

Rückgewinnung von Metallen aus den Filteraschen von Kehrichtverbrennungsanlagen

Teil des Moduls Verbrennungsrückstände der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA). Stand 2023



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Rückgewinnung von Metallen aus den Filteraschen von Kehrichtverbrennungsanlagen

Teil des Moduls Verbrennungsrückstände der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA). Stand 2023

Impressum

Rechtliche Bedeutung

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugs-praxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Rainer Bunge (Hochschule Rapperswil, HSR),
Kaarina Schenk, Abteilung Abfall und Rohstoffe
(Bundesamt für Umwelt, BAFU), David Hiltbrunner,
Abteilung Abfall und Rohstoffe (Bundesamt für Umwelt,
BAFU), Stefan Schlumberger (Zentrum für nachhaltige
Abfall- und Ressourcennutzung, ZAR)

Begleitung

Daniel Böni (Kehrichtverwertung Zürcher Oberland, KEZO),
Stefan Eberhard (Deponie Häuli AG, DHZ), Urs Eggenberger
(Universität Bern), Helen Gablinger (Hitachi Zosen Inova AG,
HZI), Markus Juchli (Kehrichtverwertungsanlage Zuchwil,
KEBAG), Ralf Koralewska (MARTIN GmbH für Umwelt- und
Energietechnik), Leo Morf (Kanton Zürich, Amt für Abfall,
Wasser, Energie und Luft AWEL), Robin Quartier
(Verband Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen, VBSA),
Beat Walker (Deponie Teuftal AG)

Gestaltung

Funke Lettershop AG

Titelbild

BAFU
© KEBAG, Fotograf – Stefan Schlumberger: Zinkplatten

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uv-1826-d
Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

1. aktualisierte Ausgabe 2023. Erstauflage 2020.
© BAFU 2023

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	7	Vollzug durch die Kantone	22	
1	Einleitung	6	7.1	Rückstände sind Siedlungsabfälle	22
1.1	Ausgangslage	6	7.2	Zuweisung	22
1.2	Rechtliche Grundlagen	8	7.3	Übergangsbestimmungen gemäss Art. 54 Abs. 3 VVEA	22
1.3	Übergangsbestimmungen	9			
1.4	Ziele und Geltungsbereich	9	8	Glossar	23
2	Stand der Technik bei der sauren Extraktion von Metallen aus KVA-Filterasche	10	9	Verzeichnisse	24
2.1	Säuren (Extraktionsmittel)	10	9.1	Abbildungen	24
2.2	Hilfschemikalien	12	9.2	Literatur und Quellenangabe	24
2.3	Filtrat	12			
2.4	Filterkuchen	13			
2.5	Gereinigtes Abwasser	13			
3	Quantitative Anforderungen an den Betrieb einer Anlage zur sauren Extraktion	14			
3.1	Definition des Rückgewinnungsgrads	14			
3.2	Minimal erforderliche Extraktionsausbeute für Blei und Zink	15			
3.3	Rückgewinnung von Cadmium	16			
3.4	Rückgewinnung von Kupfer	16			
4	Dioxine und Furane	17			
5	Qualitätskontrolle	18			
5.1	Nachweis der Rückgewinnung	18			
5.2	Nachweis der Deponierbarkeit des Filterkuchens	18			
5.3	Probenahme und Messungen	19			
6	Berichterstattung und Fachkompetenz	21			
6.1	Berichterstattung	21			
6.2	Ausbildung des Personals	21			

Abstracts

The Ordinance on the Avoidance and the Disposal of Waste (ADWO, SR 814.600), stipulates that in plants where municipal waste or waste of comparable composition is incinerated, metals must be recovered from the Filter ash. The present part of the enforcement assistance module substantiates these requirements for Filter ashes from waste incineration plants (WIP). For metal recovery, the state of the art is described and the framework for the most uniform enforcement possible is given to the enforcement authorities and the affected organisations in industry.

Die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA, SR 814.600), sieht vor, dass bei Anlagen, in denen Siedlungsabfälle oder Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung verbrannt werden, Metalle aus der Filterasche zurückgewonnen werden müssen. Der vorliegende Vollzughilfemodulteil konkretisiert diese Vorgaben für Filteraschen aus Kehrichtverwertungsanlagen (KVA). Für die Metallrückgewinnung wird der Stand der Technik beschrieben und den Vollzugsbehörden sowie den betroffenen Organisationen der Wirtschaft der Rahmen für einen möglichst einheitlichen Vollzug gegeben.

L'ordonnance sur les déchets (OLED, RS 814.600) prévoit que, s'agissant des installations où sont incinérés des déchets urbains ou des déchets de composition analogue, les métaux contenus dans les cendres volantes doivent être récupérés. La présente partie du module d'aide à l'exécution précise les dispositions relatives aux cendres volantes issues d'usines d'incinération des ordures ménagères. Il décrit l'état de la technique en ce qui concerne cette récupération et offre aux autorités d'exécution ainsi qu'aux organisations économiques concernées une base sur laquelle se fonder en vue d'une exécution la plus uniforme possible.

L'ordinanza sulla prevenzione o lo smaltimento dei rifiuti (OPSR; RS 814.600) prevede che negli impianti in cui vengono inceneriti rifiuti urbani o altri rifiuti di composizione analoga, dalle ceneri dei filtri vengano recuperati i metalli. La presente parte del modulo dell'aiuto all'esecuzione concretizza tali prescrizioni per le ceneri dei filtri di impianti di incenerimento dei rifiuti urbani (IIRU). Esso descrive lo stato della tecnica per il recupero dei metalli e offre un quadro di riferimento alle autorità esecutive e alle organizzazioni di settore interessate per un'esecuzione il più possibile uniforme.

Keywords:

waste treatment plant, Filter ash, boiler ash, flue gas cleaning residues, acid extraction, Filter cake, acid-washed Filter ash, extraction yield, metal recovery

Stichwörter:

Kehrichtverwertungsanlage, Filterasche, Leerzugasche, Kesselasche, Rauchgasreinigungsrückstände, saure Extraktion, Filterkuchen, sauer gewaschene Filterasche, Extraktionsausbeute, Metallrückgewinnung

Mots-clés :

usine d'incinération des ordures ménagères, cendres volantes, cendres de canaux vides, cendres de chaudière, résidus de l'épuration des fumées, extraction acide, gâteau de filtration, cendres volantes traitées par lavage acide, rendement d'extraction, récupération des métaux

Parole chiave:

impianto di incenerimento dei rifiuti urbani, ceneri dei filtri, ceneri di canale radiante, ceneri di caldaia, residui di depurazione dei fumi, estrazione acida, torta di filtrazione, ceneri dei filtri lavate con acidi, rendimento di estrazione, recupero dei metalli

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

In der Schweiz müssen Siedlungsabfälle und Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung, Klärschlamm, brennbare Anteile von Bauabfällen und andere brennbare Abfälle in geeigneten Anlagen thermisch behandelt werden, soweit sie nicht stofflich verwertet werden können. Die nicht rezyklierbaren Siedlungsabfälle werden daher überwiegend Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) zugeführt und dienen dort zur Bereitstellung von Energie, z. B. in Form von Strom und Fernwärme. Die aus den Kehrichtverwertungsanlagen entstehenden Verbrennungsrückstände sind vor allem Rostaschen (nachstehend als «Schlacken» bezeichnet), Filteraschen und andere Rückstände aus der Rauchgasreinigung. Die Filteraschen enthalten noch erhebliche Mengen an Metallen, deren Rückgewinnung und Recycling ein erhebliches Umweltpotenzial erschliesst. Die stoffliche Verwertung der rückgewonnenen Metalle ist eine wichtige Ergänzung zur Metallgewinnung aus Erzen und leistet einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Schliessung von Stoffkreisläufen.

Der vorliegende Vollzugshilfemodulteil konkretisiert die Vorgaben für die Metallrückgewinnung aus Filteraschen von Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) sowie die Entsorgung der Behandlungsrückstände (Filterkuchen). Dabei wird der Stand der Technik beschrieben und den Vollzugsbehörden sowie den betroffenen Organisationen der Wirtschaft der Rahmen für einen möglichst einheitlichen Vollzug vorgegeben. Der Text dieses Vollzugshilfteils beschreibt die definitiven Regelungen nach Ablauf der Übergangsfristen, welche die Abfallverordnung (VVEA, SR 814.600) für die Metallrückgewinnung aus Filteraschen (Art. 54 Abs. 3) und für maximalen Gehalt an Dioxinen und Furanen in Verbrennungsrückständen (Art. 52b) vorsieht. Regelungen, welche während der Übergangsfristen gelten, werden in separaten Kapiteln behandelt.

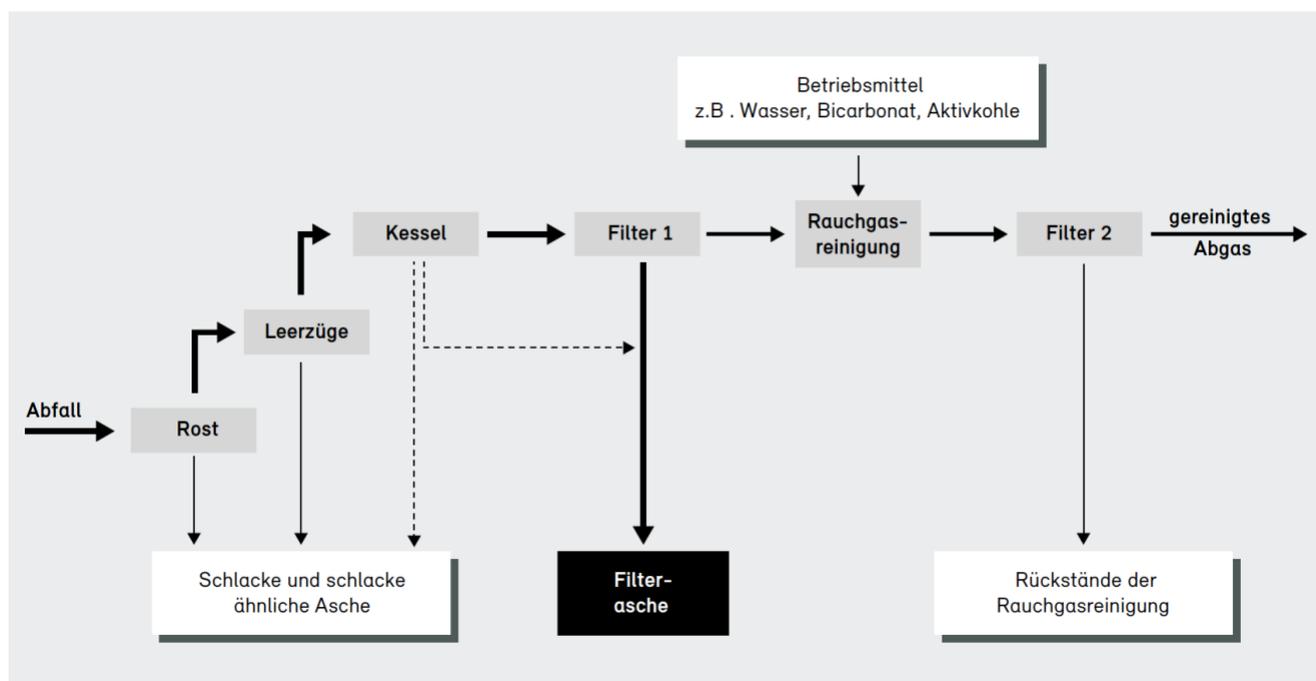
1.1.1 Verfahren und Stoffströme

Schematisch sind die bei der thermischen Abfallbehandlung in einer KVA anfallenden Rückstände in Abbildung 1 dargestellt. Schweizweit fallen bei der thermischen Behandlung von etwa 4 Mio. Tonnen Abfällen ca. 800 000 Tonnen Schlacke und ca. 80 000 Tonnen Filterasche an. Die Schlacke verlässt den Ofen über den Rost. Entweder rieselt sie durch die Rostelemente hindurch («Rostdurchfall»), oder sie wird über den Entschlacker als «Schlacke» ausgetragen. In dem durch den Feuerraum abziehenden Rauchgas sind einerseits mitgerissene feste Partikel suspendiert und andererseits im Gasstrom neugebildete Partikel enthalten. Diese werden zunächst durch Sedimentation in den Leerzügen (Leerzugasche) und im Kessel (Kesselasche) abgeschieden. Daran anschliessend wird mit einer ersten Abscheiderbzw. Filtrationsstufe (Filter 1) die Filterasche abgezogen. Nach Entfernung der Filterasche enthält der Abgasstrom vor allem noch gasförmige Komponenten. Aus dem so vorgereinigten Abgasstrom werden in der Rauchgasreinigung die schädlichen Gase (z. B. HCl, SO₂) durch trockene, quasitrockene oder nasse Verfahren entfernt. Zu diesem Zweck können Betriebsmittel wie beispielsweise Wasser, Bicarbonat, Kalk oder Aktivkohle in den Abgasstrom zugegeben werden. Die mit den abzutrennenden Schadstoffen angereicherten festen oder flüssigen Stoffe werden durch eine zweite Abscheider- oder Filtrationsstufe (Filter 2) entfernt.

Nachfolgend werden die beiden Stoffströme der Kessel- und Filteraschen im Hinblick auf die Metallrückgewinnung gemäss Artikel 32 Absatz 2 Buchstabe g VVEA bewertet.

Abbildung 1

Schematische Darstellung einer Kehrichtverwertungsanlage (KVA) mit den anfallenden Rückständen Schlacke, Filterasche und Rauchgasreinigungsrückstände



1.1.2 Leerzug- und Kesselasche

Die im Bereich der Leerzüge sedimentierte Asche wird gemeinsam mit der Schlacke ausgetragen. Sie gilt nicht als Filterasche im Sinne der VVEA. Asche, die im Kessel abgeschieden wird, gilt dann als Schlacke, wenn sie eine ähnliche Zusammensetzung aufweist. Sie darf in diesem Fall gemäss Anhang 5 Ziffer 4.3 VVEA auf Deponien Typ D abgelagert werden. Andernfalls gilt die Kesselasche als Filterasche. Zur Einstufung dient die Zusammensetzung der von säureextrahierbaren Metallen entfrachtete Filterasche (siehe Abb. 2, im Weiteren als Filterkuchen bezeichnet) unter standardisierten Bedingungen (siehe Kap. 8, Definition der säureextrahierbaren Metalle). Nachdem die säureextrahierbaren Metalle nach dem Stand der Technik aus den Filteraschen entfernt wurden, wird der Filterkuchen zusammen mit der aufbereiteten, von partikulären Metallen entfrachteten, Schlacke deponiert (siehe Kap. 5.2, Nachweis der Deponierbarkeit). Die kantonale Behörde entscheidet demzufolge anhand von vergleichenden Messungen, ob die Kesselasche schlackenähnlich und somit der Schlackenaufbereitung zuzuführen ist. Wird die Kesselasche nicht als schlackenähnlich eingestuft, gilt sie im Sinne der VVEA als Filterasche und muss wie diese behandelt werden.

1.1.3 Filterasche

Filterasche im Sinne von Artikel 32 Absatz 2 Buchstabe g VVEA sind feste Partikel, die im Filter 1 (ElektroFilter oder Gewebefilter) abgeschieden werden. Filterasche enthält neben mineralischen Anteilen und löslichen Salzen auch ca. 12 Gewichts-% oder ca. 9100 t Metalle, welche als Sekundärressource genutzt werden können (z. B. Zink) oder als Schadstoffe die Umwelt gefährden (z. B. Cadmium). Die Filteraschenabscheidung muss einerseits so eingerichtet sein, dass keine signifikanten Anteile an Filteraschen in die nachfolgende zweite Abscheider-/Filtrationsstufe (Filter 2 auf Abbildung 1) verschleppt und dass andererseits die Metalle aus der Filterasche nach dem Stand der Technik abgetrennt und einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können.

1.2 Rechtliche Grundlagen

Das Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG, SR 814.01), das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG, SR 814.20), die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA, SR 814.600) sowie die Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) enthalten die grundsätzlichen Vorschriften für einen umweltverträglichen Umgang mit Abfällen.

Die VVEA enthält technische und organisatorische Vorschriften zur Vermeidung, Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Abfällen. Wie das übergeordnete Umweltschutzgesetz hat die Abfallverordnung zum Zweck, die Umwelt vor schädlichen und lästigen Einwirkungen durch Abfälle zu schützen. Zudem ist die nachhaltige Nutzung von natürlichen Rohstoffen durch die umweltverträgliche Verwertung von Abfällen zu fördern.

Die Rückstände aus der thermischen Behandlung von Siedlungsabfällen gelten als Siedlungsabfälle. Die Erstellung der Abfallplanung sowie deren Vollzug und die Entsorgung der Siedlungsabfälle fällt in den Aufgabenbereich der Kantone (Artikel 31, Artikel 31a und 31b USG). Die Kantone legen für diese Abfälle die notwendigen Einzugsgebiete fest und sorgen für einen wirtschaftlichen Betrieb der Abfallanlagen (siehe Kapitel 7).

Artikel 32 Absatz 2 Buchstabe g VVEA verlangt, dass Inhaberinnen und Inhaber die Anlagen, in denen Siedlungsabfälle oder Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung verbrannt werden, ihre Anlage so betreiben müssen, dass Metalle aus der Filterasche zurückgewonnen werden. KVA-Filteraschen, deren Metalle gemäss Artikel 32 Absatz 2 Buchstabe g vorgängig zurückgewonnen wurden, und sauer gewaschene Filteraschen können auf Deponien und Kompartimenten des Typs D abgelagert werden, wenn der Gesamtgehalt an Dioxinen (PCDD) und Furanen (PCDF) 1 µg Toxizitätsäquivalente (TEQ) pro kg Trockensubstanz (TS) nicht überschreitet (Anhang 5 Ziffer 4.2 VVEA). Für eine Ablagerung auf Deponien und Kompartimenten des Typs C müssen neben dem Grenzwert für PCDD und PCDF von 1 µg TEQ pro kg TS¹ alle weiteren Anforderungen nach Anhang 5 Ziffern 3.2 – 3.5 VVEA eingehalten werden. Zudem sind gemäss Artikel 26 VVEA Abfallanlagen nach dem Stand der Technik zu errichten und zu betreiben. Dies gilt somit auch für Anlagen zur sauren Extraktion von Metallen aus den Filteraschen. Die Inhaberinnen und Inhaber bestehender Abfallanlagen müssen gemäss Artikel 26 Absatz 2 VVEA alle 10 Jahre prüfen, ob die Anlage dem Stand der Technik entspricht, und die nötigen Anpassungen vornehmen. Diese Vollzugshilfe zeigt auf, wie die Inhaberinnen und Inhaber von KVA der Rückgewinnungspflicht nach dem Stand der Technik nachkommen können und wie die kantonale Vollzugsbehörde die Erfüllung dieser Pflicht kontrollieren soll.

In der Gewässerschutzverordnung ist die Regelung für das Ableiten von verschmutztem Abwasser geregelt. Gemäss Artikel 6 Absatz 1 und Artikel 7 Absatz 1 GSchV bewilligt die Behörde die Einleitung von verschmutztem Abwasser, wenn die Anforderungen an die Einleitung in Gewässer nach Anhang 3 eingehalten sind. In Anhang 3.2 Ziffer 36 GSchV sind die Anforderungen an KVA-Abwasser definiert.

¹ Bis Ende 2026 gilt ein höherer Grenzwert für Dioxine und Furane. Für Details siehe Kapitel 1.3.2

1.3 Übergangsbestimmungen

1.3.1 Übergangsbestimmungen gemäss Art. 54 Abs. 3 VVEA (KVA-Filterasche)

Die Pflicht nach Artikel 32 Absatz 2 Buchstabe g zur Rückgewinnung von Metallen aus Filterasche, die bei der Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen vergleichbarer Zusammensetzung anfällt, gilt ab dem 1. Januar 2026. Bis zu diesem Zeitpunkt darf diese Filterasche ohne Rückgewinnung von Metallen in hydraulisch gebundener Form auf Deponien oder Kompartimenten des Typs C abgelagert oder zur Entsorgung in Untertage-deponien (UTD) exportiert werden, sofern die vorhandenen Behandlungskapazitäten für die Rückgewinnung in der Schweiz ausgelastet sind.

1.3.2 Übergangsbestimmungen gemäss Art. 52b (Dioxine und Furane)

Rückstände aus der thermischen Behandlung von Abfällen sollen so wenig an Dioxinen und Furanen enthalten, als nach dem Stand der Technik möglich ist (Anhang 5 Ziffern 3.3 und 4.2). Bis zum 31. Dezember 2026 dürfen sie höchstens 3 µg TEQ pro kg TS enthalten. Nach Ablauf der Übergangsfrist, ab dem 1.1.2027, gilt der Grenzwert für PCDD und PCDF von 1 µg TEQ pro kg TS gemäss Anhang 5 Ziffern 3.3 und 4.2.

1.4 Ziele und Geltungsbereich

Der Vollzugshilfemodulteil beschreibt den Stand der Technik bei der sauren Extraktion von Metallen aus den Filteraschen und soll eine harmonisierte Umsetzung der Rückgewinnungspflicht gewährleisten. Insbesondere soll der einheitliche Vollzug der Regelungen betreffend die Extraktionsausbeuten der Metalle und der Umgang mit den Rückständen sichergestellt werden.

Mit der neu eingeführten Metallrückgewinnungspflicht werden gleichzeitig zwei ökologisch wichtige Ziele erreicht. Erstens werden Schadstoffe aus den Deponien ferngehalten («Schadstoffperspektive») und zweitens werden Metalle zurückgewonnen und dem Stoffkreislauf wieder zugeführt («Rohstoffperspektive»).

1.4.1 Schadstoffperspektive

Durch die Entfernung der säureextrahierbaren Schwermetalle wird das mit der Filterasche auf die Deponien eingebrachte Schadstoffpotenzial gesenkt. Dies betrifft vor allem Quecksilber und Cadmium. Quecksilber liegt zwar aufgrund seiner Flüchtigkeit nur in geringer Konzentration in den Filteraschen vor, aber es reichert sich in den Rückständen der Abgasbehandlung an und kann bei der sauren Extraktion durch das Waschwasser in den Filterkuchen verschleppt werden.

1.4.2 Rohstoffperspektive

Durch das Recycling der zurückgewonnenen Metalle werden Metalle substituiert, die sonst durch die primäre Produktion aus Erz bereitgestellt werden müssen («Rohstoffperspektive»). Die Bereitstellung von Metallen aus Erz ist wesentlich schädlicher für die Umwelt als deren Bereitstellung durch das Recycling. Dies betrifft vor allem die Schwermetalle Zink, Blei und Kupfer. Deren Gewinnung aus Erz verursacht in den Erzeugerländern einerseits erhebliche Immissionen von Schadstoffen in Gewässer und in die Luft. Andererseits ist sie auch sehr energieintensiv und über die damit verbundenen CO₂-Emissionen unmittelbar klimarelevant.

2 Stand der Technik bei der sauren Extraktion von Metallen aus KVA-Filterasche

Die Metallrückgewinnung aus Filterasche erfolgt durch eine saure, nasschemische Extraktion mit Mineralsäuren, gefolgt von einer stofflichen Verwertung der separierten Metalle (siehe Abbildung 2).

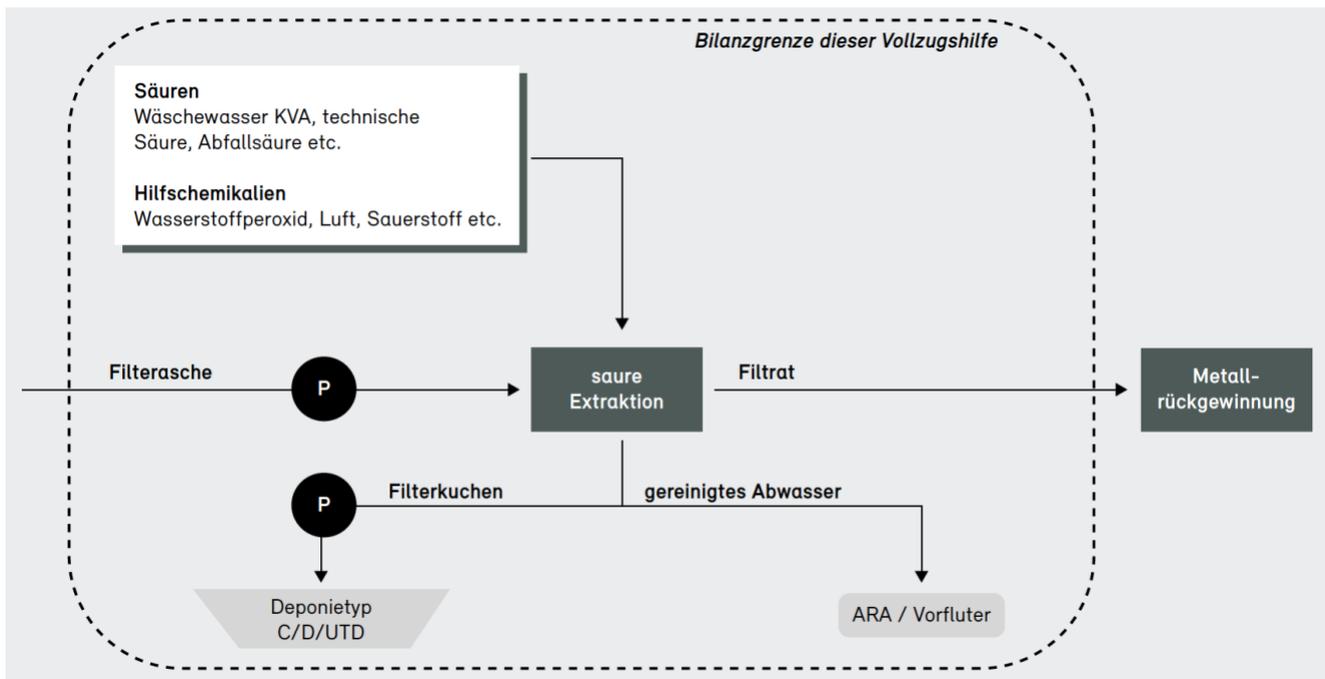
Aus der sauren Extraktion entstehen ein metallreiches Filtrat und die behandelte Filterasche («Filterkuchen»). Der Filterkuchen wird deponiert und das metallreiche Filtrat dem nächsten Schritt der stofflichen Verwertung zugeführt. Die Metallrückgewinnung aus dem Filtrat oder dem daraus gewonnenen Hydroxidschlamm ist nicht Gegenstand der vorliegenden Vollzugshilfe und wird zur Quantifizierung der Metallrückgewinnung nach VVEA nicht mitberücksichtigt. Es ist allerdings plausibel darzulegen, dass die im Filtrat enthaltenen Schwermetalle (z. B. in Form des Hydroxidschlammes) zur Weiterverarbeitung an Betriebe abgegeben werden, die diese Metalle in geeigneter Form zurückgewinnen können und anschliessend dem industriellen Kreislauf wieder zuführen.

2.1 Säuren (Extraktionsmittel)

Als Extraktionsmittel können das saure Wäscherwasser einer KVA mit nasser Rauchgasreinigung, technische Mineralsäure oder Abfallsäure (auch als «Altsäure» bezeichnet) verwendet werden. Durch die zur Extraktion verwendeten Säuren dürfen keine Schadstoffe eingeschleppt werden, die nach dem Extraktionsprozess im Filterkuchen verbleiben. Dies betrifft insbesondere Quecksilber, welches im sauren Wäscherwasser oder in Abfallsäuren angereichert vorliegen kann.

Abbildung 2

Schematische Darstellung der sauren Extraktion von Metallen aus Filteraschen. Die zwei Stellen, wo Proben zum Nachweis der Erfüllung der Rückgewinnungspflicht entnommen werden müssen, sind mit einem «P» gekennzeichnet.



2.1.1 Wäscherwasser

Das Abwasser aus der nassen Rauchgasreinigung (saurer Wäscherwasser) einer KVA kann als Extraktionsmittel verwendet werden. Stand der Technik bei der Aufbereitung des Wäscherwassers als Extraktionsmittel ist die getrennte Abschlammung der sauren und neutralen Wäscherstufen, wobei das Abwasser aus der sauren Wäscherstufe nach einer Quecksilberabscheidung als Extraktionsmittel verwendet wird. Die vorgängige Quecksilberentfernung hat dabei so zu erfolgen, dass ein Zielwert von 5 mg/kg TS Quecksilber im Filterkuchen unterschritten wird.

Abfallsäure, welche bei der nassen Rauchgasreinigung von thermischen Abfallanlagen anfällt und nicht vor Ort verwendet wird, ist unter folgenden Voraussetzungen dem Wäscherwasser einer KVA gleichgestellt:

Keine organoleptische Wahrnehmung von organischen Bestandteilen; Dioxine/Furane < 1 ng TEQ/l; minimale Salzsäurekonzentration = 12 %; maximaler Schwermetallanteil = 2 %; maximale Hg-Konzentration = 0,01 mg/l; maximale Konzentration organischer Kohlenstoff (DOC) = 100 mg/l.

2.1.2 Technische Säure

Die saure Extraktion der Filterasche kann mit technischer Mineralsäure, wie zum Beispiel verdünnter Salzsäure, erfolgen.

2.1.3 Abfallsäure

Abfallsäuren sind in der Regel als Sonderabfall klassifiziert und dementsprechend ist das Vermischungsverbot nach Artikel 9 VVEA zu beachten. Der Einsatz von Abfallsäure als Extraktionsmittel ist technisch grundsätzlich möglich, allerdings dürfen hierdurch keine zusätzlichen Schadstoffe in den Filterkuchen bzw. das gereinigte Abwasser eingeschleppt werden.

Wegen der möglichen Verfrachtung von Schadstoffen führt der Einsatz von Abfallsäure als Extraktionsmittel zu Einschränkungen bei der Deponierung des Filterkuchens (siehe Kap. 5.2, Nachweis der Deponierbarkeit). Zusätzliche Anforderungen zur Qualität des Filterkuchens sowie des gereinigten Abwassers können kantonal anhand der relevanten Schadstoffe verlangt werden (siehe Kap. 2.4 und 2.5).

2.2 Hilfschemikalien

Zur Erreichung der geforderten Extraktionsausbeute von Blei ist in der Regel der Einsatz eines Oxidationsmittels (z. B. Wasserstoffperoxid, Luft, Sauerstoff etc.) im Rahmen der sauren Extraktion erforderlich (siehe Kap. 3, quantitative Anforderungen). Auch die Extraktion von Cadmium und Kupfer wird durch den Einsatz von Oxidationsmitteln gesteigert.

2.3 Filtrat

Das in der sauren Extraktion anfallende Filtrat enthält die gelösten Metalle. Dieses Filtrat ist der Ausgangsstoff für die eigentliche Metallrückgewinnung aus den Filteraschen. Das Filtrat wird in weiteren Verfahrensschritten so aufbereitet, dass hieraus die Metalle zurückgewonnen und verwertet werden. Dies entweder direkt aus dem Filtrat (z. B. als metallische Produkte) oder indirekt aus dem Fällungsprodukt Hydroxidschlamm. Diese Verfahrensschritte liegen allerdings ausserhalb der Bilanzgrenze der vorliegenden Vollzugshilfe (siehe. Abb. 2).

2.4 Filterkuchen

Der säureunlösliche Rückstand der sauren Extraktion fällt nach der Entwässerung und Nachwäsche als Filterkuchen an (auch als «sauer gewaschene Filterasche» bezeichnet). In Abhängigkeit des verwendeten Extraktionsmittels gelten unterschiedliche Anforderungen für die Qualität des zu deponierenden Filterkuchens (siehe Kap. 5.2, Nachweis der Deponierbarkeit). Wird als Extraktionsmittel Abfallsäure gemäss Kapitel 2.1.3 verwendet, muss eine Verschleppung der darin enthaltenen Schadstoffe in den Filterkuchen durch entsprechende Massnahmen verhindert werden. Kantonal können zusätzliche oder strengere Qualitätsvorgaben anhand der jeweils vorliegenden Schadstoffe festgelegt werden.

2.5 Gereinigtes Abwasser

Das prozessintern aufbereitete und gereinigte Abwasser ist soweit von allen Schadstoffen zu entfrachten, dass die Vorgaben der Gewässerschutzverordnung (GSchV) für Versorgungs- und Entsorgungsbetriebe (Anhang 3.2 Ziffer 36 GSchV) eingehalten werden. Es enthält die säurelöslichen Alkali- und Erdalkalisalze, hauptsächlich als Chloride vorliegend.

Wird als Extraktionsmittel Abfallsäure gemäss Kapitel 2.1.3 verwendet, muss eine Verschleppung der darin enthaltenen Schadstoffe in das gereinigte Abwasser durch entsprechende Massnahmen verhindert werden. Kantonal können zusätzliche oder strengere Qualitätsvorgaben anhand der jeweils vorliegenden Schadstoffe festgelegt werden.

3 Quantitative Anforderungen an den Betrieb einer Anlage zur sauren Extraktion

3.1 Definition des Rückgewinnungsgrads

Die Metallrückgewinnung setzt sich aus den beiden Teilprozessen der (1) sauren Extraktion und (2) der stofflichen Verwertung zusammen. Dabei ist nur das Ergebnis der sauren Extraktion quantitativ nachweispflichtig (siehe Kap. 3.3, erforderliche Extraktionsausbeute). Die stoffliche Verwertung ist nur qualitativ nachweispflichtig, indem dokumentiert wird, dass die extrahierten Metalle einer Verwertung zugeführt werden (siehe Kap. 5.1, Nachweis der Rückgewinnung).

Die Extraktionsausbeute eines Metalls berechnet sich anhand der Metallfracht im trockenen Filterkuchen in Relation zur Metallfracht der trockenen Filterasche. Aus der Bilanz, Gleichung 1 (Gl. 1), folgt der Extraktionsgrad (η_{Met}) für ein Metall in Gleichung 2 (Gl. 2). Da die Metallfracht das Produkt aus Massenstrom- und Metallkonzentration c_{Met} ist, folgt Gleichung 3 (Gl. 3).

$$\dot{m}_{Filterasche} = \dot{m}_{Filtrat} + \dot{m}_{Filterkuchen} \quad (\text{Gl. 1})$$

$$\eta_{Met} = \frac{\text{Metallfracht Filterasche} - \text{Metallfracht Filterkuchen}}{\text{Metallfracht Filterasche}} = 1 - \frac{\text{Metallfracht Filterkuchen}}{\text{Metallfracht Filterasche}} \quad (\text{Gl. 2})$$

$$\eta_{Met} = 1 - \frac{\dot{m}_{Filterkuchen} \times c_{Met, Filterkuchen}}{\dot{m}_{Filterasche} \times c_{Met, Filterasche}} = 1 - \left[\frac{\dot{m}_{Filterkuchen}}{\dot{m}_{Filterasche}} \times \frac{c_{Met, Filterkuchen}}{c_{Met, Filterasche}} \right] \quad (\text{Gl. 3})$$

In der Praxis wird bei vielen KVAs der Massenstrom der Filterasche bzw. des Filterkuchens nicht gravimetrisch erfasst. Damit die erforderliche Extraktionsausbeute trotzdem mit geringem Aufwand bestimmt werden kann, wird der Effekt der spezifischen Massenabnahme während der sauren Extraktion genutzt. Durch die saure Extraktion der Filterasche gehen neben den zuvor beschriebenen Metallen auch weitere Elemente in Form von Salzen in Lösung. Hierdurch ist die auf die Trockensubstanz (TS) bezogene Masse des Filterkuchens geringer als diejenige der Filterasche. Diese Massenabnahme spiegelt sich in erhöhten Konzentrationen von nicht säurelöslichen («inerten») chemischen Elementen im Filterkuchen wider und kann aus dem Mittelwert der Konzentrationsverhältnisse $C_{Filterasche}/C_{Filterkuchen}$ der folgenden 10 inerten Elemente ($i = 1 \dots 10$) berechnet werden: As, Ba, Cr, Fe, Ni, P, Sb, Sn, Si und Ti.

$$\frac{\dot{m}_{Filterkuchen}}{\dot{m}_{Filterasche}} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \frac{C_{i, Filterasche}}{C_{i, Filterkuchen}} \quad (\text{Gl. 4})$$

Beispiel: Berechnung der Extraktionsausbeute für Blei (Pb)

Annahmen: Eine Filterasche weist eine Bleikonzentration von 10 g/kg TS und der korrespondierende Filterkuchen eine Bleikonzentration von 3 g/kg TS auf. Die Analyse der inerten chemischen Elemente ergibt nach Gl. 4 einen Mittelwert für die Massenabnahme $\eta_{\text{Filterkuchen}} / \eta_{\text{Filterasche}} = 0,6$.

Berechnung der Extraktionsausbeute: Aus 1 kg trockener Filterasche (mit 10 g/kg TS Pb) sind 0,6 kg trockener Filterkuchen (mit 3 g/kg TS Pb) entstanden. Die in 1 kg Filterasche befindliche Bleifracht von 10 g wurde im Filterkuchen auf $0,6 \times 3 = 1,8$ g entfrachtet. Die Bleiextraktionsausbeute beträgt also $1 (1,8 / 10) = 0,88 = 82 \%$. Analoges Ergebnis erhält man direkt aus Gl. 5: $1 - (3 / 10 \times 0,6) = 0,82 = 82 \%$.

Durch Zusammenführung von Gleichung 3 (Gl. 3) und Gleichung 4 (Gl. 4) ergibt sich Gleichung 5 (Gl. 5) zur Berechnung der erforderlichen Extraktionsausbeute:

$$\eta_{\text{Met}} = 1 - \left[\frac{c_{\text{Met,Filterkuchen}}}{c_{\text{Met,Filterasche}}} \times \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \frac{c_{i,\text{Filterasche}}}{c_{i,\text{Filterkuchen}}} \right] \quad (\text{Gl. 5})$$

3.2 Minimal erforderliche Extraktionsausbeute für Blei und Zink

Die Schwermetalle Blei und Zink sind potenziell aus den Filteraschen zurückgewinnbare Sekundärrohstoffe («Rohstoffperspektive»). Der ökologische Ertrag des Metallrecyclings entfällt hierbei vor allem auf die ökologische Gutschrift für die Substitution der Metallgewinnung aus primärem Erz. Hinzu kommt die ökologische Gutschrift für die Vermeidung von langfristigen Schwermetallemissionen aus der Deponie in die Umwelt.

Die minimal erforderlichen Extraktionsausbeuten η_i der beiden Metalle Blei und Zink aus den Filteraschen werden nach dem Stand der Technik wie folgt festgelegt:

$$\text{Minimal erforderliche Extraktionsausbeute von Blei: } \eta_{\text{Pb}}[\%] = 48 + 0,88 \times [\text{Pb}] \quad (\text{Gl. 6})$$

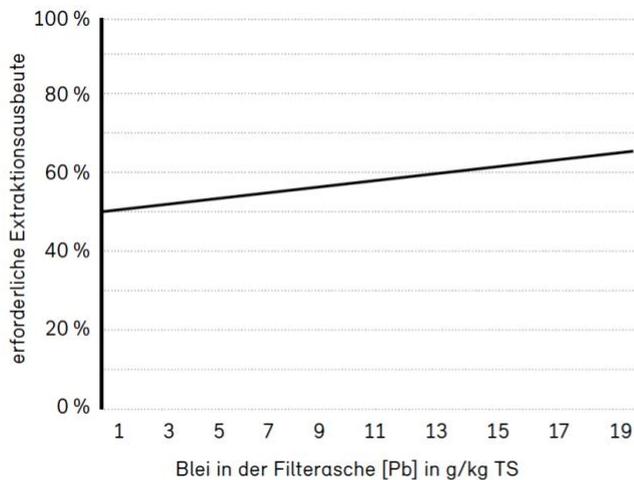
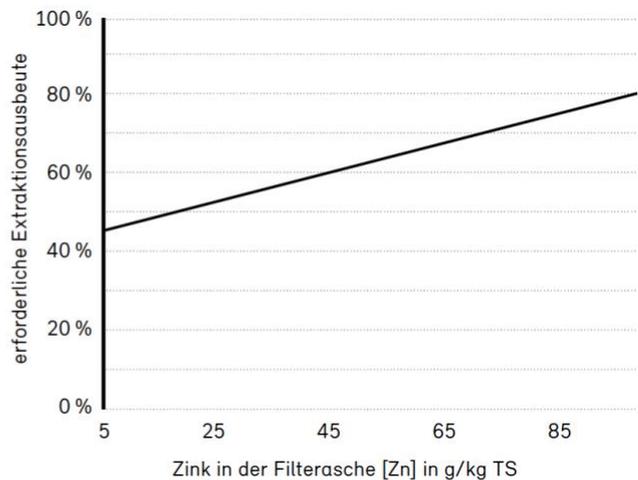
wobei [Pb] die Bleikonzentration der Filterasche in g/kg TS ist. Für Filteraschen mit [Pb] < 1 g/kg TS ist keine Rückgewinnung erforderlich.

$$\text{Minimal erforderliche Extraktionsausbeute von Zink: } \eta_{\text{Zn}}[\%] = 42 + 0,38 \times [\text{Zn}] \quad (\text{Gl. 7})$$

wobei [Zn] die Zinkkonzentration der Filterasche in g/kg TS ist. Für Filteraschen mit [Zn] < 5 g/kg TS ist keine Rückgewinnung erforderlich.

Die Gleichungen 6 (Gl. 6) und 7 (Gl. 7) sind in den Abbildungen 3 und 4 grafisch dargestellt.

Die Vorgabe des Artikels 32 Absatz 2 Buchstabe g VVEA gilt dann als erfüllt, wenn für die Filterasche die minimalen Extraktionsausbeuten gemäss den Gleichungen 6 und 7 erreicht und die so gewonnenen Metalle Anlagen zur stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Abbildung 3**Minimal erforderliche Extraktionsausbeute für Blei****Abbildung 4****Minimal erforderliche Extraktionsausbeute für Zink**

3.3 Rückgewinnung von Cadmium

Die Vorgabe einer Extraktionsausbeute für Cadmium ist nicht erforderlich, da dieses – verfahrenstechnisch bedingt – gemeinsam mit Blei extrahiert wird. Blei gilt daher als «Leitparameter» für die Ermittlung der erforderlichen Extraktionsausbeute sowohl für Blei als auch für Cadmium. Nach dem Stand der Technik kann typischerweise eine Cadmiumausbeute > 85 % aus den Filteraschen erreicht werden.

3.4 Rückgewinnung von Kupfer

Neben Zink, Blei und Cadmium enthält die Filterasche auch Kupfer. Erste Anlagen zur sauren Extraktion auch dieses Schwermetalls sind bereits in Betrieb. Bestehende Anlagen zur Metallrückgewinnung aus Filteraschen, die heute noch nicht Kupfer extrahieren, sind gemäss Artikel 26 VVEA verpflichtet den Stand der Technik zu überprüfen. Allfällige quantitative Anforderungen an die Kupferrückgewinnung aus Filteraschen werden in einer zukünftigen überarbeiteten Version dieser Vollzugshilfe definiert. Beim Bau von neuen Anlagen sollte die Möglichkeit der Kupferrückgewinnung vorausschauend eingeplant werden.

4 Dioxine und Furane

Seit dem Beginn der Metallrückgewinnung aus den KVA-Filteraschen im Jahr 1997 wird bis heute bereits ein Grossteil der KVA-Filteraschen einer sauren Extraktion zugeführt und der dabei anfallende Filterkuchen mit zum Teil erhöhtem Gesamtgehalt an Dioxinen und Furanen (PCDD und PCDF) – die nachfolgend vereinfacht als «Dioxine» bezeichnet werden – auf dem Deponietyp D abgelagert. Diese bis zum 1.1.2016 gesetzeskonforme Entsorgung wurde seit Jahren praktiziert und es ist dabei zu keiner schädlichen Einwirkung auf Mensch und Umwelt gekommen. Insbesondere wurde keine Dioxinbelastung im Deponiesickerwasser festgestellt. Dioxine sind bei den vorliegenden Verhältnissen auf dem Deponietyp D kaum mobil, sie können erst unter Einfluss von organischen Verbindungen mobilisiert werden, die allerdings auf dem Deponietyp D nicht zulässig sind. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Dioxinproblematik mit einem maximal tolerierten Konzentrationswert verbunden ist. Beim Prozess der sauren Extraktion werden neben den Metallen auch lösliche Salze entfernt, so dass die Masse der sauer extrahierten Filterasche um 20–50 % geringer ist als diejenige der unbehandelten Filterasche. Da die Dioxine unter den vorliegenden Prozessbedingungen nicht löslich sind, finden sie sich im massenmässig geringeren Stoffstrom – dem Filterkuchen – in angereicherter Form wieder. Dies analog zu den «inerten» chemischen Elementen, wie in Abschnitt 3.1 (Definition Rückgewinnungsgrad) beschrieben (siehe auch Gl. 4). Die Dioxinfracht bleibt dabei allerdings gleich. Es entsteht bei der sauren Extraktion von KVA-Filteraschen kein neues, zusätzliches Dioxin.

Sauer extrahierte KVA-Filteraschen können auf den Deponietypen C und D nur dann abgelagert werden, wenn der Dioxingrenzwert für den Gesamtgehalt an PCDD und PCDF von 1 µg TEQ pro kg TS² gemäss Anhang 5 Ziffer 3.3 und 4.2 VVEA nicht überschritten ist. Eine regelmässige Überprüfung des Dioxingehaltes ist dazu erforderlich und wird von der zuständigen Vollzugsbehörde veranlasst. Ist dieser Dioxingrenzwert bei der sauer extrahierten Filterasche überschritten, so ist vor der Ablagerung auf den beiden Deponietypen eine weitergehende Behandlung der sauer extrahierten Filterasche zur Ausschleusung von Dioxinen mit anschliessender Zerstörung notwendig. Der Abgeber der sauer extrahierten Filterasche muss dem Deponiebetreiber mittels Analysen einer Halbjahresmischprobe (siehe Kap. 5.3, Probenahme) nachweisen, dass diese den Grenzwert für PCDD und PCDF von 1 µg TEQ pro kg TS gemäss Anhang 5 Ziffer 3.3 und 4.2 VVEA einhalten.

Alternativ kann die sauer extrahierte Filterasche komplett oder in angereicherten Teilfraktionen in den KVA-Ofen zur Dioxinzerstörung zurückgeführt werden. Durch die Rückführung werden die PCDD und PCDF-Gehalte der resultierenden Schlacke nachweislich nicht erhöht. Der Abgeber der Schlacken muss dies nicht mittels Analysen nachweisen.

² Bis Ende 2026 gilt ein höherer Grenzwert für Dioxine und Furane. Für Details siehe Kapitel 1.3.2

5 Qualitätskontrolle

5.1 Nachweis der Rückgewinnung

Für die Einhaltung der Vorgaben des Artikels 32 Absatz 2 Buchstabe g VVEA sind die Inhaberinnen und Inhaber der KVA, bei deren Betrieb die Filterasche anfällt, verantwortlich. Falls eine eigene saure Extraktionsanlage betrieben wird, können die Metallgehalte der Filterasche und des Filterkuchens direkt analysiert und daraus somit die erreichten Extraktionsausbeuten nachgewiesen werden.

Falls die Filterasche einer externen Anlage zur sauren Extraktion abgegeben wird, müssen die entsprechenden Nachweise bei dieser externen Anlage angefordert werden.

In jedem Fall ist ein Nachweis darüber zu führen, dass die extrahierten Metalle einer stofflichen Verwertungsanlage zugeführt wurden.

5.2 Nachweis der Deponierbarkeit des Filterkuchens

Die Inhaberinnen und Inhaber der Anlagen zur sauren Extraktion sind nach erfolgter Extraktion auch Inhaberinnen und Inhaber des Filterkuchens. In Abhängigkeit des verwendeten Extraktionsmittels gelten unterschiedliche Qualitätsanforderungen für die Deponierbarkeit des Filterkuchens.

5.2.1 Mit saurem Wäscherwasser oder technischer Säure extrahiert

Wenn saures Wäscherwasser oder technische Säure als Extraktionsmittel verwendet werden, gilt der Filterkuchen als behandelte Filterasche im Sinne von Anhang 5 Ziffer 4.1 Buchstabe a VVEA. Eine Ablagerung darf auf Deponien und in Kompartimenten des Typs D erfolgen, wenn der Gesamtgehalt an PCDD und PCDF $1 \mu\text{g TEQ pro kg TS}^3$ nicht überschreitet (Anhang 5 Ziffer 4.2 VVEA). Der Abgeber der sauer extrahierten Filteraschen muss dem Deponiebetreiber mittels Analysen einer Halbjahresmischprobe (siehe Kap. 5.3, Probenahme) nachweisen, dass diese den Grenzwert für PCDD und PCDF von $1 \mu\text{g TEQ pro kg TS}$ gemäss Anhang 5 Ziffer 4.2 VVEA einhalten.

Auch eine Ablagerung auf Deponien und Kompartimenten des Typs C ist gemäss Anhang 5 Ziffer 3.1 Buchstabe a VVEA zulässig, wenn die Anforderungen gemäss Anhang 5 Ziffern 3.2 bis 3.4 VVEA alle eingehalten sind. Der Abgeber der sauer extrahierten Filteraschen muss dem Deponiebetreiber mittels Analysen einer Halbjahresmischprobe (siehe Kap. 5.3, Probenahme) nachweisen, dass diese den Grenzwert für PCDD und PCDF von $1 \mu\text{g TEQ pro kg TS}$ gemäss Anhang 5 Ziffer 3.3 sowie die restlichen Anforderungen gemäss Ziffern 3.2 und 3.4 VVEA einhalten.

³ Bis Ende 2026 gilt ein höherer Grenzwert für Dioxine und Furane. Für Details siehe Kapitel 1.3.2

Sauer extrahierte Filteraschen, die den Grenzwert für PCDD und PCDF von 1 µg TEQ pro kg TS überschreiten, müssen entweder so nachbehandelt werden, dass die PCDD und PCDF zerstört werden, oder in Untertagedeponien UTD entsorgt werden.

5.2.2 Mit Abfallsäure gemäss Kapitel 2.1.3 extrahiert

Wenn Abfallsäure als Extraktionsmittel verwendet wird, besteht die Möglichkeit einer Verfrachtung der jeweiligen Schadstoffbelastung der Abfallsäure in den Filterkuchen bzw. das Abwasser. Aus erstgenanntem Grund darf der Filterkuchen, der nach einer Extraktion mit Abfallsäure anfällt, weder als behandelte Filterasche gemäss Anhang 5 Ziffer 4.1 Buchstabe a VVEA noch als «sauer gewaschene Filterasche» gemäss Anhang 5 Ziffer 4.1 Buchstabe e VVEA auf Deponien und in Kompartimenten des Typs D abgelagert werden.

Die Ablagerung auf Deponien und Kompartimenten des Typs C ist gemäss Anhang 5 Ziffer 3.1 Buchstabe a VVEA nur zulässig, wenn die Anforderungen gemäss Anhang 5 Ziffern 3.2 bis 3.3 VVEA alle eingehalten sind und von der kantonalen Behörde keine zusätzlich relevanten Schadstoffe geltend gemacht wurden. Für eine Ablagerung auf Deponien und Kompartimenten des Typs E müssen alle Grenzwerte nach Anhang 5 Ziffer 5.2 eingehalten werden.

Sauer extrahierte Filteraschen, die den Grenzwert für PCDD und PCDF von 1 µg TEQ pro kg TS⁴ überschreiten, müssen entweder so nachbehandelt werden, dass die PCDD und PCDF zerstört werden, oder in Untertagedeponien UTD entsorgt werden.

5.3 Probenahme und Messungen

Zum Nachweis der Extraktionsausbeuten für Blei und Zink und zur Gewährleistung der Grenzwerte für die Ablagerung werden halbjährliche Mischproben von Filteraschen und Filterkuchen erstellt. In welcher Weise die repräsentativen Mischproben gewonnen werden, insbesondere welche Mengen und wie viele Inkremente zu welchen Zeitpunkten, obliegt den Betreibern der sauren Extraktionsanlagen und wird von diesen detailliert dokumentiert.

Als Zielwert zur einheitlichen und repräsentativen Beprobung gelten folgende minimalen Probeninkremente:

- Bei Extraktionsanlagen, die Filteraschen von nur einer KVA behandeln, sind die Proben von der Filterasche und dem Filterkuchen in mindestens 25 Inkrementen als Halbjahresmischprobe zu ziehen. Die Probenahme hat gleichmässig über diesen Zeitraum verteilt zu erfolgen.
- Bei Extraktionsanlagen, die Filteraschen von mehreren KVA behandeln, richtet sich die Anzahl der zu ziehenden Probeninkremente an der Anzahl der verarbeiteten Filteraschen. Mindestens müssen dabei von der Filterasche und dem Filterkuchen 25 Inkremente multipliziert mit der Anzahl der verarbeiteten Filteraschen als Halbjahresmischprobe entnommen werden. Die Probenahme hat gleichmässig über diesen Zeitraum verteilt zu erfolgen. Beispiel: bei 4 Filteraschen von unterschiedlichen KVA sind pro Halbjahr $4 \times 25 = 100$ Inkremente der Filterasche und des Filterkuchens zu ziehen.

⁴ Bis Ende 2026 gilt ein höherer Grenzwert für Dioxine und Furane. Für Details siehe Kapitel 1.3.2

In beiden Fällen müssen pro Halbjahr zwei Mischproben – Filterasche und Filterkuchen – analysiert werden.

Weitere Grundlagen zur repräsentativen Beprobung sind in der Vollzugshilfe des BAFU «Probenahme fester Abfälle» definiert.

In der Filterasche und dem Filterkuchen sind zur Ermittlung der Extraktionsausbeute mindestens die Gesamtgehalte der folgenden Parameter, bezogen auf die Trockensubstanz (TS), zu messen:

- Nachweispflichtige Elemente: Zink, Blei
- Weitere säureextrahierbare Schwermetalle: Cadmium, Kupfer
- Inerte Elemente: Antimon, Arsen, Barium, Chrom, Eisen, Nickel, Phosphor, Silizium, Titan, Zinn.

Im Filterkuchen nach der sauren Extraktion sind zur Beurteilung der deponierelevanten Qualitätskriterien darüber hinaus mindestens die Gesamtgehalte der folgenden Parameter, bezogen auf die Trockensubstanz, zu messen:

- Quecksilber
- PCDD und PCDF berechnet anhand von Toxizitätsäquivalenten (TEQ) und
- weitere Anforderungen nach Anhang 5 Ziffer 3.2 bis 3.4 bzw. Anhang 5 Ziffer 5.2 VVEA, wenn Abfallsäuren für die Metallrückgewinnung aus der Filterasche verwendet wurden.

Die Analysen erfolgen gemäss der BAFU-Vollzugshilfe «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich».

6 Berichterstattung und Fachkompetenz

6.1 Berichterstattung

Inhaberinnen und Inhaber von Abfallanlagen, die eine Metallrückgewinnung aus KVA-Filteraschen betreiben, legen der kantonalen Behörde gemäss Artikel 32 Absatz 2 Buchstabe g VVEA und Artikel 27 Absatz 1 Buchstabe c VVEA sowie der BAFU Vollzugshilfe «Berichterstattung nach VVEA» jährlich per 28. Februar einen Bericht über die Metallrückgewinnung für das vorangegangene Kalenderjahr mit folgenden Kennzahlen vor:

1. Kurzer Beschrieb der Anlage zur sauren Extraktion aus Filteraschen mit Kommentierung von möglicherweise erfolgten Änderungen über dem vergangenen Berichtszeitraum.
2. Mengenströme (Abfälle, Produkte, eingesetzte Hilfsmittel inkl. Nachweis zur Einhaltung der quantitativen Anforderungen).
3. Dokumentation darüber, dass die aus den Filteraschen extrahierten Metalle einer Anlage zur stofflichen Verwertung zugeführt wurden.
4. Entsorgungsnachweis inkl. Entsorgungsanlage der verbliebenen Abfälle (z. B. Filterkuchen, Hydroxidschlamm, Wälzschlacke etc.).
5. Resultate der Qualitätsuntersuchungen gemäss dieser Vollzugshilfe, inkl. der Analysenresultate für Dioxine/Furane (PCDD/PCDF) der sauer gewaschenen Filteraschen.

Die Kantone liefern jährlich per 30. Juni die plausibilisierten Daten an das BAFU.

6.2 Ausbildung des Personals

Inhaberinnen und Inhaber von Anlagen zur sauren Extraktion aus Filteraschen müssen gemäss Artikel 27 Absatz 1 Buchstabe f VVEA sicherstellen, dass sie selber und das Personal über die erforderlichen Fachkenntnisse für den fachgerechten Betrieb der Anlagen verfügen.

7 Vollzug durch die Kantone

7.1 Rückstände sind Siedlungsabfälle

Rückstände aus der thermischen Behandlung von Siedlungsabfällen – sowohl die entstehenden Schlacken als auch behandelte und unbehandelte Rückstände der Rauchgasreinigungsstufen einer KVA – gelten als Siedlungsabfälle. Die Kantone sind mit dem Entsorgungsmonopol (Art. 31b Abs. 1 Satz 1 USG) befugt und verpflichtet, die Siedlungsabfälle zu entsorgen. Die Entsorgungspflicht des Gemeinwesens umfasst die Pflicht, die Siedlungsabfälle der Verwertung oder Ablagerung zuzuführen oder zuführen zu lassen und auch die hierzu erforderlichen Sammlungen, Transporte, Zwischenlagerungen und Behandlungen vorzunehmen oder vornehmen zu lassen (Art. 7 Abs. 6^{bis} USG). Die thermische Behandlung des Kehrichts in der KVA ist die Vorstufe der Entsorgung, sie muss anschliessend der Verwertung oder der Ablagerung (Endstufen der Entsorgung) zugeführt werden. Alle diese Tätigkeiten sind bei Siedlungsabfällen den Kantonen vorbehalten.

Damit unterstehen die Filteraschen, die bei der Behandlung von Siedlungsabfällen anfallen, ebenfalls dem Entsorgungsmonopol des Gemeinwesens, in diesem Fall folglich den Gemeinden und Kantonen. Darüber hinaus regeln die Artikel 31 und 31a USG die Erstellung einer Abfallplanung sowie die interkantonale Zusammenarbeit im Bereich der Abfallentsorgung. Die Kantone legen für diese Abfälle die notwendigen Einzugsgebiete fest und sorgen für einen wirtschaftlichen Betrieb der Abfallanlagen.

7.2 Zuweisung

Die Regelung in Art. 54 Abs. 3 VVEA schreibt vor, dass bestehende Behandlungskapazitäten zur Metallrückgewinnung ausgelastet sein müssen. Die Kantone sind deshalb verpflichtet, basierend auf dem Entsorgungsmonopol und der notwendigen Abfallplanung falls nötig von ihrem Zuweisungsrecht Gebrauch zu machen und die unbehandelten KVA-Filteraschen den bestehenden Anlagen zur Behandlung zuzuweisen, auch wenn sie ausserhalb des Kantons liegen. Diese Aufforderung zur Zuweisung betrifft sowohl Behandlungsanlagen, die mit einer KVA prozesstechnisch direkt verknüpft sind, als auch Anlagen im Inland, die separat betrieben werden. Der Bund selber verfügt über kein solches direktes Zuweisungsrecht. Sollte sich allerdings zeigen, dass die Kantone ihrer Zuweisungspflicht nicht genügend nachkommen, kann der Bund aufsichtsrechtlich eingreifen und falls notwendig Zuweisungen selbst vornehmen.

7.3 Übergangsbestimmungen gemäss Art. 54 Abs. 3 VVEA

Während der Übergangsfrist bis zum 31.12.2025 müssen die vorhandenen Kapazitäten für die saure Wäsche (FLUWA) im Hinblick auf die Metallrückgewinnung vollständig ausgelastet werden. Dies bedeutet: Filterasche darf bis zum 1. Januar 2026 nur dann ohne Rückgewinnung von Metallen in hydraulisch gebundener Form auf Deponien oder Kompartimenten des Typs C abgelagert werden, wenn die im Inland vorhandenen Behandlungskapazitäten für die Rückgewinnung ausgelastet sind. Auch eine Ausfuhrbewilligung zur Ablagerung in einer Untertagedeponie kann nur dann durch das BAFU erteilt werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Behandlungskapazitäten für die Rückgewinnung von Metallen aus den Filteraschen ausgeschöpft sind. Ausserdem müssen die noch nicht realisierten FLUWA-Projekte innerhalb der Frist realisiert werden. Für die Umsetzung sind die Kantone verantwortlich.

8 Glossar

Filterasche

Filterasche von Kehrichtverwertungsanlagen

Filterkuchen

Filterasche, die mittels saurer Extraktion von Metallen entfrachtet wurde (sauer gewaschene Filterasche bzw. sauer extrahierte Filterasche).

Hydroxidschlamm

Durch nasschemische Fällung (z. B. Erhöhung des pH-Wertes) aus dem Filtrat abgeschiedenes Metallkonzentrat.

Kesselasche

Sedimentierte Aschepartikel und Anbackungen, die im Bereich des Kessels ausgetragen werden.

Kehrichtverwertungsanlage (KVA)

Anlage zur thermischen Behandlung von Siedlungsabfällen oder Abfällen vergleichbarer Zusammensetzung.

Leerzugasche

Sedimentierte Aschepartikel und Anbackungen, die im direkten Anschluss an den Feuerraum im Bereich des «leeren» Kessels ausgetragen wird.

Rauchgas

Der über den Feuerraum abziehende Abgasstrom

Rauchgasreinigungsrückstände

Alle festen oder flüssigen Rückstände aus der Rauchgasreinigung.

säureextrahierbare Metallanteile

Die im Laborversuch durch Extraktion mit 5%-iger Salzsäure bei einer Temperatur von 60 °C, einer Reaktionszeit von 60 Minuten, einem pH-Wert von maximal 3,0, einem Feststoff/Flüssigkeits-Verhältnis von 1 : 4 (Filterasche: 5%-iger Salzsäure) und einem Redox-Potential von mind. + 400 mV extrahierbaren Metallanteile. Vor der Analyse ist der Filterkuchen mit einem Feststoff/Wasser-Verhältnis von 1 : 4 mit vollentsalztem Wasser nachzuwaschen.

Schlacke

Fester Kehrichtverbrennungsrückstand, der am Ende des Rostes abfällt und über den Entschlacker ausgetragen wird (Rostasche).

UTD

Untertagedeponie

9 Verzeichnisse

9.1 Abbildungen

Abbildung 1

Schematische Darstellung einer Kehrichtverwertungsanlage (KVA)

Abbildung 2

Schematische Darstellung der sauren Extraktion von Metallen aus Filteraschen.

Abbildung 3

Erforderliche minimale Extraktionsausbeute für Blei

Abbildung 4

Erforderliche minimale Extraktionsausbeute für Zink

9.2 Literatur und Quellenangabe

USG: Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Umweltschutzgesetz, USG, SR 814.01)

GSchG: Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (Gewässerschutzgesetz, GSchG, SR 814.20)

VVEA: Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen vom 4. Dezember 2015 (Abfallverordnung, VVEA, SR 814.600)

GSchV: Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (SR 814.201)

BAFU (Hrsg.) 2013: Herleitung von Konzentrationswerten und Feststoff-Grenzwerten Stand 2013. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1333

BAFU (Hrsg.) 2017: Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich. Stand 2017. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1715: 82 S.

BAFU (Hrsg.) 2019: Probenahme fester Abfälle. Stand 2019. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1826

BAFU (Hrsg.) 2019: Berichterstattung. Stand 2019. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 182