054	0,059	0,532	0,0035	< 0,00021
20 – 25	0,054	0,052	0,053	0,056	0,551	0,0068	< 0,00020
25 - 30	0,052	0,050	0,052	0,053	0,544	0,0082	< 0,00023
Boden nordwestlich der Deponie (Referenzfläche)							
0 - 30	0,051	0,052	0,051	0,055	0,678	0,0057	< 0,00023
Bandbreite der Messunsicherheit [%]							
	12 - 14	13 - 17	14 - 15	10	6,1 – 6,2	6,6 – 9,2	-

3.2.1.4. Sickerwasser

Die Ergebnisse der Analysen von Sickerwasser aus den verschiedenen Deponiebereichen sind in Tabelle 3-6 dargestellt.

Tabelle 3-6: Sickerwasseranalysen – Deponie AM FROSCHGRABEN

Radionuklid	Bandbreite der Aktivitätskonzentration [Bq/l]		Messunsicherheit [%]
	Sickerwasser aus Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle	Sickerwasser aus Deponiebereichen ohne Ablagerung freigegebener Abfälle	
H-3	2,6 – 19,3	< 1,7	7,3 - 24
U-238	0,105 – 0,125	0,107 – 0,183	5,2 – 5,8
U-234	0,116 – 0,145	0,13 – 0,168	8,8 – 15
U-235	0,0049 – 0,0057	0,0050 – 0,0085	5,6 – 6,4
Th-228	0,0105 – 0,041	0,036 – 0,153	10 – 18
K-40	1,59 – 1,90	5,7 – 18,5	8,1 – 11
Verhältnis U-234/U-238	1,105 – 1,160	1,138 – 1,215	-
Verhältnis U-235/U-238	0,046 – 0,047	0,046 – 0,047	-
Cs-137	< 0,0025 – 0,014	< 0,0025 - < 0,0042	18 - 26
Gesamt-Alpha	0,33 – 0,37	0,27 – 0,65	24 – 30
Gesamt-Beta	2,0 – 2,4	9 - 15	20
Th-230	< 1,6 - < 2,6	< 0,61 - < 1,4	-
Ra-228	< 0,042 - < 0,12	< 0,014 - < 0,027	-
Ra-226	< 0,078 - < 0,3	< 0,074 - < 0,080	-
Pb-210	< 0,24 - < 0,36	< 0,091 - < 0,21	-

3.2.1.5. Quellwasser

Die Tritium-Aktivität im Quellwasser des Hummelbrunnens betrug 0,67 Bq/l bei einer Messunsicherheit des Messwerts von 13 %.

3.2.2. Ergebnisse der Untersuchungen zur Deponie BURGHOF

Im „Messbericht – Deponie BURGHOF“ der NCC GmbH vom 15.11.2016 sind das Vorgehen bei den Messungen und den Probenahmen, die eingesetzten Messgeräte sowie die angewandten Verfahren im Detail beschrieben. Die Anlagen des Berichts enthalten ebenfalls die Prüfberichte der Laboruntersuchungen. Der „Messbericht – Deponie BURGHOF“ ist dem vorliegenden Jahresbericht als Anhang 3 beigefügt. Nachfolgend werden die Ergebnisse im Überblick dargestellt.

3.2.2.1. Ortsdosisleistung

In Tabelle 3-7 sind die gemessenen Ortsdosisleistungen an den verschiedenen Messorten zusammengestellt. Ihre Messunsicherheit beträgt wenige nSv/h.

Tabelle 3-7: Gemessene Ortsdosisleistung – Deponie BURGHOF

Ort der Messung	Bandbreite [nSv/h]	Mittelwert [nSv/h]
Deponie, Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle		
Messpunkt 1	68 – 89	77
Messpunkt 2	74 – 105	86
Messpunkt 3	88 - 115	101
Deponie, Messungen an besonderen Materialien		
Haufwerk Mergel aus Hamberg	140 – 150	nicht ermittelt
Haufwerk Gleisschotter (Granit)	140 – 150	nicht ermittelt
Haufwerk Gleisschotter (andere Charge)	120 - 130	nicht ermittelt
Natürlich anstehender Mergel (mit Kalk)	150 – 160	nicht ermittelt
Messungen im Umfeld der Deponie (an den Boden-Probenahmestellen)		
Boden nordöstlich der Deponie	103 – 128	119
Boden südwestlich der Deponie	80 - 152	123

3.2.2.2. Gammaskpektrometrie

Die Ergebnisse der gammaskpektrometrischen Analysen sind in Tabelle 3-8 dargestellt.

Tabelle 3-8: Gammaskpektrometrie – Deponie BURGHOF

Radionuklid	Bandbreite der Aktivitätskonzentration [Bq/g] (Mittelwert in Klammern)	
	Deponie, Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle	Boden im Deponieumfeld
U-238	0,024 – 0,038 (0,029)	0,041 – 0,044 (0,042)
Th-232	0,021 – 0,037 (0,028)	0,049 – 0,060 (0,054)
K-40	0,325 – 0,688 (0,450)	0,520 – 0,988 (0,754)
Co-60	nicht nachweisbar	
Cs-137	nicht nachweisbar	

3.2.2.3. Bodenproben

Die Ergebnisse der Analysen der Bodenprobe im Umfeld der Deponie BURGHOFF sind in Tabelle 3-9 dargestellt. Die Probe wurde nordöstlich der Deponie genommen. Es wurde ein Bodenprofil von 0 bis 30 cm in Schritten von 5 cm erstellt.

Tabelle 3-9: Bodenproben – Deponie BURGHOFF

Tiefe [cm]	Massenbezogene Aktivität [Bq/g Trockenmasse]						
	U-238	Ra-226	Pb-210	Th-232	K-40	Cs-137	Co-60
0 – 5	0,053	0,046	0,071	0,059	0,523	0,015	< 0,00024
5 – 10	0,050	0,041	0,057	0,057	0,507	0,0062	< 0,00017
10 – 15	0,058	0,047	0,055	0,064	0,540	0,0062	< 0,00019
15 – 20	0,054	0,043	0,043	0,059	0,509	0,00033	< 0,00021
20 – 25	0,054	0,047	0,043	0,064	0,539	0,00017	< 0,00022
25 - 30	0,054	0,047	0,045	0,063	0,575	< 0,00013	< 0,00020
Bandbreite der Messunsicherheit [%]							
	12 - 15	13 - 18	14 - 20	10	6,1 – 6,2	6,4 – 83*	-

* Bei den Messwerten einer Tiefe von 0 – 25 cm beträgt die Messunsicherheit etwa 6 – 7%, beim Messwert einer Tiefe von 25 – 30 cm beträgt sie 83%.

3.2.2.4. Sickerwasser

Die Ergebnisse der Analysen von Sickerwasser aus verschiedenen Bereichen der Deponie sind in Tabelle 3-10 dargestellt.

Tabelle 3-10: Sickerwasseranalysen – Deponie BURGHOF

Radionuklid	Bandbreite der Aktivitätskonzentration [Bq/l]		Messunsicherheit [%]
	Sickerwasser aus Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle	Sickerwasser aus Deponiebereichen ohne Ablagerung freigegebener Abfälle	
H-3	2,1 – 12,5	< 1,8	8,5 - 29
U-238	0,0054 – 0,196	0,127	5,1 – 6,2
U-234	0,0069 – 0,235	0,160	8,3 – 21
U-235	0,000241 – 0,0090	0,0059	5,7 – 6,9
Th-228	0,021 – 0,025	0,031	14 – 31
Ra-226	< 0,19 – 0,15	< 0,12	34
K-40	7,9 – 20,9	17,1	8,0 – 8,7
Cs-137	0,043 – 0,13	< 0,0072	18 – 25
Verhältnis U-234/U-238	1,20 – 1,28	1,26	-
Verhältnis U-235/U-238	0,045 – 0,046	0,046	-
Gesamt-Alpha	< 0,21 – 0,76	0,39	25 – 31
Gesamt-Beta	13 - 26	17	20
Th-230	< 1,4 - < 2,4	< 1,9	-
Ra-228	< 0,051 - < 0,058	< 0,035	-
Pb-210	< 0,14 - < 0,38	< 0,31	-

3.2.2.5. Wasser der Tiefendrainage

Die Tritium-Aktivität im Wasser der Tiefendrainage betrug 0,53 Bq/l bei einer Messunsicherheit des Messwerts von 13 %.

3.3. Bewertung der Ergebnisse der Messungen und Untersuchungen

Die messbare Strahlung oberhalb der eingelagerten freigegebenen Abfälle hängt davon ab, wieviel anderer Abfall bis zur Messung bereits darüber abgelagert wurde. Die Aktivität im Sickerwasser wird davon beeinflusst, wieviel Abfall sich bereits zwischen der Sickerwasserfassung und dem freigegebenen Abfall befand, als dieser abgelagert wurde. Für die Bewertung der Messergebnisse ist neben den im Messkonzept (siehe Anhang 1) angegebenen Aktivität einzelner Radionuklide in den Abfällen daher auch relevant, wie weit sich die Abfälle oberhalb der Sickerwasserfassung befinden

und im Oktober 2016 unterhalb der Oberfläche der Deponie befunden haben. Hierzu wurden Daten von der AVL GmbH zur Verfügung gestellt (siehe Tabelle 3-11).

Tabelle 3-11: Position der freigegebenen Abfälle im Höhenprofil der Deponien

Ablagerungspunkt	Abstand zwischen Sickerwasserfassung und freigegebenem Abfall [m]	Abstand zwischen tiefst gelegenen freigegebenem Abfall und Deponieoberfläche [m]
Deponie AM FROSCHGRABEN		
1	19,1	0,61
2	15,2	4,42
3	5,88	4,58
4	9,1	2,49
Deponie BURGHOF		
1	22,96	7,41
2	17,94	20,2
3	12,81	11,9

Die Werte der Spalte 2 in Tabelle 3-11 (Abstand zwischen Sickerwasserfassung und freigegebenem Abfall) entsprechen der Abfallschicht, die Sickerwasser, nachdem es durch die freigegebenen Abfälle kontaminiert worden sein kann, bis zur Fassung des Sickerwassers durchlaufen muss. Die Werte der Spalte 3 (Abstand zwischen tiefst gelegenen freigegebenem Abfall und Deponieoberfläche) entsprechen der Summe der Schichthöhe freigegebenen Abfalls und der darüber bis zum Zeitpunkt der hier behandelten Messungen (Oktober 2016) abgelagerten sonstigen Abfälle.

3.3.1. Ortsdosisleistung und Gamma-Spektrum

Sowohl bei der Deponie AM FROSCHGRABEN als auch bei der Deponie BURGHOF sind die oberhalb der Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle gemessenen Ortsdosisleistungen geringer als im Umfeld der jeweiligen Deponie. Die höchsten Ortsdosisleistungen wurden auf dem Schlosshof (Marktplatz) in Schwieberdingen gemessen. Die Ergebnisse der Gammaskopimetrie zeigen bei beiden Deponien höhere Konzentrationen der Radionuklide der Zerfallsreihen von Uran-238, Thorium-232 und Kalium-40 im umgebenden Boden gegenüber den Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle. Am Schlosshof liegt vor allem eine hohe Konzentration der Radionuklide der Zerfallsreihe von Uran-238 sowie von Kalium-40 vor. Aus den gammaskopimetrisch ermittelten Werten wurde auch die Ortsdosisleistung rechnerisch abgeschätzt und es ergab sich eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen Ortsdosisleistungen. Die vorangehend genannten Radionuklide sind also als Ursache der außerhalb der Deponie höheren Ortsdosisleistung anzusehen. Künstliche Radionuklide wie Kobalt-60 und Cäsium-137 konnten nicht nachgewiesen werden, so dass diese auch für die Ortsdosisleistung keine Rolle spielen.

Eine messbar erhöhte Ortsdosisleistung war auf den Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle nicht zu erwarten. An allen Ablagerungspunkten freigegebener Abfälle liegt eine Abdeckung mit anderen Abfällen vor. Dadurch wird die Strahlung je nach Mächtigkeit der Abdeckung (siehe Tabel-

le 3-11) deutlich bis praktisch vollständig abgeschirmt. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass die freigegebenen Abfälle nur zu einem geringen Anteil Radionuklide enthalten haben, die hochenergetische Gammastrahlung aussenden.

Die generell niedrigere Ortsdosisleistung auf den Ablagerungsflächen freigegebener Abfälle gegenüber dem Umfeld der Deponie erklärt sich daraus, dass die deponierten Abfälle im allgemeinen eine geringere Konzentration an natürlichen Radionukliden aufweisen als die natürlichen Böden. In Anlage 1 des Messkonzepts (siehe Anhang 1) wurden die Gehalte von Abfällen verschiedener Abfallschlüsselnummern an Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihen und von Kalium-40 geschätzt und daraus eine Aktivitätsbilanz für die Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF erstellt. Als mittlere Konzentrationen in den deponierten Abfällen ergeben sich nach dieser Bilanz Werte, die unter Berücksichtigung der geringen Stichprobenzahl mit den gemessenen Werten gut verträglich sind (siehe Tabelle 3-12).

Tabelle 3-12: Vergleich der mittleren bilanzierten Aktivität natürlicher Radionuklide im Abfall mit den Messwerten

Radionuklid	Mittelwert der Aktivitätsbilanz [Bq/g Trockenmasse]	Bandbreite und Mittelwert (in Klammern) der Messwerte [Bq/kg Trockenmasse]
Deponie AM FROSCHGRABEN		
U-238	0,042	0,030 – 0,048 (0,034)
Th-232	0,040	0,017 – 0,046 (0,033)
K-40	0,42	0,240 – 0,614 (0,436)
Deponie BURGHOF		
U-238	0,042	0,024 – 0,038 (0,029)
Th-232	0,036	0,021 – 0,037 (0,028)
K-40	0,30	0,325 – 0,688 (0,450)

Bei den Böden im Umfeld handelt es sich gemäß der bodenkundlichen Kurzbewertung der Messberichte um überwiegend schluffiges Material mit an der Deponie AM FROSCHGRABEN stark tonigen Bestandteilen und mit an der Deponie BURGHOF tonigen und sandigen Bestandteilen. Ein Vergleich der Messwerte mit Werten, die für natürliche Radionuklide in verschiedenen Böden, Ton, Sand etc. im Jahresbericht 2014 „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“¹⁴ des Bundesumweltministeriums aufgelistet sind, zeigt, dass die gemessenen Werte in einem natürlichen Bereich liegen.

Der Schlosshof (Marktplatz) in Schwieberdingen ist gepflastert. Sowohl Pflastersteine aus natürlichem Gestein als auch solche aus Schlacken weisen oft erhöhte Gehalte an natürlichen Radionuk-

¹⁴ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung – Jahresbericht 2014. Fassung vom 18.10.2016, S. 157 und S. 168ff; Download unter <http://www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/atomenergie-strahlenschutz-download/artikel/umweltradioaktivitaet-und-strahlenbelastung-jahresbericht-2014-gesamtbericht/>

liden auf¹⁵. Ein Aufenthalt von im Jahresmittel 1,4 Stunden pro Tag auf dem Schlosshof würde bereits zu einer zusätzlichen Dosis von 10 µSv im Jahr gegenüber einem Aufenthalt auf Böden im Umfeld der Deponie führen. Dabei ist noch kein Aufenthalt an Stellen mit besonders hoher Ortsdosisleistung auf dem Schlosshof (Stufen zum Brunnen) angenommen.

3.3.2. Bodenprofil

Im Folgenden sind für die Bodenproben aus dem Umfeld der Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOFF die Aktivitäten pro Masse (Trockenmasse – TM) für Radionuklide aus den natürlichen Zerfallsreihen graphisch über die Bodentiefe dargestellt. Die in den Messberichten ausgewiesene Messunsicherheit ist dabei als Fehlerbalken aufgenommen. Unterschieden werden

- nachgewiesene Radionuklide der Zerfallsreihe von U-238 (Abbildungen 3-1 und 3-2),
- nachgewiesene Radionuklide der Zerfallsreihe von U-235, wobei es sich hierbei nur um U-235 handelt (Abbildungen 3-3 und 3-4),
- nachgewiesene Radionuklide der Zerfallsreihe von Th-232 (Abbildungen 3-5 und 3-6).

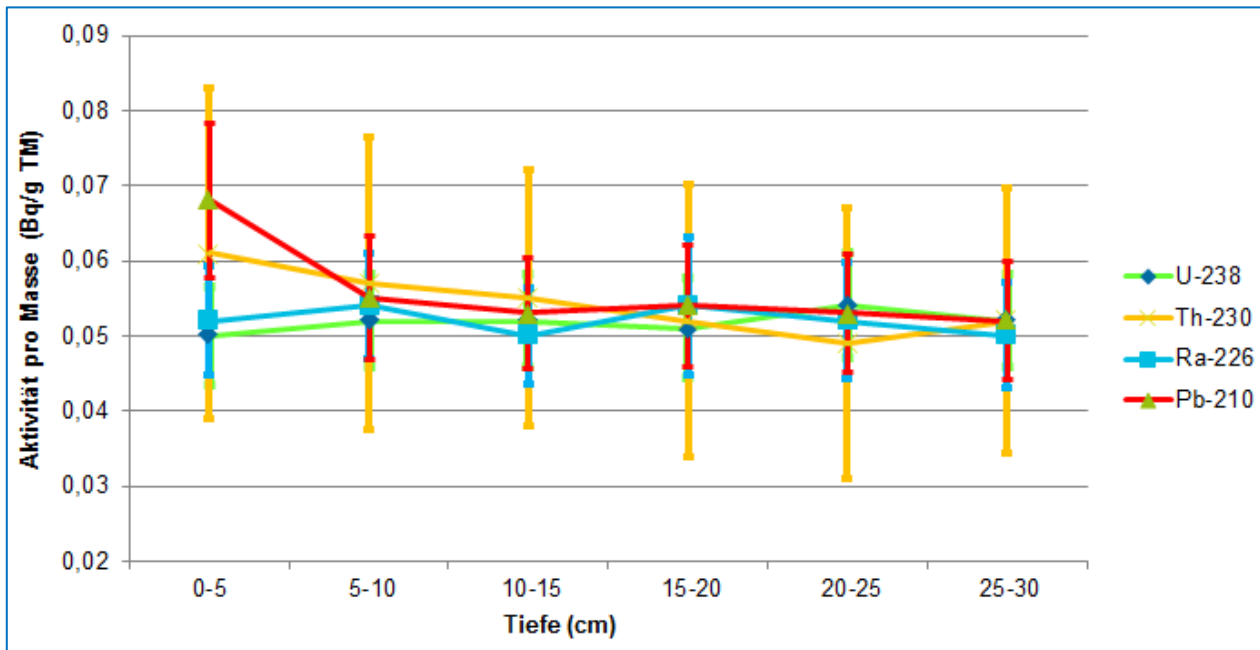


Abbildung 3-1: Bodenprofil für Radionuklide der Zerfallsreihe von U-238 – Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN

¹⁵ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung – Jahresbericht 2014. Fassung vom 18.10.2016, S. 168ff

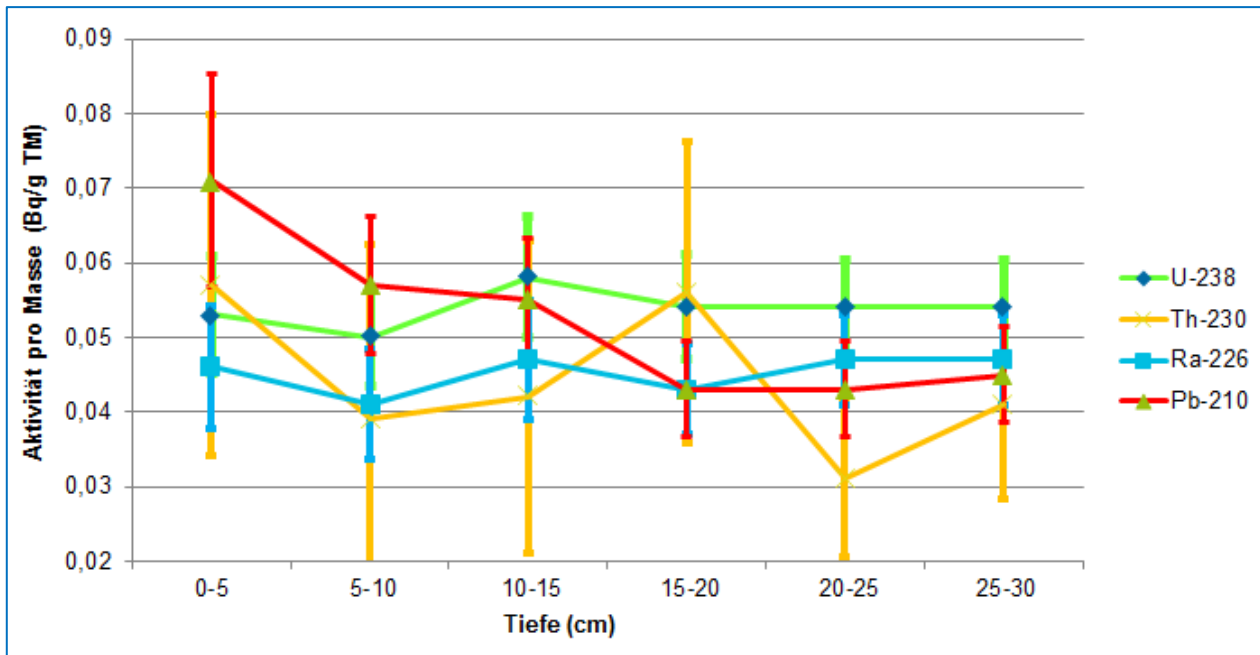


Abbildung 3-2: Bodenprofil für Radionuklide der Zerfallsreihe von U-238 – Umfeld der Deponie BURGHOFF

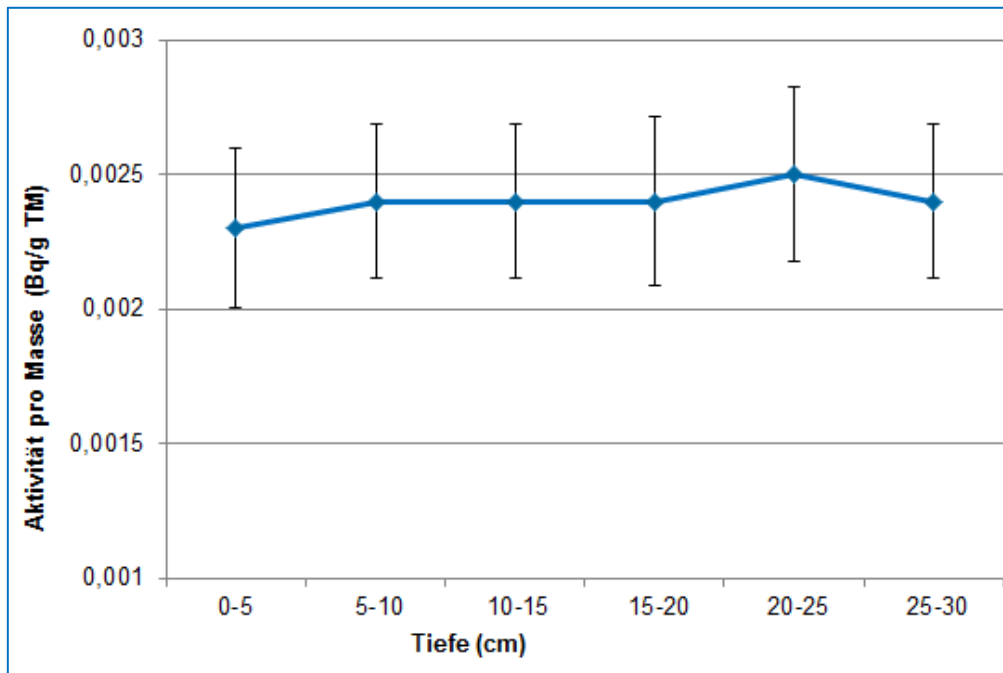


Abbildung 3-3: Bodenprofil für U-235 – Umfeld der Deponie AM FROSCGRABEN

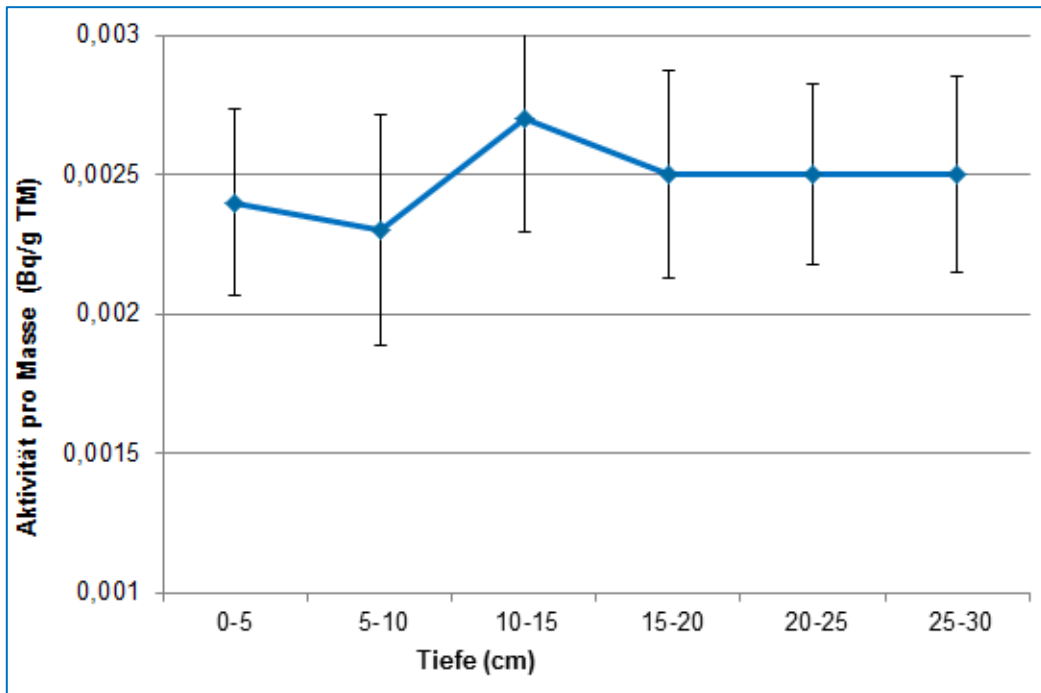


Abbildung 3-4: Bodenprofil für U-235 – Umfeld der Deponie BURGHOF

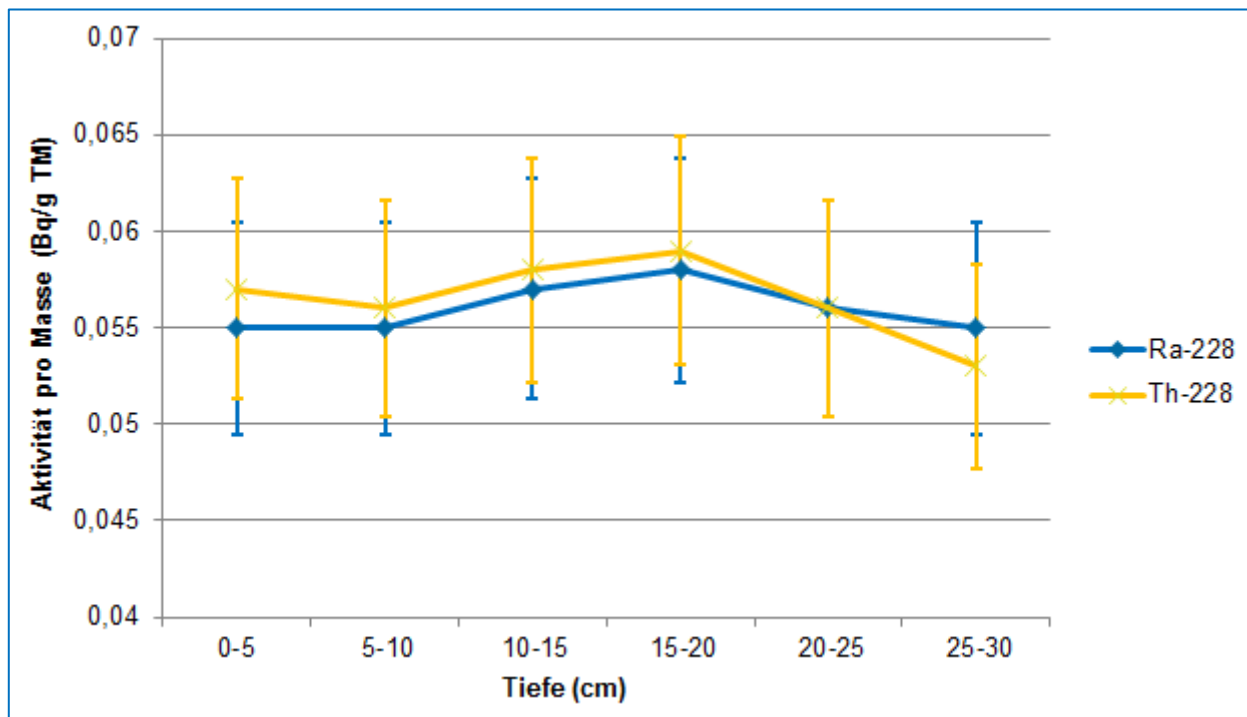


Abbildung 3-5: Bodenprofil für Radionuklide aus der Zerfallsreihe von Th-232 – Umfeld der Deponie AM FROSCGRABEN

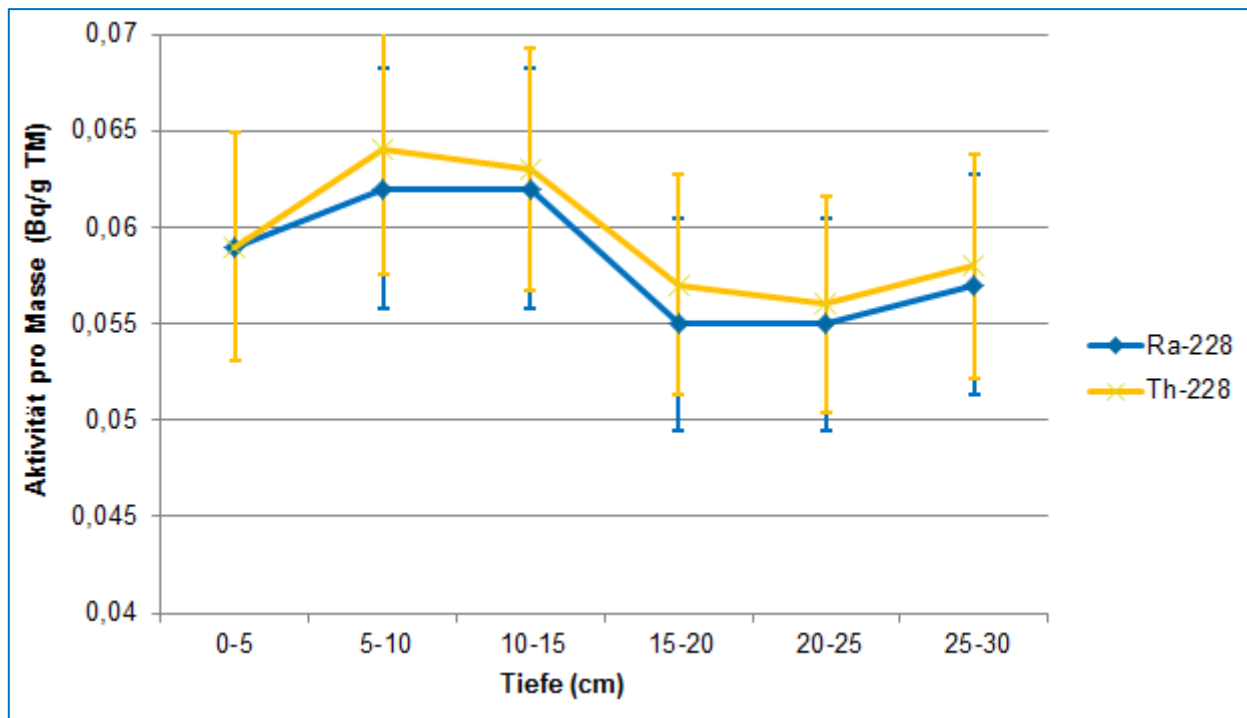


Abbildung 3-6: Bodenprofil für Radionuklide aus der Zerfallsreihe von Th-232 – Umfeld der Deponie BURGHOF

Unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten ist für alle Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen außer Blei-210 der Zerfallsreihe des U-238 kein Trend der massenbezogenen Aktivität im Tiefenprofil erkennbar. Eine an der Bodenoberfläche höhere Aktivität des Blei-210 ist nicht ungewöhnlich. Radium-226 zerfällt im Boden zu Radon-222, das als Edelgas aus dem Boden entweichen kann. In der bodennahen Luft entsteht dann beim radioaktiven Zerfall unter anderem Blei-210, das sich auf der Bodenoberfläche ablagert.

In den Abbildungen 3-7 und 3-8 ist die massenbezogene Aktivität von Kalium-40 der Bodenproben aus dem Umfeld der Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF über die Bodentiefe einschließlich der in den Messberichten ausgewiesenen Messunsicherheiten dargestellt.

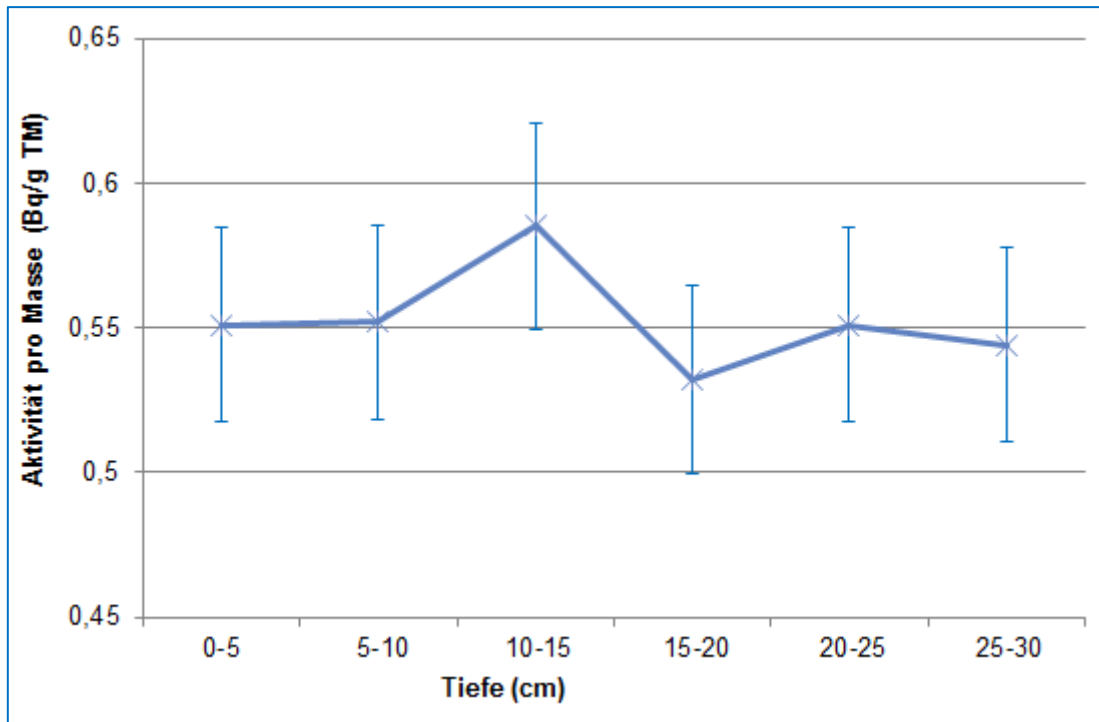


Abbildung 3-7: Bodenprofil für K-40 – Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN

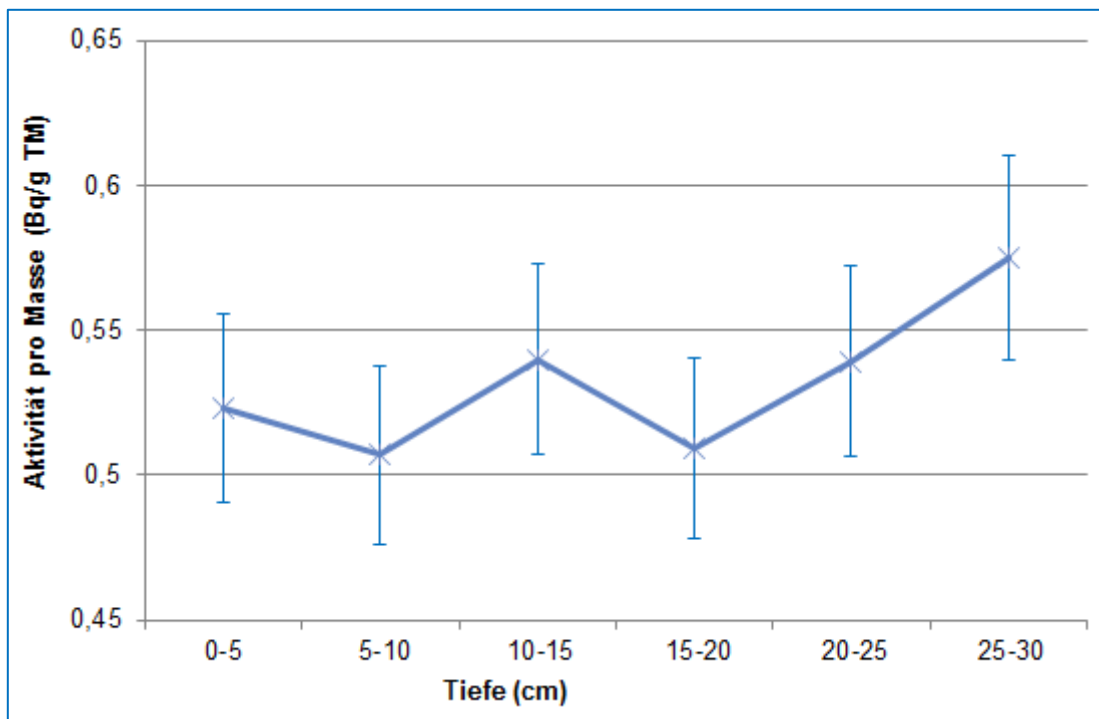


Abbildung 3-8: Bodenprofil für K-40 – Umfeld der Deponie BURGHOF

Unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten ist auch für K-40 kein deutlicher Trend der massenbezogenen Aktivität im Tiefenprofil erkennbar.

In den Abbildungen 3-9 und 3-10 ist die massenbezogene Aktivität von Cäsium-137 der Bodenproben aus dem Umfeld der Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF einschließlich der in den Messberichten ausgewiesenen Messunsicherheiten über die Bodentiefe dargestellt.

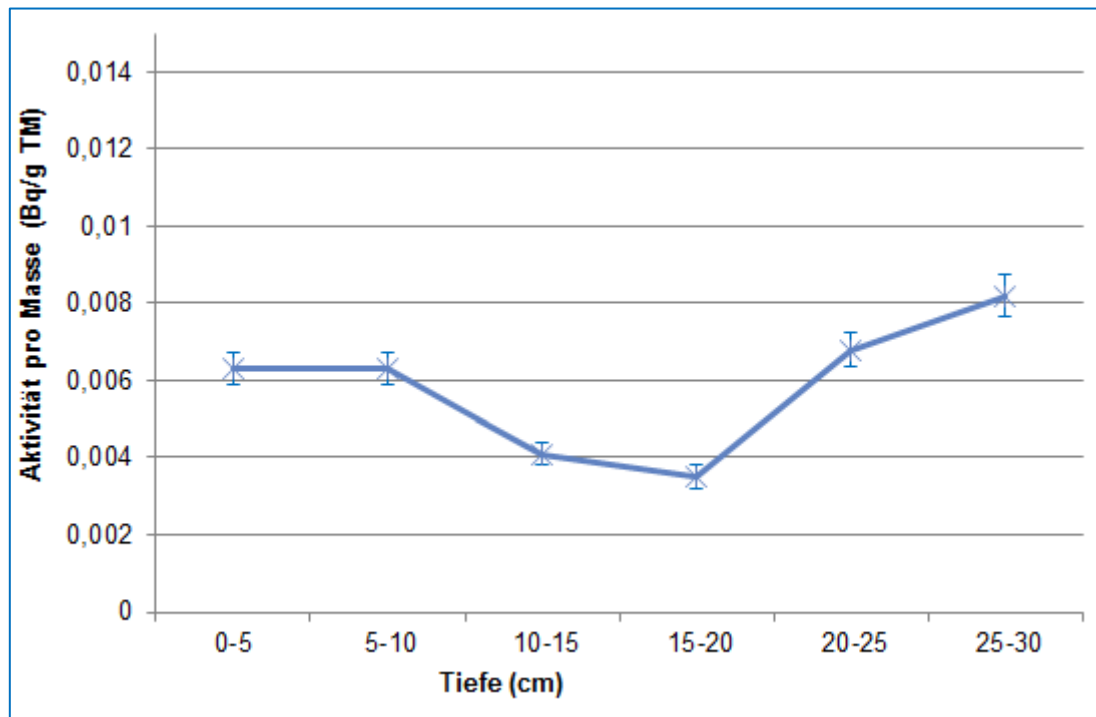


Abbildung 3-9: Bodenprofil für Cs-137 – Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN

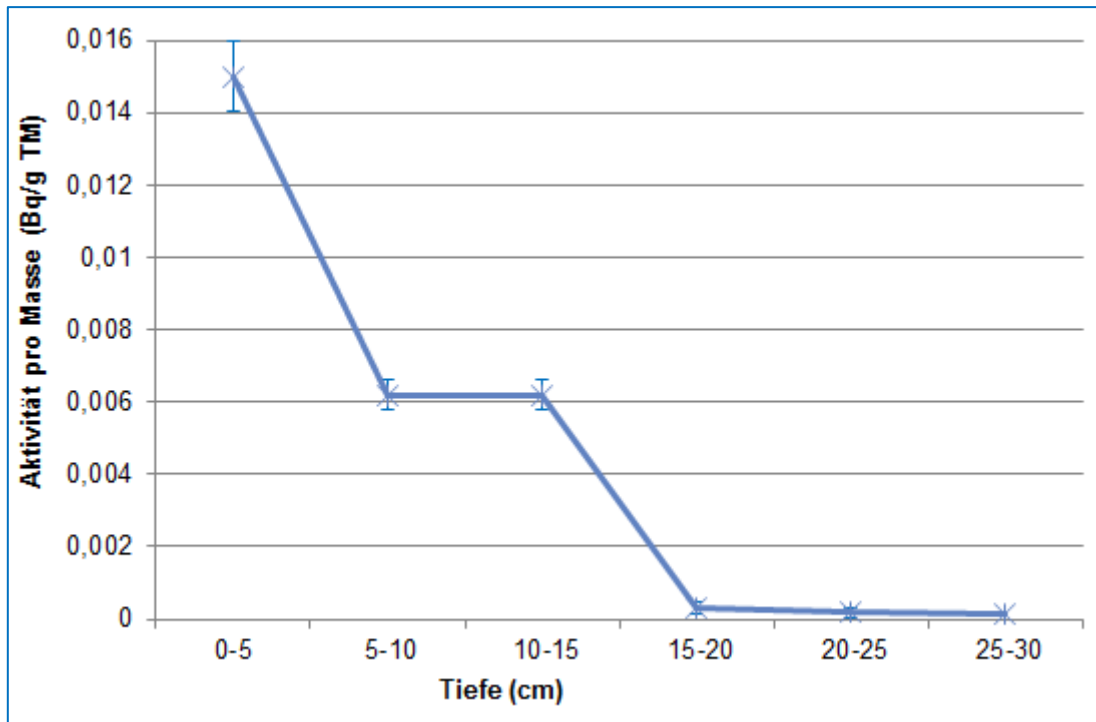


Abbildung 3-10: Bodenprofil für Cs-137 – Umfeld der Deponie BURGHOF

Der Verlauf der Aktivitätskonzentration über die Bodentiefe zeigt einen deutlichen und bei den beiden Proben unterschiedlichen Trend. Daher wird ist dieser Befund hier auf der Basis von Messdaten aus der allgemeinen Umweltüberwachung bewertet.

Im Jahresbericht 2014 „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“¹⁶ werden mittlere und maximale massenbezogene Aktivitäten von Cäsium-137 in baden-württembergischen Böden aufgeführt. Dabei wird zwischen Weideböden (0 – 10 cm Tiefe) und Ackerböden (0 – 30 cm Tiefe) unterschieden. Für das Jahr 2014 werden Mittelwerte der Messungen von 0,0199 Bq/g TM (Weideböden) und 0,0178 Bq/g TM (Ackerböden) genannt. Im Vergleich weisen die Werte der Bodenprofile des Umfelds der beiden Deponien eine geringere Kontamination auf.

Das aus den oberirdischen Atomwaffentest in den 1950er und 1960er Jahren sowie dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl Cäsium-137 im Jahr 1986 abgelagerte Cäsium-137 hat sich in der Regel nur langsam in tiefere Bodenschichten bewegt. Das Bodenprofil aus dem Umfeld der Deponie BURGHOF ist charakteristisch für einen relativ ungestörten Boden. Eine Umlagerung des Bodens erfolgte gemäß Messbericht im Jahr 1982, also vor dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl. Das Bodenprofil aus dem Umfeld der Deponie AM FROSCHGRABEN stammt von einer benachbarten Fläche im Nordosten und ist mit Gras bewachsen. Im Messbericht wird ausgeführt: „Von einer wesentlichen Veränderung des Bodengefüges in den letzten Jahren ist nach Berücksichtigung aller betrachteten Merkmale nicht auszugehen.“ Das Bodenprofil deutet aber eine Veränderung in weiter zurückliegender Zeit, nach dem Jahr 1986, hin.

Für beide Deponiestandorte ergibt sich insgesamt, dass die Messergebnisse der Bodenprofile keinerlei Hinweise auf einen Aktivitätseintrag zeigen, der von Verwehungen freigegebener Abfälle herrühren könnte.

¹⁶ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung – Jahresbericht 2014. Fassung vom 18.10.2016, Tabellen T II.35 und T II.36

3.3.3. Sickerwasser

Die in Kapitel 3.2 angegebenen Messergebnisse hatten ergeben, dass H-3 im von den Ablageflächen der freigegebenen Karlsruher Abfälle beeinflussten Sickerwasser durchgängig in höherer Konzentration zu finden war als im Sickerwasser anderer Ablagerungsflächen. Für die Deponie BURGHOF trifft dies auch für Cs-137 zu. Zur Bewertung der Messergebnisse werden im Folgenden weitere Messdaten aus der Umweltüberwachung herangezogen.

In Deutschland erfolgt an verschiedenen Hausmülldeponien regelmäßig eine Messung von Radionukliden im Sickerwasser, unabhängig davon, ob auf einer solchen Deponie freigegebene Abfälle abgelagert wurden. Solche Messungen erfolgen auch an der Deponie BURGHOF, ausgeführt durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Die Messungen erfolgen zweimal jährlich am Gesamtsickerwasser, jeweils im April/Mai und Oktober/November. Die Datenreihen für H-3 und Cs-137 der Jahre 1998 bis 2016 wurden dem Öko-Institut von der LUBW zur Verfügung gestellt¹⁷.

Die Daten sind in Abbildung 3-11 für H-3 und Abbildung 3-12 für Cs-137 in ihrem Zeitverlauf 1998 bis 2016 grafisch dargestellt. Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze (6 Stück bei Cs-137) wurden in die Abbildung nicht aufgenommen. Die Messunsicherheit ist jeweils als Fehlerbalken kenntlich gemacht. Die auf der Zeitachse letzte Messung vor der Einlagerung der freigegebenen Karlsruher Abfälle ist gekennzeichnet.

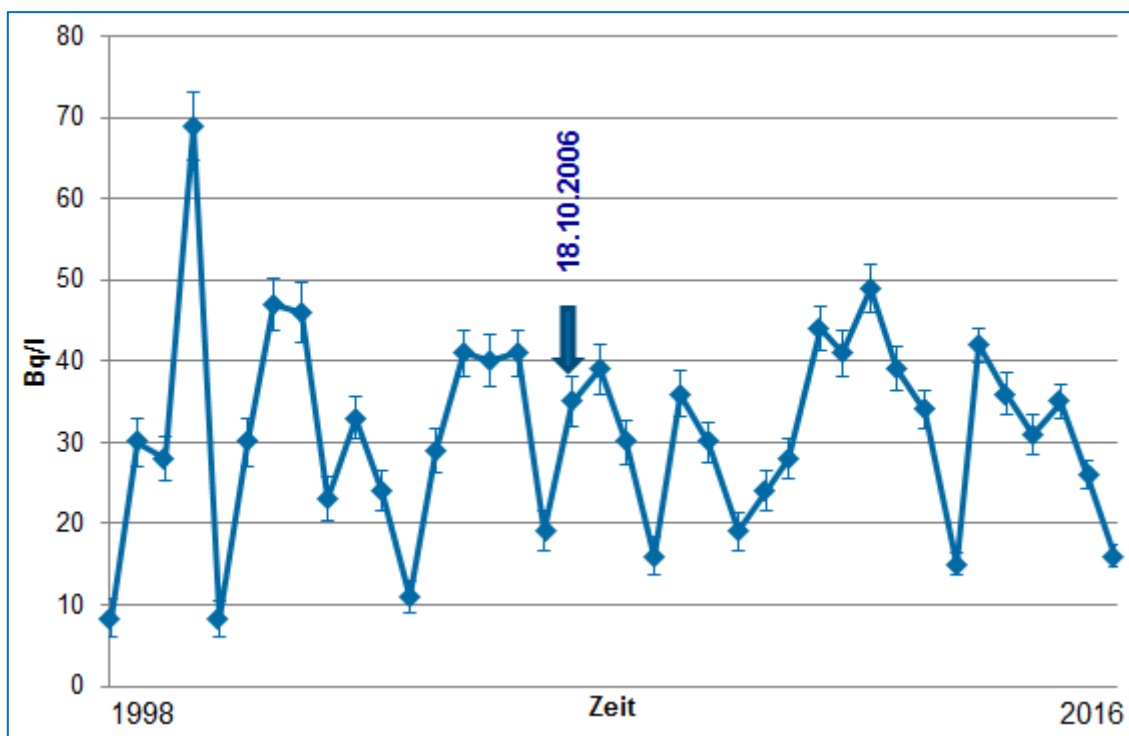


Abbildung 3-11: Sickerwasserkonzentration H-3 – Deponie BURGHOF (Messungen der LUBW, 1998 bis 2016)

¹⁷ 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>

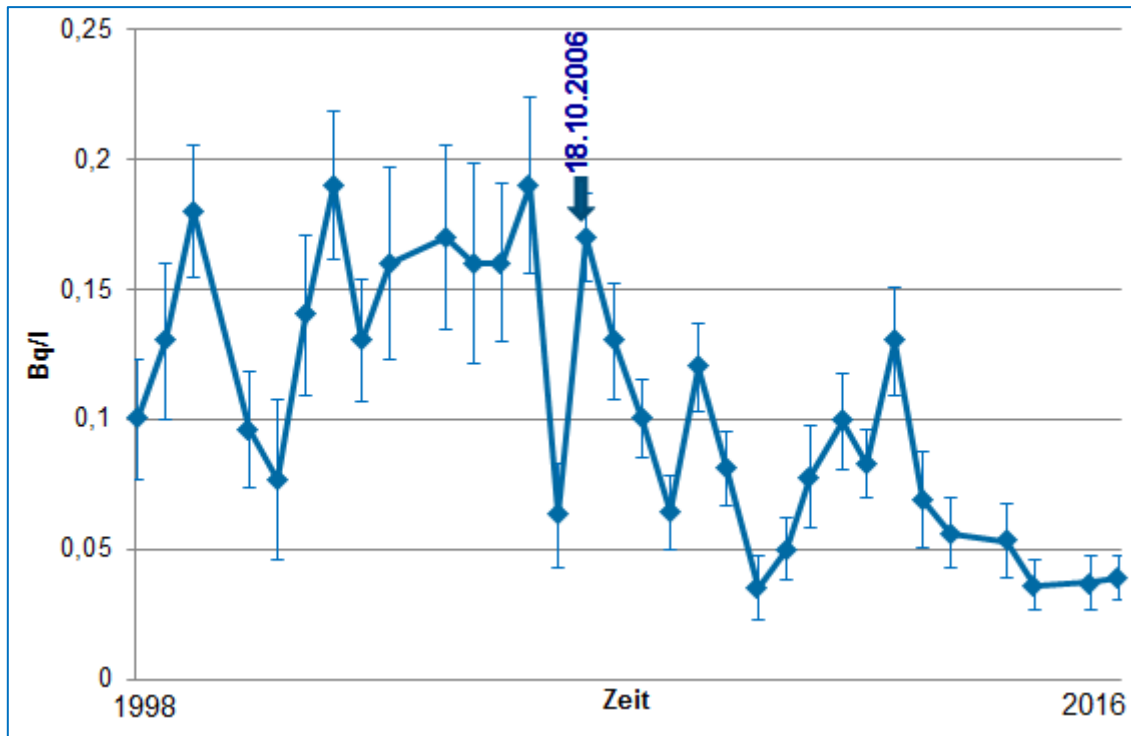


Abbildung 3-12: Sickerwasserkonzentration Cs-137 – Deponie BURGHOF (Messungen der LUBW, 1998 bis 2016)

3.3.3.1. H-3-Messwerte

Die Messwerte an H-3 der hier vorgenommenen Untersuchungen vom Oktober 2016 liegen im unteren Bereich der langjährigen Messwerte an H-3 an der Deponie BURGHOF (siehe Abb. 3-11). Die Messwerte waren zudem im Zeitraum vor einer Einlagerung von zur Beseitigung freigegebenen Abfällen aus dem früheren Kernforschungszentrum Karlsruhe höher als in den letzten Jahren. Auch die Messwerte der Deponie AM FROSCHGRABEN bewegen sich im unteren Bereich der langjährigen H-3-Messwerte im Sickerwasser der Deponie BURGHOF.

In der bundesweiten Überwachung von Sickerwasser von Hausmülldeponien wurde H-3 im Jahr 2014 in 76 % der untersuchten Proben mit Werten zwischen 6,5 Bq/l und 270 Bq/l (2013: 4,3 bis 320 Bq/l) gefunden¹⁸. Auch im Vergleich zu diesen Werten sind die im Oktober 2016 gemessenen Werte an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF unauffällig.

Eine wesentliche Ursache für den Eintrag von H-3 in Deponien ist die Verwendung des H-3 bei der Leuchtfarbenherstellung und in H-3-Gaslichtquellen. Als Ersatz für die nicht mehr verwendeten Radiumhaltigen Leuchtstoffe wurden bis zur Mitte der 1990er Jahre zinksulfidhaltige Farben verwendet, die mit H-3 angereichert waren. Diese Uhren mit tritiumhaltigen Leuchtfarben weisen im Mittel eine Aktivität von 200 - 300 Mio. Bq H-3 je Uhr auf. Seit einigen Jahren verwendet man in neuen Uhren Tritium-Gaslichtquellen. Das sind kleine, mit Tritiumgas gefüllte Glasröhrchen. Die Aktivität frei im Handel erwerbbarer Uhren beträgt bis zu 1 Mrd. Bq¹⁹. Darüber hinaus wird Tritium als Starter für Leuchtstoffröhren verwendet.

¹⁸ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung – Jahresbericht 2014. Fassung vom 18.10.2016, Tabelle T II.83

¹⁹ http://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-alltag/uhren/uhren_node.html

Auffällig bei den Messungen vom Oktober 2016 war, dass H-3 im von den Ablagerungsflächen der Karlsruher Abfälle beeinflussten Sickerwasser durchgängig in höherer Konzentration zu finden war als im Sickerwasser anderer Ablagerungsflächen. Im Vergleich mit anderen Deponien sind die Messwerte allerdings nicht auffällig, insbesondere wurden an der Deponie BURGHOF vor der Ablagerung der Karlsruher Abfälle höhere Konzentrationen an H-3 im Sickerwasser gemessen als im Oktober 2016 (Höchstwert im Jahr 1999). Die insgesamt an H-3 mit den Karlsruher Abfällen abgelagerte Aktivität betrug 22 Mrd. Bq (entsprechend 22 Uhren mit hohem H-3-Gehalt) für die Deponie AM FROSCHGRABEN und 6,4 Mrd. Bq (entsprechend 6,4 Uhren mit hohem H-3-Gehalt) für die Deponie BURGHOF. Es ist daher möglich, dass die im Oktober gemessenen H-3-Werte im Sickerwasser der Deponien nicht mit den Karlsruher Abfällen in Zusammenhang stehen oder nur zu einem geringen Anteil durch diese verursacht sind.

Unabhängig von der Ursache der Kontaminationen lässt sich feststellen, dass die H-3-Konzentrationen in den Sickerwässern radiologisch ohne Bedeutung sind. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung wird durch die Messwerte von Oktober 2016 deutlich unterschritten. Würde ein Erwachsener 100 Liter des Sickerwassers mit der höchsten H-3-Kontamination trinken, so würde diese zu einer Dosis von nur 0,035 μSv führen. Bei einem Säugling würde die Dosis bei gleicher Wassermenge 0,124 μSv betragen. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass das Sickerwasser einer Kläranlage zugeführt und könnte erst nach Vermischung mit einer großen Wassermenge von deren Vorfluter als Trinkwasserquelle dienen.

In der Öffentlichkeit wurde die Befürchtung geäußert, dass das H-3 aus den freigegebenen Karlsruher Abfällen bereits ausgewaschen wurde und früher deutlich höhere Konzentrationen vorgelegen haben könnten, die nun nicht mehr nachweisbar waren. Für die Deponie BURGHOF stehen dem die oben genannten Messwerte der LUBW entgegen. Zur weiteren Absicherung wurde ausgehend von der Position der freigegebenen Abfälle im Abfallkörper (siehe Tabelle 3-11) der mögliche zeitliche Verlauf der Sickerwasserkonzentration abgeschätzt. Hierzu wurde angenommen, dass sich sämtliches H-3 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.

Die sehr niedrigen H-3-Konzentrationen im Wasser des Hummelbrunnens und der Tiefendrainage der Deponie AM BURGHOF zeigen, dass diese Wässer nicht von Sickerwässern der Deponien beeinflusst sind.

3.3.3.2. Cs-137-Messwerte

Die Messwerte des Cs-137 im Deponiesickerwasser der Deponie AM FROSCHGRABEN vom Oktober 2016 sind gemäß den Messreihen des LUBW (siehe Abb. 3-12) an der Deponie BURGHOF verhältnismäßig niedrig. An der Deponie BURGHOF liegen sie in einem üblichen Bereich, wobei frühere Messwerte, vor Einlagerung freigegebener Karlsruher Abfälle, höher waren.

In der bundesweiten Überwachung von Sickerwasser von Hausmülldeponien wurde Cs-137 im Jahr 2014 in 23 von 67 untersuchten Proben mit Werten zwischen 0,01 Bq/l und 1 Bq/l gefunden²⁰. Auch im Vergleich zu diesen Werten sind die im Oktober 2016 gemessenen Werte an den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF unauffällig.

²⁰ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung – Jahresbericht 2014. Fassung vom 18.10.2016, Tabelle T II.83

Das deponierte Cs-137 stammt überwiegend aus dem Fall- und Washout des Kernkraftwerksunfalls in Tschernobyl 1986 sowie den oberirdischen Atomwaffentests der 1950er und 1960er Jahre. Zum Vergleich: Auf einer Fläche der Größe der Deponie BURGHOF ist etwa das 100-fache an Cs-137 durch den Unfall in Tschernobyl durch Fall- und Washout niedergegangen, als dort mit den freigegebenen Karlsruher Abfällen abgelagert wurde.

Unabhängig von der Ursache der Kontaminationen lässt sich feststellen, dass die Cs-137-Konzentrationen in den Sickerwässern radiologisch ohne Bedeutung sind. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung wird durch die Messwerte von Oktober 2016 deutlich unterschritten. Würde ein Erwachsener 100 Liter des Sickerwassers mit der höchsten Cs-137-Kontamination trinken, so würde diese zu einer Dosis von nur 0,17 μSv führen. Bei einem Säugling würde die Dosis bei gleicher Wassermenge 0,27 μSv betragen. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass das Sickerwasser einer Kläranlage zugeführt wird und erst nach Vermischung mit deren Vorfluter als Trinkwasserquelle dienen würde.

3.3.3.3. Messwerte sonstiger Radionuklide

Bei den Messwerten der Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen von U-238 und Th-232 sowie des natürlichen Radionuklids K-40 zeigen sich keine Auffälligkeiten. In der Tendenz sind die Messwerte im von den freigegebenen Karlsruher Abfällen unbeeinflussten Sickerwasser niedriger als die Messwerte im Sickerwasser der Ablagerungsflächen dieser Abfälle. Hier zeigen sich offenbar die Unterschiede im mittleren Gehalt dieser Radionuklide in bestimmten Abfallarten²¹.

Da in den freigegebenen Karlsruher Abfällen auch angereichertes Uran (höherer Anteil an U-235 und U-234 gegenüber U-238 als im Natururan) vorgelegen haben kann, wurden die Isotopenverhältnisse bestimmt. Dabei ergab sich kein Hinweis auf eine Abweichung von der natürlichen Zusammensetzung.

Ein Einfluss der freigegebenen Karlsruher Abfälle auf die Aktivität der Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen von U-238 und Th-232 im Sickerwasser ist daher nicht erkennbar.

²¹ siehe Messkonzept, Anlage 1, Aktivitätsbilanzen der Deponien

4. Unterstützung bei der Öffentlichkeitsarbeit und der Information von Mitarbeitern

Die folgenden Tätigkeiten zur Unterstützung der AVL GmbH bei der Öffentlichkeitsarbeit und der Information von Mitarbeitern sind für das Jahr 2016 zu nennen:

- Verschiedene Einwohnerinnen und Einwohner der Gemeinden an und um die Deponiestandorte haben sich im Jahr 2016 mit Fragen zum Freigabekonzept und speziellen Aspekten der Deponien der AVL GmbH an Mandatsträger, die AVL GmbH oder direkt an das Öko-Institut gewandt. Auf diese Fragen wurde jeweils auf Wunsch der AVL GmbH durch das Öko-Institut per E-Mail oder durch kurze schriftliche Stellungnahmen geantwortet.
- Am 11. Mai 2016 fand eine Informationsveranstaltung für Mitarbeiter der AVL mbH auf der Deponie BURGHOF statt, an der auch auf der Deponie AM FROSCHGRABEN tätige Mitarbeiter der AVL GmbH teilnahmen. Seitens des Öko-Instituts wurden dabei die Hintergründe der Freigabe von radioaktiven Abfällen zur Beseitigung aus dem KKW Neckarwestheim dargestellt. Dabei wurde auf den Zweck der Freigabe, auf das De minimis-Konzept, auf die Regelungen der StrlSchV und auf die Herleitung der Freigabewerte zur Beseitigung auf einer Deponie eingegangen. Außerdem wurde die Handlungsanleitung für die Deponieren in Baden-Württemberg vorgestellt sowie auf die möglichen Dosen für Beschäftigte auf der Deponie und die Möglichkeiten zur Reduzierung der Dosen durch die Beschäftigten selbst eingegangen.
- Am 1. Dezember 2016 fand in Schwieberdingen eine gemeindliche Informationsveranstaltung über die Deponie AM FROSCHGRABEN statt. Seitens des Öko-Instituts wurden auf dieser Veranstaltung die durchgeführten Messungen sowie die Messergebnisse und ihre Bewertung vorgestellt. Außerdem wurden die zukünftige Messungen an der Deponie sowie die zukünftig geplanten Kontrollen Freigaben aus dem KKW Neckarwestheim I vorgestellt.
- Eine ähnliche Informationsveranstaltung fand am 6. Dezember 2016 in Vaihingen-Horrheim, bezogen auf die Deponie BURGHOF statt. Zusätzlich zu den entsprechenden Ausführungen auf der Veranstaltung am 1. Dezember 2016 in Schwieberdingen wurden seitens des Öko-Instituts Zahlen und Faktoren zur Deponie BURGHOF präsentiert und auf Höhe und Wirkung der natürlichen Strahlung eingegangen.
- Die Ergebnisse der strahlenschutztechnischen Untersuchungen auf den Deponien AM FROSCHGRABEN und BURGHOF wurden darüber hinaus seitens des Öko-Instituts in einem Bericht auf der Sitzung des AVL-Aufsichtsrats in Ludwigsburg am 7. Dezember 2016 vorgestellt.

5. Ausblick

Als zukünftige Tätigkeiten des Öko-Instituts in Zusammenhang mit von nach § 29 StrISchV zur Beseitigung freigegebenen Abfällen auf den Deponien der AVL GmbH sind geplant:

- Weitere Analysen von Sickerwasser der Deponien auf Tritium sollen vorgenommen werden, zunächst vierteljährlich, später gegebenenfalls in längeren Zeitabständen. Diese sollen im Hinblick auf möglicherweise erkennbare Trends bewertet 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 wird bisher von einem Zeitraum der Tätigkeiten des Öko-Instituts über fünf Jahre (1.2.2016 bis 30.4.2021) 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.