



**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

# Deckblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite: I
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	65140000	LH	RB	0003	00	Stand: 30.08.2017

**Titel der Unterlage:**  
**UNTERSUCHUNG VON FILTEREINHEITEN DER MAW-ABLUFTFILTERANLAGE AUF  
 RADIOAKTIVITÄT**

**Ersteller:**  
 IAF RADIOÖKOLOGIE GMBH

**Stempelfeld:**

bergrechtlich verantwortliche Person:  _____ Datum und Unterschrift	atomrechtlich verantwortliche Person:  _____ Datum und Unterschrift	Projektleitung:  _____ Datum und Unterschrift	Freigabe zur Anwendung:  _____ Datum und Unterschrift
---	---	--	--

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der BGE.



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# Revisionsblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: II
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	65140000	LH	RB	0003	00	Stand: 30.08.2017

Titel der Unterlage:  
UNTERSUCHUNG VON FILTEREINHEITEN DER MAW-ABLUFFFILTERANLAGE AUF  
RADIOAKTIVITÄT

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer	Rev. Seite	Kat.*	Erläuterung der Revision
00	30.08.2017	SE 6.1		-	-	Erstellung der Unterlage.

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
Kategorie S = substantielle Änderung  
mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



PT044282

Stand: 30.08.2017

Blatt: 1

**DECKBLATT**

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

Kurtzitel der Unterlage:

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität

Ersteller / Unterschrift:

IAF - Radioökologie GmbH

Prüfer / Unterschrift:

Titel der Unterlage:

**Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität****Teilberichte:****Konzept zur Beprobung (Teilbericht 1)****Beprobung und Analyse Vor- und Hauptfilter 2013 (Teilbericht 2)****Beprobung und Analyse Vor- und Hauptfilter 2016 (Teilbericht 3)****Beprobung und Analyse Vor- und Hauptfilter 2017 (Teilbericht 4)**

Freigabevermerk:

## Freigabedurchlauf

Fachbereich: Strahlenschutz	Stabsstelle Qualitätsmanagement:	Endfreigabe: Geschäftsführung Asse-GmbH
Datum: <i>06. 09. 2017</i>	Datum: <b>15. SEP. 2017</b>	Datum: <b>18. 09. 17</b>
Name:	Name:	Name:
Unterschrift	Unterschrift	Unterschrift

# REVISIONSBLATT

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

Kurztitel der Unterlage:

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität

Rev	Revisionsstand Datum	Verantwrtl. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	30.08.2017	TSS		-	Ersterstellung

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur, Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung, Kategorie S = substantielle Änderung. Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 3
--	----------

## Inhaltsverzeichnis

Blatt

Deckblatt .....	1
Revisionsblatt .....	2a
Inhaltsverzeichnis .....	3
Freigabeblatt .....	8
1 Einleitung .....	9
2 Teilbericht 1 - Beprobung eines kontaminationsfreien Hauptfilterelements .....	11
2.1 Zusammenfassung der Filtercharakteristika .....	11
2.2 Ergebnis der Radionuklidanalyse .....	12
2.3 Fotodokumentation über die Probenahme im MAW-Hauptfilter .....	13
3 Teilbericht 2 - Untersuchung des Vor- und Hauptfilters der Betriebszeit 2008 – 2013 .....	18
3.1 Vorbemerkung zur Untersuchung des Vor- und Hauptfilters .....	18
3.2 Untersuchungsergebnisse .....	21
3.2.1 Vorbemerkung .....	21
3.2.2 Vorfilter aus dem Jahr 2013 .....	21
3.2.3 Hauptfilter aus dem Jahr 2013 .....	26
3.2.4 Vergleich der auf Vor- und Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten .....	31
3.2.5 Abgelagerte Gesamtaktivitäten auf den Filtern und die daraus abgeleiteten mittleren Aktivitätskonzentrationen in der MAW-Kammer .....	33
4 Teilbericht 3 - Untersuchung des Vor- und Hauptfilters der Betriebszeit 2013 – 2016 .....	35
4.1 Vorbemerkung zur Untersuchung des Vor- und Hauptfilters .....	35
4.2 Untersuchungsergebnisse .....	36
4.2.1 Vorfilter 2016 .....	36
4.2.2 Hauptfilter 2016 .....	40
4.2.3 Vergleich der auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten .....	47
4.2.4 Abgelagerte Gesamtaktivitäten auf den Filtern und die daraus abgeleiteten mittleren Aktivitätskonzentrationen in der MAW-Kammer .....	50
5 Teilbericht 4 - Untersuchung des Vor- und Hauptfilters der Betriebszeit 2016 – 2017 .....	51
5.1 Vorbemerkung zur Untersuchung des Vor- und Hauptfilters .....	51
5.2 Untersuchungsergebnisse .....	52
5.2.1 Vorfilter 2017 .....	52
5.2.2 Hauptfilter 2017 .....	57
5.2.3 Abgelagerten Gesamtaktivitäten auf den Filtern (Betriebszeit 2016 - 2017) .....	62
5.2.4 Abgelagerte Gesamtaktivitäten auf den Filtern und die daraus abgeleiteten mittleren Aktivitätskonzentrationen in der MAW-Kammer .....	64
6 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen .....	66
7 Literaturverzeichnis .....	70

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung der Sammelzeiträume und Luftvolumina der in 2013, 2016 und 2017 getauschten Vor- und Hauptfilter der MAW-Abluftfilteranlage .....	9
Tabelle 2: Zusammenfassung der Filtercharakteristika .....	12
Tabelle 3: Untergrundaktivitäten der Stützelemente und des Filtermaterials eines kontaminationsfreien MAW-Hauptfilters sowie der Aerosolfilter vom Typ Whatman GF6, benutzt bei der Asse-GmbH, zum Vergleich .....	12
Tabelle 4: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2013 .....	22
Tabelle 5: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse der Probe 1 (s. Tabelle 4) einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2013 .....	23
Tabelle 6: Abschätzung der Gesamtaktivität für den Vorfilter (Betriebszeit: 13.02.2008 - 17.04.2013) zum Zeitpunkt 08.03.2017, unterteilt in die helle und dunkle Lage.	

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00


  
ASSE  
QUALITÄTSSYSTEME  
VERBUNDENES PERSÖNLICHES

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 4
--	----------

Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.....	23
Tabelle 7: Abschätzung der Gesamtaktivität sowie der spezifischen Aktivität für den Vorfilter (beide Lagen gemeinsam, Betriebszeit: 13.02.2008 - 17.04.2013) zum Zeitpunkt 08.03.2017. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.....	25
Tabelle 8: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2013 .....	27
Tabelle 9: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse des oberen Drittels einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2013 .....	28
Tabelle 10: Berechnete Gesamtaktivitäten des Hauptfilters aus dem Jahr 2013 für ausgewählte Radionuklide aus der gamma- und alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse ausgehend von verschiedenen Teilproben. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.....	28
Tabelle 11: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Hauptfilter (Betriebszeit: 13.02.2008 - 17.04.2013) zum Zeitpunkt 08.03.2017. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	30
Tabelle 12: Ergebnisse der Radionuklidanalyse von Teilprobe 4 ( $\alpha$ : Alphaspektrometrie, $\gamma$ : Gammaspektrometrie, (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) s. Bericht [1]), Angabe in Bq pro Probe .....	36
Tabelle 13: Ergebnisse der Radionuklidanalyse von Teilprobe 4 ( $\alpha$ : Alphaspektrometrie, $\gamma$ : Gammaspektrometrie, (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) s. Bericht [1]), Angabe in Bq/g.....	37
Tabelle 14: Ergebnisse der Analyse von Teilprobe 4 auf Pb-210 und Po-210 mittels Betamessung und Alphaspektrometrie (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016), Angaben in Bq .....	38
Tabelle 15: Ergebnisse der Analyse von Teilprobe 4 auf Pb-210 und Po-210 mittels Betamessung und Alphaspektrometrie (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016), Angaben in Bq/g .....	38
Tabelle 16: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Vorfilter (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) zum Zeitpunkt 29.11.2016 .....	39
Tabelle 17: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2016, Angabe in Bq.....	41
Tabelle 18: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2016, Angabe in Bq/g.....	42
Tabelle 19: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2016 (Betriebszeit 2013 - 2016), Angabe in Bq....	43
Tabelle 20: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2016 (Betriebszeit 2013 - 2016), Angabe in Bq/g .....	43
Tabelle 21: Ergebnisse der Analyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2016 auf Pb-210 und Po-210 mittels Betamessung und Alphaspektrometrie (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016), Angabe in Bq .....	43
Tabelle 22: Ergebnisse der Analyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2016 auf Pb-210 und Po-210 mittels Betamessung und Alphaspektrometrie (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016), Angabe in Bq/g.....	44
Tabelle 23: Berechnete Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2016 (Betriebszeit 2013 - 2016) für ausgewählte Radionuklide. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	44
Tabelle 24: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Hauptfilter (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) zum Zeitpunkt 17.05.2017 .....	46
Tabelle 25: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017), Angaben in Bq. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	52
Tabelle 26: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 -	

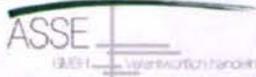
Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 5

14.03.2017), Angaben in Bq/g. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	53
Tabelle 27: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017), Angaben in Bq. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	54
Tabelle 28: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017), Angaben in Bq/g. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	54
Tabelle 29: Abschätzung der Gesamtaktivität für den Vorfilter ausgehend von einzelnen Komponenten (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017) zum Zeitpunkt 24.05.2017.	55
Tabelle 30: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Vorfilter (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017) zum Zeitpunkt 24.05.2017	56
Tabelle 31: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2017, Angaben in Bq. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	58
Tabelle 32: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2017, Angaben in Bq/g. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	59
Tabelle 33: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeit 2016 - 2017), Angaben in Bq. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	60
Tabelle 34: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeit 2016 - 2017), Angaben in Bq/g. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	60
Tabelle 35: Berechnete Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeit 2016 - 2017) für ausgewählte Radionuklide. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet. ....	61
Tabelle 36: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Hauptfilter (Betriebszeit: 25.05.2016 - 14.03.2017) zum Zeitpunkt 24.05.2017	62
Tabelle 37: Überblick über die auf den Filtern abgelagerten Gesamtaktivitäten relevanter Radionuklide (obere Tabelle) und die jeweils aus den Gesamtaktivitäten berechneten Aktivitätskonzentrationen in der Luft der MAW Kammer (untere Tabelle).....	66

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizzenhafte Anordnung von Filtermaterial und Stützelementen im Filterelement. In blau sind die Stützelemente gezeichnet, in orange das um diese gelegte Filtermaterial. Die roten Pfeile geben die Strömungsrichtung der Luft durch den Filter an. ....	11
Abbildung 2: Gesamtansicht des inaktiven Filterelements. Die blauen Pfeile geben die Strömungsrichtung durch den Filter an. ....	13
Abbildung 3: Die Schrauben am Filterelement wurden gelöst.....	13
Abbildung 4: Das Filterelement wurde um 90° gedreht. Anschließend wurde das Seitenteil angehoben. Die Stützelemente und das darum gewickelte Filtermaterial werden deutlich sichtbar.....	14
Abbildung 5: Filterelement mit abgenommenem Seitenteil , oberste Lage	14
Abbildung 6: Die Stützelemente und das Filtermaterial sind fest am Holzrahmen angeklebt. Die einzelnen Lagen der Stützelemente und des Filtermaterials sind gut erkennbar	15
Abbildung 7: Sowohl Stützelemente als auch das Filtermaterial können mit einem Cutter vom Holzrahmen gelöst werden.....	15

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNN	Thema NNA	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 6
--	----------

Abbildung 8: Detailansicht des Filterelements mit vom Holzrahmen gelöstem Stützelement und Filtermaterial.....	16
Abbildung 9: Zur Entnahme von Teilproben wurde der Filter in drei Bereiche von je 48 Lagen unterteilt. In schwarz sind die entsprechenden Bereiche eingezeichnet. Diese wurden aus dem Filterelement ausgeschnitten. Aus der Mitte des separierten Bereiches wurde jeweils eine Teilprobe für die Analyse entnommen. Die Größe der Teilprobe richtet sich u.a. nach der Aktivität auf dem Filtermaterial. Der Rest des Bereichs wird als Rückstellmuster aufbewahrt. ....	16
Abbildung 10: Filterelement nach der Entnahme des oberen Bereichs, es wurde eine Rückstellprobe und eine zu analysierende Teilprobe gebildet. ....	17
Abbildung 11: Die Teilprobe wurde zur weiteren Analyse in einen Kunststoffcontainer eingelagert. Am Ende der Beprobung werden 3 solche Container erhalten. ....	17
Abbildung 12: Foto des Filters, wobei eine Probe bereits entnommen ist. Die helle (obere Vlieslage) und die untere dunkle Vlieslage sind gekennzeichnet.....	18
Abbildung 13: Doppelfilterlage aus der Mitte des Hauptfilters .....	19
Abbildung 14: Ansicht der Filterlagen .....	20
Abbildung 15: Hauptfilter nach der Probenahme .....	20
Abbildung 16: Abgeschätzte Gesamtaktivität für den Vorfilter aus der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)), unterteilt nach heller und dunkler Lage. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, ist dies mit Pfeilen symbolisiert. Die Gesamtaktivitäten sind entsprechend mit „<“ gekennzeichnet. ....	24
Abbildung 17: Berechnete Gesamtaktivitäten des Vorfilters für ausgewählte Radionuklide aus der gamma- und alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)). Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, ist dies mit Pfeilen symbolisiert. Die Gesamtaktivitäten sind entsprechend mit „<“ gekennzeichnet. ....	25
Abbildung 18: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage) ) für ausgewählte Radionuklide aus der gamma- und alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse. ....	29
Abbildung 19: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)) für ausgewählte Radionuklide aus der gamma- und alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse (s.a. Abbildungen 17 und 18). Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, ist dies mit Pfeilen symbolisiert. Die Gesamtaktivitäten sind entsprechend mit „<“ gekennzeichnet. ....	31
Abbildung 20: Berechneten Aktivitätsverhältnisse der auf dem Vor- und Hauptfilter (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)) abgeschiedenen Gesamtaktivitäten. ....	32
Abbildung 21: Berechnete Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 zu Pu-239/240 der Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013. ....	32
Abbildung 22: Berechneten Gesamtaktivitäten der auf dem Vor- und Hauptfilter (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)) abgeschiedenen Aktivitäten und auf den Sammelzeitpunkt zurückgerechnete Aktivitäten .....	33
Abbildung 23: Berechnete Aktivitätskonzentration relevanter Radionuklide in der der MAW-Kammer (Sammelzeitraum 2008 - 2013, 1890 Tage) und Ergebnisse von direkten Messungen in der MAW Kammer [4] vom Mai 2008 (Sammelzeitraum 14 Tage).....	34
Abbildung 24: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahre 2016 (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) für ausgewählte Radionuklide... 40	40
Abbildung 25: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahre 2016 (Betriebszeit 2013 - 2016) für ausgewählte Radionuklide. ....	45
Abbildung 26: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters (Betriebszeit 2013 - 2016) für ausgewählte Radionuklide .....	47
Abbildung 27: Berechneten Aktivitätsverhältnisse der auf dem Vor- und Hauptfilter abgeschiedenen Gesamtaktivitäten der Filter aus dem Zeitraum 2013 - 2016. ....	48
Abbildung 28: Berechnete Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 zu Pu-239/240 der Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013 und 2016. . 49	49
Abbildung 29: Berechnete Aktivitätskonzentration relevanter Radionuklide in der MAW-Kammer für die Betriebszeiträume 2008 - 2013 (vgl. Abbildung 23) sowie 2013 - 2016. ....	50

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 7
--	----------

Abbildung 30: Foto des Vorfilters (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017, 293 Tage).....	51
Abbildung 31: Berechnete Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahre 2017 (2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017)) für ausgewählte Radionuklide. ....	55
Abbildung 32: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahre 2017 (Betriebszeit 2016 - 2017) für ausgewählte Radionuklide. ....	61
Abbildung 33: Berechnete Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters (Betriebszeit 2016 - 2017) für ausgewählte Radionuklide.....	63
Abbildung 34: Berechnete Aktivitätsverhältnisse der auf dem Vor- und Hauptfilter abgeschiedenen Gesamtaktivitäten der Filter aus dem Zeitraum 2016 - 2017. ....	63
Abbildung 35: Berechnete Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 zu Pu-239/240 der Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013, 2016 und 2017.....	64
Abbildung 36: Berechnete Aktivitätskonzentration relevanter Radionuklide in der MAW- Kammer für die Betriebszeiträume 2008 - 2013, 2013 - 2016 und 2016 - 2017. ....	65
Abbildung 37: Überblick über die auf den Filtern abgelagerten Gesamtaktivitäten ermittelten Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide in der MAW Kammer der von 2008 - 2017 beaufschlagten Filter.....	67
Abbildung 38: Überblick über die auf den Filtern abgelagerten Gesamtaktivitäten relevanter Radionuklide (oberes Bild) und der jeweils auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten (unteres Bild).....	68
Abbildung 39: Verhältnis der auf den Vorfiltern abgelagerten Aktivitäten zu den auf den Hauptfiltern abgelagerten Aktivitäten. ....	69
<b>Anzahl der Blätter dieses Dokumentes .....</b>	<b>70</b>

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 8

**Freigabeblatt**

# IAF - Radioökologie GmbH

Labor für Radionuklidanalytik  
 Radiologische Gutachten  
 Consulting

**IAF – Radioökologie GmbH**

Labor für Radionuklidanalytik / Radiologische Gutachten / Consulting  
 Wilhelm-Rönsch-Str. 9  
 01451 Radeberg  
 Telefon: 03528/48730-0  
 Fax: 03528/48730-22  
 www.iaf-dresden.de

**Bearbeiter/Ersteller**

\_\_\_\_\_ Datum/Unterschrift

**Freigabe**

\_\_\_\_\_ Datum/Unterschrift

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 9

## 1 Einleitung

Gemäß dem Auftrag BE170480 (Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität) der Asse GmbH vom 08.02.2017 sind diverse Filterelemente durch die Firma IAF-Radioökologie GmbH auf radioaktive Stoffe zu analysieren.

Es sollen der kontaminierte Hauptfilter aus 2016 zum bereits analysierten Vorfilter (Prüfbericht 161130-01, Bestellung BE162928), sowie gering belastete Filter (Haupt- und Vorfilter), die in 2013 turnusgemäß gewechselt wurden, analysiert werden. Des Weiteren ist vorgesehen, die zuletzt benutzte Filtereinheit, die im März 2017 getauscht wurde, ebenfalls zu untersuchen. Darüber hinaus wird von der Asse-GmbH ein inaktiver kontaminationsfreier Hauptfilter zur Verfügung gestellt, um die Zerlegetechnik für die kontaminierten Hauptfilter zu erproben. Aus der Tabelle 1 können die Daten über die Sammelzeiträume und Luftvolumina für die zu analysierenden Filter entnommen werden. Als Luftdurchsatz wurde ein mittlerer Durchsatz von 100 m<sup>3</sup>/h angenommen.

*Tabelle 1: Zusammenstellung der Sammelzeiträume und Luftvolumina der in 2013, 2016 und 2017 getauschten Vor- und Hauptfilter der MAW-Abluftfilteranlage*

Filtertyp/-bezeichnung	Sammelzeitraum	Luftvolumina	Kapitel
Vorfilter: keine Angabe Hauptfilter: Schwebstoff-Luftfilterzelle Typ S, Fa. CEAG	13.02.2008 – 17.04.2013 (1890 Tage)	4,5 E+06 m <sup>3</sup>	Teilbericht 2 (Kapitel 3)
Vorfilter: Acelan K Filterpack, Fa. Delbag Hauptfilter: keine Angabe	17.04.2013 – 25.05.2016 (1134 Tage)	2,7 E+06 m <sup>3</sup>	Teilbericht 3 (Kapitel 4)
Vorfilter: Multiplan MP95C- 1500/MF1H2R, Fa. DencoHappel Hauptfilter: M13AT-2510/MUV1H1-R, Fa. DencoHappel	25.05.2016 – 14.03.2017 (293 Tage)	0,7 E+06 m <sup>3</sup>	Teilbericht 4 (Kapitel 5)

Zur Bestimmung der Aktivität des kontaminierten Hauptfilters aus 2016 sollten analog zum Vorfilter Teilproben entnommen werden. Dies ist erforderlich, da eine exakte gamma-spektrometrische Analyse des gesamten Filters nicht ohne weiteres möglich ist. Weiterhin muss für die alphaspektrometrische Analyse auf Americium und Plutonium eine radiochemische Separation nach Aufschluss erfolgen, was nur an einer Teilprobe möglich ist. Es empfiehlt sich, mehrere Teilproben von der gefalteten Filtereinlage zu entnehmen und deren Radioaktivität durch gammaspektrometrische Analysen zu ermitteln. Über das Verhältnis der Gesamtfläche des Faltenfilters zu denen der Teilproben kann eine sehr genaue Abschätzung der Gesamtaktivität erfolgen. Überdies zeigt die Untersuchung der Teilfilter, ob die Radioaktivität annähernd gleichmäßig über den gesamten Faltenfilter verteilt ist oder ob z.B. sich in den Filtertaschen eventuell mehr Staub durch Abpralleffekte angesammelt hat.

Ein mögliches Szenario für die beobachtete plötzliche Aktivitätsbeladung in den nun zu untersuchenden Filter wäre z.B. ein Löserfall und eine damit verknüpfte Teilzerstörung von

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 10

Gebinden, so das neben der Radioaktivität auch Portlandzementstäube freigesetzt worden sein könnten. Eine Untersuchung des auf dem Filter abgelagerten Staubs auf diese Bestandteile könnte helfen, diese These zu prüfen. Ebenso wäre es empfehlenswert, den Staub auf dem bereits radiologisch untersuchten Vorfilter in dieser Hinsicht zu analysieren. Als Hauptbestandteile im Salzstaub in der Schachanlage Asse sind Na, K und Mg weitere interessante Elemente. Im vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen noch nicht vollständig aufgeführt, da noch Überprüfungs-messungen anstehen.

Die gering belasteten Filter aus 2013, bestehend aus Vor- und Hauptfilter, sollten analog zu den belasteten Filtern gamma- und alphaspektrometrisch untersucht werden, wobei die Herstellung von Teilproben erforderlich ist. Für diese sind auch chemische Analysen des abgelagerten Staubs durchzuführen, um Informationen über die übliche Staub-zusammensetzung in der Kammer zu erhalten, wenn keine massive Erhöhung der Radioaktivität im Filter beobachtet wurde.

Die erzielten Untersuchungsergebnisse werden abschließend in einem Bericht zusammen-gefasst und bewertet.

Im **1. Teilbericht** werden nur der Aufbau des unbenutzten Hauptfilters beschrieben und wichtige Daten, wie z.B. Aktivitäten des Filtermaterials selbst und der aus Aluminium bestehenden Stützelemente (sogenannte Separatoren), die sich zwischen den einzelnen Filterlagen befinden, bereitgestellt. Ein solcher nicht benutzter Hauptfilter, der bei der Asse-GmbH mindestens 30 Jahre in der Grube gelagert wurde, ist der IAF-Radioökologie GmbH am 16.2.2017 von der Asse-GmbH zur Erprobung der Zerlegetechnik zur Verfügung gestellt worden. Am 17.2.2017 erfolgte die Beprobung des Filters. Das Kapitel 2 enthält den Teilbericht 1, der sich ausschließlich mit der Probengewinnung im Hauptfilter beschäftigt und Ergebnisse der Radionuklidanalyse der nicht kontaminierten Komponenten des Filterelements (Filterpapier, Aluminiumstützelemente) enthält.

Im **2. Teilbericht** (s. Kapitel 3) werden die Untersuchungsergebnisse für den Vorfilter und den Hauptfilter, die im Jahr 2013 ausgebaut wurden, zusammengefasst.

Das Kapitel 4 (3. Teilbericht) enthält die Untersuchungsergebnisse für den ausgebauten Vor- und Hauptfilter aus dem Jahre 2016, wobei die Ergebnisse zum Vorfilter 2016 bereits in dem Bericht [1] vorgestellt worden sind. Sie werden der Übersicht wegen hier nochmals kurz dargestellt.

Im **4. Teilbericht** (s. Kapitel 5) werden die Untersuchungsergebnisse für den Vorfilter und den Hauptfilter, die im März 2017 ausgebaut worden sind, zusammenfassend dargestellt.

Eine Zusammenfassung aller Ergebnisse und die daraus folgenden Schlussfolgerungen sind im Kapitel 6 dargestellt.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 11
--	-----------

## 2 Teilbericht 1 - Beprobung eines kontaminationsfreien Hauptfilterelements

### 2.1 Zusammenfassung der Filtercharakteristika

Der Aufbau des Hauptfilterelements ist deutlich komplexer, als der des Vorfilters, welcher im Wesentlichen aus einem Vlies, das in einen Holzrahmen geklebt ist, besteht. Das von der Asse-GmbH zur Verfügung gestellte kontaminationsfreie Filterelement hat die geometrischen Maßen 610 x 292 x 610 mm und ein Gesamtgewicht von 16 kg. In einen Holzkasten ist das Filtermaterial (Glasfaserbasis) eingeklebt, welches über Stützelemente (Separatoren) gefaltet ist. Das Filterelement besteht aus 144 Lagen mit den Maßen 540 x 270 mm. Für die aktive Oberfläche des Filters ergibt sich hieraus  $144 \times 540 \times 270 \text{ mm} = 21,0 \times 10^6 \text{ mm}^2$  oder  $21,0 \text{ m}^2$ . Die Filtercharakteristika werden zusammenfassend in Tabelle 2 zusammengestellt. In der Abbildung 1 wird der Aufbau des Filterelements und die Strömungsrichtung der Luft durch den Filter skizzenhaft gezeigt.

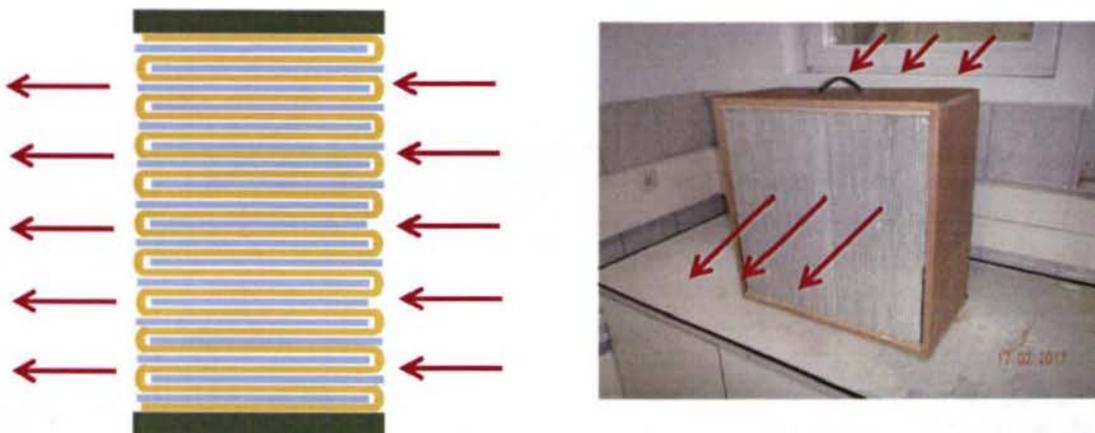


Abbildung 1: Skizzenhafte Anordnung von Filtermaterial und Stützelementen im Filterelement. In blau sind die Stützelemente gezeichnet, in orange das um diese gelegte Filtermaterial. Die roten Pfeile geben die Strömungsrichtung der Luft durch den Filter an.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 12

Tabelle 2: Zusammenfassung der Filtercharakteristika

Filtertyp/-bezeichnung	Schwebstoff-Luftfilterzelle Typ S, Fa. CEAG
Maße des Filterelements mit Holzkasten	610 x 292 x 610 mm
Masse des Filterelements mit Holzkasten	16 kg
Anzahl der Filterlagen und Stützelemente	144
Maße einer Filterlage	540 mm x 270 mm, 0,1458 m <sup>2</sup>
Gesamtoberfläche des Filters	21,0 m <sup>2</sup>
Filtermaterial	Glasfaser
Flächengewicht Filtermaterial	0,00785 g/cm <sup>2</sup>
Anzahl der Stützelemente zwischen Lagen	144
Material der Stützelemente	gefaltetes Aluminiumblech (ca. 0,1 mm stark, Fläche ca. 0,2 m <sup>2</sup> )
Flächengewicht Stützelemente	0,0083 g/cm <sup>2</sup>

## 2.2 Ergebnis der Radionuklidanalyse

Die Untergrundaktivität sowohl der Stützelemente als auch des Filtermaterials wurde gammaspektrometrisch analysiert. Die spezifischen Aktivitäten sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Untergrundaktivitäten der Stützelemente und des Filtermaterials eines kontaminationsfreien MAW-Hauptfilters sowie der Aerosolfilter vom Typ Whatman GF6, benutzt bei der Asse-GmbH, zum Vergleich

Parameter	Einheit	Stützelemente	Filtermaterial MAW-Hauptfilter	Aerosolfilter Whatman GF6
U-238	Bq/kg	19	< 6,0	8,0
Ra-226	Bq/kg	< 3,0	3,2	8,0
Pb-210	Bq/kg	< 11	4,0	8,0
Ra-228	Bq/kg	< 2,0	3,3	8,0
Th-228	Bq/kg	< 1,2	3,1	8,0
K-40	Bq/kg	< 9,6	551	600
Cs-137	Bq/kg	< 0,55	< 0,34	< 0,8

Die Stützelemente aus Aluminium enthalten 19 Bq/kg U-238. Für weitere natürliche Radionuklide und das künstliche Radionuklid Cs-137 konnten nur Erkennungsgrenzen ermittelt werden.

Das Filtermaterial enthält Spuren natürlicher Radionuklide aus der U-238- und Th-232-Zerfallsreihe, die sich jeweils annähernd im radioaktiven Gleichgewicht befinden. Die vergleichsweise große spezifische K-40-Aktivität kann auf den Kaliumgehalt in der Glasfasermatrix des Filtermaterials zurückgeführt werden. Für Cs-137 kann auch hier nur eine Erkennungsgrenze angegeben werden. Die für das Filtermaterial des MAW-Hauptfilters ermittelten Untergrundaktivitäten sind jedoch praktisch vergleichbar mit denen der in der Schachanlage Asse für die Aerosolsammlung eingesetzten Filter vom Typ Whatman GF6.

KOM\_Textblatt\_REV09\_Stand-2016-02-01

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 13
--	-----------

### 2.3 Fotodokumentation über die Probenahme im MAW-Hauptfilter

Im Folgenden wird die Zerlegung und Entnahme von Teilproben aus dem Filterelement in einer Fotodokumentation gezeigt (siehe Abbildung 2 bis 11).

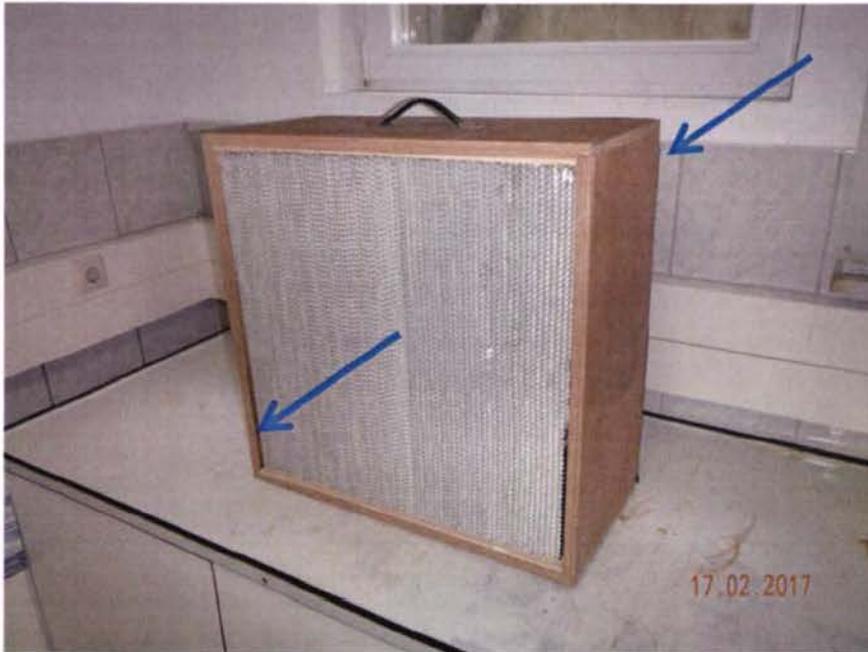


Abbildung 2: Gesamtansicht des inaktiven Filterelements. Die blauen Pfeile geben die Strömungsrichtung durch den Filter an.



Abbildung 3: Die Schrauben am Filterelement wurden gelöst.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Abbildung 4: Das Filterelement wurde um 90° gedreht. Anschließend wurde das Seitenteil angehoben. Die Stützelemente und das darum gewickelte Filtermaterial werden deutlich sichtbar.



Abbildung 5: Filterelement mit abgenommenem Seitenteil, oberste Lage

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 15
--	-----------

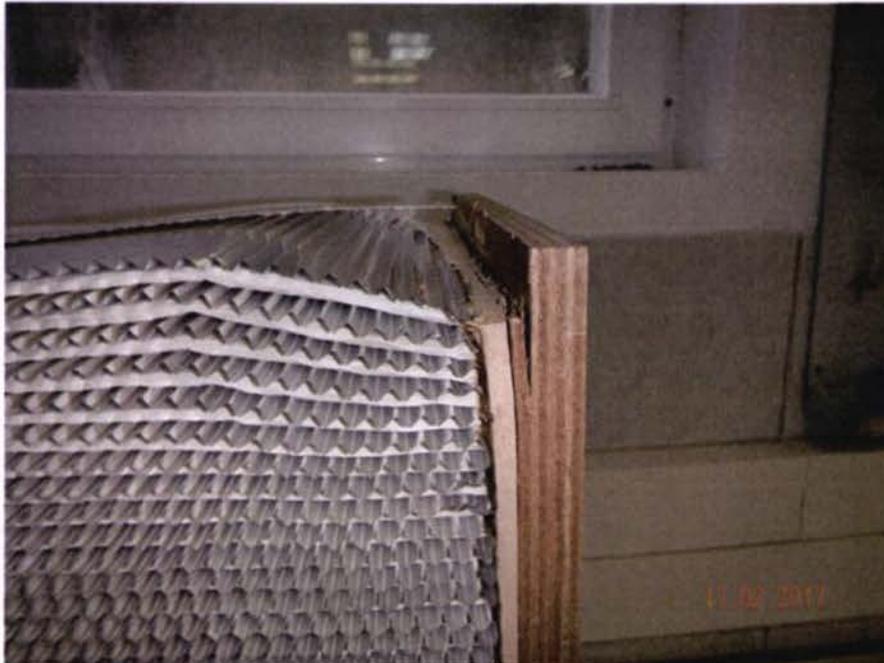


Abbildung 6: Die Stützelemente und das Filtermaterial sind fest am Holzrahmen angeklebt. Die einzelnen Lagen der Stützelemente und des Filtermaterials sind gut erkennbar

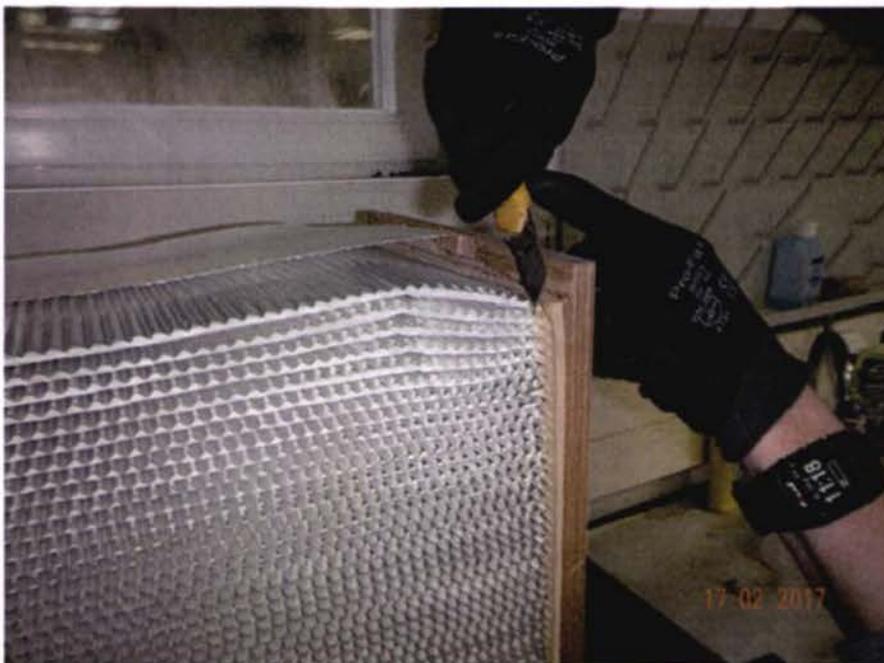


Abbildung 7: Sowohl Stützelemente als auch das Filtermaterial können mit einem Cutter vom Holzrahmen gelöst werden

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

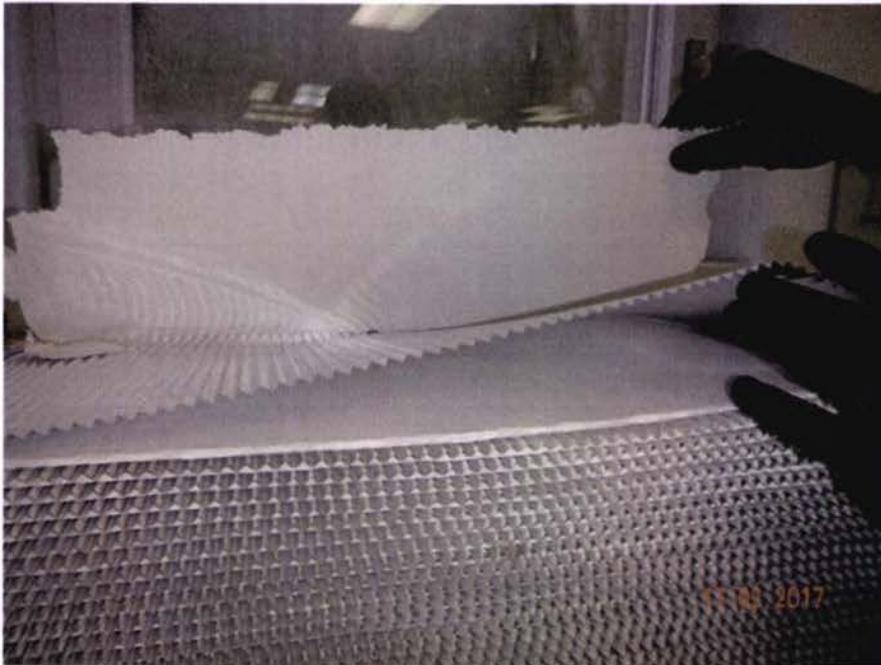


Abbildung 8: Detailansicht des Filterelements mit vom Holzrahmen gelöstem Stützelement und Filtermaterial



Abbildung 9: Zur Entnahme von Teilproben wurde der Filter in drei Bereiche von je 48 Lagen unterteilt. In schwarz sind die entsprechenden Bereiche eingezeichnet. Diese wurden aus dem Filterelement ausgeschnitten. Aus der Mitte des separierten Bereiches wurde jeweils eine Teilprobe für die Analyse entnommen. Die Größe der Teilprobe richtet sich u.a. nach der Aktivität auf dem Filtermaterial. Der Rest des Bereiches wird als Rückstellmuster aufbewahrt.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 17
--	-----------

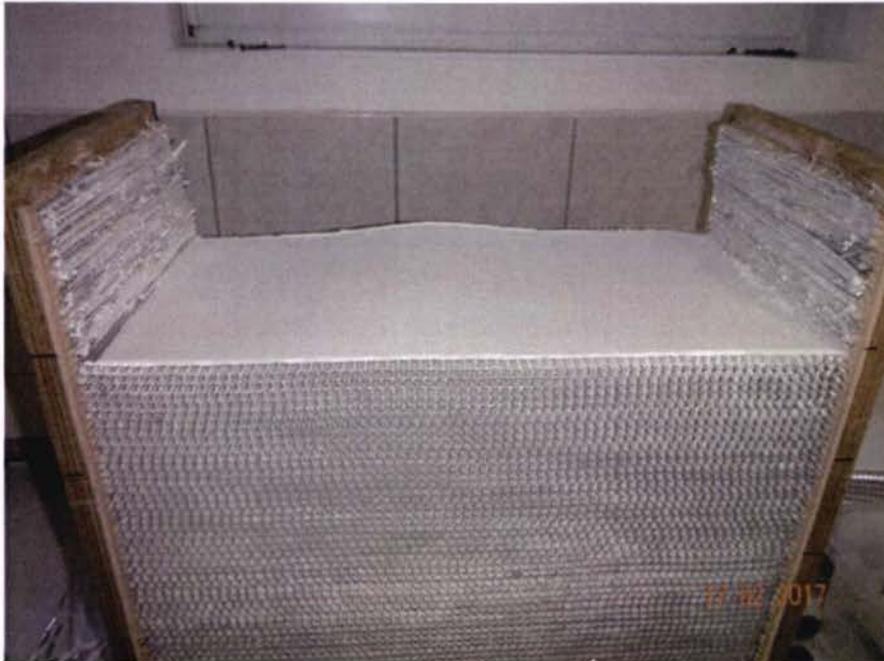


Abbildung 10: Filterelement nach der Entnahme des oberen Bereichs, es wurde eine Rückstellprobe und eine zu analysierende Teilprobe gebildet.



Abbildung 11: Die Teilprobe wurde zur weiteren Analyse in einen Kunststoffcontainer eingelagert. Am Ende der Beprobung werden 3 solche Container erhalten.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 18
--	-----------

### 3 Teilbericht 2 - Untersuchung des Vor- und Hauptfilters der Betriebszeit 2008 – 2013

#### 3.1 Vorbemerkung zur Untersuchung des Vor- und Hauptfilters

Der Vorfilter bestand aus zwei Lagen Vlies, die durch eine dunkle und helle Farbe charakterisiert sind. Beide Vlieslagen sind ca. 3 cm mächtig. Die Abbildung 12 zeigt ein Foto des Filters, wobei eine Probe bereits entnommen ist. Die Färbung des aus Fasern bestehenden Vlieses ist nicht durch eventuelle Staubablagerungen im Vlies bedingt, sondern bereits ein Produktmerkmal. In der Abbildung 12 ist auch zu erkennen, dass die zwei Lagen relativ lose übereinander liegen.

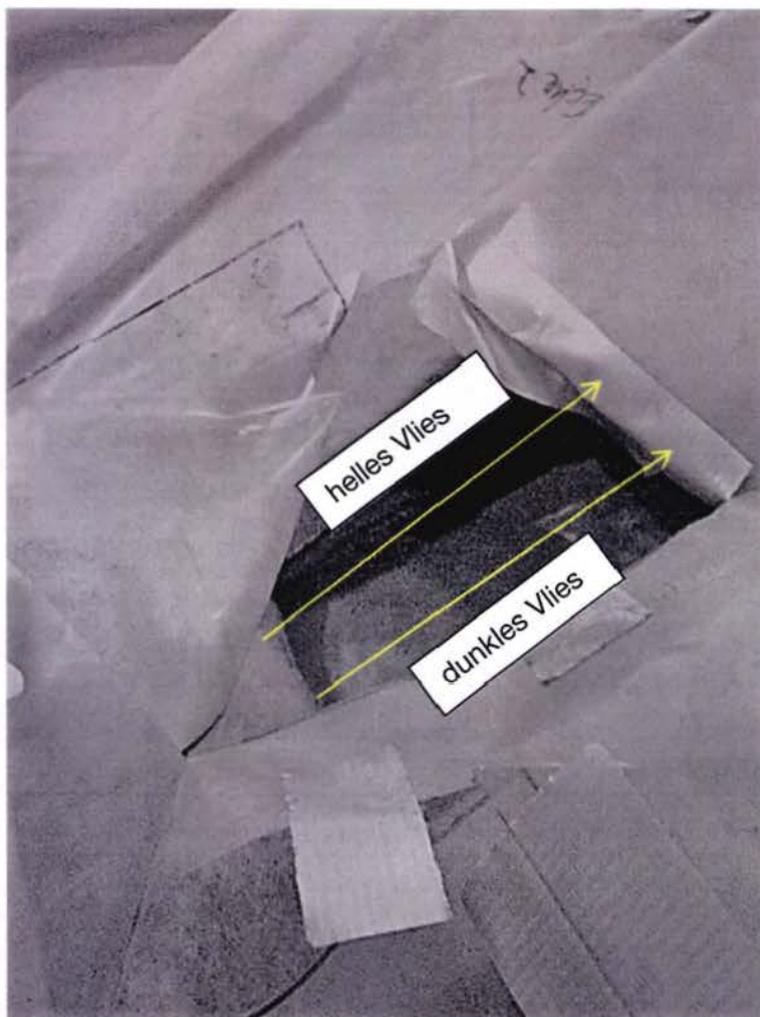


Abbildung 12: Foto des Filters, wobei eine Probe bereits entnommen ist. Die helle (obere Vlieslage) und die untere dunkle Vlieslage sind gekennzeichnet.

Aus dem Vorfilter sind insgesamt 3 Proben entnommen worden, wobei die Probe aus der Mitte des Filters in Bezug auf das helle und das dunkle Vlies in 2 Proben aufgeteilt wurde. Dies wurde getan, um zu erkunden, in welchem Teil des Vorfilters die Aktivität vorrangig zurückgehalten wird. Die Kammerluft strömt erst durch das dunkle Vlies und danach durch das helle Vlies ehe sie in den Hauptfilter eintritt. Insgesamt wurden somit 4 Teilproben des Vorfilters untersucht.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 19

Der Hauptfilter wurde, wie im Kapitel 2 beschrieben, geöffnet und insgesamt wurden 3 Proben entnommen. Die nachfolgenden Fotos (Abbildung 13 bis 15) geben einen kurzen Überblick über die Probenahme.

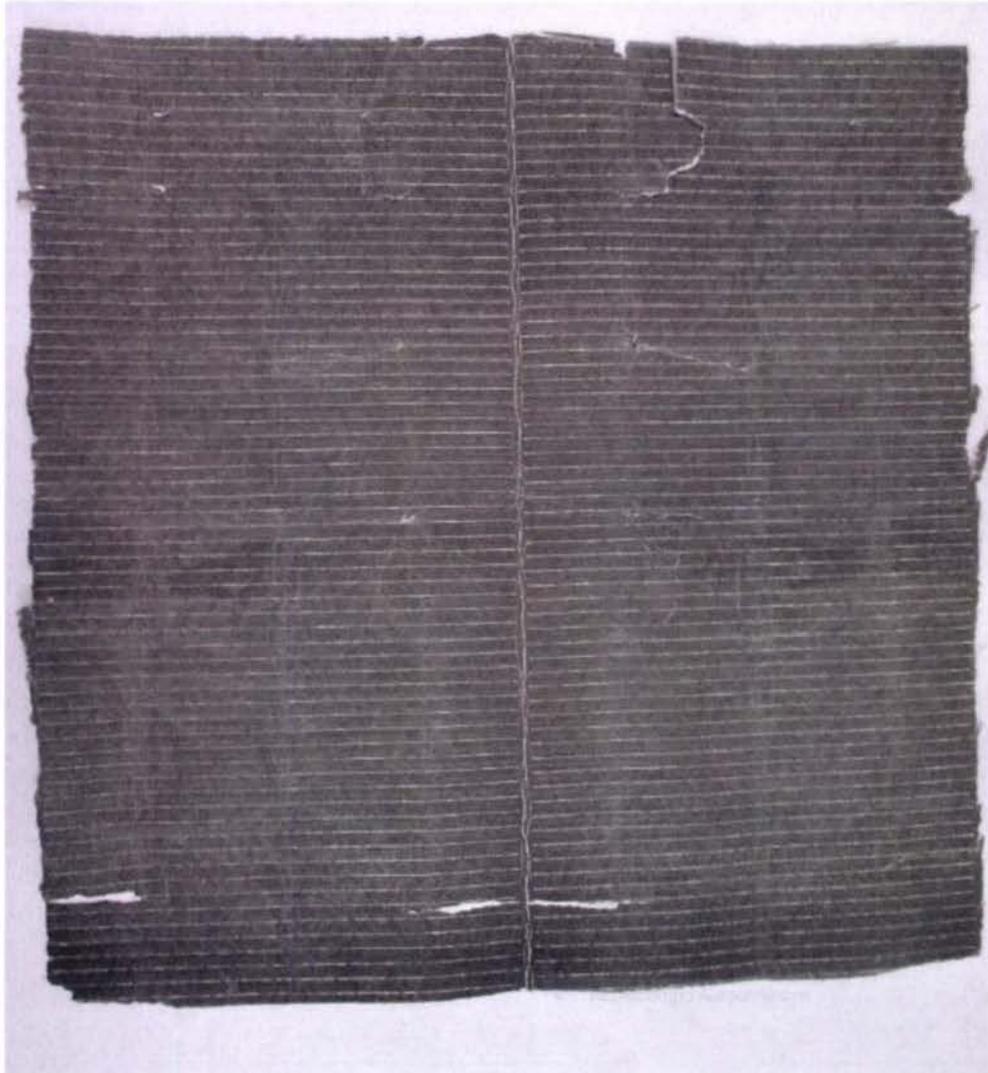


Abbildung 13: Doppelfilterlage aus der Mitte des Hauptfilters

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

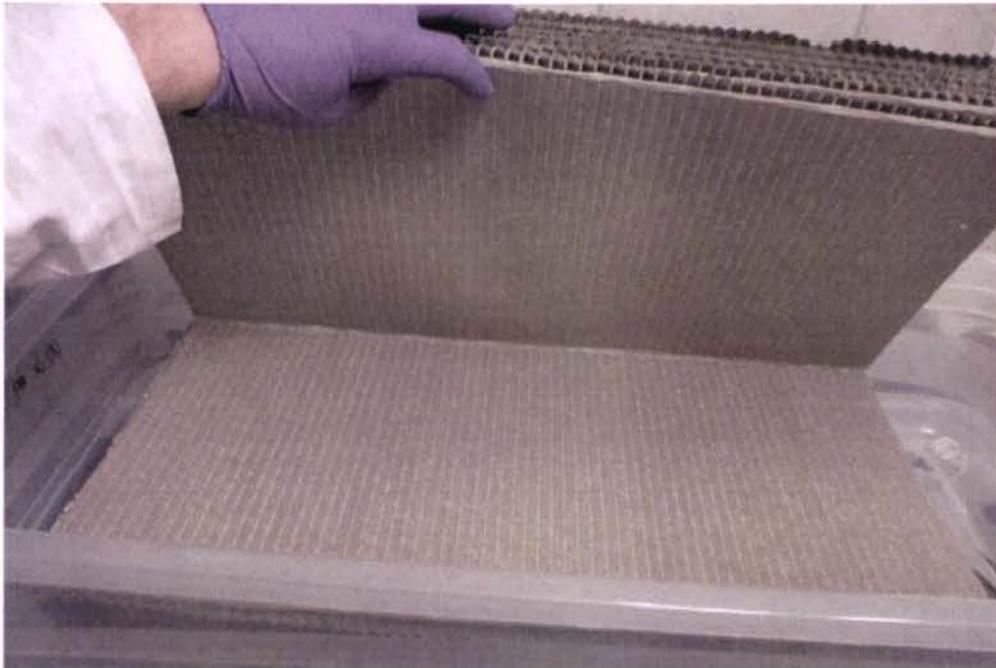


Abbildung 14: Ansicht der Filterlagen



Abbildung 15: Hauptfilter nach der Probenahme

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 <small>ASSE</small> <small>ANWANDTUNGSORIENTIERTES STUDIUM</small>
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 21

## 3.2 Untersuchungsergebnisse

### 3.2.1 Vorbemerkung

Die zu analysierenden Vor- und Hauptfilter waren von 13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage) in Betrieb und die Radionuklidanalysen wurden im Jahre 2017 durchgeführt. Die jetzt gemessenen Aktivitäten einzelner Radionuklide werden zunächst nicht auf den Sammelzeitpunkt zurückgerechnet. Dies erfolgt erst im Abschnitt 3.2.5, in dem die nuklidspezifischen Aktivitätskonzentrationen der auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagerten Gesamtaktivitäten ermittelt werden.

### 3.2.2 Vorfilter aus dem Jahr 2013

In der Tabelle 4 sind die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse für den Vorfilter zusammengestellt, wobei 2 Proben, bestehend aus dem hellen und dem dunklen Vlies (Teilproben 1 und 2) sowie jeweils eine einzelne Lage, bestehend entweder aus dem hellen oder dunklen Vlies, untersucht wurden (Teilprobe 3). Die unterschiedlichen Proben dienen vor allem dem Zweck zu erkunden, ob und in welcher Weise die Ablagerung der Stäube und Partikel im Vorfilter erfolgt. In der Tabelle 5 sind die Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse für einige wichtige ausgewählte Radionuklide, wie z.B. Plutonium, Americium und Curium, angegeben.

Projekt NNAA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 22

Tabelle 4: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2013

Analyseergebnisse		Ifd. Nr. 1		Ifd. Nr. 2		Ifd. Nr. 3		Ifd. Nr. 4		
Probenbezeichnung		MAW-Vorfilter 2013 Probe 1		MAW-Vorfilter 2013 Probe 2		MAW-Vorfilter 2013 vordere Lage (dunkel)		MAW-Vorfilter 2013 hintere Lage (hell)		
Prüfparameter	Einheit	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	
U-238	γ	Bq/g	< 0,069	-	< 0,078	-				
Ra-226	γ	Bq/g	< 0,064	-	< 0,065	-				
Pb-210	γ	Bq/g	11,7	20	16,3	20	35,8	20	4,0	20
U-235	γ	Bq/g	< 0,0040	-	< 0,0040	-				
Ra-228	γ	Bq/g	< 0,013	-	< 0,014	-				
Th-228	γ	Bq/g	< 0,0055	-	< 0,0059	-				
Cr-51	γ	Bq/g	< 0,038	-	< 0,038	-				
Mn-54	γ	Bq/g	< 0,0036	-	< 0,0038	-				
Co-57	γ	Bq/g	< 0,0035	-	< 0,0040	-				
Co-58	γ	Bq/g	< 0,0040	-	< 0,0032	-				
Fe-59	γ	Bq/g	< 0,0073	-	< 0,0073	-				
Co-60	γ	Bq/g	0,045	15	0,047	15	0,10	30	< 0,024	-
Zn-65	γ	Bq/g	< 0,0089	-	< 0,0094	-				
Zr-95	γ	Bq/g	< 0,0067	-	< 0,0070	-				
Nb-95	γ	Bq/g	< 0,0031	-	< 0,0034	-				
Ru-103	γ	Bq/g	< 0,0047	-	< 0,0056	-				
Ru-106	γ	Bq/g	< 0,045	-	< 0,047	-				
Ag-110m	γ	Bq/g	< 0,0048	-	< 0,0049	-				
Te-123m	γ	Bq/g	< 0,0038	-	< 0,0039	-				
Sb-124	γ	Bq/g	< 0,0044	-	< 0,0046	-				
Sb-125	γ	Bq/g	< 0,016	-	< 0,018	-				
Sb-126	γ	Bq/g	0,0031	30	0,0038	30				
Sb-126m	γ	Bq/g	0,019	30	0,024	30				
Sn-126	γ	Bq/g	0,024	30	0,029	30				
I-129	γ	Bq/g	< 0,21	-	< 0,17	-				
I-131	γ	Bq/g	< 0,0096	-	< 0,0064	-				
Cs-134	γ	Bq/g	< 0,0045	-	< 0,0042	-				
Cs-137	γ	Bq/g	0,91	10	0,96	10	1,58	10	0,34	15
Ba-140	γ	Bq/g	< 0,019	-	< 0,018	-				
La-140	γ	Bq/g	< 0,010	-	< 0,010	-				
Ce-141	γ	Bq/g	< 0,0042	-	< 0,0070	-				
Ce-144	γ	Bq/g	< 0,031	-	< 0,031	-				
Eu-152	γ	Bq/g	< 0,011	-	< 0,012	-				
Eu-154	γ	Bq/g	< 0,0075	-	< 0,0084	-				
Am-241	γ	Bq/g	0,041	20	0,020	25	0,050	30	< 0,025	-

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							

Tabelle 5: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse der Probe 1 (s. Tabelle 4) einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2013

Probenbezeichnung			MAW-Vorfilter 2013 Probe 1	
Prüfparameter		Einheit	Prüfergebnis	U [%]
Pu-238	$\alpha$	Bq/g	0,028	14
Pu-239/Pu-240	$\alpha$	Bq/g	0,024	14
Am-241	$\alpha$	Bq/g	0,042	17
Cm-242	$\alpha$	Bq/g	< 0,0003	-
Cm-243/Cm-244	$\alpha$	Bq/g	0,0020	31

Die Maße der Vorfilterlagen betrug 57 cm x 57 cm, entsprechend einer Fläche von 3249 cm<sup>2</sup>. Die Fläche der entnommenen Teilprobe 1 betrug 14 cm x 14 cm = 196 cm<sup>2</sup>, bei Teilprobe 2 13 cm x 11 cm = 143 cm<sup>2</sup> und bei Teilprobe 3 14,5 cm x 14 cm = 203 cm<sup>2</sup>. Dies entspricht jeweils einem Anteil an der gesamten Fläche des Vorfilters von 6,0% für die Probe 1, von 4,4% für die Probe 2 und 6,2 % für Probe 3. Die Flächengewichte betragen bei allen Proben übereinstimmend 0,12 g/cm<sup>2</sup> (bezogen auf beiden Lagen). Das Flächengewicht der dunkeln und der hellen Lage unterschied sich nur unwesentlich (dunkle Lage 0,063 g/cm<sup>2</sup>, helle Lage 0,057 g/cm<sup>2</sup>).

Über die Flächengewichte und die Gesamtfläche des Filters können die gemessenen spezifischen Aktivitäten auf die Gesamtaktivität für den Vorfilter umgerechnet werden. Für Teilprobe 3 wurden die gammaspektrometrisch ermittelten Aktivitäten entsprechend umgerechnet. Das Ergebnis dieser Rechnung ist in der Tabelle 6 enthalten und in der Abbildung 16 grafisch dargestellt.

Tabelle 6: Abschätzung der Gesamtaktivität für den Vorfilter (Betriebszeit: 13.02.2008 - 17.04.2013) zum Zeitpunkt 08.03.2017, unterteilt in die helle und dunkle Lage. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Nuklid	Vorfilter dunkle Lage [Bq]	Vorfilter helle Lage [Bq]
<b>Pb-210</b>	6589	819
<b>Cs-137</b>	291	70
<b>Co-60</b>	18	< 4,9
<b>Am-241</b>	9,0	< 5,1

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 24
--	-----------

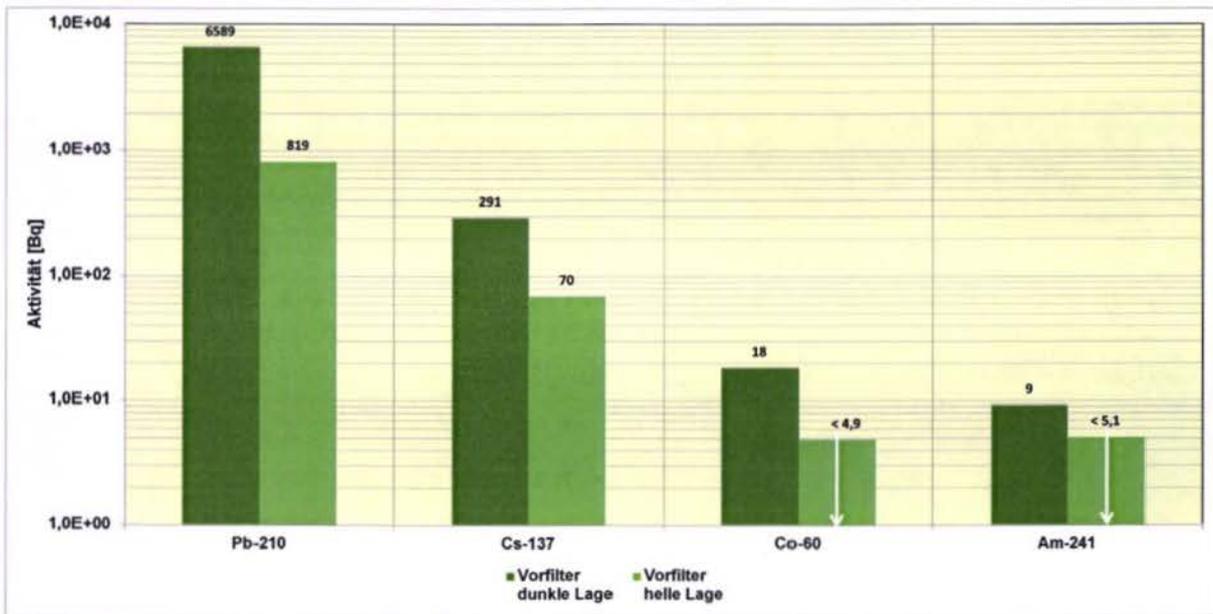


Abbildung 16: Abgeschätzte Gesamtaktivität für den Vorfilter aus der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)), unterteilt nach heller und dunkler Lage. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, ist dies mit Pfeilen symbolisiert. Die Gesamtaktivitäten sind entsprechend mit „<“ gekennzeichnet.

Für die Teilproben 1 und 2 wurde eine analoge Rechnung durchgeführt. Das Ergebnis ist in der Tabelle 7 enthalten und in der Abbildung 17 dargestellt. Da nur bei Teilprobe 1 eine alphaspektrometrische Bestimmung von Pu-238/239, Cm-242 und Cm-243/244 erfolgt war, wurden die entsprechenden Aktivitäten für Teilprobe 2 über die gemessene Am-241-Aktivität abgeschätzt. In der Tabelle 7 sind außerdem die spezifischen Aktivitäten des Filtermaterials angegeben. Die Abschätzung für die Aktivitäten des Vorfilters (beide Lagen) in Tabelle 7 und der Summe der Aktivitäten der beiden Lagen in Tabelle 6 unterscheiden sich etwas. Dies kann dadurch erklärt werden, dass für jeweils verschiedene Aliquote des Vorfilters analysiert wurden und der Filter nicht vollkommen homogen belegt war.

Tabelle 7: Abschätzung der Gesamtaktivität sowie der spezifischen Aktivität für den Vorfilter (beide Lagen gemeinsam, Betriebszeit: 13.02.2008 - 17.04.2013) zum Zeitpunkt 08.03.2017. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Nuklid	Vorfilter 2013 beide Lagen [Bq]	Vorfilter 2013 beide Lagen [Bq/g]
Pb-210	5233	13,4
Cs-137	357	0,91
Co-60	18	0,045
Sb-125	< 6,5	< 0,017
Sn-126	10	0,026
Am-241	12	0,031
Pu-238	8,4	0,026
Pu-239/240	7,2	0,018
Cm-242	< 0,1	< 0,0003
Cm-243/244	0,60	0,015

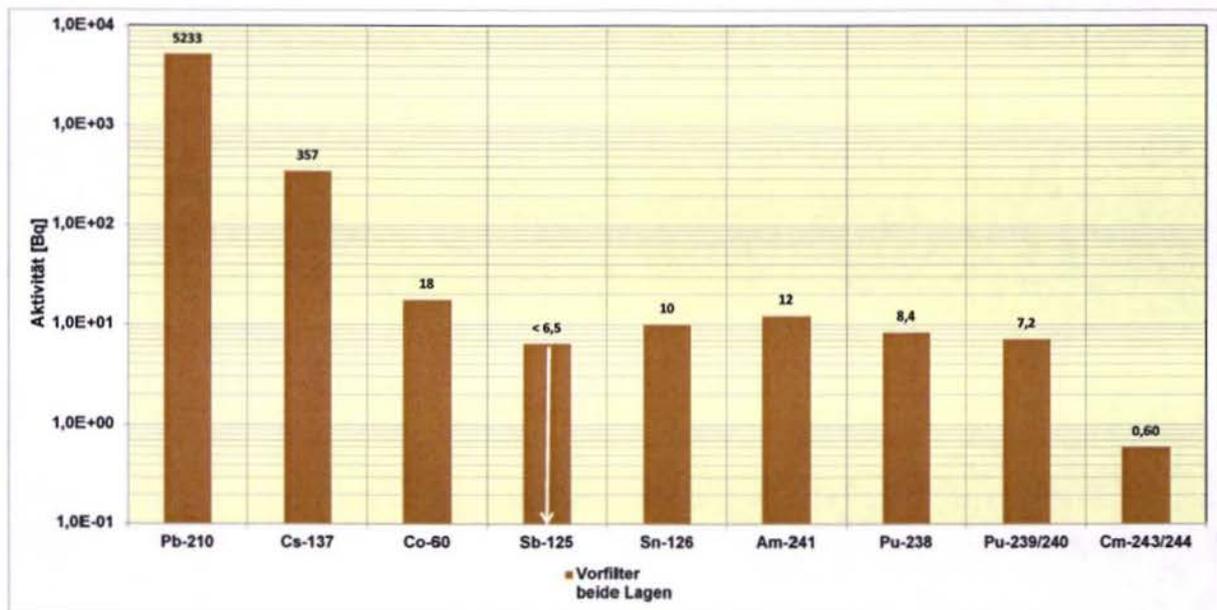


Abbildung 17: Berechnete Gesamtaktivitäten des Vorfilters für ausgewählte Radionuklide aus der gamma- und alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)). Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, ist dies mit Pfeilen symbolisiert. Die Gesamtaktivitäten sind entsprechend mit „<“ gekennzeichnet.

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Radionuklidanalysen können folgende erste Schlussfolgerungen für den Vorfilter gezogen werden.

- Generell wird im Vorfilter in der dunklen Lage, die der MAW-Kammer zugewendet war, deutlich mehr Aktivität abgeschieden als auf der nachfolgenden helleren Komponente. Besonders stark ist dieser Effekt bei der Ablagerung von Pb-210 ausgeprägt (Faktor 8). Für Cs-137 beträgt dieses Verhältnis etwa 4.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität						Blatt: 26

- Die Pb-210-Aktivität dominiert in allen Komponenten des Vorfilters. Sie ist z.B. für die dunkle Komponente etwa um den Faktor 20 größer als die von Cs-137.
- Weitere Radionuklide, außer Pb-210; der U-238- und Th-232-Zerfallsreihen wurden nicht nachgewiesen.
- Die Cs-137-Aktivität ist immer deutlich größer als die der anderen nachgewiesenen künstlichen Radionuklide.
- Die Co-60-Aktivität ist etwa um den Faktor 2 geringer als die von Am-241.
- Sn-126 wurde auf dem Vorfilter nachgewiesen, wobei die Sn-126-Aktivität vergleichbar mit der von Am-241 ist. Für Sb-125 konnten nur Nachweisgrenzen angegeben werden.
- Des Weiteren konnten Pu-238 sowie Pu-239/240 im Vorfilter gut nachgewiesen werden, wobei ihre Aktivitäten in etwa vergleichbar mit denen von Am-241 bzw. Sb-126 sind.
- Auch Spuren von Cm-243/Cm244 wurden eindeutig im Vorfilterfließ nachgewiesen.

### 3.2.3 Hauptfilter aus dem Jahr 2013

In der Tabelle 8 sind die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse für den Hauptfilter aus dem Jahr 2013 zusammengestellt, wobei 3 Teilproben, entnommen aus dem oberen, mittleren und unteren Teil, untersucht wurden (s.a. Abbildung 9). Die unterschiedlichen Proben dienten vor allem dem Zweck zu erkunden, ob und in welcher Weise die Ablagerung der Stäube und Partikel im Hauptfilter erfolgt. In der Tabelle 9 sind die Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse für einige wichtige ausgewählte künstliche Radionuklide, wie beim Vorfilter, angegeben.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 27

Tabelle 8: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2013

Analyseergebnisse			lfd. Nr. 5		lfd. Nr. 6		lfd. Nr. 7	
Probenbezeichnung			MAW-Hauptfilter oberes Drittel		MAW-Hauptfilter mittleres Drittel		MAW-Hauptfilter unteres Drittel	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
U-238	γ	Bq/g	< 0,030	-	< 0,048	-	< 0,028	-
Ra-226	γ	Bq/g	< 0,026	-	< 0,047	-	< 0,028	-
Pb-210	γ	Bq/g	3,9	20	4,9	20	3,9	20
U-235	γ	Bq/g	< 0,0016	-	< 0,0029	-	< 0,0017	-
Ra-228	γ	Bq/g	< 0,010	-	< 0,012	-	< 0,010	-
Th-228	γ	Bq/g	0,0031	40	0,0036	35	0,0052	30
Cr-51	γ	Bq/g	< 0,019	-	< 0,032	-	< 0,018	-
Mn-54	γ	Bq/g	< 0,0024	-	< 0,0440	-	< 0,0024	-
Co-57	γ	Bq/g	< 0,0015	-	< 0,0026	-	< 0,0014	-
Co-58	γ	Bq/g	< 0,0024	-	< 0,0040	-	< 0,0023	-
Fe-59	γ	Bq/g	< 0,0046	-	< 0,0070	-	< 0,0043	-
Co-60	γ	Bq/g	0,010	20	0,011	20	0,0087	20
Zn-65	γ	Bq/g	< 0,0054	-	< 0,0084	-	< 0,0055	-
Zr-95	γ	Bq/g	< 0,0044	-	< 0,0064	-	< 0,0039	-
Nb-95	γ	Bq/g	< 0,0024	-	< 0,0034	-	< 0,0022	-
Ru-103	γ	Bq/g	< 0,0028	-	< 0,0048	-	< 0,0024	-
Ru-106	γ	Bq/g	< 0,024	-	< 0,040	-	< 0,024	-
Ag-110m	γ	Bq/g	< 0,0026	-	< 0,0044	-	< 0,0026	-
Te-123m	γ	Bq/g	< 0,0017	-	< 0,0027	-	< 0,0016	-
Sb-124	γ	Bq/g	< 0,0028	-	< 0,0048	-	< 0,0046	-
Sb-125	γ	Bq/g	0,038	30	0,059	30	0,037	30
Sb-126	γ	Bq/g	0,0057	30	0,0066	30	0,0051	30
Sb-126m	γ	Bq/g	0,035	30	0,040	30	0,031	30
Sn-126	γ	Bq/g	0,039	30	0,047	30	0,035	30
I-129	γ	Bq/g	< 0,064	-	< 0,10	-	< 0,084	-
I-131	γ	Bq/g	< 0,0026	-	< 0,0041	-	< 0,0026	-
Cs-134	γ	Bq/g	< 0,0027	-	< 0,0042	-	< 0,0027	-
Cs-137	γ	Bq/g	0,17	10	0,20	10	0,18	10
Ba-140	γ	Bq/g	< 0,010	-	< 0,016	-	< 0,0098	-
La-140	γ	Bq/g	< 0,0041	-	< 0,0082	-	< 0,0049	-
Ce-141	γ	Bq/g	< 0,0027	-	< 0,0044	-	< 0,0026	-
Ce-144	γ	Bq/g	< 0,012	-	< 0,021	-	< 0,012	-
Eu-152	γ	Bq/g	< 0,0047	-	< 0,008	-	< 0,0042	-
Eu-154	γ	Bq/g	< 0,0033	-	< 0,0052	-	< 0,0029	-
Am-241	γ	Bq/g	0,015	20	0,010	30	0,0052	40

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 28

Tabelle 9: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse des oberen Drittels einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2013

Probenbezeichnung			MAW-Hauptfilter oberes Drittel	
Prüfparameter		Einheit	Prüfergebnis	U [%]
Pu-238	$\alpha$	Bq/g	0,0080	15
Pu-239/Pu-240	$\alpha$	Bq/g	0,0071	15
Am-241	$\alpha$	Bq/g	0,015	15
Cm-242	$\alpha$	Bq/g	< 0,00017	-
Cm-243/Cm-244	$\alpha$	Bq/g	0,00019	55

Für jede Teilprobe wurde eine Doppellage des Filtermaterials entnommen. Die genauen Einwaagen betragen 25,8g (Teilprobe oben), 21,3g (Teilprobe mittig) und 25,5 g (Teilprobe unten). Bei einer Gesamtanzahl von 72 Doppellagen entspricht 1 Doppellage einem Anteil von jeweils 1,39%. Mit diesen Angaben und den alpha- und gammaspektrometrischen Analysenergebnissen wurde eine Abschätzung der Gesamtaktivität des Hauptfilters durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 10 zusammengestellt und in der Abbildung 18 grafisch dargestellt. Die Hochrechnung wurde dabei von jeder Teilprobe ausgehend auf den gesamten Filter durchgeführt.

Tabelle 10: Berechnete Gesamtaktivitäten des Hauptfilters aus dem Jahr 2013 für ausgewählte Radionuklide aus der gamma- und alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse ausgehend von verschiedenen Teilproben. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Nuklid	Hauptfilter oben [Bq]	Hauptfilter mittig [Bq]	Hauptfilter unten [Bq]
Pb-210	7146	8979	7146
Cs-137	316	307	330
Co-60	19	17	16
Sb-125	71	90	68
Sn-126	73	72	64
Am-241	28	15	10
Pu-238	15	nicht beauftragt	nicht beauftragt
Pu-239/240	13	nicht beauftragt	nicht beauftragt
Cm-242	< 0,32	nicht beauftragt	nicht beauftragt
Cm- 243/244	0,35	nicht beauftragt	nicht beauftragt

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

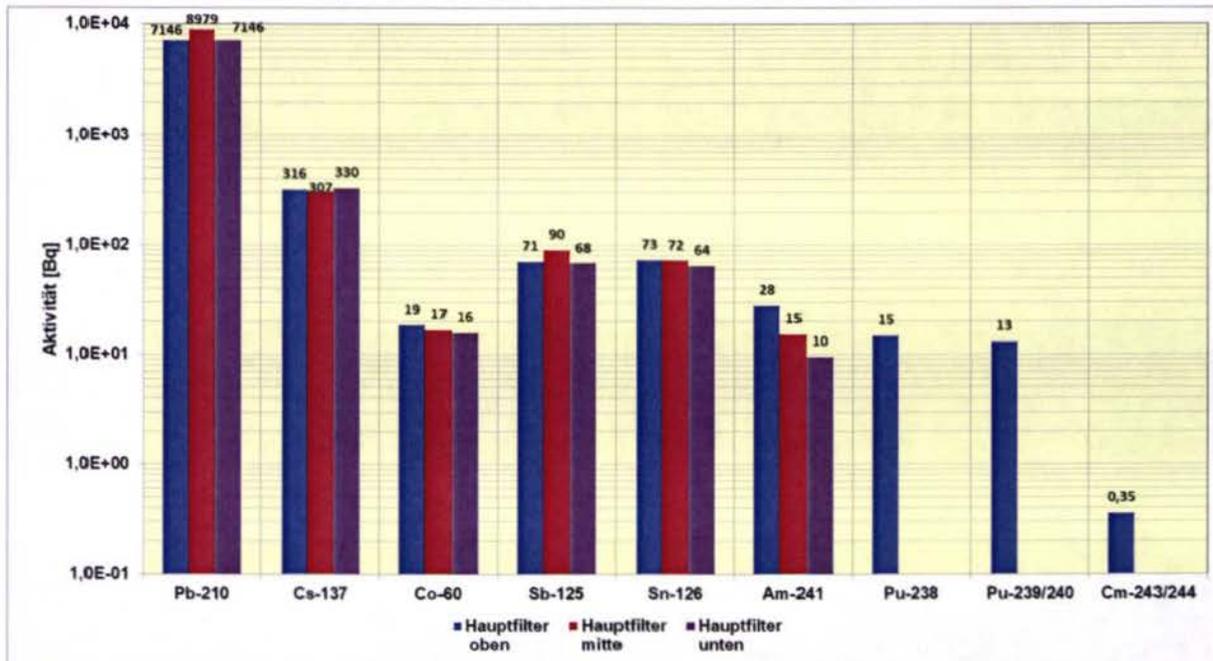


Abbildung 18: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)) für ausgewählte Radionuklide aus der gamma- und alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse.

Die Gesamtaktivität des Hauptfilters als Mittelwert der über die 3 Aliquote errechneten Gesamtaktivität aus der Tabelle 10 ist in der Tabelle 11 enthalten. Da nur bei Teilprobe „oben“ eine alphaspektrometrische Bestimmung von Pu-238/239, Cm-242 und Cm-243/244 erfolgt war, wurden die entsprechenden Aktivitäten für die Teilproben „mittig“ und „unten“ über die gemessenen Am-241-Aktivitäten abgeschätzt. In der Tabelle 10 sind außerdem die spezifischen Aktivitäten des Filtermaterials angegeben. Diese wurde aus der Gesamtaktivität durch Division durch die Masse des Filtermaterials ermittelt. Diese ergibt sich aus der Anzahl der Doppellagen und deren durchschnittlichen Masse wie folgt  $72 \times 24,2 \text{ g} = 1742 \text{ g}$ .

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 30
--	-----------

*Tabelle 11: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Hauptfilter (Betriebszeit: 13.02.2008 - 17.04.2013) zum Zeitpunkt 08.03.2017. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.*

Nuklid	Aktivität [Bq]	Spezifische Aktivität [Bq/g]
Pb-210	7757	4,5
Cs-137	318	0,18
Co-60	17	0,10
Sb-125	76	0,044
Sn-126	70	0,040
Am-241	18	0,010
Pu-238	9,4	0,0054
Pu-239/240	8,3	0,0048
Cm-242	< 0,20	< 0,00011
Cm-243/244	0,22	0,00013

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Radionuklidanalysen für den Hauptfilter 2013 (s. Tabelle 10, Abbildung 18 und Tabelle 11) können die nachfolgend aufgeschlüsselten Schlussfolgerungen gezogen werden.

- In den 3 untersuchten Bereichen (oben, mittig, unten) des Hauptfilters sind, sofern Analysen durchgeführt wurden, praktisch nahezu identische Aktivitäten abgelagert worden. Man kann deshalb allgemein von einer annähernd homogenen Aktivitätsverteilung auf dem Hauptfilter ausgehen.
- Die Pb-210-Aktivität dominiert, wie auch beim Vorfilter, und ist etwa um den Faktor 20 größer als die von Cs-137.
- Weitere Radionuklide der U-238- und Th-232-Zerfallsreihen, außer Th-228 in geringen Spuren, wurden nicht nachgewiesen.
- Die Cs-137-Aktivität ist zwar immer deutlich größer als die der anderen nachgewiesenen künstlichen Radionuklide, jedoch sind auch die Aktivitäten von Sb-125 und Sn-126 nur Faktor 3 - 4 geringer.
- Die Aktivitäten von Co-60, Am-241, Pu-238 sowie Pu-239/240-Aktivität sind etwa gleich groß und etwa um den Faktor 3 geringer als die von Sb-125 und Sn-126.

### 3.2.4 Vergleich der auf Vor- und Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten

In der Abbildung 19 sind zum Vergleich die für die einzelnen Komponenten des Vor- und Hauptfilters aus dem Jahr 2013 abgelagerten Gesamtaktivitäten ausgewählter Radionuklide (s.a. Abbildungen 16 und 17) und die daraus berechneten Aktivitätsverhältnisse in der Abbildung 20 grafisch dargestellt.

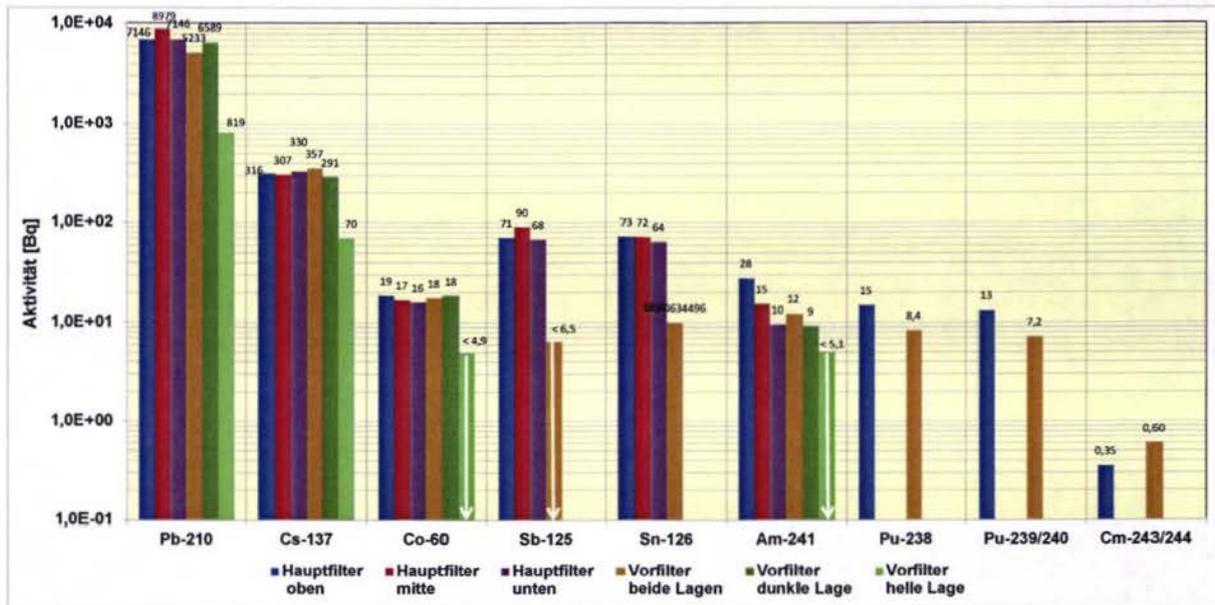


Abbildung 19: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)) für ausgewählte Radionuklide aus der gamma- und alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse (s.a. Abbildungen 17 und 18). Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, ist dies mit Pfeilen symbolisiert. Die Gesamtaktivitäten sind entsprechend mit „<“ gekennzeichnet.

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Radionuklidanalysen für den Vor- und Hauptfilter 2013 (s. Abbildung 19 und Tabelle 10) können die nachfolgenden Schlussfolgerungen gezogen werden.

- Cs-137 und Co-60 werden etwa annähernd gleich auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagert. Dies gilt auch mit Einschränkungen wegen der niedrigen Aktivitäten für Cm-243/244.

Für alle anderen Radionuklide ist die auf dem Hauptfilter abgelagerte Aktivität größer als die auf dem Vorfilter. Dieser Effekt ist besonders stark für Sn-126 ausgeprägt.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität

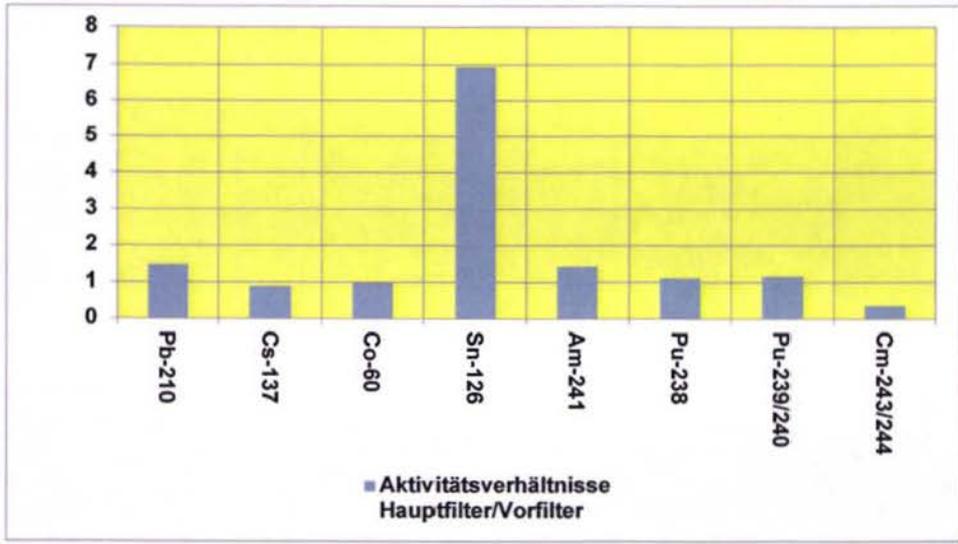


Abbildung 20: Berechneten Aktivitätsverhältnisse der auf dem Vor- und Hauptfilter (13.02.2008 - 17.04.2013 (1890 Tage)) abgeschiedenen Gesamtaktivitäten.

In der Abbildung 21 sind beispielhaft die Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 und Pu-239/240 des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013 gegenübergestellt. Es ist zu erkennen, dass in beiden Filterarten die Verhältnisse von Cs-137 zu Pu-239/240 etwa gleich groß sind.

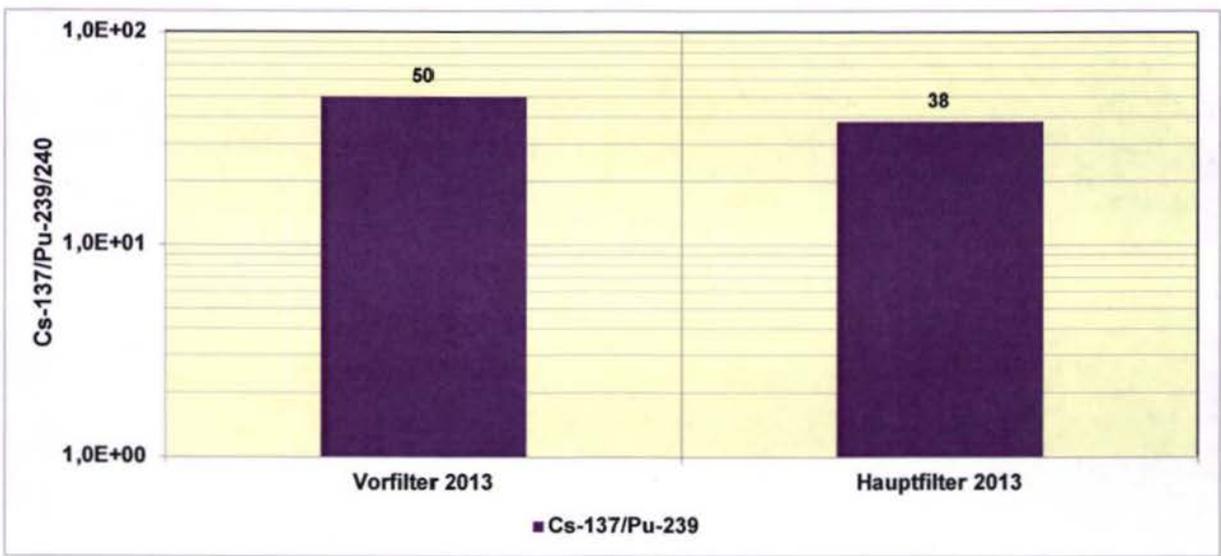


Abbildung 21: Berechnete Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 zu Pu-239/240 der Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 33
--	-----------

### 3.2.5 Abgelagerte Gesamtaktivitäten auf den Filtern und die daraus abgeleiteten mittleren Aktivitätskonzentrationen in der MAW-Kammer

In der Abbildung 22 sind die berechneten Gesamtaktivitäten der auf dem Vor- und Hauptfilter abgeschiedenen Aktivitäten dargestellt. Der Filter war von 2008 bis 2013 in Betrieb (s. Tabelle 1) und die Radionuklidanalysen wurden im Jahre 2016/17 durchgeführt, so dass die jetzt gemessenen Aktivitäten einzelner Nuklide auf den mittleren Sammelzeitpunkt zurückgerechnet werden müssen. Zur Abschätzung der durch den radioaktiven Zerfall bedingten Verringerung der nuklidspezifischen Aktivitäten wurde eine mittlere Zeitdauer von 6,5 Jahren angenommen. Die auf den mittleren Sammelzeitpunkt zurückgerechnete Aktivität ist ebenfalls mit in der Abbildung 22 angegeben. Es ist zu erkennen, dass sich durch diese Korrektur hauptsächlich die abgelagerte Aktivität von Co-60 (Faktor 2,4) und Sb-125 (Faktor 5,1) vergrößern.

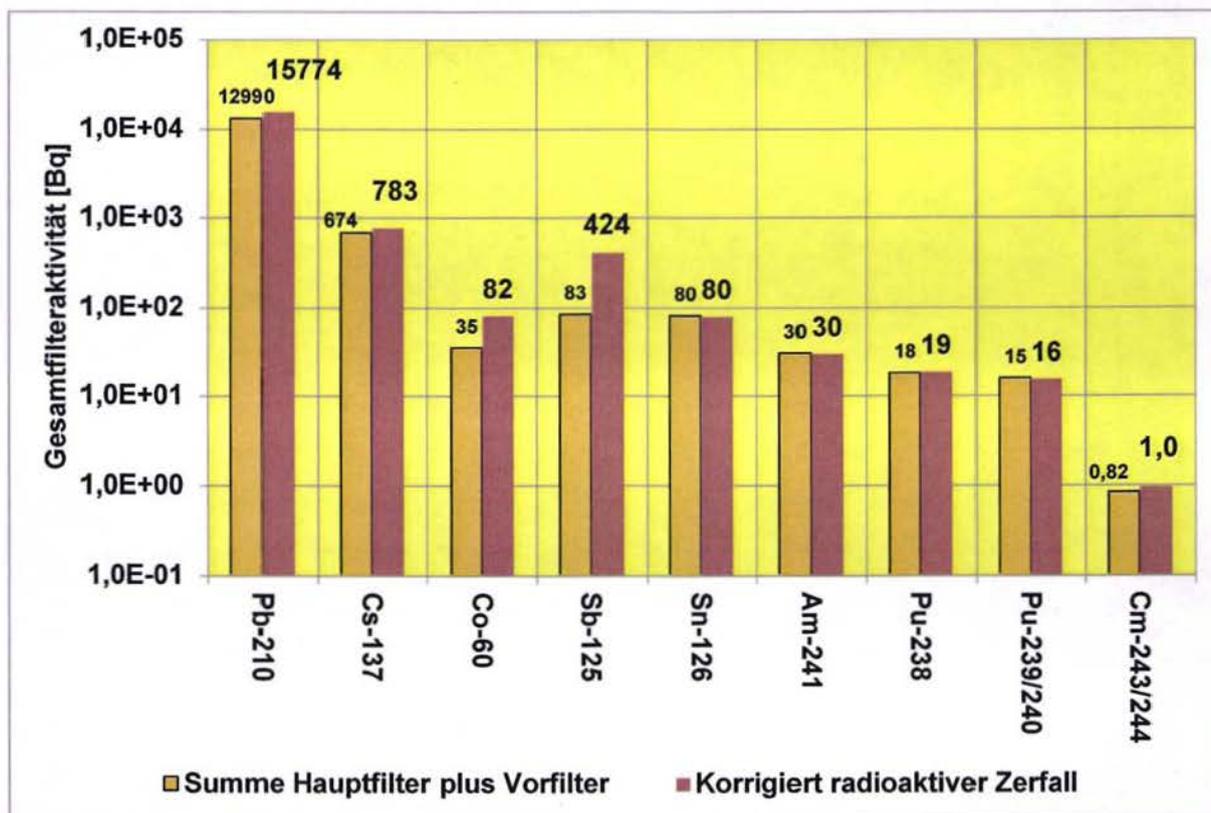


Abbildung 22: Berechneten Gesamtaktivitäten der auf dem Vor- und Hauptfilter (13.02.2008 – 17.04.2013 (1890 Tage)) abgeschiedenen Aktivitäten und auf den Sammelzeitpunkt zurückgerechnete Aktivitäten

In der Abbildung 23 werden die aus den Ergebnissen der nuklidspezifischen Gesamtaktivitäten der Vor- und Hauptfiltermessungen berechneten mittleren Aktivitätskonzentrationen einzelner Radionuklide in der Atmosphäre der MAW-Kammer dargestellt. Für die Umrechnung wurde für die Zeit der Beaufschlagung der beiden Filter von 2008 bis 2013 eine Sammelzeit von 1890 Tagen zu Grunde gelegt. Bei einer mittleren Abluftrate aus der MAW-Kammer von 100 m<sup>3</sup>/h ergibt sich eine Gesamtabluft von 4,5E+06 m<sup>3</sup> (s. Tabelle 1).

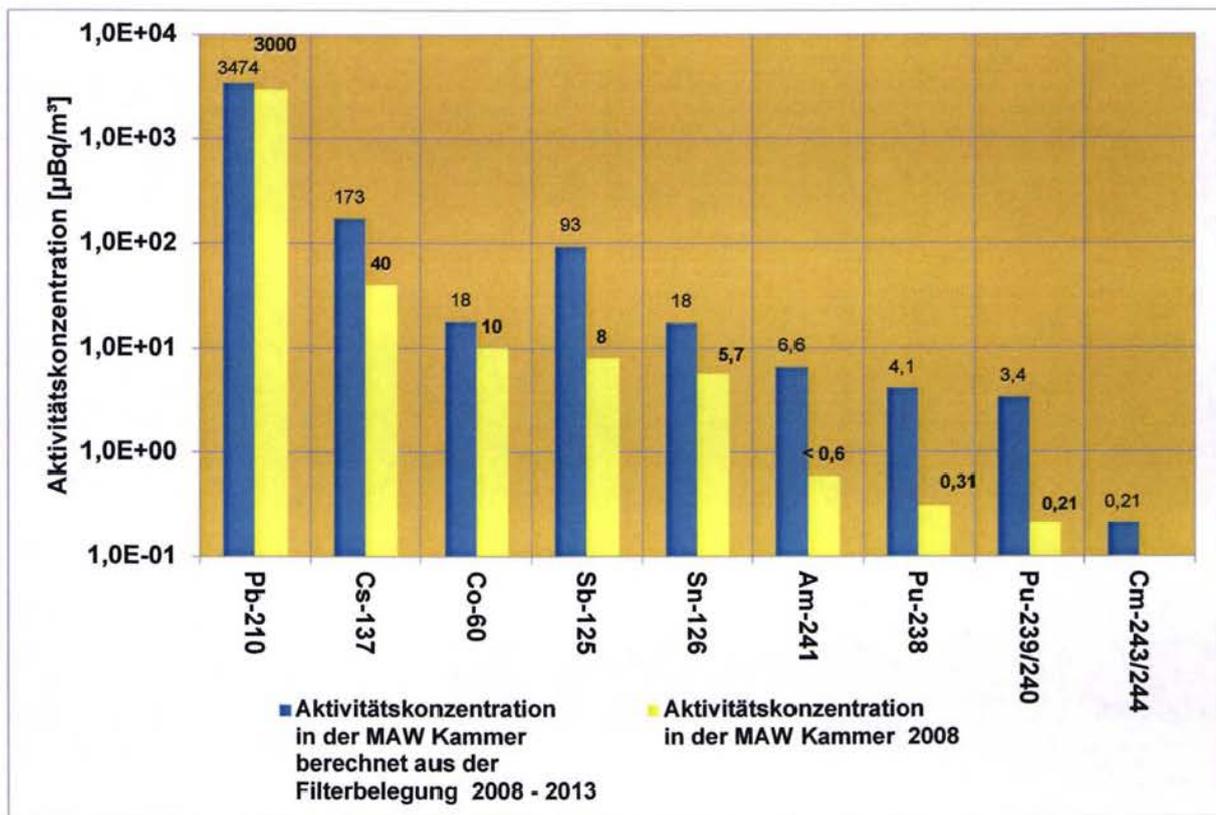


Abbildung 23: Berechnete Aktivitätskonzentration relevanter Radionuklide in der MAW-Kammer (Sammelzeitraum 2008 - 2013, 1890 Tage) und Ergebnisse von direkten Messungen in der MAW Kammer [4] vom Mai 2008 (Sammelzeitraum 14 Tage)

Aus Abbildung 23 ist zu entnehmen, dass die Pb-210-Konzentration in der MAW-Kammer dominiert, gefolgt von Cs-137, Sb-125, Co-60 und Sn-126 sowie die übrigen Nuklide mit Aktivitätskonzentrationen kleiner 10 µBq/m<sup>3</sup>. Die in der Abbildung 23 aufgeführten Nuklide liegen in einem Konzentrationsbereich, die durch das Entweichen volatiler Stoffe aus den MAW-Abfällen, verursacht durch physikochemische Prozesse, erklärbar sind. Zur besseren Einordnung der Pb-210-Konzentration in der MAW-Kammer ist festzuhalten, dass während der Beaufschlagung der MAW-Filter die mittlere Pb-210-Konzentration in der Abluft am Diffusor ca. 400 µBq/m<sup>3</sup> betrug. D. h. ein Teil der Pb-210-Aktivität in der MAW-Kammer wird durch die Bewetterung bereits zugeführt. Das eingelagerte Ra-226-Abfallinventar wurde mit ca. 200 Bq für die MAW Kammer ermittelt [2]. Insgesamt sind mit den eingelagerten Abfällen ca. 200 Mg Beton und 40 Mg Bitumen für die

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 35
--	-----------

Konditionierung mit eingelagert worden [3]. Wird eine mittlere Ra-226-Konzentration für Beton von 50 Bq/kg angenommen, so ergibt sich ein Ra-226-Inventar von 10 MBq das somit nur durch den eingebrachten Baustoff bestimmt wird. Ein gegenwärtig nur grob zu bestimmender Anteil des aus der Radonexhalation des Betons resultierenden Pb-210 ist somit ebenfalls in der abgelagerten Pb-210-Gesamtaktivität enthalten.

Zusätzlich angegeben sind in der Abbildung 23 die Ergebnisse von Aerosolmessungen, die direkt in der MAW Kammer im Jahr 2008 durchgeführt wurden [4]. Es ist zu erkennen, dass die jetzt vorliegenden Ergebnisse der Langzeitmessungen (1890 Tage) die der im Jahre 2008 durchgeführten Messungen über einen Sammelzeitraum von ca. 14 Tagen in der Tendenz sehr gut reflektieren, jedoch systematisch geringere Aktivitätskonzentrationen lieferten.

#### **4 Teilbericht 3 - Untersuchung des Vor- und Hauptfilters der Betriebszeit 2013 – 2016**

##### **4.1 Vorbemerkung zur Untersuchung des Vor- und Hauptfilters**

Der Vorfilter des MAW Filters aus dem Jahre 2016 (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016, 1134 Tage) wurde durch die IAF im Dezember 2016 untersucht. Die Ergebnisse sind im Bericht [1] zusammengefasst worden. Im Unterschied zu dem Vorfilter aus dem Jahr 2013 bestand dieser Vorfilter nur aus einer etwa 3 cm mächtigen Vlies-Lage. Die Untersuchungsergebnisse für diesen Vorfilter werden des Überblicks wegen im Kapitel 4.2.1 zusammenfassend dargestellt. Die für den zugehörigen Hauptfilter erhaltenen Ergebnisse sind in dem Kapitel 4.2.2 zusammengestellt. In Analogie zu den Ergebnissen aus der Sammelzeit 2008 - 2013 (s. Kapitel 3.2.5) werden im Kapitel 4.2.3 die auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten verglichen und die daraus abgeleiteten mittleren Aktivitätskonzentrationen in der MAW-Kammer im Kapitel 4.2.4 zusammengestellt.

Projekt NNAA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							

## 4.2 Untersuchungsergebnisse

### 4.2.1 Vorfilter 2016

Die Ergebnisse (s. Bericht [1]) der gamma- und alphaspektrometrischen Analysen sind in der Tabelle 12 (Angabe in Bq) und der Tabelle 13 (Angabe in Bq/g) zusammengestellt.

*Tabelle 12: Ergebnisse der Radionuklidanalyse von Teilprobe 4 ( $\alpha$ : Alphaspektrometrie,  $\gamma$ : Gammaskpektrometrie, (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) s. Bericht [1]), Angabe in Bq pro Probe*

Analyseergebnisse			lfd. Nr. 1	
Probenbezeichnung			MAW-Vorfilter Aliquot 4	
Prüfparameter		Einheit	Prüfergebnis	U [%]
U-238	$\gamma$	Bq	< 17	-
Ra-226	$\gamma$	Bq	< 107	-
U-235	$\gamma$	Bq	< 10	-
Ra-228	$\gamma$	Bq	< 4,0	-
Th-228	$\gamma$	Bq	< 3,4	-
Cr-51	$\gamma$	Bq	< 20	-
Mn-54	$\gamma$	Bq	< 1,1	-
Co-57	$\gamma$	Bq	< 9,1	-
Co-58	$\gamma$	Bq	< 1,1	-
Fe-59	$\gamma$	Bq	< 1,8	-
Co-60	$\gamma$	Bq	55	15
Zn-65	$\gamma$	Bq	< 2,0	-
Zr-95	$\gamma$	Bq	< 5,4	-
Nb-95	$\gamma$	Bq	< 1,1	-
Ru-103	$\gamma$	Bq	< 3,4	-
Ru-106	$\gamma$	Bq	< 17	-
Ag-110m	$\gamma$	Bq	< 1,6	-
Te-123m	$\gamma$	Bq	< 1,3	-
Sb-124	$\gamma$	Bq	< 1,7	-
Sb-125	$\gamma$	Bq	< 8,8	-
I-129	$\gamma$	Bq	< 47	-
I-131	$\gamma$	Bq	< 3,0	-
Cs-134	$\gamma$	Bq	< 1,3	-
Cs-137	$\gamma$	Bq	44500	10
Ba-140	$\gamma$	Bq	< 10	-
La-140	$\gamma$	Bq	< 4,8	-
Ce-141	$\gamma$	Bq	< 2,1	-
Ce-144	$\gamma$	Bq	< 8,9	-
Eu-152	$\gamma$	Bq	111	15
Eu-154	$\gamma$	Bq	71	15
Pu-238	$\alpha$	Bq	27	10
Pu-239/240	$\alpha$	Bq	34	10
Am-241	$\alpha$	Bq	106	10
Cm-242	$\alpha$	Bq	< 0,20	-
Cm-243/244	$\alpha$	Bq	8,7	15

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 37

Tabelle 13: Ergebnisse der Radionuklidanalyse von Teilprobe 4 ( $\alpha$ : Alphaspektrometrie,  $\gamma$ : Gammaskpektrometrie, (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) s. Bericht [1]), Angabe in Bq/g

Analyseergebnisse			Ifd. Nr. 1	
Probenbezeichnung			MAW-Vorfilter Aliquot 4	
Prüfparameter		Einheit	Prüfergebnis	U [%]
U-238	$\gamma$	Bq/g	< 12	-
Ra-226	$\gamma$	Bq/g	< 75	-
U-235	$\gamma$	Bq/g	< 6,8	-
Ra-228	$\gamma$	Bq/g	< 2,8	-
Th-228	$\gamma$	Bq/g	< 2,4	-
Cr-51	$\gamma$	Bq/g	< 14	-
Mn-54	$\gamma$	Bq/g	< 0,79	-
Co-57	$\gamma$	Bq/g	< 6,4	-
Co-58	$\gamma$	Bq/g	< 0,75	-
Fe-59	$\gamma$	Bq/g	< 1,3	-
Co-60	$\gamma$	Bq/g	38,7	15
Zn-65	$\gamma$	Bq/g	< 1,4	-
Zr-95	$\gamma$	Bq/g	< 3,8	-
Nb-95	$\gamma$	Bq/g	< 0,79	-
Ru-103	$\gamma$	Bq/g	< 2,4	-
Ru-106	$\gamma$	Bq/g	< 12	-
Ag-110m	$\gamma$	Bq/g	< 1,1	-
Te-123m	$\gamma$	Bq/g	< 0,89	-
Sb-124	$\gamma$	Bq/g	< 1,2	-
Sb-125	$\gamma$	Bq/g	< 6,2	-
I-129	$\gamma$	Bq/g	< 33	-
I-131	$\gamma$	Bq/g	< 2,1	-
Cs-134	$\gamma$	Bq/g	< 0,93	-
Cs-137	$\gamma$	Bq/g	31338	10
Ba-140	$\gamma$	Bq/g	< 7,1	-
La-140	$\gamma$	Bq/g	< 3,4	-
Ce-141	$\gamma$	Bq/g	< 1,5	-
Ce-144	$\gamma$	Bq/g	< 6,3	-
Eu-152	$\gamma$	Bq/g	78	15
Eu-154	$\gamma$	Bq/g	50	15
Pu-238	$\alpha$	Bq/g	19,2	10
Pu-239/240	$\alpha$	Bq/g	24	10
Am-241	$\alpha/\gamma$	Bq/g	79,6	10
Cm-242	$\alpha$	Bq/g	< 0,20	-
Cm-243/244	$\alpha$	Bq/g	6,1	15

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 38

Eine gammaspektrometrische Bestimmung von Pb-210 über die 46.5 keV Linie war auf Grund der spektralen Interferenz mit der für Eu-152 verknüpften Linie von 47 keV nicht möglich. Da die Pb-210-Aktivität jedoch eine wichtige Information zur Beurteilung der radiologischen Situation in der MAW-Kammer darstellt, wurde zusätzlich eine Bestimmung von Pb-210 über die Messung der - Aktivität und außerdem die Aktivitätsbestimmung seines Zerfallsprodukts Po-210 für die Teilprobe 4 vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 14 (Angaben in Bq) und der Tabelle 15 (Angaben in Bq/g) zusammengefasst. Es ist zu erkennen, dass zwischen Pb-210 und Po-210 praktisch radioaktives Gleichgewicht herrscht. Die Gesamtaktivität von Pb-210 für den Vorfilter wurde mit 576 Bq abgeschätzt (s. Tabelle 16).

Tabelle 14: Ergebnisse der Analyse von Teilprobe 4 auf Pb-210 und Po-210 mittels Betamessung und Alphaspektrometrie (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016), Angaben in Bq

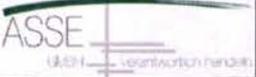
Probenbezeichnung			MAW-Vorfilter Teilprobe 4	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]
Pb-210	$\beta$	Bq	6,0	30
Po-210	$\alpha$	Bq	5,4	17

Tabelle 15: Ergebnisse der Analyse von Teilprobe 4 auf Pb-210 und Po-210 mittels Betamessung und Alphaspektrometrie (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016), Angaben in Bq/g

Probenbezeichnung			MAW-Vorfilter Teilprobe 4	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]
Pb-210	$\beta$	Bq/g	4,2	30
Po-210	$\alpha$	Bq/g	3,8	17

Die gesamte Cs-137-Aktivität des Vorfilters wurde durch In-situ-Gammaspektrometrie und die gammaspektrometrische Analyse aller Teilproben mit 4,27 MBq bestimmt. Daraus ergibt sich ein Faktor von 95,96, um die in den Tabellen 12 und 14 angegebenen Aktivitäten der Teilprobe 4 auf die Gesamtaktivität umzurechnen. Das Ergebnis dieser Rechnung ist in der Tabelle 16 enthalten. Ebenfalls angegeben ist die spezifische Aktivität, welche aus der Gesamtaktivität durch Division durch die Filterfläche (3249 cm<sup>2</sup>) und dem durchschnittlichen Flächengewicht (0,0425 g/cm<sup>2</sup>) erhalten wurde.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 39
--	-----------

*Tabelle 16: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Vorfilter (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) zum Zeitpunkt 29.11.2016*

Nuklid	Aktivität [kBq]	Spezifische Aktivität [kBq/g]
Pb-210	0,576	0,0042
Co-60	5,28	0,038
Cs-137	4270	30,9
Eu-152	10,6	0,077
Eu-154	6,81	0,049
Pu-238	2,62	0,019
Pu-239/240	3,27	0,024
Am-241	10,84	0,0785
Cm-243/244	0,83	0,0060

Die mittlere spezifische Aktivität von Cs-137 betrug 30,9 kBq/g. Mit der Gesamtmasse des belegten Filters von 138,2 g ergibt sich die gemessene Gesamtaktivität von 4,27 MBq. Der Hersteller hat bisher keine Auskunft über die ursprüngliche Masse des ca. 25 Jahre alten Filtervlieses geben können, so dass eine genaue Massenbestimmung des auf dem Filter abgelagerten Staubs nicht erfolgen konnte. Erste Untersuchungen und Abschätzungen der IAF zum Staubinhalt des MAW Vorfilters, die auf der Bestimmung des Trockenrückstands der aus dem Filter mit Salzsäure ausgekochten Staubteilchen aus der Teilprobe 4 beruhten, lieferten einen Wert von 35 mg. Hieraus konnte eine Gesamtstaubmasse von ca. 4 g prognostiziert werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen für den Vorfilter 2016 sind in der Abbildung 24 zusammenfassend dargestellt (s.a. Ergebnisse in [1]).

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

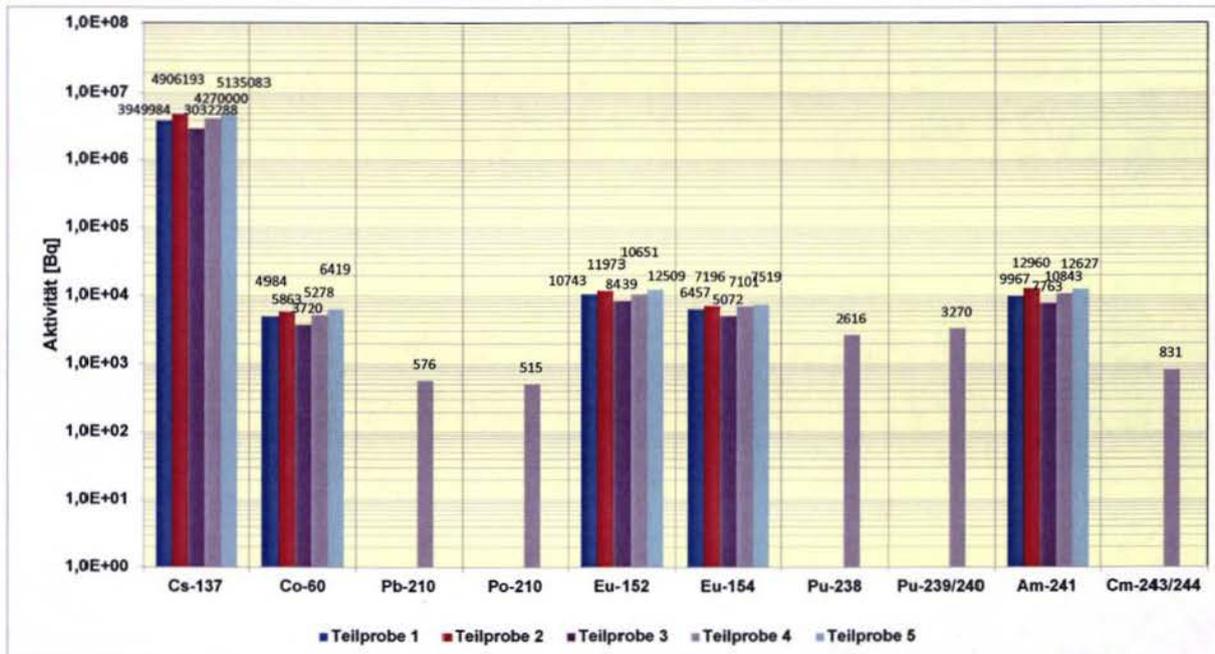


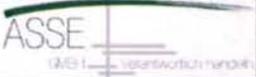
Abbildung 24: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahre 2016 (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) für ausgewählte Radionuklide.

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Radionuklidanalysen für den Hauptfilter 2016 können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Für Cs-137, Co-60, Eu-152, Eu-154 und Am-241 liefern die 5 Teilproben des Vorfilters jeweils vergleichbare Gesamtaktivitäten, so dass man von einer annähernd homogenen Aktivitätsverteilung auf dem Vorfilter ausgehen kann.
- Im Unterschied zu den Ergebnissen für den Zeitraum 2008 - 2013 dominiert die Cs-137-Aktivität im Vergleich zu allen anderen Aktivitäten, wobei gegenüber Am-241 und Eu-152 ein Unterschied von etwa Faktor 500 besteht, während Co-60-Aktivität etwa um ca. 3 Größenordnungen geringer ist.
- Die Aktivität von Pb-210 ist mit ca. 500 Bq etwa um den Faktor 20 kleiner als die von Eu-152.
- Im Unterschied zu den Ergebnissen für den Zeitraum 2008 - 2013 konnten die Radionuklide Sb-125 und Sn-126 nicht nachgewiesen werden.
- Außer Pb-210 und Po-210 sind keine weiteren Radionuklide der U-238- und Th-232-Zerfallsreihen nachgewiesen worden.

#### 4.2.2 Hauptfilter 2016

In der Tabelle 17 (Angabe in Bq) und der Tabelle 18 (Angabe in Bq/g) sind die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse für den Hauptfilter aus dem Jahr 2016 (Betriebszeit (17.04.2013 - 25.05.2016) zusammen-gestellt, wobei 3 Teilproben, entnommen aus dem oberen,

Projekt NNAA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							

mittleren und unteren Teil, untersucht wurden. Die Vorgehensweise ist in der Abbildung 9 illustriert. Die unterschiedlichen Proben dienten vor allem dem Zweck zu erkunden, ob und in welcher Weise die Ablagerung der Stäube und Partikel im Hauptfilter erfolgt.

Tabelle 17: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2016, Angabe in Bq

Analyseergebnisse			lfd. Nr. 1		lfd. Nr. 2		lfd. Nr. 3	
Probenbezeichnung			Hauptfilter 2016 oben		Hauptfilter 2016 mitte		Hauptfilter 2016 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
U-238	γ	Bq	< 177	-	< 107	-	< 160	-
Ra-226	γ	Bq	< 419	-	< 542	-	< 380	-
U-235	γ	Bq	< 24	-	< 31	-	< 21	-
Ra-228	γ	Bq	< 28	-	< 19	-	< 24	-
Th-228	γ	Bq	< 33	-	< 20	-	< 30	-
Cr-51	γ	Bq	< 176	-	< 106	-	< 159	-
Mn-54	γ	Bq	< 7,7	-	< 4,8	-	< 6,3	-
Co-57	γ	Bq	< 93	-	< 57	-	< 85	-
Co-58	γ	Bq	< 7,6	-	< 4,8	-	< 6,4	-
Fe-59	γ	Bq	< 11	-	< 6,9	-	< 8,6	-
Co-60	γ	Bq	103	10	105	10	72	10
Zn-65	γ	Bq	< 12	-	< 7,5	-	< 13	-
Zr-95	γ	Bq	< 24	-	< 9,3	-	< 12	-
Nb-95	γ	Bq	< 7,8	-	< 5,0	-	< 6,6	-
Ru-103	γ	Bq	< 25	-	< 15	-	< 22	-
Ru-106	γ	Bq	< 153	-	< 94	-	< 136	-
Ag-110m	γ	Bq	< 8,1	-	< 4,4	-	< 7,1	-
Te-123m	γ	Bq	< 13	-	< 7,7	-	< 12	-
Sb-124	γ	Bq	< 15	-	< 9,3	-	< 14	-
Sb-125	γ	Bq	< 85	-	< 51	-	< 75	-
I-129	γ	Bq	< 175	-	< 281	-	< 154	-
I-131	γ	Bq	< 25	-	< 15	-	< 21	-
Cs-134	γ	Bq	< 8,9	-	< 5,6	-	< 7,4	-
Cs-137	γ	Bq	84900	10	93000	10	66800	10
Ba-140	γ	Bq	< 87	-	< 53	-	< 78	-
La-140	γ	Bq	< 32	-	< 20	-	< 26	-
Ce-141	γ	Bq	< 21	-	< 13	-	< 19	-
Ce-144	γ	Bq	< 92	-	< 56	-	< 84	-
Eu-152	γ	Bq	176	15	193	15	139	15
Eu-154	γ	Bq	99	20	116	20	83	20

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 <small>ASSE</small> <small>ANALYSE- UND SERVICE-GESELLSCHAFT</small> <small>AG</small>
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität

Blatt: 42

Tabelle 18: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2016, Angabe in Bq/g

Analysenergebnisse			lfd. Nr. 1		lfd. Nr. 2		lfd. Nr. 3	
Probenbezeichnung			Hauptfilter 2016 oben		Hauptfilter 2016 mitte		Hauptfilter 2016 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
U-238	γ	Bq/g	< 7,1	-	< 4,3	-	< 6,4	-
Ra-226	γ	Bq/g	< 17	-	< 22	-	< 15	-
U-235	γ	Bq/g	< 1,0	-	< 1,2	-	< 0,84	-
Ra-228	γ	Bq/g	< 1,1	-	< 0,8	-	< 1,0	-
Th-228	γ	Bq/g	< 1,3	-	< 0,8	-	< 1,2	-
Cr-51	γ	Bq/g	< 7,0	-	< 4,2	-	< 6,4	-
Mn-54	γ	Bq/g	< 0,31	-	< 0,19	-	< 0,25	-
Co-57	γ	Bq/g	< 3,7	-	< 2,3	-	< 3,4	-
Co-58	γ	Bq/g	< 0,30	-	< 0,19	-	< 0,26	-
Fe-59	γ	Bq/g	< 0,44	-	< 0,28	-	< 0,34	-
Co-60	γ	Bq/g	4,12	10	4,20	10	2,88	10
Zn-65	γ	Bq/g	< 0,48	-	< 0,30	-	< 0,52	-
Zr-95	γ	Bq/g	< 1,0	-	< 0,4	-	< 0,48	-
Nb-95	γ	Bq/g	< 0,31	-	< 0,20	-	< 0,26	-
Ru-103	γ	Bq/g	< 1,0	-	< 0,6	-	< 0,88	-
Ru-106	γ	Bq/g	< 6,1	-	< 3,8	-	< 5,4	-
Ag-110m	γ	Bq/g	< 0,32	-	< 0,18	-	< 0,28	-
Te-123m	γ	Bq/g	< 0,52	-	< 0,31	-	< 0,48	-
Sb-124	γ	Bq/g	< 0,60	-	< 0,37	-	< 0,56	-
Sb-125	γ	Bq/g	< 3,4	-	< 2,0	-	< 3,0	-
I-129	γ	Bq/g	< 7,0	-	< 11,2	-	< 6,2	-
I-131	γ	Bq/g	< 1,0	-	< 0,60	-	< 0,84	-
Cs-134	γ	Bq/g	< 0,36	-	< 0,22	-	< 0,30	-
Cs-137	γ	Bq/g	3396	10	3720	10	2672	10
Ba-140	γ	Bq/g	< 3,5	-	< 2,1	-	< 3,1	-
La-140	γ	Bq/g	< 1,3	-	< 0,80	-	< 1,0	-
Ce-141	γ	Bq/g	< 0,8	-	< 0,52	-	< 0,76	-
Ce-144	γ	Bq/g	< 3,7	-	< 2,2	-	< 3,4	-
Eu-152	γ	Bq/g	7,04	15	7,72	15	5,56	15
Eu-154	γ	Bq/g	3,96	20	4,64	20	3,32	20

In der Tabelle 19 (Angabe in Bq) und der Tabelle 20 (Angabe in Bq/g) sind die Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse für die ausgewählten künstlichen Radionuklide, wie beim Vorfilter, angegeben.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN			
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00			
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 43		

Tabelle 19: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2016 (Betriebszeit 2013 - 2016), Angabe in Bq

Probenbezeichnung			Hauptfilter 2016 oben		Hauptfilter 2016 mittig		Hauptfilter 2016 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
Pu-238	$\alpha$	Bq	135	15	125	15	97	16
Pu-239/Pu-240	$\alpha$	Bq	195	15	159	16	162	17
Am-241	$\alpha$	Bq	467	15	481	13	341	15
Cm-242	$\alpha$	Bq	< 9	-	< 9	-	< 9	-
Cm-243/Cm-244	$\alpha$	Bq	19,5	35	17,1	17	12,8	37

Tabelle 20: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2016 (Betriebszeit 2013 - 2016), Angabe in Bq/g

Probenbezeichnung			Hauptfilter 2016 oben		Hauptfilter 2016 mittig		Hauptfilter 2016 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
Pu-238	$\alpha$	Bq/g	5,40	15	5,00	15	3,88	16
Pu-239/Pu-240	$\alpha$	Bq/g	7,80	15	6,36	16	6,48	17
Am-241	$\alpha$	Bq/g	18,7	15	19,2	13	13,6	15
Cm-242	$\alpha$	Bq/g	< 0,36	-	< 0,36	-	< 0,36	-
Cm-243/Cm-244	$\alpha$	Bq/g	0,78	35	0,68	17	0,51	37

Analog zum Vorfilter aus dem Jahr 2016 erfolgte die Bestimmung von Pb-210 über die Messung der -Aktivität und die Aktivitätsbestimmung seines Zerfallsprodukts Po-210. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 (Angabe in Bq) und Tabelle 22 (Angabe in Bq/g) zusammengefasst. Es ist zu erkennen, dass zwischen Pb-210 und Po-210 praktisch radioaktives Gleichgewicht herrscht und die Gesamtaktivität von Pb-210 etwa um eine Größenordnung höher als die des Vorfilters ist (s. Tabelle 23).

Tabelle 21: Ergebnisse der Analyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2016 auf Pb-210 und Po-210 mittels Betamessung und Alphaspektrometrie (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016), Angabe in Bq

Probenbezeichnung			Hauptfilter 2016 oben		Hauptfilter 2016 mittig		Hauptfilter 2016 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
Pb-210	B	Bq	134	30	122	30	99	30
Po-210	$\alpha$	Bq	129	15	108	15	93	15

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							

Tabelle 22: Ergebnisse der Analyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2016 auf Pb-210 und Po-210 mittels Betamessung und Alphaspektrometrie (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016), Angabe in Bq/g

Probenbezeichnung		Hauptfilter 2016 oben		Hauptfilter 2016 mittig		Hauptfilter 2016 unten		
Prüfparameter	Einheit	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	
Pb-210	B	Bq/g	5,36	30	4,88	30	3,96	30
Po-210	$\alpha$	Bq/g	5,16	15	4,32	15	3,72	15

Für jede Teilprobe wurde eine Doppellage des Filtermaterials entnommen. Bei einer Gesamtanzahl von 60 Doppellagen entspricht 1 Doppellage einem Anteil von jeweils 1,67%. Mit diesen Angaben und den alpha- und gammaspektrometrischen Analyseergebnissen konnte durch Hochrechnung eine Abschätzung der Gesamtaktivität des Hauptfilters durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 23 zusammengestellt und in der Abbildung 25 grafisch dargestellt. Die Hochrechnung wurde dabei von jeder Teilprobe ausgehend auf den gesamten Filter durchgeführt.

Tabelle 23: Berechnete Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahre 2016 (Betriebszeit 2013 - 2016) für ausgewählte Radionuklide. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Nuklid	Hauptfilter oben [Bq]	Hauptfilter mittig [Bq]	Hauptfilter unten [Bq]
Pb-210	8042	7315	5930
Cs-137	5094000	5580000	4008000
Co-60	6180	6300	4320
Am-241	27600	28200	21540
Pu-238	8106	7495	5847
Pu-239/240	11694	9527	9744
Cm-242	< 540	< 540	< 540
Cm-243/244	1169	1029	767

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

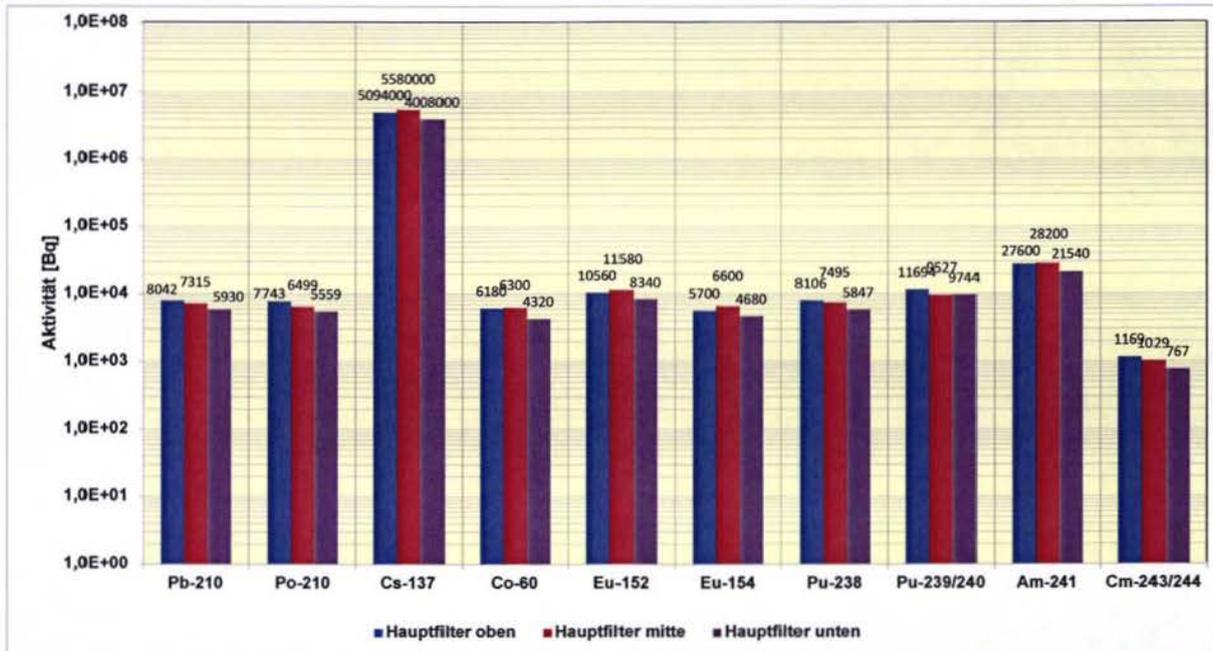


Abbildung 25: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahre 2016 (Betriebszeit 2013 - 2016) für ausgewählte Radionuklide.

Die gesamte Cs-137-Aktivität des Hauptfilters wurde zusätzlich durch In-situ-Gammaspektrometrie mit 4,85 MBq bestimmt. Dies ist in sehr guter Übereinstimmung mit dem Mittelwert der aus den Teilproben berechneten Gesamtaktivität von Cs-137 von 4,89 MBq und belegt, dass die Entnahme von 3 Aliquoten (oben, mittig, unten) aus dem Hauptfilter zur Erreichung des Untersuchungsziels zielführend war. Die Gesamtaktivität des Hauptfilters als Mittelwert der über die 3 Aliquote errechneten Gesamtaktivität aus Tabelle 23 ist in Tabelle 24 enthalten. Zusätzlich ist die spezifische Aktivität angegeben. Diese wurde aus der Gesamtaktivität durch Division durch die Masse des Filtermaterials ermittelt. Diese ergibt sich aus der Anzahl der Doppellagen und deren durchschnittlichen Masse über  $60 \times 25,0 \text{ g} = 1500 \text{ g}$ .

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 46
--	-----------

*Tabelle 24: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Hauptfilter (Betriebszeit: 17.04.2013 - 25.05.2016) zum Zeitpunkt 17.05.2017*

Nuklid	Aktivität [kBq]	Spezifische Aktivität [kBq/g]
Pb-210	7,10	0,00473
Co-60	5,60	0,00373
Cs-137	4894	3,26
Eu-152	10,16	0,00677
Eu-154	5,66	0,00377
Pu-238	7,15	0,00477
Pu-239/240	10,32	0,00688
Am-241	25,78	0,0172
Cm-243/244	0,99	0,00066

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Radionuklidanalysen für den Hauptfilter 2016 (s. Abbildung 25 und Tabelle 23) können die nachfolgend aufgeschlüsselten Schlussfolgerungen gezogen werden.

- In den 3 untersuchten Bereichen des Hauptfilters (oben, mittig, unten) des Hauptfilters sind, sofern Analysen durchgeführt wurden, praktisch vergleichbare Aktivitäten abgelagert worden. Man kann deshalb allgemein von einer annähernd homogenen Aktivitätsverteilung auf dem Hauptfilter ausgehen.
- Im Unterschied zu den Ergebnissen für den Zeitraum 2008 - 2013 dominiert jetzt die Cs-137-Aktivität im Vergleich zu allen anderen Aktivitäten, wobei gegenüber Am-241 ein Unterschied von etwa um den Faktor 200 besteht und alle weiteren Radionuklidaktivitäten um ca. 3 Größenordnungen geringer sind.
- Die Aktivitäten von Pb-210, Co-60, Pu-238, Pu-239/240, Eu-152 sowie Eu-154 sind etwa gleich groß, während die von Cm-243/244 etwa eine Größenordnung geringer ist.
- Im Unterschied zu den Ergebnissen für den Zeitraum 2008 - 2013 konnten die Radionuklide Sb-125 und Sn-126 nicht nachgewiesen werden.

Außer Pb-210 und Po-210 sind keine weiteren Radionuklide der U-238- und Th-232-Zerfallsreihen nachgewiesen worden.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 47
--	-----------

### 4.2.3 Vergleich der auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten

Die ermittelten Gesamtaktivitäten ausgewählter Radionuklide für die Betriebszeit 2013 - 2016 sind in der Abbildung 26 dargestellt. Zum Vergleich sind auch die für die einzelnen Komponenten des Vor- und Hauptfilters 2016 nachgewiesenen Gesamtaktivitäten mit angegeben. Die daraus berechneten Aktivitätsverhältnisse sind in der Abbildung 27 grafisch dargestellt.

Der Filter war von 2013 bis 2016 insgesamt 1134 Tage in Betrieb (s. Tabelle 1) und die Radionuklidanalysen wurden im Jahre 2017 durchgeführt, so dass die jetzt gemessenen Aktivitäten einzelner Radionuklide auf den mittleren Sammelzeitpunkt analog zu den Messungen von 2008 - 2013 (Betriebszeit: 1890 Tage) zurückgerechnet werden sollten. Da jedoch der Sammelzeitraum von 1134 Tagen deutlich kleiner als der der Filterbelegung von 2008 - 2013 ist, wurde auf solch eine Korrektur verzichtet, zumal sie bei Co-60 nur Faktor 1,39 und bei Cs-137 Faktor 1,08 beträgt.

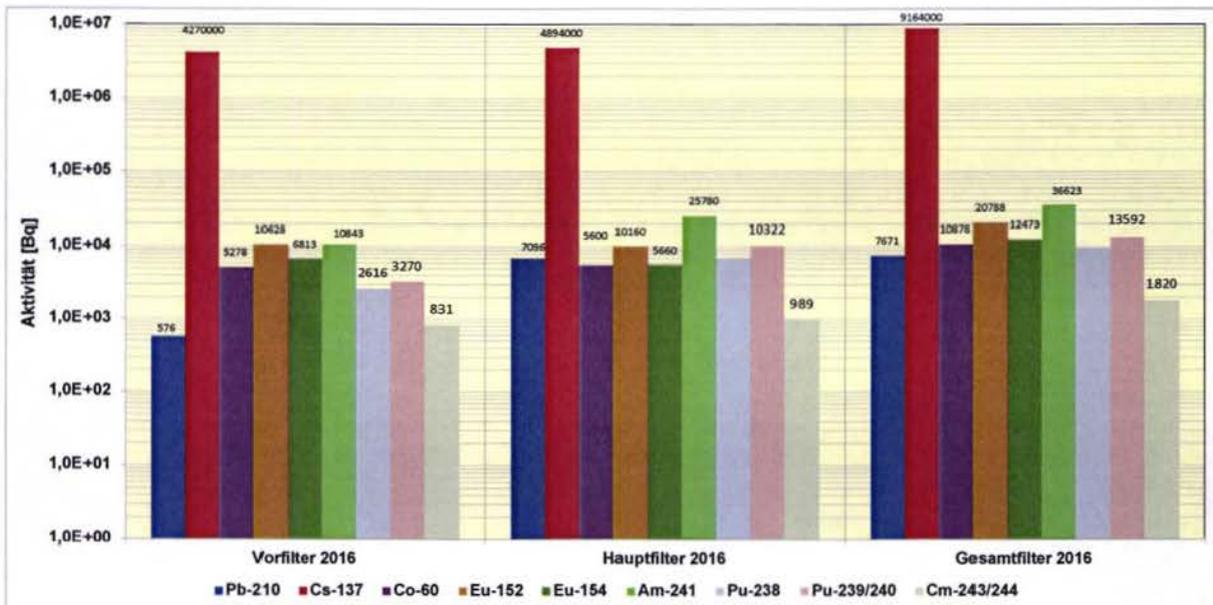


Abbildung 26: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters (Betriebszeit 2013 - 2016) für ausgewählte Radionuklide

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 48
--	-----------

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Radionuklidanalysen für den Vor- und Hauptfilter 2016 können die nachfolgenden Schlussfolgerungen gezogen werden.

- Die Aktivitäten von Cs-137, Co-60, Eu-152, Eu-154 und Cm-243/244 werden etwa annähernd gleich auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagert, wobei Cs-137 das dominierende Radionuklid ist und etwa um 2 Größenordnungen stärker als die anderen Radionuklide abgelagert wird.
- Für alle anderen Radionuklide ist die auf dem Hauptfilter abgelagerte Aktivität größer als die auf dem Vorfilter. Besonders stark ist dieser Effekt für Pb-210 ausgeprägt, wobei etwa um den Faktor 14 mehr Pb-210-Aktivität auf dem Hauptfilter abgelagert wird. Bei den Messungen für den Sammelzeitraum 2008 - 2013 ist ein solcher Effekt nicht beobachtet worden.

Auch Am-241, Pu-238 und Pu-239/240 werden deutlich stärker auf dem Hauptfilter zurückgehalten als Cs-137 und Co-60.

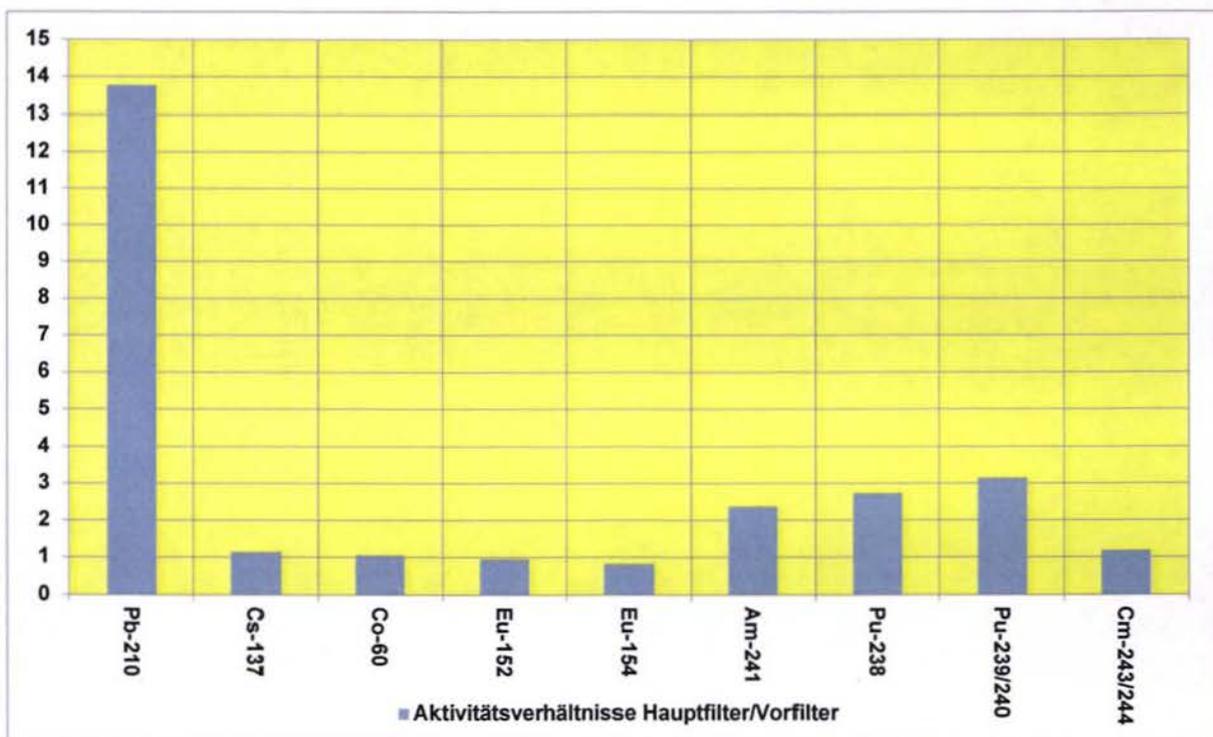
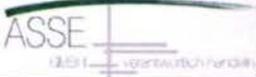


Abbildung 27: Berechneten Aktivitätsverhältnisse der auf dem Vor- und Hauptfilter abgeschiedenen Gesamtaktivitäten der Filter aus dem Zeitraum 2013 - 2016.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität
Blatt: 49

In der Abbildung 28 sind beispielhaft die Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 und Pu-239/240 des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013 und 2016 gegenübergestellt. Diese Ergebnisse untersetzen die in Abbildung 27 dargestellten Ergebnisse, dass im Hauptfilter 2016 etwa 3-mal mehr Pu-239/240 abgelagert wurde als im Vorfilter, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Ablagerung von Cs-137 im Zeitraum 2013 - 2016 signifikant angestiegen ist.

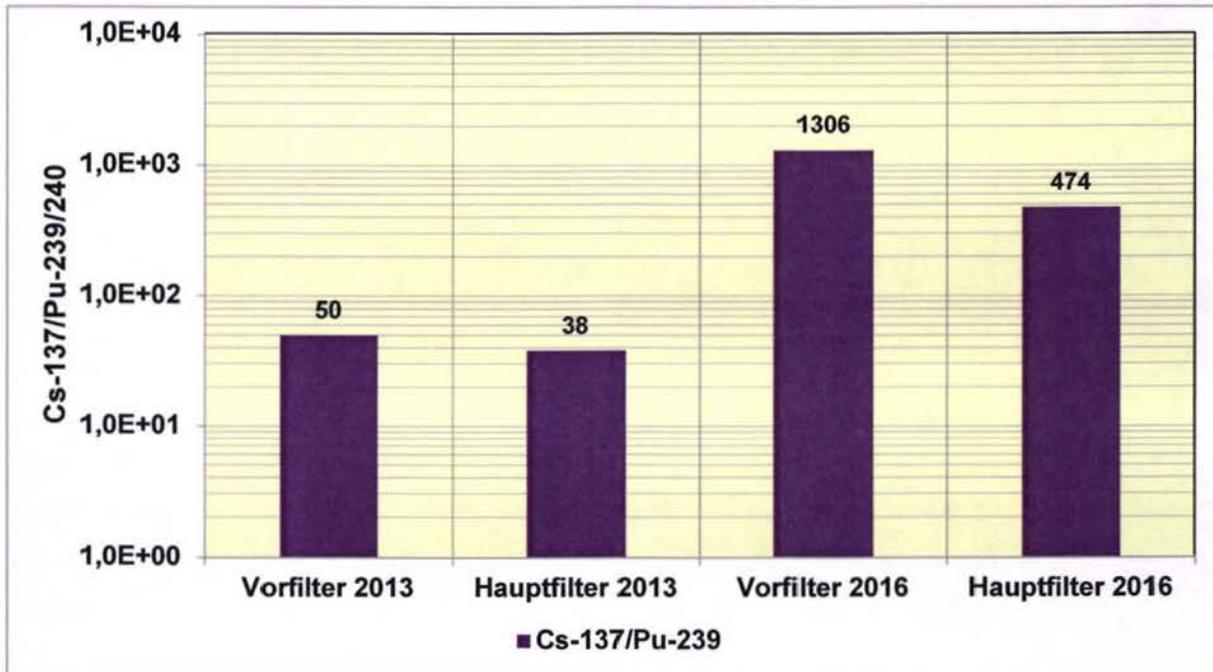


Abbildung 28: Berechnete Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 zu Pu-239/240 der Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013 und 2016.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität
Blatt: 50

#### 4.2.4 Abgelagerte Gesamtaktivitäten auf den Filtern und die daraus abgeleiteten mittleren Aktivitätskonzentrationen in der MAW-Kammer

In der Abbildung 29 sind die für den Betriebszeitraum 2013 - 2016 ermittelten Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide in der MAW-Kammer dargestellt. Zum Vergleich sind auch die Ergebnisse für den Sammelzeitraum 2008 - 2013 mit angegeben.

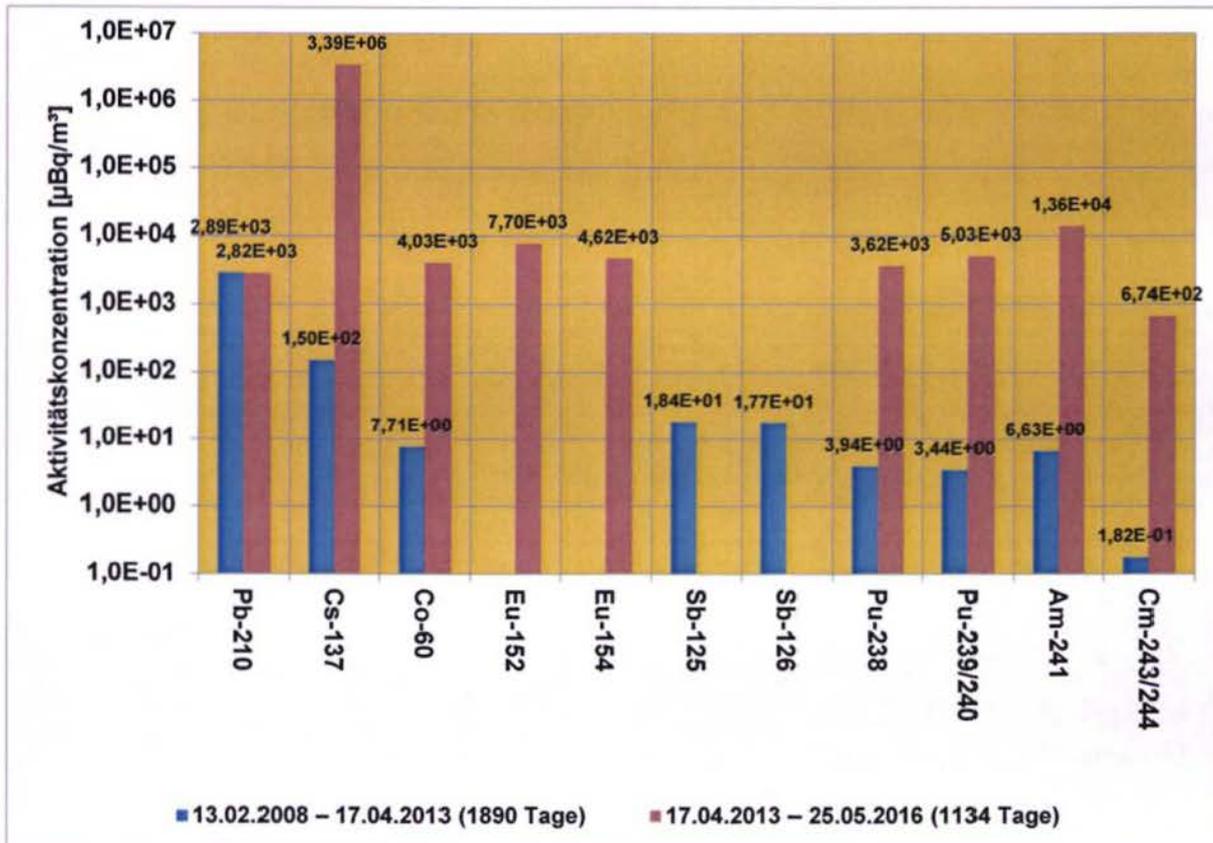
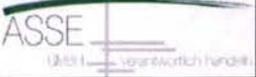


Abbildung 29: Berechnete Aktivitätskonzentration relevanter Radionuklide in der MAW-Kammer für die Betriebszeiträume 2008 - 2013 (vgl. Abbildung 23) sowie 2013 - 2016.

In der Abbildung 29 sind die aus den Ergebnissen der nuklidspezifischen Gesamtaktivitäten der Vor- und Hauptfiltermessungen berechneten mittleren Aktivitätskonzentrationen einzelner Radionuklide in der Atmosphäre der MAW-Kammer dargestellt. Für die Umrechnung wurde für die Zeit der Beaufschlagung der beiden Filter von 2013 bis 2016 eine Sammelzeit von 1134 Tagen zu Grunde gelegt. Bei einer mittleren Abluftrate aus der MAW-Kammer von 100 m<sup>3</sup>/h ergibt sich eine Gesamtabluft von 2,7E+06 m<sup>3</sup>. Zusätzlich angegeben sind die für den Betriebszeitraum 2008 - 2013 erhaltenen mittleren Aktivitätskonzentrationen einzelner Radionuklide (vgl. Abbildung 23).

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



ASSE  
Umwelt | verantwortlich handeln

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 51
--	-----------

## 5 Teilbericht 4 - Untersuchung des Vor- und Hauptfilters der Betriebszeit 2016 – 2017

### 5.1 Vorbemerkung zur Untersuchung des Vor- und Hauptfilters

Der Vorfilter des MAW Filters aus dem Jahre 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017, 293 Tage) wurde durch die IAF im Juni/Juli 2017 untersucht. Der Vorfilter bestand nicht aus Vlies, wie die bisher untersuchten Filter, sondern aus einem gefalteten Filtermaterial auf Glasfaserbasis. Im Aufbau war der Vorfilter dem Hauptfilter ähnlich. Die Fläche des Filters betrug 57 cm x 57 cm bei einer Faltenbreite von etwa 3 cm. Die Gesamtoberfläche von 7 m<sup>2</sup> war somit ca. Faktor 3 geringer als die des Hauptfilter. Die Abbildung 30 zeigt ein Foto des Vorfilters.

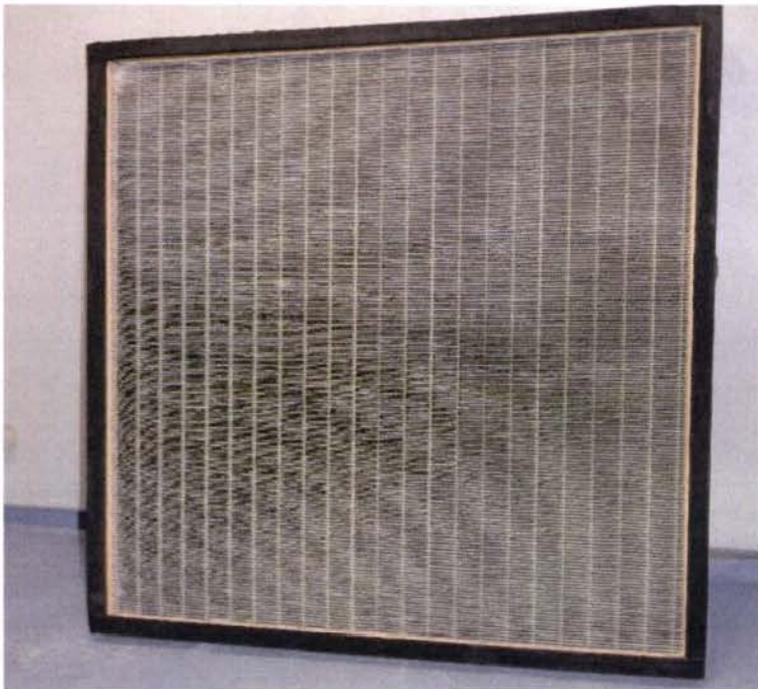


Abbildung 30: Foto des Vorfilters (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017, 293 Tage)

Die Untersuchungsergebnisse für den Vorfilter werden im Kapitel 5.2.1 zusammenfassend dargestellt. Die für den zugehörigen Hauptfilter erhaltenen Ergebnisse sind in dem Kapitel 5.2.2 zusammengestellt. In Analogie zu den Ergebnissen aus den Sammelzeiten 2008 - 2013 und 2013 - 2016 werden im Kapitel 5.2.3 und die dem Vor- und Hauptfilter abgelagerten Gesamtaktivitäten verglichen und die daraus abgeleiteten mittleren Aktivitätskonzentrationen in der MAW-Kammer im Kapitel 5.2.4 zusammengestellt.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd. Nr. NNNN	Rev. NN		
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00		
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 52	

## 5.2 Untersuchungsergebnisse

### 5.2.1 Vorfilter 2017

Die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Analysen sind in der Tabelle 25 (Angaben in Bq) und der Tabelle 26 (Angaben in Bq/g) zusammengestellt, wobei aus dem Vorfilter drei Teilproben entnommen (Probe „links oben“, Probe „mitte“, Probe „rechts unten“) wurden.

Tabelle 25: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017), Angaben in Bq. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Analysergebnisse			lfd. Nr. 1		lfd. Nr. 2		lfd. Nr. 3	
Probenbezeichnung			MAW-Vorfilter 2017 links oben		MAW-Vorfilter 2017 mitte		MAW-Vorfilter 2017 rechts unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
U-238	γ	Bq	< 9,2	-	< 23	-	< 21	-
Ra-226	γ	Bq	< 44	-	< 58	-	< 50	-
Pb-210	γ	Bq	58	20	43	35	36	28
U-235	γ	Bq	< 3,6	-	< 3,3	-	< 2,9	-
Ra-228	γ	Bq	< 1,8	-	< 2,0	-	< 1,6	-
Th-228	γ	Bq	< 1,6	-	< 4,6	-	< 3,9	-
Cr-51	γ	Bq	< 9,2	-	< 25	-	< 22	-
Mn-54	γ	Bq	< 0,22	-	< 0,48	-	< 0,39	-
Co-57	γ	Bq	< 0,55	-	< 1,4	-	< 1,3	-
Co-58	γ	Bq	< 0,22	-	< 0,46	-	< 0,37	-
Fe-59	γ	Bq	< 0,32	-	< 0,72	-	< 0,59	-
Co-60	γ	Bq	3,1	10	3,5	12	2,4	13
Zn-65	γ	Bq	< 0,34	-	< 0,88	-	< 0,66	-
Zr-95	γ	Bq	< 0,42	-	< 0,88	-	< 0,69	-
Nb-95	γ	Bq	< 0,22	-	< 0,49	-	< 0,41	-
Ru-103	γ	Bq	< 1,5	-	< 4,1	-	< 3,6	-
Ru-106	γ	Bq	< 6,1	-	< 20	-	< 17	-
Ag-110m	γ	Bq	< 0,26	-	< 0,67	-	< 0,53	-
Te-123m	γ	Bq	< 0,63	-	< 1,7	-	< 1,5	-
Sb-124	γ	Bq	< 0,61	-	< 2,0	-	< 2,4	-
Sb-125	γ	Bq	< 3,4	-	< 11	-	< 9,5	-
I-129	γ	Bq	< 12	-	< 38	-	< 7,2	-
I-131	γ	Bq	< 1,3	-	< 3,5	-	< 3,5	-
Cs-134	γ	Bq	< 0,27	-	< 0,53	-	< 0,45	-
Cs-137	γ	Bq	12994	10	12400	10	9660	10
Ba-140	γ	Bq	< 4,4	-	< 13	-	< 11	-
La-140	γ	Bq	< 0,94	-	< 2,0	-	< 1,7	-
Ce-141	γ	Bq	< 1,1	-	< 2,8	-	< 2,5	-
Ce-144	γ	Bq	< 4,5	-	< 12	-	< 11	-
Eu-152	γ	Bq	< 0,34	-	< 1,2	-	< 0,84	-
Eu-154	γ	Bq	< 0,43	-	< 0,80	-	< 0,80	-

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							

Tabelle 26: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017), Angaben in Bq/g. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Analysergebnisse			lfd. Nr. 1		lfd. Nr. 2		lfd. Nr. 3	
Probenbezeichnung			MAW-Vorfilter 2017 links oben		MAW-Vorfilter 2017 mitte		MAW-Vorfilter 2017 rechts unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
U-238	γ	Bq/g	< 1,3	-	< 2,0	-	< 3,1	-
Ra-226	γ	Bq/g	< 6,3	-	< 5,0	-	< 7,4	-
Pb-210	γ	Bq/g	8,3	20	3,7	35	5,3	28
U-235	γ	Bq/g	< 0,52	-	< 0,28	-	< 0,43	-
Ra-228	γ	Bq/g	< 0,26	-	< 0,17	-	< 0,24	-
Th-228	γ	Bq/g	< 0,23	-	< 0,39	-	< 0,58	-
Cr-51	γ	Bq/g	< 1,3	-	< 2,1	-	< 3,2	-
Mn-54	γ	Bq/g	< 0,032	-	< 0,041	-	< 0,058	-
Co-57	γ	Bq/g	< 0,079	-	< 0,12	-	< 0,19	-
Co-58	γ	Bq/g	< 0,032	-	< 0,039	-	< 0,055	-
Fe-59	γ	Bq/g	< 0,046	-	< 0,062	-	< 0,087	-
Co-60	γ	Bq/g	0,44	10	0,30	12	0,35	13
Zn-65	γ	Bq/g	< 0,049	-	< 0,075	-	< 0,10	-
Zr-95	γ	Bq/g	< 0,060	-	< 0,075	-	< 0,10	-
Nb-95	γ	Bq/g	< 0,032	-	< 0,042	-	< 0,060	-
Ru-103	γ	Bq/g	< 0,21	-	< 0,35	-	< 0,53	-
Ru-106	γ	Bq/g	< 0,87	-	< 1,7	-	< 2,5	-
Ag-110m	γ	Bq/g	< 0,037	-	< 0,057	-	< 0,078	-
Te-123m	γ	Bq/g	< 0,090	-	< 0,15	-	< 0,22	-
Sb-124	γ	Bq/g	< 0,087	-	< 0,17	-	< 0,35	-
Sb-125	γ	Bq/g	< 0,49	-	< 0,94	-	< 1,4	-
I-129	γ	Bq/g	< 1,7	-	< 3,3	-	< 1,1	-
I-131	γ	Bq/g	< 0,19	-	< 0,30	-	< 0,52	-
Cs-134	γ	Bq/g	< 0,039	-	< 0,045	-	< 0,066	-
Cs-137	γ	Bq/g	1862	10	1062	10	1425	10
Ba-140	γ	Bq/g	< 0,63	-	< 1,1	-	< 1,6	-
La-140	γ	Bq/g	< 0,13	-	< 0,17	-	< 0,25	-
Ce-141	γ	Bq/g	< 0,16	-	< 0,24	-	< 0,37	-
Ce-144	γ	Bq/g	< 0,64	-	< 1,0	-	< 1,6	-
Eu-152	γ	Bq/g	< 0,049	-	< 0,10	-	< 0,12	-
Eu-154	γ	Bq/g	< 0,062	-	< 0,068	-	< 0,12	-

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							

In der Tabelle 27 (Angaben in Bq) und der Tabelle 28 (Angaben in Bq/g) sind die Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse für die ausgewählten künstlichen Radionuklide angegeben.

*Tabelle 27: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017), Angaben in Bq. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.*

Probenbezeichnung			Vorfilter 2017 oben links		Vorfilter 2017 mittig		Vorfilter 2017 unten rechts	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
Pu-238	α	Bq	0,037	25	0,054	47	0,029	29
Pu-239/Pu-240	α	Bq	0,041	25	0,059	48	0,034	31
Am-241	α	Bq	0,076	17	0,119	27	0,068	22
Cm-242	α	Bq	< 0,002	-	< 0,002	-	< 0,002	-
Cm-243/Cm-244	α	Bq	0,005	37	0,007	69	0,005	55

*Tabelle 28: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017), Angaben in Bq/g. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.*

Probenbezeichnung			Vorfilter 2017 oben links		Vorfilter 2017 mittig		Vorfilter 2017 unten rechts	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
Pu-238	α	Bq/g	0,0053	25	0,0046	47	0,0043	29
Pu-239/Pu-240	α	Bq/g	0,0059	25	0,0051	48	0,0050	31
Am-241	α	Bq/g	0,0109	17	0,0102	27	0,0100	22
Cm-242	α	Bq/g	< 0,0003	-	< 0,0002	-	< 0,0003	-
Cm-243/Cm-244	α	Bq/g	0,0007	37	0,0006	69	0,0007	55

Die Maße des Vorfilters betrug 57 cm x 57 cm, entsprechend einer Fläche von 3249 cm<sup>2</sup>. Die Fläche der entnommenen Teilprobe „oben links“ betrug 7 cm x 5 cm = 35 cm<sup>2</sup> (entsprechend einem Anteil am GesamtfILTER von 1,08%), bei Teilprobe „mittig“ 7,5 cm x 5,5 cm = 41,3 cm<sup>2</sup> (entsprechend einem Anteil am GesamtfILTER von 1,27%) und bei Teilprobe „unten rechts“ 7 cm x 5 cm = 35 cm<sup>2</sup> (entsprechend einem Anteil am GesamtfILTER von 1,08%). Über die genannten Anteile kann die Gesamtaktivität für den Vorfilter errechnet. Das Ergebnis dieser Rechnung ist in der Tabelle 29 enthalten und in der Abbildung 31 grafisch dargestellt. Die Hochrechnung wurde dabei von jeder Teilprobe ausgehend auf den gesamten Filter durchgeführt.

Tabelle 29: Abschätzung der Gesamtaktivität für den Vorfilter ausgehend von einzelnen Komponenten (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017) zum Zeitpunkt 24.05.2017

Nuklid	Vorfilter oben links [Bq]	Vorfilter mittig [Bq]	Vorfilter unten rechts [Bq]
Pb-210	5370	3413	3333
Co-60	287	278	222
Cs-137	1203148	984127	894444
Pu-238	3,4	4,3	2,6
Pu-239/240	3,8	4,7	3,1
Am-241	7,0	9,4	6,3
Cm-243/244	0,47	0,56	0,46

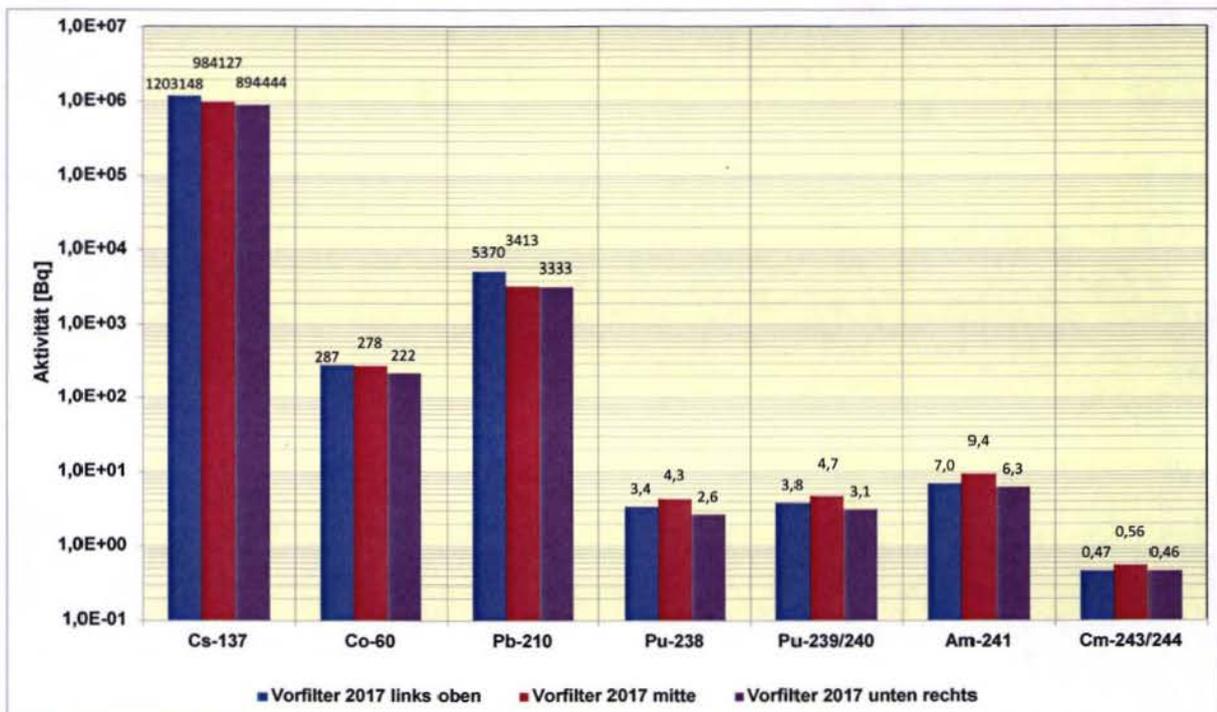
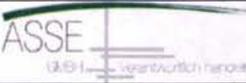


Abbildung 31: Berechnete Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vorfilters aus dem Jahre 2017 (2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017)) für ausgewählte Radionuklide.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 56
--	-----------

In der Tabelle 30 sind die jeweiligen Gesamtaktivitäten sowie die dazugehörigen spezifischen Aktivitäten, die sich aus den Gesamtaktivitäten nach Division durch die Filterfläche (57cm x 57cm = 3249 cm<sup>2</sup>) sowie das mittlere Flächengewicht von 0,225 g/cm<sup>2</sup> ergeben, zusammengestellt.

*Tabelle 30: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Vorfilter (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017) zum Zeitpunkt 24.05.2017*

Nuklid	Aktivität [Bq]	Spezifische Aktivität [Bq/g]
Pb-210	4006	5,48
Co-60	263	0,360
Cs-137	1025000	1402
Pu-238	3,5	0,0048
Pu-239/240	3,9	0,0054
Am-241	7,7	0,011
Cm-243/244	0,50	0,00068

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Radionuklidanalysen für den Vorfilter 2017 können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die untersuchten 3 Filterstücke lieferten vergleichbare Ergebnisse, so dass von einer annähernd homogenen Aktivitätsverteilung auszugehen ist.
- Cs-137 ist wieder, wie im Messzeitraum 2013 - 2016) das dominante Radionuklid.
- Die Co-60-Aktivität auf dem Vorfilter ist knapp 4 Größenordnungen geringer als die von Cs-137.
- Eu-152 und Eu-154 konnte nicht nachgewiesen werden.
- Die Aktivitäten von Pu-238 und Pu-239/240 sowie Am-241 sind etwa 5 Größenordnungen geringer als die von Cs-137.
- Im Unterschied zu den Ergebnissen für den Zeiträume 2008 - 2013 und 2013 - 2016 konnten die Radionuklide Sb-125 und Sn-126 nicht nachgewiesen werden.

Außer Pb-210 und Po-210 sind keine weiteren Radionuklide der U-238- und Th-232-Zerfallsreihen nachgewiesen worden.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 <small>ASSE</small> <small>GLÜCK — Verantwortlich Handeln</small>
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 57

### 5.2.2 Hauptfilter 2017

In der Tabelle 31 (Angaben in Bq) und in der Tabelle 32 (Angaben in Bq/g) sind die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse für den Hauptfilter aus dem Jahr 2017 (Betriebszeitraum 25.05.2016 - 14.03.2017, 293 Tage) zusammengestellt, wobei 3 Teilproben, entnommen aus dem oberen, mittleren und unteren Teil, untersucht wurden. Die Vorgehensweise ist in der Abbildung 9 illustriert. Die unterschiedlichen Proben dienen vor allem dem Zweck zu erkunden, ob und in welcher Weise die Ablagerung der Stäube und Partikel im Hauptfilter erfolgt. In der Tabelle 33 (Angaben in Bq) und in Tabelle 34 (Angaben in Bq/g) sind die Ergebnisse der alphaspektrometrischen Analyse zusammengestellt.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 58

Tabelle 31: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2017, Angaben in Bq. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Analyseergebnisse			lfd. Nr. 1		lfd. Nr. 2		lfd. Nr. 3	
Probenbezeichnung			MAW-Hauptfilter 2017 oben		MAW-Hauptfilter 2017 mitte		MAW-Hauptfilter 2017 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
U-238	γ	Bq	< 6,7	-	< 18	-	< 21	-
Ra-226	γ	Bq	< 26	-	< 39	-	< 46	-
Pb-210	γ	Bq	15	25	25	50	30	26
U-235	γ	Bq	< 0,85	-	< 2,3	-	< 2,6	-
Ra-228	γ	Bq	< 1,2	-	< 1,7	-	< 1,8	-
Th-228	γ	Bq	< 1,2	-	< 3,1	-	< 3,7	-
Cr-51	γ	Bq	< 6,7	-	< 17	-	< 21	-
Mn-54	γ	Bq	< 0,12	-	< 0,34	-	< 0,38	-
Co-57	γ	Bq	< 0,40	-	< 1,0	-	< 1,3	-
Co-58	γ	Bq	< 0,11	-	< 0,34	-	< 0,33	-
Fe-59	γ	Bq	< 0,23	-	< 0,60	-	< 0,55	-
Co-60	γ	Bq	1,2	10	1,5	16	1,4	16
Zn-65	γ	Bq	< 0,26	-	< 0,68	-	< 0,54	-
Zr-95	γ	Bq	< 0,21	-	< 0,55	-	< 0,65	-
Nb-95	γ	Bq	< 0,12	-	< 0,36	-	< 0,41	-
Ru-103	γ	Bq	< 1,1	-	< 2,9	-	< 3,4	-
Ru-106	γ	Bq	< 4,9	-	< 13	-	< 15	-
Ag-110m	γ	Bq	< 0,18	-	< 0,45	-	< 0,54	-
Te-123m	γ	Bq	< 0,46	-	< 1,2	-	< 1,4	-
Sb-124	γ	Bq	< 0,50	-	< 1,3	-	< 1,5	-
Sb-125	γ	Bq	< 2,7	-	< 7,1	-	< 6,2	-
I-129	γ	Bq	< 4,1	-	< 12	-	< 12	-
I-131	γ	Bq	< 0,90	-	< 2,5	-	< 2,9	-
Cs-134	γ	Bq	< 0,14	-	< 0,43	-	< 0,47	-
Cs-137	γ	Bq	3520	10	3470	10	5390	10
Ba-140	γ	Bq	< 3,3	-	< 8,5	-	< 10	-
La-140	γ	Bq	< 0,52	-	< 1,4	-	< 1,4	-
Ce-141	γ	Bq	< 0,76	-	< 2,0	-	< 2,3	-
Ce-144	γ	Bq	< 3,3	-	< 8,7	-	< 10	-
Eu-152	γ	Bq	< 0,56	-	< 1,7	-	< 1,3	-
Eu-154	γ	Bq	< 0,32	-	< 0,79	-	< 1,1	-

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							Blatt: 59

Tabelle 32: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahr 2017, Angaben in Bq/g. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Analysergebnisse			lfd. Nr. 1		lfd. Nr. 2		lfd. Nr. 3	
Probenbezeichnung			MAW-Hauptfilter 2017 oben		MAW-Hauptfilter 2017 mitte		MAW-Hauptfilter 2017 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
U-238	γ	Bq/g	< 0,33	-	< 0,85	-	< 0,93	-
Ra-226	γ	Bq/g	< 1,3	-	< 1,8	-	< 2,0	-
Pb-210	γ	Bq/g	0,73	20	1,18	35	1,33	28
U-235	γ	Bq/g	< 0,042	-	< 0,11	-	< 0,12	-
Ra-228	γ	Bq/g	< 0,059	-	< 0,080	-	< 0,080	-
Th-228	γ	Bq/g	< 0,059	-	< 0,15	-	< 0,16	-
Cr-51	γ	Bq/g	< 0,33	-	< 0,80	-	< 0,93	-
Mn-54	γ	Bq/g	< 0,0059	-	< 0,016	-	< 0,017	-
Co-57	γ	Bq/g	< 0,020	-	< 0,047	-	< 0,058	-
Co-58	γ	Bq/g	< 0,0054	-	< 0,016	-	< 0,015	-
Fe-59	γ	Bq/g	< 0,011	-	< 0,028	-	< 0,024	-
Co-60	γ	Bq/g	0,059	10	0,071	12	0,062	13
Zn-65	γ	Bq/g	< 0,013	-	< 0,032	-	< 0,024	-
Zr-95	γ	Bq/g	< 0,010	-	< 0,026	-	< 0,029	-
Nb-95	γ	Bq/g	< 0,0059	-	< 0,017	-	< 0,018	-
Ru-103	γ	Bq/g	< 0,054	-	< 0,14	-	< 0,15	-
Ru-106	γ	Bq/g	< 0,24	-	< 0,61	-	< 0,67	-
Ag-110m	γ	Bq/g	< 0,0088	-	< 0,021	-	< 0,024	-
Te-123m	γ	Bq/g	< 0,023	-	< 0,057	-	< 0,062	-
Sb-124	γ	Bq/g	< 0,024	-	< 0,061	-	< 0,067	-
Sb-125	γ	Bq/g	< 0,13	-	< 0,34	-	< 0,27	-
I-129	γ	Bq/g	< 0,20	-	< 0,57	-	< 0,53	-
I-131	γ	Bq/g	< 0,044	-	< 0,12	-	< 0,13	-
Cs-134	γ	Bq/g	< 0,0069	-	< 0,020	-	< 0,021	-
Cs-137	γ	Bq/g	172	10	164	10	239	10
Ba-140	γ	Bq/g	< 0,16	-	< 0,40	-	< 0,44	-
La-140	γ	Bq/g	< 0,025	-	< 0,066	-	< 0,062	-
Ce-141	γ	Bq/g	< 0,037	-	< 0,095	-	< 0,102	-
Ce-144	γ	Bq/g	< 0,16	-	< 0,41	-	< 0,44	-
Eu-152	γ	Bq/g	< 0,027	-	< 0,080	-	< 0,058	-
Eu-154	γ	Bq/g	< 0,016	-	< 0,037	-	< 0,049	-

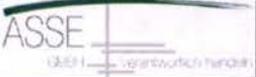
Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	
Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität							

Tabelle 33: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeit 2016 - 2017), Angaben in Bq. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Probenbezeichnung			Hauptfilter 2017 oben		Hauptfilter 2017 mittig		Hauptfilter 2017 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
Pu-238	$\alpha$	Bq	0,27	21	0,32	21	0,35	19
Pu-239/Pu-240	$\alpha$	Bq	0,31	21	0,38	20	0,36	19
Am-241	$\alpha$	Bq	0,74	17	0,69	19	0,86	18
Cm-242	$\alpha$	Bq	< 0,003	-	< 0,005	-	< 0,004	-
Cm-243/Cm-244	$\alpha$	Bq	0,020	42	0,027	44	0,020	41

Tabelle 34: Ergebnisse der alphaspektrometrischen Radionuklidanalyse einzelner Komponenten des MAW-Hauptfilters aus dem Jahr 2017 (Betriebszeit 2016 - 2017), Angaben in Bq/g. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Probenbezeichnung			Hauptfilter 2017 oben		Hauptfilter 2017 mittig		Hauptfilter 2017 unten	
Prüfparameter	Einheit		Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]	Prüfergebnis	U [%]
Pu-238	$\alpha$	Bq/g	0,013	21	0,015	21	0,016	19
Pu-239/Pu-240	$\alpha$	Bq/g	0,015	21	0,018	20	0,016	19
Am-241	$\alpha$	Bq/g	0,036	17	0,033	19	0,038	18
Cm-242	$\alpha$	Bq/g	< 0,0001	-	< 0,0002	-	< 0,0002	-
Cm-243/Cm-244	$\alpha$	Bq/g	0,0010	42	0,0013	44	0,0009	41

Für jede Teilprobe wurde eine Doppellage des Filtermaterials entnommen. Bei einer Gesamtanzahl von 86 Doppellagen entspricht 1 Doppellage einem Anteil von jeweils 1,16%. Mit diesen Angaben und den alpha- und gammaspektrometrischen Analysenergebnissen konnte durch Hochrechnung eine Abschätzung der Gesamtaktivität des Hauptfilters durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 35 zusammengestellt und in der Abbildung 32 grafisch dargestellt. Die Hochrechnung wurde dabei von jeder Teilprobe ausgehend auf den gesamten Filter durchgeführt.

Tabelle 35: Berechnete Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahre 2017 (Betriebszeit 2016 - 2017) für ausgewählte Radionuklide. Wurden nur Nachweisgrenzen erreicht, sind die Gesamtaktivitäten mit „<“ gekennzeichnet.

Nuklid	Hauptfilter oben [Bq]	Hauptfilter mittig [Bq]	Hauptfilter unten [Bq]
Pb-210	1290	2150	2580
Cs-137	302720	298420	463540
Co-60	103	129	120
Am-241	63	60	74
Pu-238	23	27	30
Pu-239/240	26	33	31
Cm-242	< 0,34	< 0,43	< 0,26
Cm-243/244	1,8	2,4	1,8

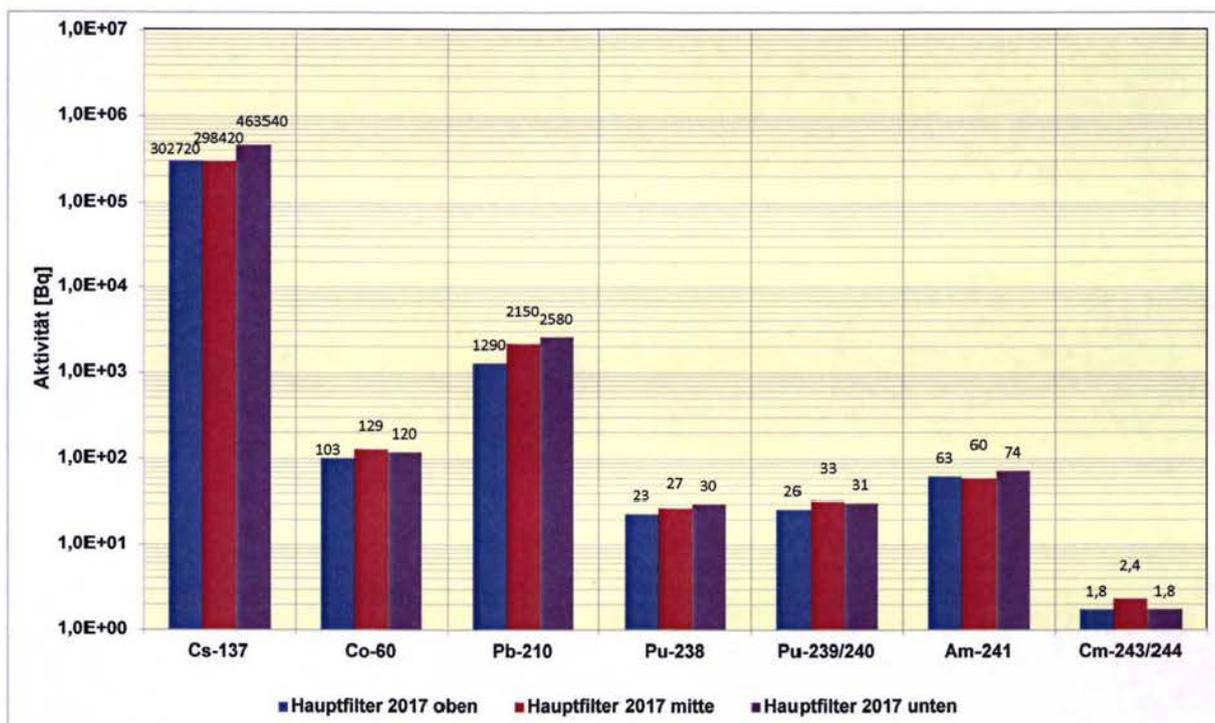
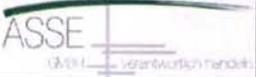


Abbildung 32: Berechneten Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Hauptfilters aus dem Jahre 2017 (Betriebszeit 2016 - 2017) für ausgewählte Radionuklide.

Die Gesamtaktivität des Hauptfilters als Mittelwert der über die 3 Aliquote errechneten Gesamtaktivität aus Tabelle 35 ist in Tabelle 36 enthalten. Zusätzlich ist die spezifische Aktivität angegeben. Diese wurde aus der Gesamtaktivität durch Division durch die Masse des Filtermaterials ermittelt. Diese ergibt sich aus der Anzahl der Doppellagen und deren durchschnittlichen Masse über  $86 \times 21,4 \text{ g} = 1840 \text{ g}$ .

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 62
--	-----------

Tabelle 36: Abschätzung der Gesamtaktivität und der spezifischen Aktivität für den Hauptfilter (Betriebszeit: 25.05.2016 - 14.03.2017) zum Zeitpunkt 24.05.2017

Nuklid	Aktivität [Bq]	Spezifische Aktivität [Bq/g]
Pb-210	2007	1,09
Co-60	118	0,0639
Cs-137	354893	192,8
Pu-238	27	0,015
Pu-239/240	30	0,016
Am-241	66	0,036
Cm-243/244	2,0	0,011

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Radionuklidanalysen für den Hauptfilter 2017 (s. Abbildung 32) können die nachfolgend aufgeschlüsselten Schlussfolgerungen gezogen werden.

- In den 3 untersuchten Bereichen des Hauptfilters (oben, mittig, unten) des Hauptfilters sind, sofern Analysen durchgeführt wurden, praktisch vergleichbare Aktivitäten abgelagert worden. Man kann deshalb allgemein von einer annähernd homogenen Aktivitätsverteilung auf dem Hauptfilter ausgehen.
- In der Tendenz ähneln die Ergebnisse den für den Vorfilter, wobei jedoch nicht zu verkennen ist, dass auf dem Vorfilter deutlich mehr (Faktor 2) Cs-137 abgelagert wurde als auf dem Hauptfilter.
- Für Pu-238 und Pu-239/240 sowie Am-241 sind dagegen etwa um Faktor 8 höhere Gesamtaktivitäten auf dem Hauptfilter im Vergleich zum Vorfilter abgelagert worden.
- Welche Rolle hierbei das erstmalig eingesetzte Filtermaterial für den Vorfilter spielt, wurde nicht ergründet.
- Auch bei Pb-210 ist erkennbar, dass auf dem Vorfilter, wie auch für Cs-137, etwa um den Faktor 2 höhere Aktivitäten abgelagert wurden,

Außer Pb-210 und Po-210 sind keine weiteren Radionuklide der U-238- und Th-232-Zerfallsreihen nachgewiesen worden.

### 5.2.3 Abgelagerten Gesamtaktivitäten auf den Filtern (Betriebszeit 2016 - 2017)

Die ermittelten Gesamtaktivitäten ausgewählter Radionuklide für die Betriebszeit 2016 - 2017 sind in der Abbildung 33 dargestellt. Zum Vergleich sind auch die für die einzelnen Komponenten des Vor- und Hauptfilters 2017 nachgewiesenen Gesamtaktivitäten mit angegeben. Die daraus berechneten Aktivitätsverhältnisse sind in der Abbildung 34 grafisch dargestellt.

Der Filter war von 25.05.2016 - 14.03.2017 insgesamt 293 Tage in Betrieb (s. Tabelle 1) und die Radionuklidanalysen wurden im Jahre 2017 durchgeführt, so dass die jetzt gemessenen Aktivitäten einzelner Radionuklide auf den mittleren Sammelzeitpunkt analog zu den Messungen von 2008 -

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

2013 (Betriebszeit: 1890 Tage) zurückgerechnet werden sollten. Da jedoch der Sammelzeitraum von 293 Tagen deutlich kleiner als der der Filterbelegung von 2008 - 2013 ist, wurde auf solch eine Korrektur verzichtet.

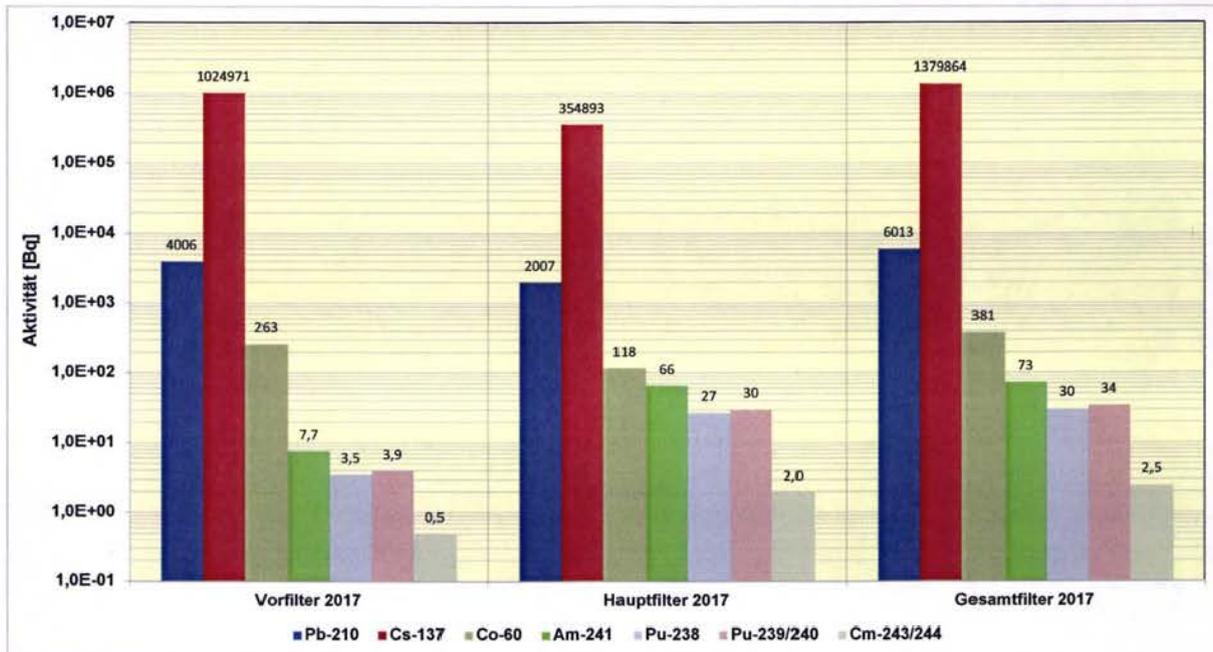


Abbildung 33: Berechnete Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters (Betriebszeit 2016 - 2017) für ausgewählte Radionuklide

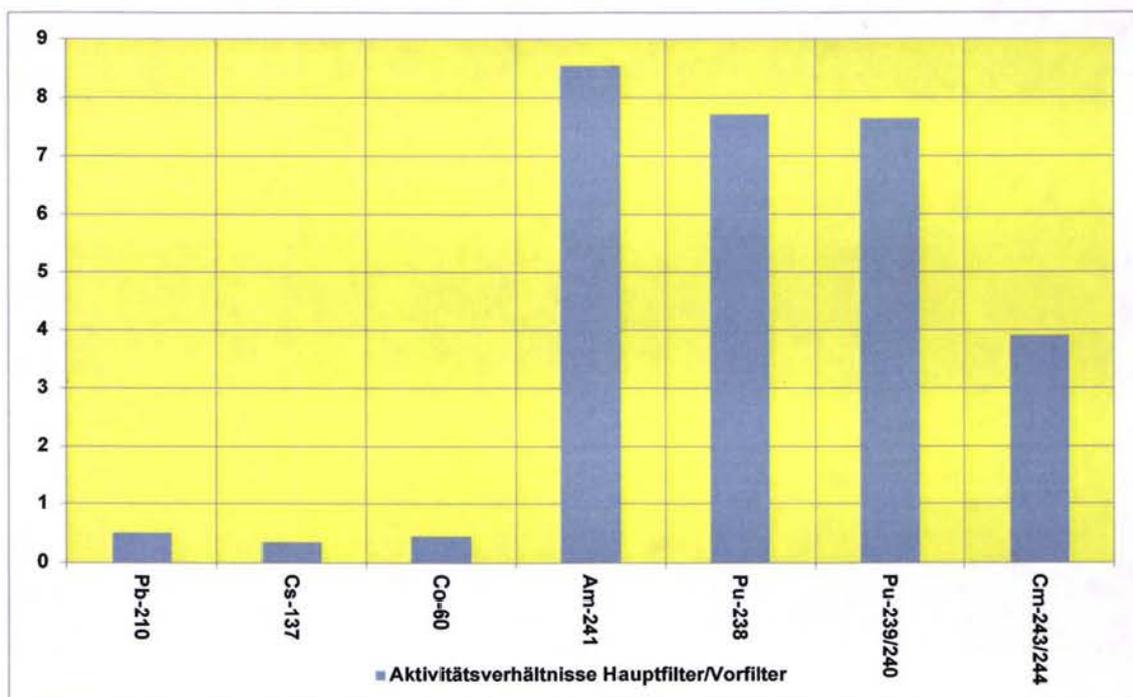


Abbildung 34: Berechnete Aktivitätsverhältnisse der auf dem Vor- und Hauptfilter abgeschiedenen Gesamtaktivitäten der Filter aus dem Zeitraum 2016 - 2017.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00	

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 64
--	-----------

Die Ergebnisse für die Gesamtaktivitäten im Vergleich zu den von Vor- und Hauptfilter untersetzen die bereits oben getroffenen Feststellungen, dass Am-241, Pu-238 und Pu-239/240 deutlich stärker auf dem Hauptfilter zurückgehalten werden, während die Situation umgekehrt für Cs-137, Co-60 und Pb-210 ist.

In der Abbildung 35 sind beispielhaft die Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 und Pu-239/240 des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013, 2016 und 2017 gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass das Aktivitätsverhältnis im Zeitraum 2016 - 2017 gegenüber den Sammelperioden 2008 - 2013 und 2013 - 2016 erneut deutlich angestiegen ist.

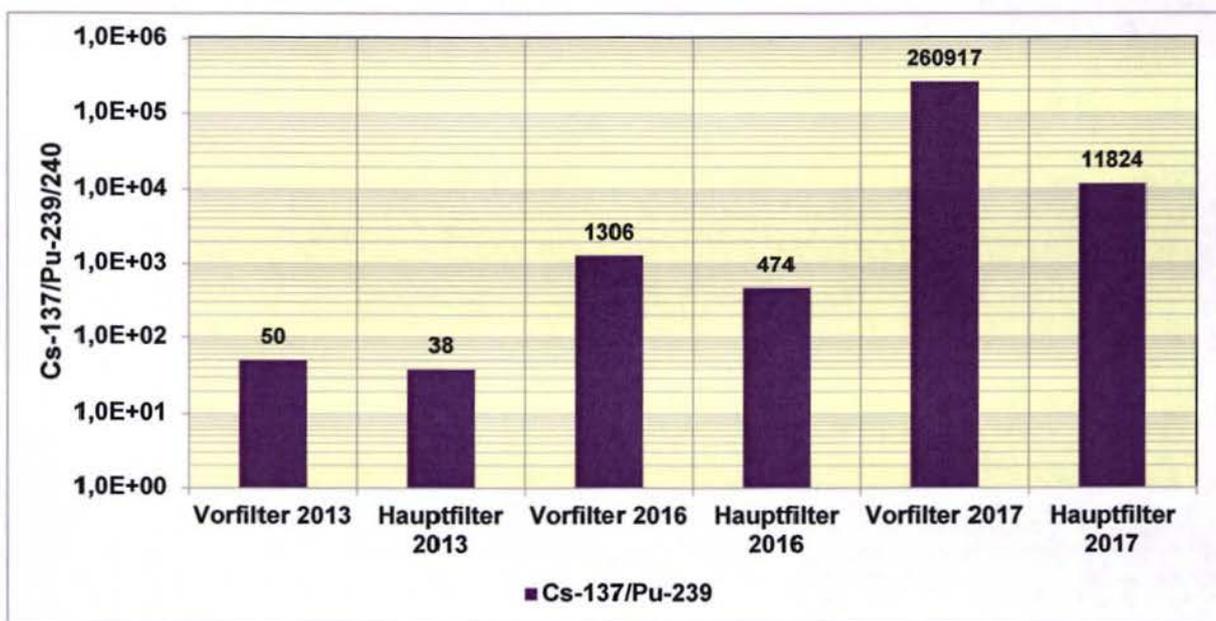


Abbildung 35: Berechnete Aktivitätsverhältnisse von Cs-137 zu Pu-239/240 der Gesamtaktivitäten einzelner Komponenten des Vor- und Hauptfilters aus den Jahren 2013, 2016 und 2017.

#### 5.2.4 Abgelagerte Gesamtaktivitäten auf den Filtern und die daraus abgeleiteten mittleren Aktivitätskonzentrationen in der MAW-Kammer

In der Abbildung 36 sind die für den Betriebszeitraum 2016 - 2017 ermittelten Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide in Atmosphäre der MAW-Kammer dargestellt. Für die Umrechnung wurde für die Zeit der Beaufschlagung der beiden Filter von 2016 bis 2017 eine Sammelzeit von 293 Tagen zu Grunde gelegt. Bei einer mittleren Abluftrate aus der MAW-Kammer von 100 m<sup>3</sup>/h ergibt sich eine Gesamtabluft von 7,0E+05 m<sup>3</sup>. Zum Vergleich sind auch die Ergebnisse für den Sammelzeitraum 2008 - 2013 und 2013 - 2016 mit angegeben.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

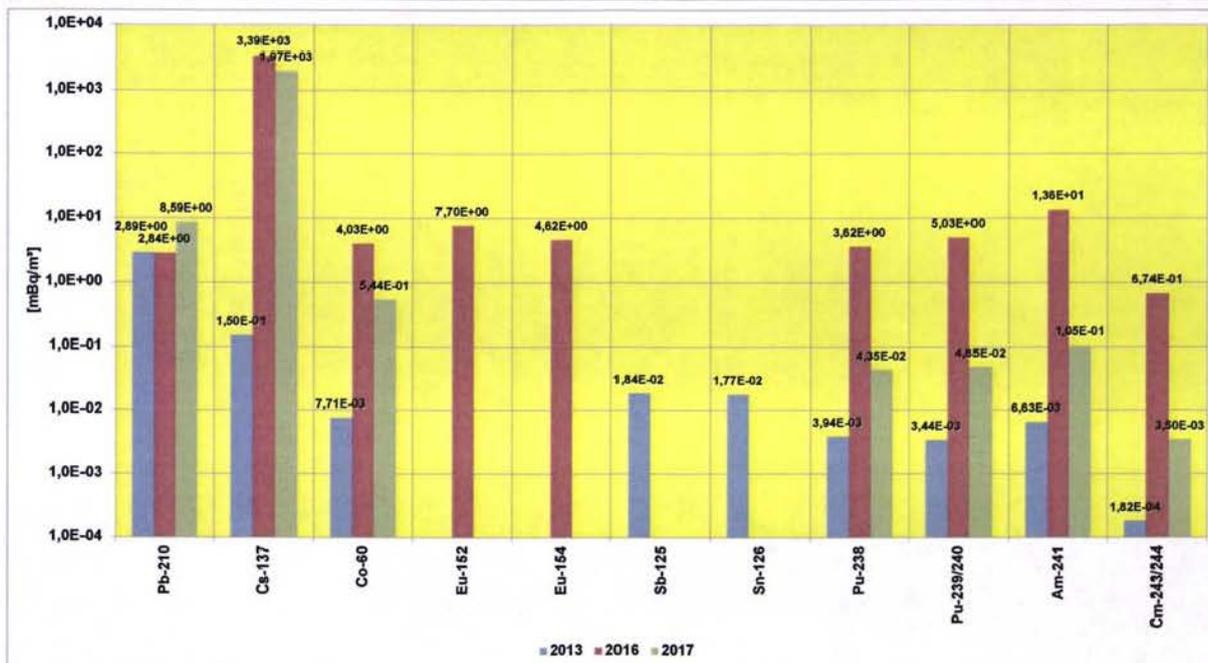


Abbildung 36: Berechnete Aktivitätskonzentration relevanter Radionuklide in der der MAW-Kammer für die Betriebszeiträume 2008 - 2013, 2013 - 2016 und 2016 - 2017.

Es ist anhand der Ergebnisse, zu erkennen, dass erst in der Sammelzeit 2013 - 2016 signifikant höhere Aktivitätskonzentrationen von künstlichen Radionukliden aufgetreten sind. Für Cs-137 sind die Aktivitätskonzentrationen gegenüber 2008 - 2013 um etwa 4 Größenordnungen bis 3,3 Bq/m<sup>3</sup> angestiegen. Auch für den relativ kurzen Sammelzeitraum 2016/17 sind noch etwa vergleichbar hohe Cs-137-Aktivitätskonzentrationen gemessen worden.

## 6 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen der MAW Filter aus den 3 Sammelzeiträumen von 2008 - 2017 sind im Folgenden grafisch dargestellt und tabellarisch untersetzt (s. Tabelle 37). Die Abbildung 37 gibt einen Überblick über die aus den auf den Filtern (Vor- und Hauptfilter) abgelagerten Gesamtaktivitäten ermittelten Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide in der MAW Kammer. Nicht eingezeichnet sind die für einzelne Radionuklide erreichten Nachweisgrenzen.

*Tabelle 37: Überblick über die auf den Filtern abgelagerten Gesamtaktivitäten relevanter Radionuklide (obere Tabelle) und die jeweils aus den Gesamtaktivitäten berechneten Aktivitätskonzentrationen in der Luft der MAW Kammer (untere Tabelle)*

Sammelzeitraum	Pb-210	Cs-137	Co-60	Eu-152	Eu-154	Sb-125	Sn-126	Pu-238	Pu-239/240	Am-241	Cm-243/244
Einheit	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq
13.02.2008 – 17.04.2013 (1890 Tage)	1,30E+04	6,74E+02	35	NWG	NWG	83	80	18	15	30	0,82
17.04.2013 – 25.05.2016 (1134 Tage)	7,67E+03	9,16E+06	10878	20788	12473	NWG	NWG	9765	13592	36623	1820
25.05.2016 – 14.03.2017 (293 Tage)	6,01E+03	1,38E+06	380,7	NWG	NWG	NWG	NWG	30,5	33,9	73,2	2,5

Sammelzeitraum	Pb-210	Cs-137	Co-60	Eu-152	Eu-154	Sb-125	Sn-126	Pu-238	Pu-239/240	Am-241	Cm-243/244
Einheit	mBq/m³	mBq/m³	mBq/m³								
13.02.2008 – 17.04.2013 (1890 Tage)	2,89E+00	1,50E-01	7,71E-03	NWG	NWG	1,84E-02	1,77E-02	3,94E-03	3,44E-03	6,63E-03	1,82E-04
17.04.2013 – 25.05.2016 (1134 Tage)	2,84E+00	3,39E+03	4,03E+00	7,70E+00	4,62E+00	NWG	NWG	3,62E+00	5,03E+00	1,36E+01	6,74E-01
25.05.2016 – 14.03.2017 (293 Tage)	8,59E+00	1,97E+03	5,44E-01	NWG	NWG	NWG	NWG	4,35E-02	4,85E-02	1,05E-01	3,50E-03

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 67
--	-----------

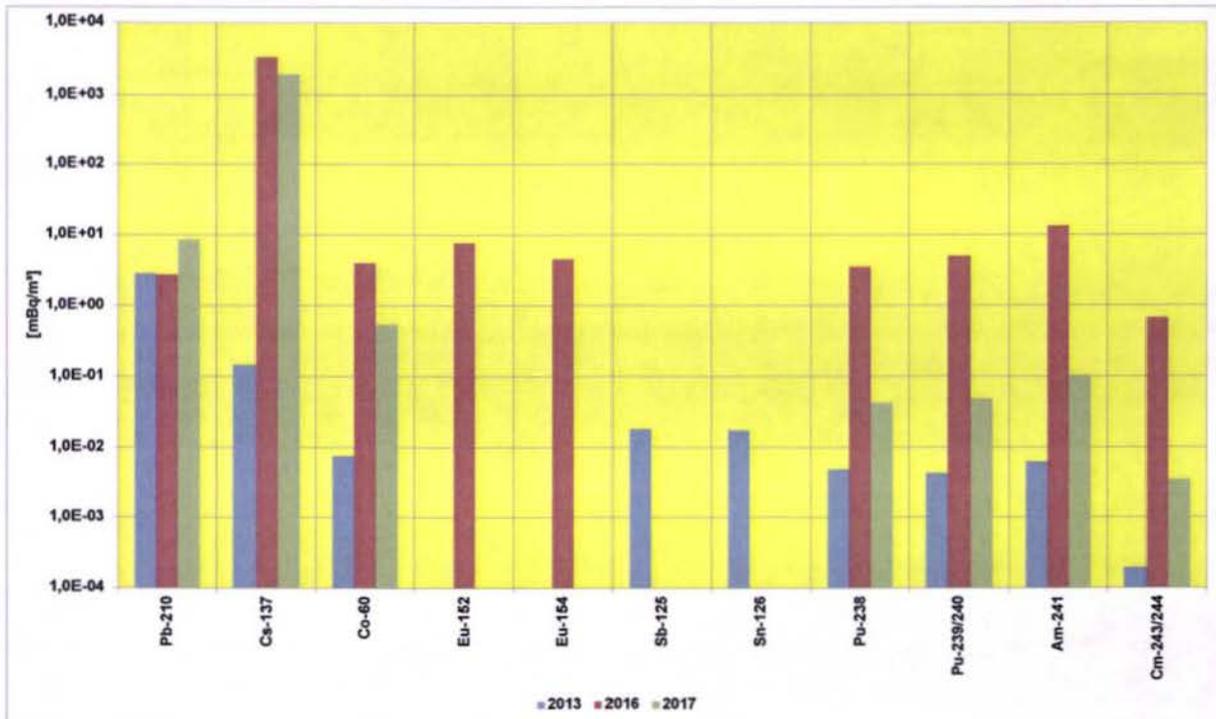


Abbildung 37: Überblick über die auf den Filtern abgelagerten Gesamtaktivitäten ermittelten Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide in der MAW Kammer der von 2008 - 2017 beaufschlagten Filter.

Es ist anhand der Ergebnisse, dargestellt in Abbildung 37, klar zu erkennen, dass erst in der Sammelzeit 2013 - 2016 signifikant höhere Aktivitätskonzentrationen von künstlichen Radionukliden aufgetreten sind. Für Cs-137 sind beispielsweise die Aktivitätskonzentrationen gegenüber 2008 - 2013 um etwa 4 Größenordnungen bis  $3,3 \text{ Bq/m}^3$  angestiegen. Auch für den relativ kurzen Sammelzeitraum 2016/17 sind noch etwa vergleichbar hohe Cs-137-Aktivitätskonzentrationen gemessen worden.

Die Ergebnisse in der Abbildung 38 geben einen Überblick über die auf den Filtern abgelagerten Gesamtaktivitäten (oberes Bild) und eine Gegenüberstellung der jeweils auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten. Die Ergebnisse demonstrieren die Dominanz von Cs-137 gegenüber allen anderen bestimmten Radionukliden in der 2. und 3. Messperiode. In der ersten Messperiode von 2008 - 2013 war jedoch Pb-210 das dominierende Radionuklid in der Abluft der MAW Kammer.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

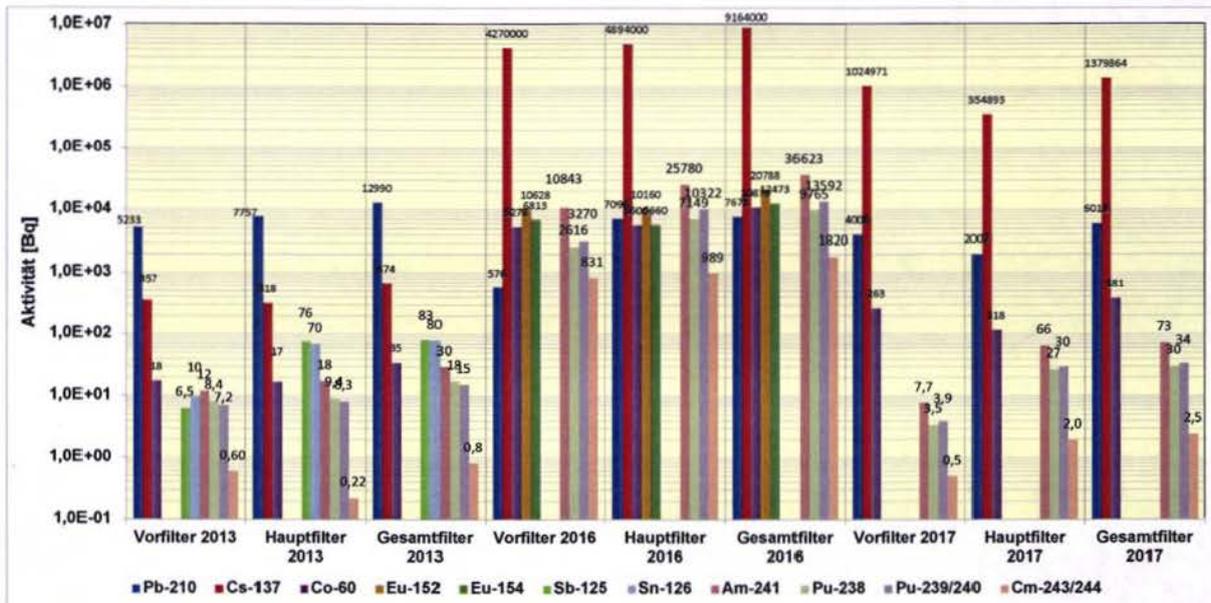
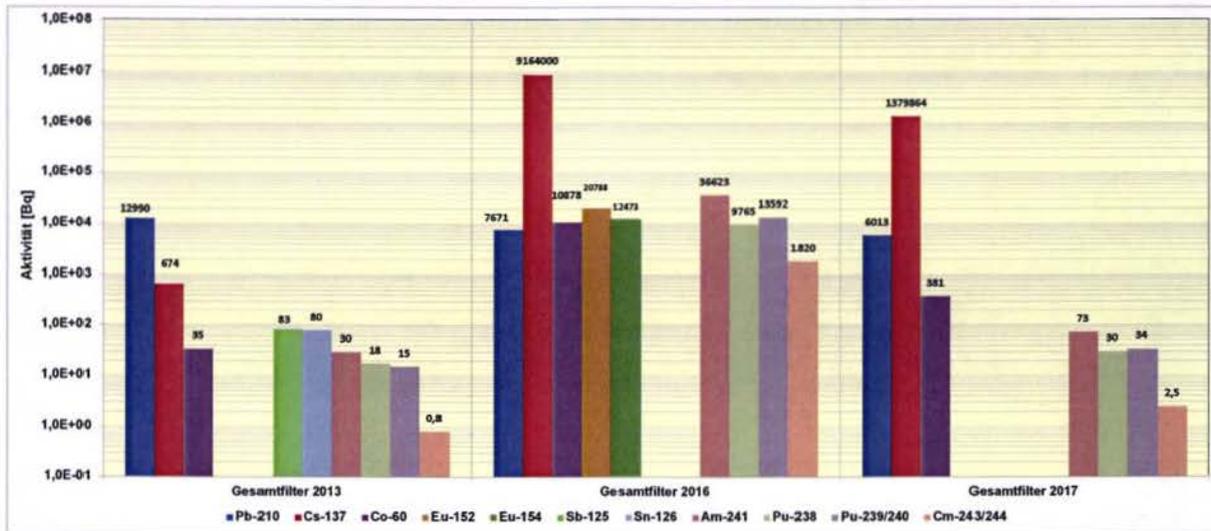


Abbildung 38: Überblick über die auf den Filtern abgelagerten Gesamtaktivitäten relevanter Radionuklide (oberes Bild) und der der jeweils auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten (unteres Bild)

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00

In der Abbildung 39 sind die auf den Vorfiltern abgelagerten Aktivitäten den auf den Hauptfilter abgelagerten Aktivitäten gegenübergestellt. Es ist zu erkennen, dass in der 3. Messperiode, als ein neuer Vorfiltertypus eingesetzt wurde, für Pb-210, Cs-137 und Co-60 deutlich mehr (bis Faktor 3) Aktivität abgelagert wurde als auf dem Hauptfilter. Dieser Vergleich ist insbesondere wichtig für die 2. und 3. Messperiode, da signifikant höhere Aktivitäten der betrachteten Radionuklide abgelagert wurden als in den Jahren 2008 - 2013.

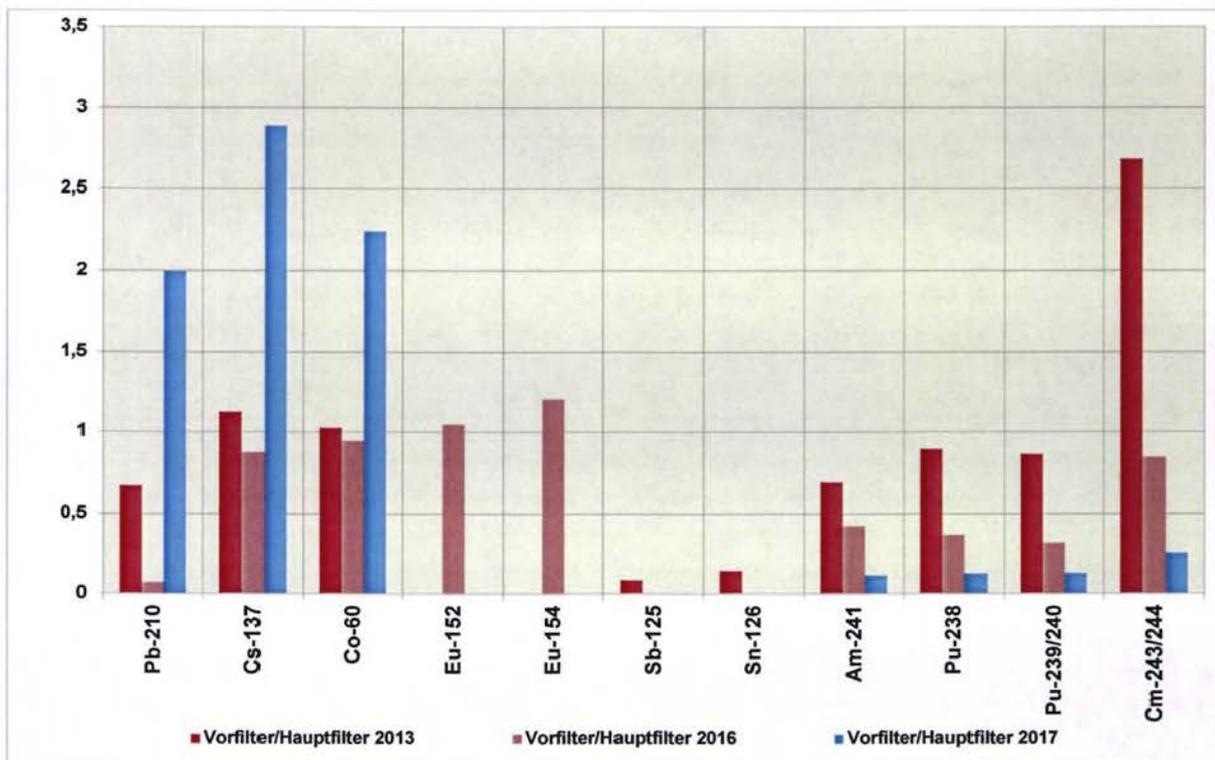


Abbildung 39: Verhältnis der auf den Vorfiltern abgelagerten Aktivitäten zu den auf den Hauptfiltern abgelagerten Aktivitäten.

Für Eu-152 und Eu-154, nachgewiesen nur in der 2. Messperiode, wurden etwa gleich hohe Aktivitäten auf dem Vor- und Hauptfilter abgelagert. Sb-125 und Sn-126 wurden praktisch hauptsächlich nur auf dem Hauptfilter nachgewiesen. Dies trifft auch für Am-241 sowie Pu-238 und Pu-239/240 und auch Cm-234/244 zu, wenn von den äußerst geringen Aktivitätskonzentrationen der 1. Messperiode abgesehen wird.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN
9A	65152000	MAW	LH	BW	0002	00



ASSE  
Gesellschaft für Umwelt und Gesundheit

Untersuchung von Filtereinheiten der MAW-Abluftfilteranlage auf Radioaktivität	Blatt: 70
--	-----------

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] H. Schulz und H. Hummrich, IAF-Radioökologie GmbH, Analyse eines MAW-Vorfilters auf radioaktive Stoffe, 16.12.2016  
Asse-KZL: 9A/65152000/MAW/LH/BW/0001/00
  
- [2] GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Schachanlage Asse, Abschlussbericht, August 2002,  
BfS-KZL: 9A/25100000/LAB/RB/0001/00  
Asse-KZL: 9A/25100000/02STS/DA/BW/0001/00
  
- [3] GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Bestimmung des Inventars an chemischen und chemotoxischen Stoffen in den eingelagerten radioaktiven Abfällen der Schachanlage Asse, Abschlussbericht, März 2004  
BfS-KZL: 9A/25100000/HE/RB/0003/00  
Asse-KZL: 9A/25100000/02STS/DE/BW/0002/00
  
- [4] Universität Regensburg, Bestimmung der Aktivitätskonzentration von drei Luftstaubproben aus der Abluft des FB Asse, Regensburg 31.07.2008  
Asse-KZL: 9A/65131100/01STS/LH/AE/0003/00