



Bern, 30. Oktober 2024

---

# **Aufarbeitung der Umweltbelastungen rund um in Betrieb stehende und ehemalige Kehrichtverbrennungsanlagen**

Bericht des Bundesrates  
in Erfüllung des Postulats 21.4225 Suter vom  
30. September 2021

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Auftrag .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Abfallverbrennung und Abluftreinigung.....</b>	<b>3</b>
2.1	Vorteile der Abfallverbrennung .....	3
2.2	Luftschadstoffe aus KVA .....	4
2.3	Behandlung der Abgase.....	4
2.4	Behandlung übriger Bestandteile .....	5
<b>3</b>	<b>Übersicht über Standorte und Anlagen .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Relevante Vorschriften.....</b>	<b>7</b>
4.1	Vorschriften zur Luftreinhaltung .....	8
4.2	Vorschriften zu Bodenschutz und Altlasten .....	10
<b>5</b>	<b>Umsetzung der Vorschriften.....</b>	<b>11</b>
5.1	Bereich Luft .....	11
5.1.1	Kantonale Vorschriften.....	11
5.1.2	Vollzug .....	11
5.2	Bereich Bodenschutz und Altlasten .....	14
<b>6</b>	<b>Auswirkungen auf die Umwelt: Belastungen in der Umgebung der KVA .....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>18</b>
<b>A</b>	<b>Referenzen .....</b>	<b>19</b>
<b>B</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>22</b>
B.1	Schadstoffminderungstechniken .....	22
B.2	Übersicht über die Umweltvorschriften.....	22

## 1 Auftrag

Am 30. September 2021 hat Nationalrätin Gabriela Suter das Postulat 21.4225 «Aufarbeitung der Umweltbelastungen rund um in Betrieb stehende und ehemalige Kehrichtverbrennungsanlagen» eingebracht. Das Postulat wurde am 17. März 2022 angenommen:

*«Der Bundesrat wird beauftragt, zusammen mit den Kantonen das Ausmass der Umweltbelastungen, die durch den Betrieb der Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) in den letzten 50 Jahren resultiert sind, umfassend aufarbeiten zu lassen. Dabei sind die Zeiträume nach dem Einsatz von verschiedenen Filtertechnologien zu unterscheiden (ohne Filter, Nassfilter etc.). Der Bundesrat soll einen Bericht vorlegen, in dem er unter anderem beantwortet, welche Emissionen und Immissionen in den verschiedenen Betriebsphasen überwacht bzw. nicht überwacht wurden und welche Auswirkungen dies auf die Umwelt hat(te).*

*Der Bericht soll klären, welche Aufgaben (Emissions- und Immissionsmessungen, Dokumentierung und Kommunikation der Ergebnisse, Vollzugskontrollen) welchen Behörden oblag und wie deren Umsetzung aus heutiger Sicht beurteilt wird. Insbesondere interessieren die Rollen des Bundes, der Kantone und der einzelnen KVA-Betreiber.*

*Zudem soll im Bericht der aktuelle rechtliche Rahmen analysiert und Empfehlungen zu allfälligen gesetzlichen Anpassungen formuliert werden.».*

Im vorliegenden Bericht wird entsprechend den Forderungen des Postulats dargestellt, welche rechtlichen Vorschriften für KVA im Laufe der Zeit galten. Es wird weiter dargestellt, welche Anlagen über welche Zeiträume in Betrieb standen und mit welchen Abgasreinigungssystemen (ALURA) sie ausgestattet waren. Der Bericht zeigt die Verantwortlichkeiten für den Vollzug auf und wie die Vorschriften kontrolliert wurden.

Aufgrund dieser Informationen kann nicht darauf geschlossen werden, ob in der Umgebung von ehemaligen oder bestehenden KVA aktuell eine Umweltbelastung besteht. Der vorliegende Bericht in Erfüllung des Postulats wird deshalb durch einen Expertenbericht ergänzt, in dem die Bodenbelastungen rund um die Anlagen dargestellt sind (siehe Kapitel 6).

Die kantonalen Luftreinhalte- und Bodenfachstellen haben einen grossen Beitrag zu diesem Bericht geleistet, indem sie Recherchen, Abklärungen und Analysen durchführten.

## 2 Abfallverbrennung und Abluftreinigung

### 2.1 Vorteile der Abfallverbrennung

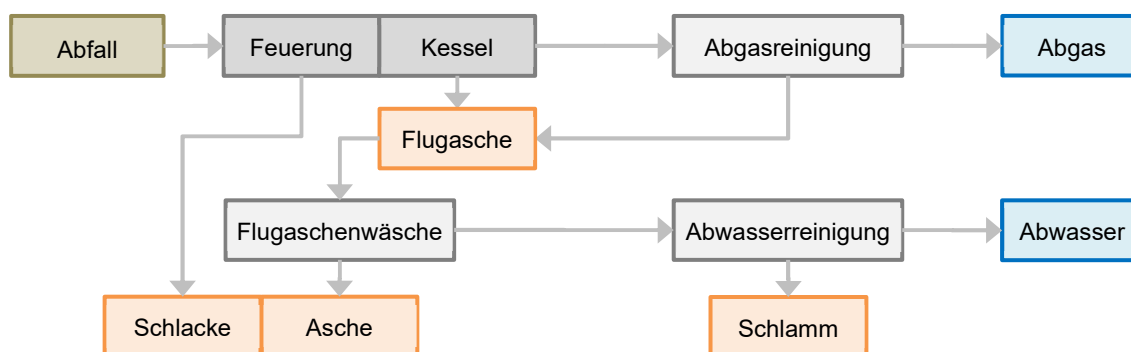
Die Schweiz hat eine lange Tradition in der Abfallverbrennung. Aus Mangel an geeigneten Deponiestandorten und aufgrund der negativen Erfahrungen mit der direkten Ablagerung gemischter und brennbarer Abfälle haben die Behörden bereits früh auf die Verbrennungstechnik gesetzt. Das Ziel der Verbrennung von Abfällen in einer KVA ist es, das Abfallgewicht und das Volumen deutlich zu reduzieren und darin enthaltene Schadstoffe zu zerstören. Zudem wird Energie in Form von Wärme und Strom produziert.

Historisch gesehen wurden Menge und Qualität von Abfällen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts als unproblematisch eingeschätzt. Die Entsorgung wurde den Gemeinden überlassen. Dieser Umgang mit Abfällen hatte keine allzu grossen Konsequenzen für die Umwelt, solange die Abfallmengen relativ klein waren und diese Abfälle vorwiegend aus natürlichen Materialien bestanden. Im Verlauf des letzten Jahrhunderts haben sich die Menge und Zusammensetzung der Abfälle sowohl aus Haushalten als auch aus der Industrie aber stark gewandelt. Die Entsorgung auf wilden Deponien oder teilweise auch direkt in den Gewässern führte zunehmend zu Problemen und starken Verschmutzungen. Mit dem Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung von 1955 führte der Bund erste Regelungen ein und untersagte das Ablagern von Stoffen in oder ausserhalb von Gewässern, die zu einer Wasserverunreinigung führen könnten. Bei bereits vorhandenen Ablagerungen sollten Massnahmen ergriffen werden, um die damit verbundenen Gewässerverunreinigungen zu beheben. Die Vorschriften blieben allerdings relativ unverbindlich. Die weiterhin wilde Abfallentsorgung und die schleppende Umsetzung der Vorschriften zur Abwasserbehandlung führten 1971 zu einer Neufassung

des Gewässerschutzgesetzes. Die Kantone wurden verpflichtet, die Abfälle schadlos zu beseitigen und bestehende Deponien ausserhalb der Gewässer innert einer gewissen Frist aufzuheben. Mit dem Gesetz wurde die Grundlage für finanzielle Beiträge des Bundes für die Erstellung von Abwasser- und Abfallanlagen geschaffen. In der Folge verbesserte sich die Gewässersituation, indem die wilde Entsorgung deutlich ab- und die Abfallverbrennung zunahm. [1]

Allerdings entstehen bei der Verbrennung von Abfällen verschiedene Luftschadstoffe, die – sofern sie ungereinigt in die Atmosphäre entlassen werden – zu einer Verschmutzung der Luft und Böden führen. Deshalb ist es notwendig, die Luftschadstoffe mittels geeigneter Massnahmen aus den Abgasen abzuscheiden. Das für die Abgasreinigung und für die Flugaschenwäsche benötigte Wasser muss ebenfalls behandelt werden. Der Prozess ist mit den wesentlichen Schritten in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Abbildung 1: Schema der Prozessschritte und Stoffströme in einer KVA (basierend auf [3])



## 2.2 Luftschadstoffe aus KVA

Gemäss einer aktuellen Studie des Bundesamts für Umwelt (BAFU) von 2023 [24] setzt sich der aus Haushalten stammende Kehricht zu zwei Dritteln aus biogenen Abfällen, Verbundwaren und Kunststoffen zusammen. Das restliche Drittel besteht aus Papier, Mineralien, Karton, Glas, Metallen, Textilien oder anderen Materialien. Bei der Verbrennung in den KVA entstehen verschiedene staub- und gasförmige Luftschadstoffe. Zu nennen sind hier insbesondere Feststoffe, Chlor- und Fluorwasserstoff (HCl, HF), Schwermetalle wie Blei (Pb), Zink (Zn), Cadmium (Cd) und Quecksilber (Hg) sowie polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F). Letztere werden in der Umgangssprache als Dioxine und Furane bezeichnet.

Bei der Gruppe der Dioxine und Furane handelt es sich um besonders toxische Schadstoffe. Die Bildung erfolgt insbesondere im Temperaturbereich zwischen 200 und 700 °C bei Anwesenheit von Sauerstoff, Chlor und Aromaten. Entsprechend dem genannten Temperaturbereich liegen bei KVA und anderen Verbrennungsanlagen die Konzentrationen dieser Verbindungen unmittelbar nach dem Feuerungsraum verhältnismässig niedrig, da meist eine ausreichend hohe Temperatur, Turbulenz und Verweilzeit gewährleistet ist. Die eigentliche Entstehung erfolgt während der Abkühlphase in weiteren Anlagenkomponenten (sog. De-Novo-Synthese) [14].

## 2.3 Behandlung der Abgase

Die Abgasreinigungstechniken für die Abscheidung der verschiedenen in KVA entstehenden Luftschadstoffe sind in Tabelle 1 zusammengestellt, kategorisiert nach Schadstoffgruppen. Für die Belastung in der Umgebung einer Anlage sind längerfristig betrachtet Schwermetall-Emissionen, Emissionen von PCDD/F, dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB) und andere organische Verbindungen sowie Quecksilberemissionen von Bedeutung.

Tabelle 1: Wichtige Abgasreinigungstechniken für einzelne Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen [13]

Schadstoffgruppe	Abgasreinigungstechnik
Staub-, Metall- und Halbmetall-Emissionen	Gewebefilter, Elektrofilter, Trockensorption, Nasswäscher, Fest- oder Wanderbettadsorption, (Zyklon)
Emissionen von HCl, HF und SO <sub>x</sub>	Nasswäscher, Trockensorption
Emissionen von NO <sub>x</sub> und NH <sub>3</sub>	Selektive nicht-katalytische Reduktion (SNCR), selektive katalytische Reduktion (SCR), katalytische Gewebefilter
Emissionen organischer Verbindungen (inkl. PCDD/F)	Trockensorption, Fest- oder Wanderbettadsorption, SCR (für PCDD/F, PCB), katalytische Gewebefilter, Kohlenstoff-Sorptionsmittel in einem Nasswäscher. Zur PCDD/F-Minderung sind Primärmassnahmen wie Kesselreinigung und schnelle Abgaskühlung geeignete Massnahmen, um einer De-Novo-Synthese entgegenzuwirken. Zwar werden, wie Untersuchungen gezeigt haben, 80 - 90 % der Dioxine und Furane an den festen Verbrennungsrückständen und Stäuben adsorbiert und mit diesen abgeschieden, jedoch liegen die verbleibenden Anteile im Gas bezüglich ihrer Konzentration trotzdem oft über dem heute gültigen Grenzwert von 0.1 ng/m <sup>3</sup> .
Quecksilberemissionen	Nasswäscher, Trockensorption, Eindüsung von spezieller, hochreaktiver Aktivkohle, Fest- oder Wanderbettadsorption

Die in Tabelle 1 genannten Techniken sind in Anhang B.1 Tabelle 8 ausführlicher beschrieben. Eine einzelne KVA benötigt eine Kombination mehrerer dieser Abgasreinigungsstufen, um alle Schadstoffe in genügendem Masse abzuscheiden.






## 2.4 Behandlung übriger Bestandteile

Neben der Reinigung der Abgase müssen die weiteren Rückstände aus dem Prozess in einer KVA, also insbesondere Schlacke, Asche, Schlamm und Abwasser behandelt werden. Da der Fokus dieses Berichts auf den Emissionen in die Luft liegt, wird auf diese Aspekte nicht weiter eingegangen.

In der Vergangenheit ist es in seltenen Fällen vorgekommen, dass die Schlacke oder Asche nicht in geeignete Deponien geführt wurde, wie es heute zwingend der Fall ist, sondern dass sie in unmittelbarer Umgebung der Anlage abgelagert wurde (siehe Kapitel 6).

## 3 Übersicht über Standorte und Anlagen

In Tabelle 2 sind alle KVA der Schweiz von 1904 bis heute aufgeführt, soweit sie im Rahmen dieses Berichts identifiziert werden konnten. Die Zusammenstellung der Daten erfolgte unter Mitwirkung des Verbands der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) und der kantonalen Luftreinhaltfachstellen. Die vorhandenen Abgasreinigungssysteme sind für die Zeit der letzten 50 Jahre, d. h. von 1969 bis heute, in vereinfachter, qualitativer Art farblich dargestellt. Eine KVA verfügt über eine bis mehrere Verbrennungslinien, die mit unterschiedlichen Abgasreinigungsstufen ausgerüstet sein können. In der Tabelle wird der Ausrüstungsstand der am wenigsten gut ausgestatteten Linie zu einem bestimmten Zeitpunkt dargestellt.

	keine ALURA
	Staubabscheidung (insb. Elektrofilter, Gewebefilter)
	erweiterte ALURA (meist Staubabscheidung und Nasswäscher)
	umfassende ALURA (meist Staubabscheidung, Nasswäscher oder Trockensorption, SCR oder SNCR)
	KVA nicht in Betrieb

Eine detaillierte Tabelle mit allen Linien und dem jeweiligen Ausrüstungsstand ist auf der Webseite des BAFU aufgeschaltet.<sup>1</sup>

**Tabelle 2: Übersicht über alle KVA der Schweiz von 1904 bis 2023 mit farblicher Angabe der ALURA ab 1969 (IBN: Inbetriebnahme, ABN: Ausserbetriebnahme)**

Kt.	KVA	IBN	ABN	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
AG	Buchs	1973												
	Oftringen	1974												
	Turgi	1970												
BE	Biel	1967												
	Forsthaus	2013												
	Krauchthal	1972	1987											
	Mürren	1969	1988											
	Thun	2003												
	Warmbächliweg	1954	2012											
	Wengen	1969	1993											
BS	KVA I	1943	1995											
	KVA II	1968	1999											
	KVA III	1998												
FR	La Faye	1973	1979											
	Les Neigles	1965	1983											
	Posieux	2001												
GE	Les Cheneviers I	1966	1989											
	Les Cheneviers II	1978	2010											
	Les Cheneviers III	1993												
	Versoix	1964	1978											
	Villette	1960	1976											
GL	Linth	1973												
GR	Cazis	1972	1989											
	Davos	1914	1969											
	Trimmis	1975												
LU	Ibach	1971	2015											
	Perlen	2015												
NE	Colombier	1971												
	La Chaux-de-Fonds	1972												
SG	Altstätten	1969	1983											
	Bazenheid	1976												
	Buchs	1962												
	Niederuzwil	1971	1983											
	Rosenbergsau	1967	1984											
	St. Gallen	1972												
SH	Hard Beringen	1973	1988											
SO	Winznau	1964	1984											
	Zuchwil	1976												
SZ	Stoos	1971	1990											
TG	Hefenhofen	1974	1996											
	Müllheim	1974	1996											
	Weinfelden	1996												
TI	Bioggio	1962	1991											
	Giubiasco	2009												
	Riazzino	1969	1996											
VD	Lausanne	2006												
	Payerne	1966	1980											
	Penthaz	1969	1988											
	Puidoux	1965	1977											

<sup>1</sup> [www.bafu.admin.ch/luft](http://www.bafu.admin.ch/luft) > Fachinformationen > Schadstoffquellen > Industrie & Gewerbe > Abfallwirtschaft: [Übersicht über alle KVA 1904-2023](#)

Kt.	KVA	IBN	ABN	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
	Vallon	1958	2005											
	Yverdon-les-Bains	1976	1990											
VS	Gamsen	1971												
	Monthey	1976												
	Sion	1971												
	Zermatt	1963	2002											
ZH	Affoltern	1968	1985											
	Bülach	1966	1975											
	Dietikon	1971												
	Dübendorf	1966	1978											
	Hagenholz	1969												
	Hinwil	1971												
	Horgen	1967												
	Josefstrasse	1904	2021											
	Pfannenstiel	1967	1976											
	Winterthur	1965												
	Zwillikon	1968	1985											

## 4 Relevante Vorschriften

In der Publikation des BAFU «KVA-Rückstände in der Schweiz» aus dem Jahr 2010 [1] wird in Kapitel 1 die Geschichte der schweizerischen Abfallwirtschaft mit Fokus auf die Abfallverbrennung aufgezeigt. Die Schweiz setzte früh auf die Abfallverbrennung. So ging die erste KVA in Zürich bereits im Jahr 1904 in Betrieb. Weitere Anlagen folgten in den 40er-Jahren und bis 1978 stieg die Zahl auf ca. 50 Verbrennungsanlagen an. Griffige Vorschriften, die eine starke Reduktion der Umweltbelastung bewirkten, wurden allerdings erst in den 80er-Jahren eingeführt und umgesetzt. Dies ist in der folgenden Tabelle 3 ersichtlich, die die wichtigsten Vorschriften für die Umweltbereiche Luft, Boden und Altlasten in Zusammenhang mit der Abfallverbrennung in KVA aufführt. Die in der Tabelle genannten Vorschriften werden in den folgenden beiden Unterkapiteln detaillierter erläutert. Im Anhang B des Berichts findet sich eine ausführlichere Tabelle mit weiteren relevanten Vorschriften auch aus anderen Umweltbereichen.

Tabelle 3: Vorschriften zur Luftreinhaltung, zu Bodenschutz und Altlasten

Von	Bis	Be-reich	Vorschriften und andere wichtige Meilensteine	Beschreibung
1972	1982	Lu	Richtlinien vom 7. Februar 1972 über die Auswurfbegrenzung für Anlagen zum Verbrennen von Müll [4]	Anforderungen an Anlagen, in denen Müll verbrannt wird
1982	1986	Lu	Richtlinien vom 18. Februar 1982 über die Luftreinhaltung beim Verbrennen von Siedlungsabfällen [6]	Weitergehende Anforderungen als in der Richtlinie von 1972 an Anlagen, in denen Siedlungsabfälle verbrannt werden
1985			Umweltschutzgesetz (USG; SR 814.01)	Begrenzen der schädlichen Einwirkungen auf Mensch und Umwelt, insbesondere auf Luft und Boden konkretisiert
1986		Lu	Luftreinhalte-Verordnung (LRV; SR 814.318.142.1)	Massnahmen, Grenzwerte und Kontrollvorschriften für KVA und andere stationäre Anlagen
1986	1998	Bo	Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo; SR 814.12)	Vorschriften zum Schutz des Bodens für eine nachhaltige Nutzung. Richtwerte für Schwermetalle und Fluor, nicht aber für Dioxine und Furane
1992		Lu	Luftreinhalte-Verordnung	Verschärfung der Grenzwerte für KVA

Von	Bis	Be- reich	Vorschriften und andere wichtige Meilensteine	Beschreibung
1993	2001	Bo	Mitteilung Nr. 4 zum qualitativen Bodenschutz und zur Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo)	Bei der Verwertung von Bodenmaterialien aus der Umgebung einer KVA werden Analysen empfohlen. Dioxine und Furane werden nicht behandelt. Dies ist vorgesehen, "sobald eine ausreichende Beurteilungsgrundlage vorliegt"
1998		Bo	Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo; SR 814.12)	Aktualisierung der VSBo von 1986: Richt-, Prüf- und Sanierungswerte für Dioxine und Furane
1998		Al	Altlasten-Verordnung (AltIV; SR 814.680)	Definition belastete Standorte und Vorgehen bei der Altlastenbearbeitung (Kataster der belasteten Standorte (KbS)-Eintrag, Untersuchung, Überwachung, Sanierung). 2009: Aufnahme von Konzentrationswerten für Böden von belasteten Standorten gemäss Anhang 3 AltIV (bislang jedoch keine Werte für PCDD/F)
2001		Al	Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA; SR 814.681)	Kriterien für Bundesabgeltungen bei Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten
2001	2021	Bo	Wegleitung «Verwertung von ausgehobenem Boden»	Aktualisierung der Mitteilung Nr. 4 (1993): Bei der Verwertung von abgetragenen Boden wird empfohlen, den auszuhebenden Boden in der Umgebung älterer Verbrennungsanlagen zu untersuchen, die früher grössere Mengen von Schadstoffen emittierten; Dioxine und Furane sind neu zu messen
2007		Lu	Luftreinhalte-Verordnung	Einführung eines PCDD/F-Grenzwerts für KVA
2021		Bo	Vollzugshilfe «Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung» [27]	Aktualisierung der Wegleitung «Verwertung von ausgehobenem Boden» von 2001. Keine Veränderung in Bezug auf Dioxine und Furane
Abkürzungen der Umweltbereiche: Lu = Luft, Bo = Boden, Al = Altlasten				

## 4.1 Vorschriften zur Luftreinhaltung

In der Schweiz wurden auf Bundesebene Anfang der 1970er-Jahre Vorschriften zur Luftreinhaltung bei KVA eingeführt. Auf kantonaler Ebene bestanden zu diesem Zeitpunkt keine Vorschriften. Die beiden Richtlinien von 1972 und 1982 sowie die LRV, die Vorschriften zu den Emissionen aus KVA machen, sind im Folgenden beschrieben.

### *Richtlinien über die Auswurfbegrenzung für Anlagen zum Verbrennen von Müll (1972 – 1982)*

Auf Bundesebene traten im Jahr 1972 mit den «Richtlinien über die Auswurfbegrenzung für Anlagen zum Verbrennen von Müll» [4] erstmals Vorschriften für KVA in Kraft. Grund dafür war die Erkenntnis, dass Feuerungsanlagen eine *«erhebliche Verunreinigung der Atmosphäre verursachen»*. In den Erläuterungen wurde ausgeführt, dass *«es schon heute möglich ist, kurzfristig den Auswurf bedeutend zu vermindern»* [5]. Anforderungen waren beispielsweise ein ausreichender Ausbrand, die Ausstattung der Anlage mit einem Kamin oder eine Entstaubung der Abgase. Bei der Verbrennung von mehr als einer Tonne Abfall pro Stunde musste eine kontinuierliche Staubmessung vorgenommen werden. Die Einhaltung der technischen Anforderungen sollte 6 Monate nach Inbetriebnahme einer neuen Anlage nachgewiesen werden. Anlagen, die in Betrieb waren, sollten innert 3 Jahren saniert werden. Für den Vollzug zuständig waren die kantonalen Amtsstellen.

### *Richtlinien über die Luftreinhaltung beim Verbrennen von Siedlungsabfällen (1982 – 1986)*

Im Jahr 1982 wurden die «Richtlinien über die Luftreinhaltung beim Verbrennen von Siedlungsabfällen» [6] in Kraft gesetzt und die Richtlinien von 1972 ablösen. In den Erläuterungen [7] wurde festge-

halten, dass sich das Verbrennen «zu einer wichtigen Methode entwickelt hat, um Abfälle ohne Gefährdung der Gewässer zu beseitigen.». Es wurde aber erkannt, dass «bei unsachgemässer Verbrennung aus dem Gewässerschutzproblem ein solches lufthygienischer Art entstehen kann.». In der Vernehmlassung war die Absicht, «neue, gesamtschweizerisch anwendbare Begrenzungsnormen zum Schutz der Umgebung von Abfallverbrennungsanlagen auszuarbeiten», fast durchwegs begrüsst worden. Neben Grenzwerten für weitere Stoffe wurden Anforderungen an die Überwachung der Abgase (Temperatur, Sauerstoffgehalt) und die Pflicht für Abnahmemessungen sowie von periodischen Kontrollmessungen erlassen. Bestehende Anlagen mussten innert einer durch die Vollzugsbehörde festzulegenden angemessenen Frist saniert werden. Die Richtlinien verboten das Verbrennen von Siedlungsabfällen in nicht für diesen Zweck zugelassenen Anlagen und im Freien.

#### Luftreinhalte-Verordnung (LRV) (1986 – heute)

In den Erläuterungen zu beiden Richtlinien war angekündigt worden, die Richtlinien später in die Ausführungsverordnungen zum künftigen Umweltschutzgesetz aufzunehmen. Das Umweltschutzgesetz bildete die Basis für den Erlass von Emissionsbegrenzungen bei Anlagen zum Verbrennen von Siedlungs- und Sonderabfällen in der LRV. In Tabelle 4 sind ausgewählte Grenzwerte für die verschiedenen Luftschadstoffe aus den beiden Richtlinien des EDI und der LRV mit ihrem Datum des Inkrafttretens im Verlauf der Zeit dargestellt. Die letzte LRV-Änderung im Bereich der KVA erfolgte am 14. Oktober 2015 (AS 2015 4171).

Tabelle 4: Ausgewählte Grenzwerte der Richtlinien und der LRV für KVA und weitere Abfallverbrennungsanlagen

Parameter	Einheit	Richtlinien		Luftreinhalte-Verordnung (Anh. 2 Ziff. 71)			
		7.2.1972 <sup>a</sup>	18.2.1982 <sup>b</sup>	1.3.1986	1.2.1992	1.9.2007	16.11.2015
O <sub>2</sub> -Gehalt	% vol	c	17 / 11	11	11 (fest), 3 (flüssig, gasförmig)		
Staub	mg/m <sup>3</sup>	200 / 100 / 100	100 / 50	50	<b>10</b>	10	10
Σ Pb, Zn	mg/m <sup>3</sup>	--	-- / 5	5	<b>1</b>	1	1
Hg, Cd (je)	mg/m <sup>3</sup>	--	-- / 0.1	0.1	0.1	0.1	<b>0.05</b>
Gesamt-C	mg/m <sup>3</sup>	--	--	150	<b>20</b>	20	20
PCDD/F	ng/m <sup>3</sup>	--	--	--	--	<b>0.1</b>	0.1
<b>Hinweise:</b>							
<sup>a</sup> Unterschiedliche Grenzwerte für Anlagen, die unter 1, von 1 bis 5 oder über 5 t Abfall/h verbrennen							
<sup>b</sup> Unterschiedliche Grenzwerte für Anlagen, die bis oder über 0.5 t Abfall/h verbrennen							
<sup>c</sup> bezogen auf einen CO <sub>2</sub> -Gehalt von 7 % (feucht)							

Der Grenzwert für PCDD/F von 0.1 ng/m<sup>3</sup> wurde mit der Anpassung der LRV vom 4. Juli 2007 (AS 2007 3875) per 1. September 2007 eingeführt. In den Erläuterungen dazu hiess es: «Anlagen zum Verbrennen von Siedlungs- und Sonderabfällen erhalten analog zu den Vorschriften in der EU einen Emissionsgrenzwert für Dioxine und Furane. Moderne Anlagen in der Schweiz erfüllen bereits heute diesen Grenzwert.».

Die Einhaltung dieser Grenzwerte wird gemäss Artikel 13 LRV alle 3 Jahre überprüft, gewisse Kantone kontrollieren die KVA jedoch alle 2 Jahre oder vereinzelt auch jährlich (periodische Messungen). Hinzu kommen kontinuierliche Messungen, mit denen die Emissionen verschiedener Luftschadstoffe permanent überprüft werden (z. B. Kohlenmonoxid, Stickoxide, Staub u. a.). Schadstoffe wie Dioxine und Furane oder Schwermetalle können jedoch aus messtechnischen Gründen nur periodisch gemessen werden.

### Vorschriften in der EU

In der EU wurde ein Grenzwert für Dioxine und Furane ab dem 1. Januar 1997 verbindlich eingeführt, zuvor galt er seit 1994 als Richtwert. In Tabelle 5 sind die Grenzwerte ausgewählter Schadstoffe dargestellt, wie sie in der EU seit 1994 gelten.

Tabelle 5: Ausgewählte Grenzwerte in der EU für Abfallverbrennungsanlagen

Parameter	Einheit	Richtlinie 94/67/EG [10] 16.12.1994	Richtlinie 2000/76/EG [11] 4.12.2000	Richtlinie 2010/75/EU [12] 24.11.2010
O <sub>2</sub> -Gehalt	% (v/v)	11 (fest) / 3 (flüssig)	11 (fest) / 3 (flüssig)	11 (fest) / 3 (flüssig)
Staub	mg/m <sup>3</sup>	10	10	10
Σ Pb, ... <sup>a</sup>	mg/m <sup>3</sup>	0.5 (neu) / 1 (bestehend)	0.5	0.5
Σ Cd, Tl	mg/m <sup>3</sup>	0.05 (neu) / 1 (bestehend)	0.05	0.05
Hg	mg/m <sup>3</sup>	0.05 (neu) / 1 (bestehend)	0.05	0.05
Gesamt-C	mg/m <sup>3</sup>	10	10	10
PCDD/F	ng/m <sup>3</sup>	0.1 (ab 1.1.1997)	0.1	0.1
<b>Hinweis:</b>				
<sup>a</sup> Summe von 9 Schwermetallen: Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V				

## 4.2 Vorschriften zu Bodenschutz und Altlasten

### Bodenschutz

Der Bedeutung eines nachhaltigen Bodenschutzes wurde bereits 1986 erkannt und mit dem Inkrafttreten der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) gezielt angegangen. Beim Schutz vor chemischen Einwirkungen ging es vor allem darum, Gebiete mit erhöhten Schwermetall- und Fluorgehalten zu identifizieren. Hierfür wurden Referenzwerte in der VSBo vorgegeben und es wurde festgelegt, dass die Kantone in solchen Gebieten die Überwachung sicherstellen, den Bund über die Ergebnisse informieren und – wenn nötig – Massnahmen ergreifen.

Diese Vorschriften für den Schutz der Böden wurden im Jahr 1998 mit der Einführung von Prüf- und Sanierungswerten sowie von Werten für Dioxine und Furane in der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) aktualisiert. Die VBBo löste die VSBo ab. Die Kantone sind seither verpflichtet, bei Überschreitung der Prüfwerte eine Gefährdungsabschätzung durchzuführen und dann auf der Grundlage der aktuellen Nutzung mögliche Nutzungseinschränkungen zu erlassen. Bereits beim Überschreiten der Richtwerte müssen Massnahmen umgesetzt werden, mit denen die Emissionen an der Quelle gestoppt werden können.

Im Rahmen von Bauprojekten wird seit 1993 in der Mitteilung Nr. 4 zum qualitativen Bodenschutz und zur VSBo empfohlen, Bodenanalysen in der Umgebung von Verbrennungsanlagen durchzuführen, um die Bedingungen für die Verwertung dieser Böden zu bewerten. Seit 2001 wird die Analyse von Dioxinen und Furanen in der Wegleitung «Verwertung von ausgehobenem Boden» ausdrücklich empfohlen. Es gibt jedoch keine spezifische Empfehlung auf Bundesebene zur Analyse von Dioxinen und Furanen in den Böden rund um KVA. Die Überwachung fällt in den Zuständigkeitsbereich der Kantone.

### Altlasten

In der Altlasten-Verordnung (AltIV), welche 1998 in Kraft trat, wird unter anderem definiert, wann es sich bei einer (Boden-)Belastung um einen belasteten Standort gemäss Altlastenrecht handelt. Daneben wird das Vorgehen bei der Altlastenbearbeitung festgelegt. Der Vollzug der AltIV obliegt den Kantonen. Ein belasteter Standort liegt vor, wenn die Belastung von Abfällen stammt, diese eine be-

schränkte Ausdehnung aufweist und wenn es sich um einen Ablagerungs-, Betriebs- oder Unfallstandort handelt. Die Konzentrationswerte für Bodenbelastungen wurden im Jahr 2009 in Anhang 3 der AltIV aufgenommen. Es gibt keine Werte für PCDD/F. Bei Bodenbelastungen beschränkt sich der Sanierungsbedarf auf jenen Bereich, wo ein Konzentrationswert überschritten ist. Sind für Stoffe, die Böden verunreinigen können und mit denen ein Standort belastet ist, keine Konzentrationswerte festgelegt, so legt die Behörde solche mit Zustimmung des BAFU im Einzelfall nach den Vorschriften der Umweltschutzgesetzgebung fest.

Bei einer von einer KVA stammenden Bodenbelastung über dem Konzentrationswert handelt es sich um einen sanierungsbedürftigen belasteten Standort gemäss Altlastenrecht (wie z. B. im Fall der KVA Vallon in Lausanne).

Gemäss der Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA) leistet der Bund unter gewissen Voraussetzungen Abgeltungen an die Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten. Unter anderem dürfen Abfälle bis spätestens am 1.2.2001 auf den Standort gelangt sein. Für den Fall der mit Dioxin belasteten Böden rund um die KVA in Lausanne ist dieses Kriterium nicht erfüllt, da die Anlage bis über den 1.2.2001 hinaus betrieben wurde. Im Rahmen der aktuellen USG-Revision vom 16.12.2022 (22.085)<sup>2</sup> ist spezifisch für KVA-Standorte eine Anpassung dieser Frist vorgesehen.

## 5 Umsetzung der Vorschriften

### 5.1 Bereich Luft

Für den Vollzug der Luftreinhaltevorschriften für KVA waren schon Anfang der 1970er Jahre die Kantone zuständig. Im Rahmen der Erarbeitung dieses Berichts wurden deshalb die kantonalen Luftreinhaltefachstellen mit aktuellen (16 Kantone) bzw. ehemaligen (2 Kantone) KVA-Standorten befragt.

#### 5.1.1 Kantonale Vorschriften

Gemäss den Rückmeldungen der kantonalen Fachstellen bestanden bzw. bestehen nur in wenigen Kantonen Vorschriften für KVA, die über die Bundesvorschriften hinaus gingen.

Beispielsweise enthielt die Massnahmenplanverordnung im Kanton Aargau von 1992 Vorschriften zu den Sanierungsfristen bei KVA, welche den LRV-Vorschriften nicht genügten. Zudem gab es darin Vorgaben zur kontinuierlichen Überwachung und Minimierung der Stickoxidemissionen bei Grosseinstallationen. Ab Mitte der 70er-Jahre orientierte sich der Kanton Waadt in Ergänzung zu den eidgenössischen Richtlinien von 1972 auch an der deutschen Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft und wandte diese auf alle Anlagen an, die hohe Immissionen verursachten.

Auch die Kantone Genf, Bern, Basel-Stadt, Luzern, Graubünden, Thurgau und Zürich erliessen beispielsweise Massnahmen für strengere Grenzwerte von bestimmten Luftschadstoffen oder weitergehende Kontrollen.

#### 5.1.2 Vollzug

##### 5.1.2.1 Emissionsmessungen und Vollzug

In Tabelle 6 ist dargestellt, in welchen Kantonen zu welcher Zeit Emissionsmessungen bei KVA durchgeführt wurden. Die Darstellung beruht auf den Rückmeldungen der kantonalen Fachstellen sowie auf Recherchen im Bundesarchiv und wurde stark konsolidiert. Für die Zeit vor der LRV, also vor 1986, sind bei den kantonalen Fachstellen kaum mehr Informationen zu allfällig durchgeführten Kontrollen

<sup>2</sup> [22.085](#): Geschäft des Bundesrates – Umweltschutzgesetz. Änderung

vorhanden. Es wird in der Tabelle nicht unterschieden, ob es sich um periodische oder um kontinuierliche Messungen handelt.

	keine KVA in Betrieb
(leer)	keine Messungen
?	nicht bekannt
● ●	Staubmessungen (●: in allen Anlagen, ●: nicht in allen Anlagen, unsicher)
◆ ◆	Messungen weiterer Schadstoffe wie z. B. CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , Gesamt-C, HCl, HF, NH <sub>3</sub> , Pb, Zn, Cd, Hg, ... (◆: in allen Anlagen, ◆: nicht alle genannten Schadstoffe, nicht in allen Anlagen, unsicher)
✕ ✕	PCDD/F-Messungen (✕: in allen Anlagen, ✕: nicht in allen Anlagen, unsicher)

Tabelle 6: Übersicht über die in den Kantonen bei KVA durchgeführten Emissionsmessungen in der Zeit von vor 1970 bis heute

Kt.	<1970	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99	2000-04	2005-09	2010-23
AG		?	● ◆	● ◆ ✕ <sup>a</sup>	?	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
BE	?	?	?	?	?	?	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
BS	?	◆	● ◆	?	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕
FR	?	?	●	?				● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
GE	?	●	●	●	● ◆	?	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
GL					● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
GR	?	?	?	?	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
LU		◆	◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕
NE				● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕
SG				● ◆ ✕ <sup>a</sup>	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
SO	?	●	●	●	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
SH		?	?	?	● ◆					
SZ		●	?							
TG						● ◆	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕
TI	?	?	?	?	?	?	?		● ◆ ✕	● ◆ ✕
VD	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	● ◆	?	● ◆ ✕	● ◆ ✕
VS				● ◆	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕	● ◆ ✕
ZH	?	?	● ◆	✕ <sup>a</sup>	● ◆	● ◆ ✕	● ◆	● ◆	● ◆ ✕	● ◆ ✕

**Hinweis:**

<sup>a</sup> Messungen durch die Empa im Auftrag des Bundesamts für Umweltschutz (BUS, heute BAFU)

### Emissionen aus KVA

Rückblickend kann man feststellen, dass die Gefährlichkeit der aus KVA möglicherweise austretenden Luftschadstoffe in den 60er-Jahren noch grösstenteils unbekannt war. Erst im Verlaufe der 1970er Jahre änderte sich das Bewusstsein, nicht zuletzt auch aufgrund des Seveso-Unglücks im Jahr 1976.

Neben Berichten wie «KVA-Rückstände in der Schweiz» des BAFU [2] gab es thematische Aufarbeitungen beispielsweise im Buch von 1988 «Die unsauberen Saubermacher» [15]. Man erkannte, dass Staubabscheider alleine nicht ausreichen, um die Abgase genügend zu reinigen und hochtoxische

chlorierte Dioxine und Furane Bauernbetriebe in der Umgebung belastet haben. Eine Medienrecherche griff diese Thematik 2021 erneut auf [20][4].

Gemäss im Bundesarchiv verfügbaren Dokumenten reichte Nationalrat Roth im Jahr 1977 die Interpellation 77.306 «Abfallverwertung. Immissionen» ein, in der der Bundesrat u. a. gebeten wurde, zur «Luftverschmutzung durch KVA bzw. dadurch entstandene Schädigungen an Tieren und Pflanzen» Stellung zu nehmen [16]. In seiner Antwort wies der Bundesrat darauf hin, dass KVA die Richtlinien einhalten müssten, was durch eine Emissionsmessung der Empa zu bestätigen sei (Staubgrenzwert). Die bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Messungen der Emissionen und Immissionen gäben keinen Hinweis darauf, dass für die Umgebung mit übermässigen Belastungen zu rechnen sei.

#### *Aktivitäten des Bundes*

Ab Ende der 1970er Jahre befasste sich eine Arbeitsgruppe «Emissionen aus KVA» des Bundes mit den Emissionen von Dioxinen und Furanen, deren Untersuchungen in Reingas und Flugasche technisch kompliziert und methodisch schwierig seien [17]. Im Juni 1982 wurde der Bericht «Umweltbelastung durch Dioxine und Furane aus kommunalen Kehrichtverbrennungsanlagen» [19] publiziert. Er gibt Auskunft über die Dioxin-Messkampagne an der KVA Josefstrasse (ZH) im Dezember 1981. Der Bericht kommt zum Schluss, dass *«die während dieser Untersuchungsperiode festgestellten Emissionen an Dioxinen und Furanen keine Gesundheitsgefährdung darstellen, und zwar auch dann nicht, wenn die Emissionen in landwirtschaftlich genutztes Gebiet gelangen würden.»* Weiter wurde festgehalten, dass sich *«das positive Ergebnis dieser Messungen ohne weitere Untersuchungen allerdings nicht verallgemeinern [lasse], da es sich nur auf eine einzige KVA und einen relativ kurzen Untersuchungszeitraum abstützt. Weitere Messungen sind daher notwendig.»* Aus dem 6. Protokoll der Arbeitsgruppe vom 29. April 1982 ist ersichtlich, dass beschlossen wurde, die Messergebnisse der KVA Josefstrasse *«positiver zu formulieren»*, *«auf weitergehende Schlussfolgerungen und Quervergleiche mit anderen KVAs jedoch zu verzichten»* sowie die Tätigkeit der Arbeitsgruppe abzuschliessen. Rückblickend und mit dem heutigen Wissen würde wohl anders entschieden. Die Empfehlung zu weiteren Messungen wurde weiterverfolgt, beispielsweise durch die Empa in den KVA Josefstrasse, Buchs und Bazenheid [18].

#### *Bessere Vorschriften und Vollzug seit Mitte der 1980er-Jahre*

Die Vorschriften der LRV bewirkten, dass die Anlagen systematisch kontrolliert und viele KVA in den folgenden Jahren saniert und mit Rauchgaswäschern – sowie später mit weiteren Abgasreinigungsstufen – ausgestattet werden mussten.

Gewisse Kantone bemerkten in der Umfrage, die für diesen Bericht durchgeführt wurde, dass sich nach Inkrafttreten der Luftreinhaltevorschriften im Jahr 1986 der Vollzug zunächst etablieren musste. Um 1990 verbesserte sich die Situation der Emissionsmessungen deutlich und es fanden bereits vereinzelt Dioxin- und Furan-Messungen statt, auch wenn die LRV dies noch nicht verlangte (Dioxingrenzwert in der LRV seit 2007; siehe Kapitel 4.1). Seit 2005 werden alle Schadstoffe in allen Kantonen und Anlagen umfassend kontrolliert, so wie dies die LRV vorschreibt. Heute beurteilen die kantonalen Fachstellen den Vollzug als gut. In vielen KVA werden über die Vorschriften hinaus zusätzlich zu den periodischen Kontrollmessungen verschiedene Schadstoffe seit einigen Jahren auch kontinuierlich gemessen und überwacht.

### **5.1.2.2 Immissionsmessungen**

Ab den 1980er-Jahren haben die Kantone ein Immissionsmonitoring begonnen, parallel zum etappenweise aufgebauten nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) des Bundes. Letzteres hat seinen Betrieb 1979 aufgenommen und misst verschiedene Leitschadstoffe wie Stickoxide, Ozon, Feinstaub u. a., um die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte der LRV zu überprüfen. Auch bei den kantonalen Immissions-Messstationen werden im Wesentlichen diese Schadstoffe überwacht.

In der für diesen Bericht durchgeführten Umfrage bei den kantonalen Luftreinhaltefachstellen zu Kontrollen in Zusammenhang mit KVA haben einzelne Kantone spezifische Messkampagnen genannt.

Messungen von Staubbiederschlag und Schwermetallen durch Probenahme oder Monitoring von Flechten und Blättern wurden von den Kantonen Graubünden, Glarus und Genf erwähnt und zeigten eine deutliche Abnahme der Belastung im Verlauf der Zeit, welche auf die zunehmend bessere Aus-rüstung der KVA aufgrund der LRV-Vorschriften zurückzuführen war.

Im Kanton Wallis fanden in den Jahren 2004 bis 2007 Immissions-Messkampagnen in der Umgebung der KVA Monthey statt. Neben den Schadstoffen NO<sub>x</sub> und Ozon wurden im Jahr 2006 zusätzlich leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe gemessen.

Untersuchungen zu den Immissionen in der Umgebung der KVA wurden – teilweise bis heute - punk-tuell und zeitlich beschränkt durchgeführt [21] [22].

## 5.2 Bereich Bodenschutz und Altlasten

### *Bodenschutz*

Auf nationaler Ebene liegen die Ergebnisse der Analysen der Proben des nationalen Bodenbeobach-tungsnetzes, die zwischen 2005 und 2017 durchgeführt wurden, alle unter dem Richtwert von 5 ng I-TEQ/kg. Angesichts dieser Ergebnisse und der allgemeinen drastischen Reduzierung der Dioxin- und Furanemissionen wurde auf eine Fortsetzung der Überwachung dieser Schadstoffe in Böden auf Bun-desebene verzichtet.

Die Kantone sind gemäss VBBo verpflichtet, die Böden zu überwachen, bei denen eine Überschrei-tung des Richtwerts wahrscheinlich ist. Sie sind dafür verantwortlich, die Orte zu identifizieren, an de-nen Belastungen auftreten können. Einige Kantone führen regelmässig Untersuchungen in der Umge-bung ihrer KVA durch, wie z. B. der Kanton Tessin. An anderen Standorten wurden in den 1990er-Jah-ren Untersuchungen im Umfeld von KVA durchgeführt, weil es Verdachtsmomente im Zusammenhang mit diesen bekannten Emittenten von Dioxinen und Furanen gab. Dies gilt zum Beispiel für die Kan-tone Aargau, St. Gallen oder Zürich (siehe Kapitel 6).

### *Altlasten*

Die Altlastenbearbeitung obliegt den Kantonen. Aufgrund der früheren Untersuchungsergebnisse mit re-lativ tiefen Schadstoffgehalten wurde bei den allermeisten KVA davon ausgegangen, dass es sich nicht um sanierungsbedürftige belastete Standorte gemäss AltIV handelt. Eine Ausnahme stellt dabei die 2021 festgestellte grossflächige Dioxinbelastung der Böden rund um die KVA Vallon in Lausanne dar. Um die in diesem Zusammenhang aufgetauchten Fragestellungen zu klären und Vorschläge zum weiteren Vorgehen zu erarbeiten, wurde eine Arbeitsgruppe mit von der Konferenz der Vorsteher der kantonalen Umweltschutzämter (KVU) bestimmten Mitgliedern und des BAFU ins Leben gerufen. Die Resultate dieser Arbeitsgruppe wurden im Bericht «Mit Dioxin belastete Standorte und Böden bei Keh-richtverbrennungsanlagen (KVA)» zusammengefasst [25].

## 6 Auswirkungen auf die Umwelt: Belastungen in der Umgebung der KVA

Als Reaktion auf die 2021 in der Region Lausanne vorgefundenen grossflächigen Bodenbelastungen durch Dioxine und Furane der KVA Vallon haben die Kantone zum Teil erneut Bodenanalysen rund um ihre KVA veranlasst, in der Regel in einem Umkreis von einigen hundert Metern bis wenigen Kilo-metern. Der Fokus dieser neuen Bodenanalysen lag auf PCDD/F, teilweise wurden auch weitere Schadstoffe analysiert. Das BAFU hat daraus einen Expertenbericht erstellen lassen («Übersicht der Messungen von Dioxinen und Furanen (PCDD/F) sowie weiterer Schadstoffe in Böden rund um Keh-richtverbrennungsanlagen (KVA) in der Schweiz» [26]). Soweit vorhanden wurden dafür zusätzlich

auch historische Analyseresultate verwendet. Es wurden jedoch keine weitergehenden Plausibilitätsprüfungen der Analysenresultate vorgenommen. Bei gewissen KVA führen die Kantone noch Folgeuntersuchungen oder vertiefte Abklärungen durch. Im Folgenden sind die Resultate des Expertenberichts zusammengefasst.

In Tabelle 7 sind die Resultate der Analysekampagnen dargestellt. Die höchsten gemessenen Schadstoffgehalte im Boden bei den einzelnen KVA werden anhand der Richt-, Prüf- und Sanierungswerte der VBBo farblich kategorisiert. In der Tabelle sind neben den PCDD/F auch weitere Schadstoffe aufgeführt. Bei diesen werden jeweils nur die Schadstoffe mit der höchsten Belastungskategorie aufgeführt; für eine vollständige Darstellung aller analysierten Parameter siehe Expertenbericht [26]. Die Farben und Abkürzungen bedeuten folgendes:



























	Konzentrationen unter Richtwert		Zur besseren Vergleichbarkeit wird in Tabelle 7 immer die Nutzungskategorie mit den niedrigsten (d. h. strengsten) Werten herangezogen, unabhängig von der aktuellen Nutzung.
	Konzentrationen zwischen Richt- und tiefstem Prüfwert		
	Konzentrationen zwischen tiefstem Prüf- und Sanierungswert		
	Konzentrationen über tiefstem Sanierungswert		Falls in Anhang 1 oder 2 VBBo keine Richt-, Prüf- oder Sanierungswerte aufgeführt sind, werden die Werte gemäss Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung» [27] <sup>3</sup> herangezogen.
Weitere Schadstoffe	SM: Schwermetalle, i-PCB: Indikator-polychlorierte Biphenyle, PAK: polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, B(a)P: Benzo(a)pyren (Farbe entspricht höchster Belastung)		
n. b.	Parameter nicht bestimmt		

Tabelle 7: Untersuchte KVA-Standorte und Einordnung der vorgefundenen Bodenbelastungen

Kanton	KVA	PCDD/F	Weitere Schadstoffe
AG	Buchs		Zn*, PAK*, B(a)P*, i-PCB
	Ofringen		SM, i-PCB
	Turgi		Hg*
BE	Krauchthal		SM, PAK
	Biel		Cu, Pb, PAK
	Warmbächliweg		Hg, PAK, B(a)P
BS	I, II und III		Hg, PAK, B(a)P
FR	La Faye		n. b.
	Les Neigles		 a, x Hg
	Posieux		SM, PAK, i-PCB
GE	Villette (Chêne-Bougeries)		Pb, PAK
	Les Cheneviers		Ni, PAK
	Versoix		Cu, Zn
GL	Linth		Cd*, Zn*
GR	Cazis		i-PCB
	Davos	 b, x	i-PCB
	Trimmis		i-PCB
LU	Ibach		Cd, Cu, Pb, Zn
NE	La Chaux-de-Fonds		Hg, PAK, B(a)P
	Colombier (Milvignes)		Cu, PAK, B(a)P

<sup>3</sup> Die für die Kategorisierung der Quecksilbergehalte verwendeten Prüf- und Sanierungswerte stammen aus dem Entwurf zur Änderung der VBBo, welcher am 24. Juni 2024 in die Vernehmlassung geschickt wurde ([Medienmitteilung](#)). Die vorgeschlagenen Werte werden in der Praxis bereits seit mehreren Jahren angewendet.

Kanton	KVA	PCDD/F	Weitere Schadstoffe
SG	Altstätten		Cd*, Pb*, Zn*
	Bazenheid		Cr, Ni, Pb
	Buchs		Cu, Pb
	Niederuzwil		Cd*
	St. Gallen		Pb
	Rosenbergsau		Cd*, Hg*, Pb*, Zn*
SH	Hard	n. b.	Cd*, Zn*
SO	Winznau		PAK, B(a)P
	Zuchwil		i-PCB, Pb
SZ	Stoos		Cu, Zn
TG	Hefenhofen		Cd*, Cu*
	Müllheim		Cu*
	Weinfelden		Cu
TI	Bioggio		n. b.
	Giubiasco		Cu, Pb
	Riazzino		n. b.
VD	Payerne		PAK, B(a)P
	Penthaz		Cd, Cu, PAK, B(a)P
	Puidoux		SM, PAK
	Vallon	c	Pb, PAK, B(a)P
	Yverdon-les-Bains		Ni, PAK
VS	Gamsen		n. b.
	Monthey		SM, PAK
	Sion		n. b.
	Zermatt		n. b.
ZH	Affoltern	n. b.	Cd*, Pb*, Zn*
	Bülach	n. b.	Pb*
	Dietikon		Pb*
	Dübendorf	n. b.	SM*
	Hinwil	n. b.	Hg*, Cd*, Pb*, Zn*
	Horgen		Pb* d, x
	Pfannenstiel	n. b.	Hg*, Pb*, Zn*
	Winterthur		Hg*, Pb*, Zn*
	Hagenholz		Hg*, Cd*, Pb*, Zn*
	Josefstrasse		Hg*, Cd*, Cu*, Pb*, Zn*

**Hinweise:**

\* frühere Untersuchungen (vor 2021)

<sup>a</sup> Der Konzentrationswert von Hg gemäss Anh. 3 Ziff. 2 AltIV ist überschritten (kein Sanierungswert gemäss VBBo vorhanden).

<sup>b</sup> Der Sanierungswert für die Nutzung als Haus- und Familiengarten oder Kinderspielplatz gemäss Anh. 2 Ziff. 11 VBBo ist überschritten. Nutzung jedoch als Landwirtschaftsfläche, daher vorliegend kein Sanierungsbedarf aufgrund PCDD/F hinsichtlich Schutzgut Boden.

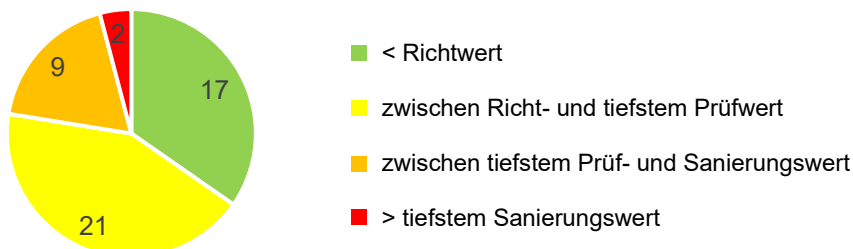
<sup>c</sup> Vorliegend gilt ein Konzentrationswert nach AltIV von 20 ng TEQ/kg PCDD/F; gemäss Revision AltIV Paket Umwelt Frühling 2020 vorgeschlagen für Anh 3 Ziff. 2 AltIV (noch pendent) und für den Fall der Dioxinbelastung Vallon durch das BAFU genehmigt.

<sup>d</sup> Der Sanierungswert von Pb für die Nutzung als Haus- und Familiengarten oder Kinderspielplatz gemäss Anh. 1 Ziff. 13 VBBo ist überschritten. Nutzung jedoch als Waldfläche, daher vorliegend kein Sanierungsbedarf aufgrund Pb hinsichtlich Schutzgut Boden.

<sup>x</sup> Schadstoffquelle ist nicht die KVA

Rund um 55 KVA in 18 Kantonen wurden die Böden auf Schadstoffe untersucht. Bei 49 dieser Untersuchungen wurden PCDD/F-Analysen durchgeführt. Abbildung 2 zeigt, dass bei zwei KVA die Böden im Umfeld mit PCDD/F-Konzentrationen über dem tiefsten VBBö-Sanierungswert belastet sind.

Abbildung 2: PCDD/F-Gehalte in den Böden bei untersuchten KVA (Zahl: Anzahl KVA pro Kategorie)



Bei den beiden Anlagen handelt es sich um die KVA Vallon (Lausanne VD) und Davos (GR). Die Bodenbelastungen um die ehemalige KVA Davos sind mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit hauptsächlich durch die Ablagerung von Schlacke und Gaswerksabfällen verursacht worden, welche in unmittelbarer Nähe der KVA sowie des auf dem gleichen Areal betriebenen Gaswerks erfolgte.

Auch die aktuellen Resultate zeigen, dass der Fall der Dioxinbelastungen rund um die KVA Vallon in Lausanne ein Einzelfall ist. Im Vergleich zu den anderen KVA sind die Dioxinkonzentrationen sowie die belastete Fläche um die KVA Vallon massiv höher resp. ausgedehnter. Ausserdem weisen die betroffenen Flächen im städtischen Gebiet fast durchwegs sensible Nutzungen auf (Wohngebiet mit Gärten, Parks und Spielplätzen). Dadurch besteht für einen Grossteil der Flächen ein altlastenrechtlicher Sanierungsbedarf.

Der Kanton Waadt hat die Ausdehnung der Belastung um die KVA Vallon untersucht und auf Grundlage von Arbeiten von UniSanté die notwendigen Nutzungseinschränkungen und -empfehlungen zum Schutz der Bevölkerung kommuniziert und umgesetzt. Daneben wurden gemäss Altlastenrecht die Vor- und Detailuntersuchung durchgeführt. Aktuell arbeitet der Kanton eine Sanierungsvariantenstudie aus und führt Pilotversuche mit möglichen Sanierungsverfahren durch.

Warum gerade rund um die KVA Vallon die Dioxinbelastung derart hoch und grossflächig ist, konnte nicht definitiv geklärt werden. Mögliche Gründe könnten in der speziellen Topografie und den Windverhältnissen liegen (Muldenlage direkt am See) oder auch darin, dass es sich um eine der älteren KVA der Schweiz handelt, in der über lange Zeit grosse Abfallmengen verbrannt wurden. Ein weiterer Grund könnte darin liegen, dass die Anlage – zumindest zu Beginn – jeweils über Nacht sowie am Wochenende ausgeschaltet und somit jede Woche mehrmals herunter- und wieder hochgefahren wurde. Diese Betriebsweise führte dazu, dass jedes Mal das für Entstehung von Dioxinen und Furanen kritische Temperaturfenster vorlag und damit die Emissionen in diesen Phasen erhöht waren [28].

Nebst den wenigen Sanierungswertüberschreitungen wurden bei neun KVA Bodenbelastungen im Bereich zwischen Prüf- und Sanierungswert festgestellt. Hier muss die Behörde prüfen, ob für die betroffene Bodennutzung eine Gefährdung besteht. In gewissen Fällen ergab diese Prüfung, dass eine konkrete Gefährdung besteht und dass Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung notwendig sind (z. B. bei der KVA Josefstrasse in Zürich, wo aufgrund der Resultate bereits Massnahmen umgesetzt wurden).

Tabelle 7 zeigt auch, dass neben den Dioxinen und Furanen häufig weitere Schadstoffe im Umfeld von KVA vorhanden sein können (v. a. Schwermetalle, PAK, vereinzelt auch i-PCB). Da es für Schwermetalle und PAK jedoch zahlreiche weitere mögliche Schadstoffquellen gibt, ist der Zusammenhang mit dem Betrieb der KVA meist nicht eindeutig. Dies ist z. B. der Fall bei den beiden vorgefundenen Sanierungswertüberschreitung anderer Schadstoffe: Die Belastung mit Blei bei der KVA Horgen (ZH) wurde auf einer ehemaligen Deponie mit Umschlag von Kehrriechtkompost gemessen;

jene mit Quecksilber bei der KVA Les Neigles (FR) ist auf Dünger- und Ascheeintrag in Gärten zurückzuführen.

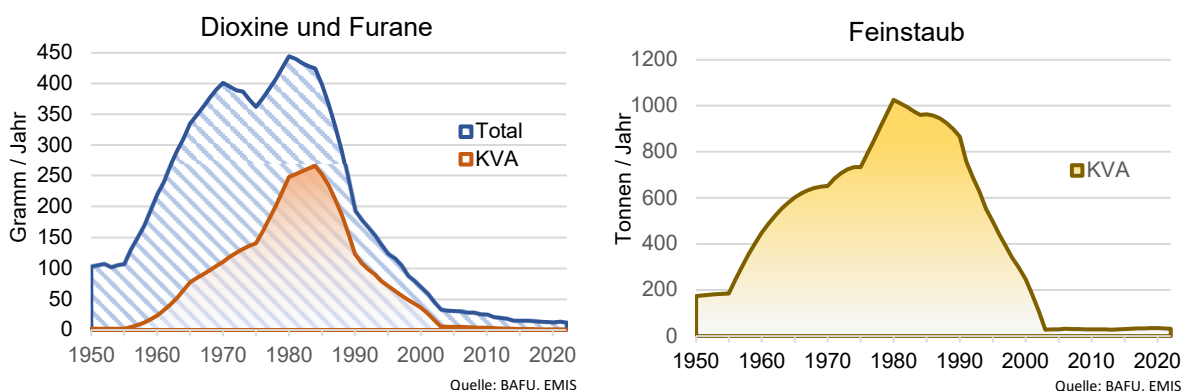
## 7 Fazit

### Luftreinhaltung

Was die Luftschadstoffemissionen aus KVA anbelangt, so kann bei Betrachtung der vergangenen Jahrzehnte festgestellt werden, dass sie mit zunehmender Abfallverbrennung ab den 1950er-Jahren drastisch angestiegen sind. Zu diesem Zeitpunkt gab es keine Vorschriften zu den Emissionen und das Bewusstsein zu deren Gefährlichkeit war noch nicht allgemein vorhanden. Erst in den 70er-Jahren änderte sich dies: Zu diesem Zeitpunkt stiegen die Emissionen aus den Anlagen – parallel zu den gesamtschweizerischen Emissionen – jedoch weiterhin an. In der Abfallentsorgung kam es erst in den 80er-Jahren zu einer Abkehr von einer möglichst günstigen, aber wenig umweltverträglichen Entsorgung. Mit Inkrafttreten des USG und Massnahmen in der LRV ab 1986 erfolgte eine Trendumkehr bei den Emissionen und eine starke Reduktion der Umweltbelastung.

In Abbildung 3 ist dieser Verlauf am Beispiel der auf Messungen basierenden modellierten Emissionsdaten für Dioxine und Furane sowie für Feinstaub exemplarisch dargestellt. In den Verläufen der Schadstoffemissionen aus KVA bildet sich der technische Fortschritt bei der Abgasreinigung und der Erfolg der Luftreinhaltepolitik der Schweiz während der letzten 40 Jahre ab.

Abbildung 3: Verlauf der PCDD/F- und Feinstaub-Emissionen aus KVA in der Schweiz von 1950 bis 2022 [23]



Nach dem Grundsatz von Artikel 11 USG sind die Emissionen bei stationären Anlagen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen sind, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Entsprechend führt der Bundesrat die Vorschriften der LRV periodisch nach. Die Geschichte rund um die Emissionen aus KVA zeigt, dass es zum Schutz der Umwelt und der Gesundheit wichtig ist, die Emissionen zu minimieren und dafür in der Verordnung den aktuellen Stand der Technik abzubilden. Diese Anforderungen müssen im Vollzug kontrolliert und durchgesetzt werden.

Dies zeigte auch die Befragung der Luftreinhaltefachstellen zu den Vorschriften und zum Vollzug im Rahmen der Erstellung dieses Berichts. Bezüglich allfällige Defizite oder zum Anpassungsbedarf bei den aktuellen Luftreinhaltevorschriften wurden im Wesentlichen die folgenden Punkte genannt: Zeitnahe Nachführung des Stands der Technik in der LRV und Übernahme von neuen oder verschärften Grenzwerten der EU, Anpassung der Vorschriften zu Kontrollen und Messungen an die gängige Praxis und Prüfung der Aufnahme weiterer Schadstoffe und Treibhausgase für die kontinuierliche Messung sowie eine Präzisierung der Vorschriften im Falle von Betriebsstörungen und An-/Abfahrphasen.

## *Bodenschutz und Altlasten*

Die Bodenanalysen der Kantone seit 2021 haben ergeben, dass die hohe und grossflächige Dioxinbelastung rund um die KVA Vallon in Lausanne ein Einzelfall geblieben ist. Dies ist auch der einzige grosse Fall einer KVA, welcher Massnahmen nach Altlastenrecht erfordert.

Die Frage, warum die Dioxinbelastung in der Region Lausanne nicht früher entdeckt wurde, ist schwierig zu beantworten. Sowohl AltIV wie VBBo hätten es ermöglicht, Bodenbelastungen in der Nähe von KVA zu identifizieren. Eine Belastung in ihrer Umgebung war grundsätzlich zu erwarten, und die Kantone sind in diesem Fall gemäss Artikel 4 VBBo zur Überwachung verpflichtet. Wie in Kapitel 5.2 beschrieben, wurden in den 1990er-Jahren in mehreren Kantonen Bodenuntersuchungen im Umfeld von KVA durchgeführt. Dass von Seiten Altlastenbearbeitung nicht früher Untersuchungen angegangen wurden, könnte damit zusammenhängen, dass belastete Standorte mit einer Grundwassergefährdung eine hohe Priorität hatten und Bodenbelastungen zunächst eher untergeordnet waren. Daneben wurden in der Vollzugshilfe «Erstellung des Katasters der belasteten Standorte» [29] die Kehrichtverbrennungsanlagen nicht aufgeführt. Seit der Entdeckung der Belastung 2021 treibt der Kanton Waadt die notwendigen bodenschutz- und altlastenrechtlichen Massnahmen in Zusammenarbeit mit dem BAFU rasch voran. Falls die geplante Änderung im Rahmen der aktuellen USG-Revision (22.085) vom Parlament angenommen wird, wären zukünftig auch VASA-Abgeltungen an die entsprechenden altlastenrechtlichen Massnahmen möglich.

Im Fall der KVA Vallon (Lausanne) gibt es Hinweise auf Gesundheitsrisiken für den Verzehr von Hühnereiern bei Richtwertüberschreitungen. Der Kanton hat Verzehr- und Abgabeempfehlungen für Hühnereier und Geflügel aus Privathaltungen bestimmter Zonen ausgesprochen. Studien bestätigen, dass auch bei anderen tierischen Lebensmitteln Risiken bestehen können. Dadurch wird eine Aktualisierung der Richt-, Prüf- und Sanierungswerte der VBBo für Dioxine und Furane im Boden voraussichtlich nötig. Ein künftig tieferer Prüfwert könnte zu zusätzlichen Nutzungseinschränkungen (neben den neun oben erwähnten Standorten) auf Flächen für die Lebensmittelproduktion in der Umgebung von Anlagen führen, die früher Dioxine und Furane ausgestossen haben. Das heisst, dass diese Flächen weiterhin für die landwirtschaftliche Produktion genutzt werden können, jedoch mit angepasster Nutzung (z. B. zur Produktion von Rindfleisch anstatt von Eiern, da sich Dioxine in Eiern stärker akkumulieren als im Fleisch).

Andererseits zeigte sich am Fall Lausanne die Bedeutung der Aufbewahrung von Ergebnissen vergangener Bodenanalysen. Aus diesem Grund ist die Einführung eines Registers für Analysen der chemischen Bodenbelastung vorgesehen.

Bei denjenigen KVA, bei welchen noch Folgeuntersuchungen der Bodenanalysen notwendig sind, sollten diese durch die Kantone rasch an die Hand genommen und abgeschlossen werden. Bei Bodenbelastungen, welche sich als sanierungsbedürftige belastete Standorte nach Altlastenrecht erwiesen haben, sollten rasch die notwendigen altlastenrechtlichen Massnahmen angegangen werden (Katastereintrag, allenfalls Detailuntersuchung, Sanierungsvariantenstudie, Sanierung).

## **A Referenzen**

- [1] KVA-Rückstände in der Schweiz – Der Rohstoff mit Mehrwert: Von der wilden Deponie zu den Verbrennungsrückständen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2010.
- [2] KVA-Rückstände in der Schweiz – Der Rohstoff mit Mehrwert: Les résidus de l'incinération dans le canton de Fribourg: chronique d'une histoire imparfaite. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2010.
- [3] KVA-Rückstände in der Schweiz – Der Rohstoff mit Mehrwert: Schwermetalle aus der Flugasche zurückgewinnen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2010.

- [4] Richtlinien über die Auswurfbegrenzung für Anlagen zum Verbrennen von Müll vom 7. Februar 1972. Eidgenössisches Departement des Innern EDI, 1972.
- [5] An die Empfänger der Richtlinien über die Auswurfbegrenzung von Feuerungsanlagen. Eidgenössisches Departement des Innern EDI, 7.2.1972.
- [6] Richtlinien über die Luftreinhaltung beim Verbrennen von Siedlungsabfällen vom 18. Februar 1982. Eidgenössisches Departement des Innern EDI, 1982.
- [7] An die Empfänger der Richtlinien über die Luftreinhaltung beim Verbrennen von Siedlungs- bzw. Sonderabfällen. Eidgenössisches Departement des Innern EDI, im Mai 1982.
- [8] Eidgenössische Kommission für Abfallwirtschaft - Leitbild für die schweizerische Abfallwirtschaft. Bundesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe Umweltschutz. Bern, 1986.
- [9] Inter-kantonale Koordination der Planung von Abfallbehandlungsanlagen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 228. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, 1994.
- [10] Richtlinie 94/67/EG des Rates vom 16. Dezember 1994 über die Verbrennung gefährlicher Abfälle.
- [11] Richtlinie 2000/76/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen.
- [12] Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen.
- [13] Durchführungsbeschluss (EU) 2019/2010 der Kommission vom 12. November 2019 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Abfallverbrennung.
- [14] Michael Schultes, Abgasreinigung – Verfahrensprinzipien, Berechnungsgrundlagen, Verfahrensvergleich. Springer Verlag Berlin Heidelberg GmbH, 1996.
- [15] Michael Chudakoff, Die unsauberen Saubermacher – Bürgerinitiativen und Umweltbehörden. Zytglogge Verlag, Bern, 1988.
- [16] Ip. 77.306 Interpellation Roth vom 10. März 1977: Abfallverwertung. Immission, Nationalrat, Mündliche Beantwortung ohne Vorbesprechung. Dossier «77'624 Dringliche Einfache Anfrage Ziegler, Genf vom 15. März: Dioxin-Gefahr», Signatur E3360A#1988/98#261\*, Schweizerisches Bundesarchiv, Bern.
- [17] Arbeitsgruppe «Emissionen aus Kehrichtverbrennungsanlagen» - diverse Protokolle der Sitzungen. Dossier «Dioxine aus der Kehrichtverbrennungsanlage, Vor- und Nach-Akten Bericht Nr. 5, Bericht 40 240 /Bericht 43 670», Signatur E3363A#2005/89#189\*, Schweizerisches Bundesarchiv, Bern.
- [18] Bestimmung der Anteile an polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen, polychlorierten Dibenzofuranen und Hexachlorbenzol im Reingas - Kehrichtverbrennungsanlagen Josefstrasse, Buchs und Bazenheid - Untersuchungsbericht Nr. 43'670/2. Empa, 1983.
- [19] Umweltbelastungen durch Dioxine und Furane aus kommunalen Kehrichtverbrennungsanlagen, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 5. Bundesamt für Umweltschutz BUS, Bern, Juni 1982.
- [20] Tamedia, Roland Gamp, Drama um vergiftete Kühe. 22.8.2021, URL: <https://www.tagesanzeiger.ch/sie-haben-unsere-existenz-kaputtgemacht-979560840076> (aufgerufen 7.2.2024).
- [21] 40 Jahre Umwelt-Monitoring im Einflussgebiet einer Kehrichtverbrennungsanlage. Kanton Glarus / Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 2014.
- [22] Die saubere Kehrichtverbrennung: Mythos oder Realität?, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 299 – Abfälle / Boden / Luft. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 1998.
- [23] Emissionsinventar der Schweiz EMIS - Emissionsdaten 1A1a Kehrichtverbrennungsanlagen. Bundesamt für Umwelt BAFU, 2023.
- [24] Zusammensetzung des Kehrichts 2022 – Faktenblatt. Bundesamt für Umwelt BAFU, 21.11.2023.

- [25] Mit Dioxinen belastete Standorte und Böden bei Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) – Resultate der Arbeitsgruppe. Friedlipartner AG, 2024.
- [26] Übersicht der Messungen von Dioxinen und Furanen (PCDD/F) sowie weiterer Schadstoffe in Böden rund um Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) in der Schweiz. Friedlipartner AG, 2024.
- [27] Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung, UV-2112-D. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2021.
- [28] UIOM de la ville de Lausanne. Artikel in der Nouvelle Revue de Lausanne, 22. November 1958.
- [29] Erstellung des Katasters der belasteten Standorte. Vollzugshilfe. Bundesamt für Umwelt BAFU, 2001

## B Anhang

### B.1 Schadstoffminderungstechniken

In Tabelle 8 sind verschiedene Techniken zur Reinigung von Abgasen beschrieben. KVA benötigen eine Kombination mehrerer dieser Techniken, um alle Schadstoffe in genügendem Ausmass abzuscheiden und die Grenzwerte einhalten zu können. Eine ausführlichere Beschreibung findet sich in Kapitel 2 der «Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken gemäss der Richtlinie 2010/75/EU in Bezug auf die Abfallverbrennung» [13] der EU (BvT-Schlussfolgerungen).

Tabelle 8: Schadstoffminderungstechniken bei Emissionen in die Luft

Technik	Beschreibung
Zyklon	Ein Zyklon nutzt die Zentrifugalkraft, die durch die Wirbelbewegung entsteht, um Partikel abzuscheiden. Die Abscheideleistung ist nicht sehr hoch und Zyklone werden heute nur noch zur Vorabscheidung eingesetzt.
Gewebefilter	Beim Passieren der Gase durch einen Schlauch- oder Gewebefilter aus durchlässigem, gewebtem oder gefilztem Material werden Partikel abgeschieden.
Elektrostatischer Abscheider (Elektrofilter)	Elektrofilter laden Partikel elektrisch auf und scheiden sie dann unter der Einwirkung eines elektrischen Feldes aus dem Abgasstrom ab. Elektrofilter können trocken oder nass sein. Nass-Elektrofilter werden typischerweise bei der Feinabscheidung eingesetzt, um Reststaub und Tröpfchen nach dem Nasswaschen zu entfernen.
Nasswäscher	Einsatz einer Flüssigkeit (Wasser oder wässrige Lösungen) zum Abscheiden der Schadstoffe im Abgas mittels Absorption. Es werden insbesondere saure Gase sowie andere lösliche Verbindungen und Feststoffe abgeschieden. Zur Adsorption von Quecksilber oder PCDD/F kann dem Nasswäscher ein Kohlenstoffsorptionsmittel zugegeben werden.
Trockensorption (Trocken-Sorptionsmitteleindüsung)	Eindüsung eines trockenen, pulverförmigen Sorptionsmittels in den Abgasstrom (alkalische Sorptionsmittel, z. B. Natriumbikarbonat, Kalkhydrat, zur Abscheidung saurer Gase wie HCl, HF und SO <sub>x</sub> ; Aktivkohle zur Adsorption von PCDD/F und Quecksilber). Die entstehenden Feststoffe werden meist mit einem Gewebefilter entfernt.
Fest- oder Wanderbettadsorption	Leiten des Abgases durch einen Fest- oder Wanderbettfilter, wobei ein Adsorptionsmittel (z. B. Aktivkoks) zur Aufnahme von Schadstoffen verwendet wird. Das System wird hauptsächlich zur Adsorption von Quecksilber und anderen Metallen und Halbmetallen sowie organischen Verbindungen einschließlich PCDD/F eingesetzt.
Selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR)	Selektive Reduktion von Stickoxiden (NO <sub>x</sub> ) zu Stickstoff mittels Eindüsung von Ammoniak oder Harnstoff bei hohen Temperaturen (optimal sind 800 und 1'000 °C) und ohne Katalysator (vgl. SCR).
Selektive katalytische Reduktion (SCR)	Selektive Reduktion von NO <sub>x</sub> mit Ammoniak oder Harnstoff in Gegenwart eines Katalysators (vgl. SNCR). Die optimale Betriebstemperatur liegt mit um die 200 bis 400 °C bedeutend tiefer als bei SNCR. SCR-Katalysatoren mindern auch PCDD/F und PCB.

### B.2 Übersicht über die Umweltvorschriften

Die folgende Tabelle 9 zeigt eine Übersicht über die in Zusammenhang mit dem Postulat relevanten Vorschriften von 1970 bis heute in den Bereichen Umwelt allgemein, Gewässerschutz (Wa), Luftreinhaltung (Lu), Abfall (Ab), Boden (Bo) und Altlasten (Al).

Tabelle 9: Übersicht über die relevanten Umweltvorschriften seit 1970

Von	Bis	Be-reich	Vorschriften und andere wichtige Meilensteine	Beschreibung
1955	1971	Wa	Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung	Verbot, feste Stoffe in Gewässern abzulagern oder Stoffe ausserhalb von Gewässern sowie in Anlagen von Kiesgruben in der Nähe von Grundwasserfassungen abzulagern,

Von	Bis	Be- reich	Vorschriften und andere wichtige Meilensteine	Beschreibung
				sofern dadurch eine Gewässerunreinigung verursacht werden kann.
1971		Wa	Gewässerschutzgesetz (GSchG; SR 814.20)	Die Kantone sorgen dafür, dass die festen Abfälle aus Haushalt, Gewerbe und Industrie gesammelt und durch geordnetes Deponieren, Kompostieren, Verbrennen oder auf andere Weise schadlos beseitigt werden.
1971			Bundesverfassung (BV; SR 101) Art. 24 <sup>septies</sup>	Vorschriften über den Schutz des Menschen und seiner natürlichen Umwelt gegen schädliche und lästige Einwirkungen (ab 1999 Art. 74)
1972	1982	Lu	Richtlinien vom 7. Februar 1972 über die Auswurfbegrenzung für Anlagen zum Verbrennen von Müll [4]	Anforderungen an Anlagen, in denen Müll verbrannt wird
1980		Lu	Richtlinien vom 2. Juli 1980 über die Mindesthöhe von Kaminen	Anforderungen an die Höhe von Kaminen bei Feuerungsanlagen, Richtlinien des EDI, 2. Juli 1980
1982	1986	Lu	Richtlinien vom 18. Februar 1982 über die Luftreinhaltung beim Verbrennen von Siedlungsabfällen [6]	Weitergehende Anforderungen als in der Richtlinie von 1972 an Anlagen, in denen Siedlungsabfälle verbrannt werden
1982		Lu	Emissionsmessung von Luftfremdstoffen bei stationären Anlagen	Technische Anleitung für die Emissionsmessung (Messempfehlungen), Bundesamt für Umweltschutz, Februar 1982
1985			Umweltschutzgesetz (USG; SR 814.01)	Begrenzen der schädlichen Einwirkungen auf Mensch und Umwelt, insbesondere auf Luft und Boden konkretisiert
1986		Ab	Leitbild für die schweizerische Abfallwirtschaft [8]	Postulierter Grundsatz: Entsorgungssysteme produzieren aus Abfällen nur zwei Arten von Stoffklassen: wieder verwertbare Stoffe und endlagerfähige Reststoffe
1986		Lu	Luftreinhalte-Verordnung (LRV; SR 814.318.142.1)	Massnahmen, Grenzwerte und Kontrollvorschriften für KVA und andere stationäre Anlagen
1986	1998	Bo	Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo; SR 814.12)	Vorschriften zum Schutz des Bodens für eine nachhaltige Nutzung. Richtwerte für Schwermetalle und Fluor, nicht aber für Dioxine und Furane
1990	2015	Ab	Technische Verordnung über Abfälle (TVA; SR 814.600)	Kriterien für die Zulassung von Abfällen zur Ablagerung, ab 1995 Gebot zur Verbrennung von brennbaren Abfällen per 1.1.2000
1992		Lu	Luftreinhalte-Verordnung	Verschärfung der Grenzwerte für KVA
1993	2001	Bo	Mitteilung Nr. 4 zum qualitativen Bodenschutz und zur Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo)	Bei der Verwertung von Bodenmaterialien aus der Umgebung einer KVA werden Analysen empfohlen. Dioxine und Furane werden nicht behandelt. Dies ist vorgesehen, "sobald eine ausreichende Beurteilungsgrundlage vorliegt"
1994		Ab	Interkantonale Koordination der Planung von Abfallbehandlungsanlagen [9]	Gemäss Pressemitteilung seien KVA ohne weitergehende Rauchgasreinigung zu schliessen (Ersatz alter KVA durch neue mit deutlich geringeren Schadstoffemissionen)
1998		Bo	Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo; SR 814.12)	Aktualisierung der VSBo von 1986: Richt-, Prüf- und Sanierungswerte für Dioxine und Furane
1998		Al	Altlasten-Verordnung (AltIV; SR 814.680)	Definition belastete Standorte und Vorgehen bei der Altlastenbearbeitung (Kataster der belasteten Standorte (KbS)-Eintrag, Untersuchung, Überwachung, Sanierung). 2009:

Von	Bis	Be- reich	Vorschriften und andere wichtige Meilensteine	Beschreibung
				Aufnahme von Konzentrationswerten für Böden von belasteten Standorten gemäss Anhang 3 AltIV (bislang jedoch keine Werte für PCDD/F)
2001		Al	Vollzugshilfe «Erstellung des Katasters der belasteten Standorte»	Enthält unter anderem Erläuterungen zum Standortperimeter von belasteten Standorten bei verschiedenen Belastungsursachen
2001	2021	Bo	Wegleitung «Verwertung von ausgehobenem Boden»	Aktualisierung der Mitteilung Nr. 4 (1993): Bei der Verwertung von abgetragenen Boden wird empfohlen, den auszuhebenden Boden in der Umgebung älterer Verbrennungsanlagen zu untersuchen, die früher grössere Mengen von Schadstoffen emittierten; Dioxine und Furane sind neu zu messen
2001		Al	Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA; SR 814.681)	Kriterien für Bundesabgeltungen bei Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten
2007		Lu	Luftreinhalte-Verordnung	Einführung eines PCDD/F-Grenzwerts für KVA
2015		Ab	Abfallverordnung (VVEA; SR 814.600)	Abfälle sind stofflich oder energetisch nach dem Stand der Technik zu verwerten
2021		Bo	Vollzugshilfe «Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung» [27]	Aktualisierung der Wegleitung «Verwertung von ausgehobenem Boden» von 2001. Keine Veränderung in Bezug auf Dioxine und Furane
Abkürzungen der Umweltbereiche: Wa = Gewässerschutz, Lu = Luftreinhaltung, Ab = Abfall, Bo = Boden, Al = Altlasten				