

FACTSHEET Gefährdung durch Dioxine auf Deponien

Auftraggeber: Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA)

Autor: Markus Leuenberger (Geschäftsstelle ASI-VBSA, Sicherheitsingenieur)

Mitarbeit: Dr. Norbert Dawidowsky (Sicherheitsingenieur, Mitglied ASA-Pool)

Chantal Leuenberger (Arbeitshygienikerin, Mitglied ASA-Pool)



1. Ausgangslage

Schlacken und gewaschene Filteraschen aus Schweizer KVA werden in Deponien Typ D abgelagert. Die mögliche Gefährdung des Deponie-Personals durch Dioxine¹, welche in beiden Materialien vorkommen können, soll konkret beurteilt werden. Die Bewertung erfolgt auf Grundlage zweier von der SUVA vorgeschlagener Modelle zur Gefährdungsabschätzung.

2. Problemstellung

Messwerte zur Dioxinkonzentration in der Luft (pg/m³) im Deponiebereich liegen bisher nicht vor.

Die Dioxinkonzentrationen in KVA-Schlacken und Filteraschen sind hingegen umfassend untersucht². Die Dioxine liegen in folgenden Konzentrationsbereichen:

- Schlacke	0.004 – 0.098	µg TEQ ³ /kg
- Filterasche	0.4 – 3.4	µg TEQ/kg

Der frühere Schweizer MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration, 8-Stunden-Mittelwert, tolerierbar während 8h/Tag, 42h/Woche, auch über längere Perioden) von 10 pg TCDD⁴/m³ wurde 2021 von der SUVA gestrichen, da er auf Hintergrundbelastungen basierte und die zugrunde liegenden Daten überholt waren. Eine Neufestlegung eines aktualisierten MAK-Wertes ist nach Einschätzung der SUVA derzeit nicht zu erwarten. Die DFG führt den MAK-Wert für TCDD von 10 pg /m³ weiterhin.

3. Gefährdungsabschätzung

Ohne einen gültigen MAK-Wert kann eine Dioxinbelastung in der Umgebungsluft von Mitarbeitern auf einer Deponie nicht direkt beurteilt werden. Zwei alternative Ansätze für eine Abschätzung einer Gefährdung **wurden in Abstimmung mit der SUVA** abgeleitet. Beide Ansätze basieren auf Berechnungen und auf Abschätzungen.

3.1 Modellvorstellung

Modell 1: Vergleich möglicher Dioxinkonzentrationen mit dem ehemaligen MAK-Wert von 10 pg TCDD/m³; obwohl dieser MAK-Wert heute in der Schweiz nicht mehr gültig ist, kann er dennoch zur Orientierung herangezogen werden.

Modell 2: Vergleich der zusätzlichen Dioxinaufnahme in der Deponie mit Erfahrungen zur durchschnittlichen, hauptsächlich nahrungsbedingten Dioxinaufnahme erwachsener Menschen. Datenbasis zur Dioxinbelastung: Umweltbundesamt Deutschland, Daten aus 2000 – 2003.

¹ Aus Gründen der Lesbarkeit wird die Gruppe der polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF) im Text einfach als «Dioxine» bezeichnet

² Nationale Messkampagne von KVA-Flugaschen, 2020, VBSA

³ Die Abkürzung TEQ steht für Toxic Equivalent Quantity und wird verwendet, um die Toxizität von Dioxinen und Dioxin-ähnlichen Verbindungen zu bewerten. Die TEQ-Werte sind standardisiert, indem die Toxizität der einzelnen Dioxine und Furane mit der Toxizität des am stärksten toxischen Dioxins, dem 2,3,7,8-TCDD (Tetrachlordibenzo-p-dioxin), verglichen wird.

⁴ MAK Wert 10 pg 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin, TCDD/m³ (entspricht 10 pg TEQ_{WHO 2005}/m³) basiert auf den Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) von 1999

Modell 1: Vergleich mit dem ehemaligen MAK-Wert

Annahme: Die Dioxin-Exposition der Deponie-Mitarbeiter erfolgt über das Einatmen von Dioxin-belastetem Staub

Berechnung: Welche Staubmenge muss in der Luft vorhanden sein, damit der MAK-Wert erreicht wird?

Material	Staubkonzentration in der Luft, bei welcher der MAK-Wert erreicht würde	Beurteilung
Schlackenstaub	2'500mg/m ³ bis 102 mg/m ³	→ nicht plausibel als Durchschnittskonzentration über einen Achtstundenarbeitstag.
Filteraschenstaub	25 mg/m ³ bis 2.9 mg/m ³	→ diese Staubkonzentration kann erreicht werden, ob dies auch über ganze Wochen und lange Perioden (MAK-Wert Definition) möglich ist, wird bezweifelt
Gemisch Schlacken- und Filteraschenstaub (10:1)	250 mg/m ³ bis 25 mg/m ³	→ eher nicht plausibel als Durchschnittskonzentration über einen Achtstundenarbeitstag.

Modell 2 Vergleich der potenziellen beruflichen Dioxinaufnahme (=auf der Deponie) mit Erfahrungswerten zur Dioxinaufnahme Erwachsener in Deutschland

Annahme: Die Dioxin-Exposition der Deponie-Mitarbeiter erfolgt über das Einatmen von Dioxin-belastetem Staub. Vollständige Aufnahme des eingeatmeten Dioxins in den Körper.

Berechnung: Vergleich der potenziell aufgenommenen Dioxinmenge bei 1 mg/m³ Deponiestaub mit den Erfahrungswerten des Umweltbundesamts Deutschland zur Dioxinbelastung Erwachsener für einen Menschen von 70 kg.

Durch das Einatmen von Deponiestaub mit einer Konzentration von 1 mg/m³ resultiert folgende, potenzielle und jährliche beruflich bedingte Dioxinaufnahme (Berechnungsbasis: 10m³ Atemluft während 8h Arbeit/Tag; Arbeitszeit 220 Arbeitstage/Jahr):

Material	Potenzielle Dioxinmenge/Jahr.	Referenzwert (Umweltbundesamt D)
Schlackenstaub 1mg/m ³	8.8 pg TEQ bis 216 pg TEQ	Jährliche, hauptsächlich nahrungsbedingte Aufnahme eines Erwachsenen: 51'100 pg TEQ/Jahr
Filteraschenstaub 1mg/m ³	880 pg TEQ bis 7480 pg TEQ	
Gemisch Schlacken- und Filteraschenstaub 1mg/m ³	88 pg TEQ bis 880 pg TEQ	

Gut sichtbar ist, dass die Stäube aus Filterasche bei gleicher Staubkonzentration höhere Dioxinbelastungen verursachen könnten als Schlackenstaub oder das Gemisch Schlacke und Filterasche (Mengenverhältnis 10:1).

Beide Modelle zeigen, dass für relevante Dioxinaufnahmen (über die Atemluft) aus dem Umgang mit Schlacke oder Gemisch Schlacke-/ Filteraschenstaub **erhebliche Staubkonzentrationen über lange Zeiträume** notwendig sind.

3.2 Plausibilisierung der Berechnungsparameter

Alle Berechnungsergebnisse sind nur so zuverlässig wie die zugrunde gelegten Parameter. Daher müssen diese Parameter den tatsächlichen Bedingungen auf der Deponie entsprechen. Die für die Berechnung der über die Atemluft aufgenommenen Dioxinmenge relevanten Parameter sind:

- Staubgehalt in der Luft auf der Deponie (8h/Tag, 220 Tage/Jahr) in mg/m³
- Dioxinkonzentration in diesem Staub pg TEQ/m³
- Standardatemvolumen der Person (8h/Tag) 10 m³
- Arbeitstage / Jahr 220 Tage

Um die Berechnungen zu plausibilisieren, musste der für die Berechnung massgebliche Staubgehalt konkret bestimmt werden. Dies erfolgte durch Messungen vor Ort. Der Staubgehalt wurde bei trockenem, heissem Wetter auf der Schlackendeponie Laufengraben (Kanton Bern) mit dem Messgerät DustTrak II – 8532 erfasst. Dabei wurden verschiedene Situationen auf der Deponie untersucht:

- ohne Aktivitäten
- mit LKW-Verkehr
- sowie mit kurzzeitig maximaler Staubkonzentration in der Luft

Alle als plausibel beurteilten Berechnungsparameter sind in Anhang 4 dargestellt.

3.3 Berechnung der potenziell zusätzlichen Dioxinaufnahme durch Arbeit auf der Deponie

Mit den plausibilisierten Berechnungsparametern wurden verschiedene Einbauvarianten untersucht und bzgl. potenzieller Dioxinaufnahme beurteilt:

1. Einbau von Filterasche unter die Schlacke: Maximal potenzielle Aufnahme pro Jahr von zusätzlichem Dioxin: 16 pg TEQ. Diese Menge repräsentiert 0.03% bezogen auf die nahrungsbedingte jährliche Dioxinaufnahme.
Beurteilung: → irrelevant
2. Einbau von Filterasche über der Schlackenschicht: zusätzliche Aufnahme von Dioxin von 572 pg TEQ. Diese Menge repräsentiert 1.12% bezogen auf die nahrungsbedingte jährliche Dioxinaufnahme. Werden die Parameter innerhalb der Plausibilitätsgrenzen erhöht (z.B. Grenzwert für Filterasche (?) von 3 auf 5 µg TEQ/kg und eine Erhöhung der Staubmenge und der Expositionszeit) läge die Dioxinaufnahme zwischen 5-10% der jährlichen nahrungsbedingten Dioxinaufnahme.
Beurteilung: → irrelevant
3. Wird die Schlacke und die Filterasche als Gemisch eingebaut, verändert sich der Dioxingehalt des Staubes (Schlacke «verdünnt» die Filterasche); die zusätzliche Belastung durch Dioxin im Vergleich zur jährlichen nahrungsbedingten Dioxinaufnahme liegt in diesem Falle zwischen 0.13-1.17%
Beurteilung: → irrelevant
4. Worst-Case: Wird ein Mitarbeiter wiederholt dem aufwirbelnden Staub aus Filterasche aufgrund von LKW-Durchfahrten ausgesetzt (z.B. 8x/Tag an je 10 Minuten) so erhöht sich die zusätzliche Dioxinaufnahme über die Luft gegenüber der nahrungsbedingten Dioxinaufnahme um +85%:
Beurteilung: → relevant

3.4 Gefährdungsabschätzung

Eine Gefährdung von Arbeitnehmenden durch Dioxin auf Deponien kann bei der Freisetzung von Staub entstehen. Dabei ist Staub von Filterasche am kritischsten zu bewerten. Massnahmen gegen eine Staubbefreiung sind grundsätzlich auch bezüglich Dioxinen, oder anderen in diesen Materialien partikelförmig enthaltenen Schadstoffen wirksam.

Wird die Filterasche auf der Deponie mit einer Schlackenschicht abgedeckt oder wird die Filterasche mit der Schlacke gemischt und feucht eingebaut, resultieren nur **geringe** Dioxin-relevante Staubemissionen, deren Zusatzbelastung durch die Dioxinaufnahme über die Atmung, bezogen auf die nahrungsbedingten Dioxingrundbelastung, ebenfalls als **gering** beurteilt werden kann.

Die Erhöhung des VVEA-Grenzwertes für Filterasche von 3 auf 5 µg/kg ändert in der normalen Betriebssituation **nichts** an dieser Beurteilung!

Trockene Filterasche⁴, die an der Deponieoberfläche gelagert und kontinuierlich von LKW überfahren wird, stellt die stärkste Quelle für dioxinhaltigen Staub dar. Je nach Aufenthaltsdauer und Nähe zur Staubquelle können daraus zusätzliche Dioxinaufnahmen über die Atemluft entstehen, welche im Vergleich zu den Erfahrungswerten zur Dioxinbelastung als **erheblich** anzusehen sind.

Eine Erhöhung des VVEA-Grenzwerts von 3 auf 5 µg/kg würde diese Worst-case-Betrachtung direkt proportional verschärfen.

⁴ KVA Filterasche wird vor Anlieferung in die Deponie Metall-entfrachtet und gewaschen und wird somit nicht trocken in Deponien angeliefert. Ein Trocknungsprozess kann je nach Witterung auf der Deponie erfolgen.

4. Schlussfolgerungen

Eine erhebliche Zusatzbelastung durch Dioxine ist auf Deponien nur bei **starker** und lang **andauernder Staubeinwirkung** abzuschätzen und beschränkt sich im Wesentlichen auf Staub von Filterasche.

Staubfreisetzung und Staubeinwirkung können durch flankierende, bewährte Schutzmassnahmen vermindert werden, wie z. B.:

- regelmässige Befeuchtung der Verkehrswege
- kein Einbau von Schlacke/Filterasche auf den Zufahrtswegen zur Deponie
- regelmässige Reinigung der Zufahrtswegen
- periodische Nutzung von Hochdruckreinigungsanlagen
- Ausstattung von Fahrzeugen mit Kabinenluftfiltern
- Verwendung von zusätzlichem Atemschutz FFP2 bei verbleibenden staubenden Arbeiten

Diese Massnahmen sind entscheidend, um sowohl die Gesundheit der Mitarbeiter zu schützen als auch die Effizienz der Staubminderung auf der Deponie und den Zufahrtswegen sicherzustellen. Sie reduzieren nicht nur die Dioxinbelastung, sondern vermindern auch sonstige partikelförmige Schadstoffe mit Ursprung Deponiematerial.

Am wichtigsten ist, wie das Schlacken- und Filteraschenmaterial auf der Deponie gehandhabt und eingebaut wird. Staubarme Arbeitsverfahren und Schutzmassnahmen gegen Staubeinwirkungen haben in der Praxis einen weitaus grösseren Einfluss auf die Exposition der Beschäftigten gegenüber Dioxin als eine Erhöhung des VVEA-Grenzwerts selbst.

Letztendlich zeigen die Ergebnisse im vorliegenden Factsheet, dass die Änderung der Grenzwerte kein zusätzliches Dioxinproblem für die Mitarbeiter der Anlagen generiert und dass die Betreiber von Deponien über das erforderliche Wissen und die notwendigen Mittel verfügen, um eine Dioxinexposition wirksam zu reduzieren. Das Vermeiden von Staubbelastung auf der Deponie ist deshalb eine wichtige, tägliche Aufgabe und muss entsprechend seriös und konsequent umgesetzt werden.

Wichtrach, den 25.9.2025

LEUENBERGER CONSULTING

Markus Leuenberger

Anhang 1 – Staubmessungen auf der Deponie Laufengraben

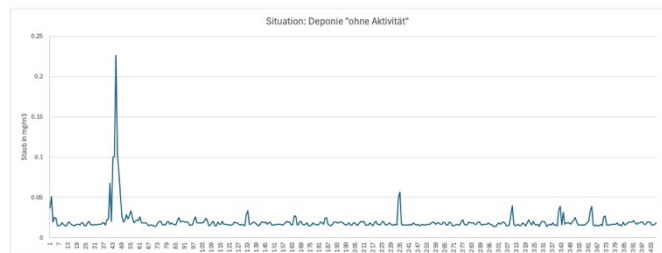
Parameter plausibilisieren – *Staubmessungen Deponie Laufengraben*



Anhang 2

Parameter plausibilisieren – *Staubmessungen Deponie Laufengraben*

Situation A – ohne Aktivitäten (keine Arbeit, keine LKW)



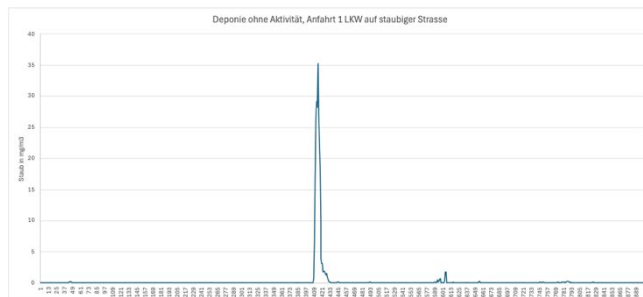
Max. 0.23 mg/m³
Mittelwert 0.037 mg/m³

Messdauer 6 Minuten

Anhang 3

Parameter plausibilisieren – *Staubmessungen Deponie Laufengraben*

Situation B – mit Aktivitäten (LKW-Fahrt)



Max. **35** mg/m³
 Mittelwert mit LKW 0.306 mg/m³
 Mittelwert ohne LKW 0.037 mg/m³

Messdauer 15 Minuten

Anhang 4 - Berechnungsparameter

Verwendete *Berechnungsparameter*

Dioxingehalt	- Schlacke:	Min. → 0.004 µg TEQ/kg	Max. → 0.098 µg TEQ/kg
	- Filterasche:	Min. → 0.4 µg TEQ/kg	Max. → 3.4 µg TEQ/kg
	- Mischung F+S:	Min. → 0.0401 µg TEQ/kg	Max. → 0.399 µg TEQ/kg
Staubgehalt	-	0.037 mg/m ³ für Verhältnisse ohne Aktivitäten	
	-	0.306 mg/m ³ mit LKW-Bewegungen (Staub)	
	-	35 mg/m ³ Peak LKW-Bewegung	
Exposition	-	100% entspricht einem Atemvolumen von 10 m ³	
	-	50% = 5 m ³	
	-	25% = 2.5 m ³	
Arbeitszeit	-	220 d	