

Zelglistrasse 23
CH-5600 Lenzburg
Tel +41 62 550 10 25
www.friedlipartner.ch
info@friedlipartner.ch

Auftraggeberin: Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau

GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG NACH ART. 9 ZIFFER 1 VBBO

**PCDD/F-Belastung (polychlorierte Dibenzo[1,4]dioxine und -furane)
Böden rund um KVA Turgi**



Projektleitung: Leonard Zourek
Korreferat: Lars Knechtenhofer / Dr. Martin Hoffmann
Projekt-Nr. 22.074.2.05

Lenzburg, 6. Mai 2024

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	3
1.1	Ausgangslage	3
1.2	Ausgeführte Arbeiten	4
1.3	Verwendete Unterlagen	4
2	GRUNDLAGEN UND ABSCHÄTZUNGEN	6
2.1	Relevante Wirkungspfade	6
2.2	Methodische Grundlage	6
2.3	Nahrungspflanzenanbau	6
2.4	Futterpflanzenanbau	10
2.5	Hühnerhaltung	15
3	BEURTEILUNG GEFÄHRDUNG	16
3.1	Nahrungspflanzenanbau	16
3.2	Futterpflanzenanbau	16
3.3	Hühnerhaltung	18
4	FAZIT UND WEITERES VORGEHEN	20

ANHANG

Anhang 1	Tabelle PCDD/F-Gehalte
Anhang 2	Pläne Probenahmestellen

VERTEILER

- Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau, Herr Thomas Muntwyler

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

Ausgelöst durch das Bekanntwerden von mit polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/F) belasteten Böden um die Kehrrechtverbrennungsanlage (KVA) Vallon in Lausanne im Sommer 2021 stellte sich die Frage, ob an weiteren Standorten in der Schweiz mit vergleichbaren Belastungen zu rechnen ist. Die Gefährdung durch Dioxine-Belastungen in Böden sollte daher auch rund um die drei KVA des Kantons Aargau (Buchs, Turgi und Oftringen) geprüft werden.

Auslöser Lausanne

Die Abteilung für Umwelt (AfU) des Kantons Aargau beauftragte die FRIEDLIPARTNER AG mit der Untersuchung der Gehalte an polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/F) sowie dioxinähnlichen polychlorierten Biphenylen (dl-PCB)¹ und der Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Böden rund um die drei KVA.

Hauptuntersuchung

Die durchgeführte Untersuchung [1] zeigte, dass die Probe von einer ackerbaulich genutzten Fläche (T.B01) im Osten der KVA Turgi einen PCDD/F-Gehalt von 25 ng I-TEQ / kg aufwies (Lage s. Plan in Anhang 2). Der Wert von 20 ng I-TEQ / kg entspricht den Prüfwerten für Nutzungen mit direkter Bodenaufnahme, Nahrungspflanzenanbau sowie Futterpflanzenanbau gemäss Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo, SR 814.12). Bei Gehalten über dem Prüfwert kann eine Gefährdung für Menschen, Tiere oder Pflanzen durch die Bodenbelastung bestehen.

Prüfwerte für PCDD/F überschritten

Um die Ausdehnung des Bereiches mit Bodenbelastungen über 20 ng I-TEQ / kg zu ermitteln, beauftragte die AfU des Kantons Aargau die FRIEDLIPARTNER AG mit der Durchführung einer Folgeuntersuchung [2]. Diese zeigte, dass drei weitere untersuchte Bodenproben PCDD/F-Gehalte zwischen 21 und 24 ng I-TEQ/kg aufwiesen (Lage s. Plan in Anhang 2).

Folgeuntersuchung: weitere Prüfwert-Überschreitungen

Gemäss Artikel 9 Ziffer 1 VBBo prüfen die Kantone bei Überschreitung von Prüfwerten, ob die Belastung des Bodens Menschen, Tiere oder Pflanzen konkret gefährdet. Die AfU Aargau beauftragte die FRIEDLIPARTNER AG mit Schreiben vom 7. November 2023 mit der Durchführung der Gefährdungsabschätzung nach VBBo für die Flächen mit Prüfwertüberschreitungen.

Auftrag Gefährdungsabschätzung

¹ In folgendem Bericht wird auch der Begriff "Dioxine" verwendet, um die Gesamtheit der PCDD/F zu bezeichnen.

1.2 Ausgeführte Arbeiten

FRIEDLIPARTNER AG, Zürich:

- Recherche und Auswertung von Grundlagen und Literatur
- Definition relevanter Wirkungspfade in Rücksprache mit der Abteilung für Umwelt (AfU)
- Durchführen der Gefährdungsabschätzung für die relevanten Wirkungspfade
- Erstellen des vorliegenden Berichts

1.3 Verwendete Unterlagen

- [1] Untersuchung PCDD/F-Belastung in Böden um KVA im Kanton Aargau. Bericht der FRIEDLIPARTNER AG vom 12. September 2022.
- [2] Folgeuntersuchung PCDD/F-Belastung in Böden rund um die KVA Turgi. Bericht der FRIEDLIPARTNER AG vom 7. Juni 2023.
- [3] Gefährdungsabschätzung und Massnahmen bei schadstoffbelasteten Böden. Handbuch des BUWAL von 2005.
- [4] Emittentenbezogene Bodenuntersuchungen im Kanton Aargau. Projekt EMBO. Schlussbericht Phase 3. Bericht Niederer+Pozzi vom März 1997.
- [5] Dioxine und PCB in Schweizer Lebensmitteln. Bericht BAG vom Januar 2008.
- [6] Empfehlungen der Kommission vom 11. September 2014 zur Änderung des Anhangs der Empfehlung 2013/711/EU zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln (2014/663/EU).
- [7] Dioxine und PCB. Website des Deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, abgerufen am 9. April 2024.
<https://www.bmu.de/themen/gesundheit/lebensmittelsicherheit/verbraucherschutz/dioxine-und-pcbs#c15708>.
- [8] Contamination des sols aux dioxines/furanes en région lausannoise – Évaluation sanitaire. Bericht Unisanté vom November 2021.
- [9] TROPHÉ: Transferts et risques des organiques persistants pour l'homme et les écosystèmes. Livrables n°1 et n°2: synthèse des travaux expérimentaux menés sur le transfert des POPs dans les végétaux et les vers de compost. Bericht ADEME/INERIS vom Mai 2017.
- [10] Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. Scientific Opinion des EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA Journal, 2018; 16(11).
- [11] Emittentenbezogene Bodenuntersuchungen im Kanton Aargau. Projekt EMBO. Ergänzungsuntersuchungen KVA Turgi. Bericht Niederer+Pozzi vom Juli 1997
- [12] Gehalte anorganischer und organischer Schadstoffe in Böden und Pflanzen. Ergebnisse des F+E-Vorhabens FKZ 206 74 200. Bericht Eurofins-AUA GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes vom September 2009.

- [13] Gesamtemissionen von Luftschadstoffen in der Schweiz. Website BAFU, abgerufen am 24. April 2024.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftschadstoffquellen/gesamtemissionen-von-luftschadstoffen-in-der-schweiz.html>
- [14] Contaminations des sols aux dioxines dans la région lausannoise – exposition de la volaille et résidus dans les denrées alimentaires. Bericht Unisanté vom Dezember 2022.
- [15] R. Weber et al: Reviewing the relevance of dioxin and PCB sources for food from animal origin and the need for their inventory, control and management. Environmental Science Europe, 30:42 (2018).
<https://doi.org/10.1186/s12302-018-0166-9>
- [16] Pollution des sols en région lausannoise: recommandations sanitaires formulées selon les teneurs en dioxines en furanes. Merkblatt der direction générale de l'environnement des Kantons Waadt vom April 2023.
https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/sol/fichiers_pdf/Dioxines/Recommandations_Unisant%C3%A9.pdf
- [17] KIP-Richtlinien für den ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN), 11. Auflage, Januar 2024
- [18] Die thermische Vegetationszeit im Wandel des Klimas. Artikel P. Calanca, A. Kolzkämper und F. Isotta. Agrarforschung Schweiz, 14:150-158, 2023.
- [19] Futterbaulich genutzte Flächen. Website Arbeitsgemeinschaft zu Förderung des Futterbaus, abgerufen am 24. April 2024
<https://www.eagff.ch/die-schweiz-ein-grasland/bedeutung-futterbau/flaechen/flaechenanteile>

2 GRUNDLAGEN UND ABSCHÄTZUNGEN

2.1 Relevante Wirkungspfade

In Rücksprache mit der AfU Aargau wurden aufgrund der aktuellen und der raumplanerisch möglichen Nutzungen folgende Wirkungspfade für die betroffenen Flächen als relevant beurteilt:

- Nahrungspflanzenanbau
- Futterpflanzenanbau (Beweidung und Verfütterung)
- Hühnerhaltung (*aktuell nicht praktiziert, wäre jedoch ohne grössere bauliche Eingriffe, z.B. mit mobilen Hühnerställen möglich*)

2.2 Methodische Grundlage

Die Vorgaben zur Gefährdungsabschätzungen sind im BAFU-Handbuch [3] festgelegt. Für jede Fläche und jeden Wirkungspfad kann die Gefährdung in eine der drei folgenden Stufen eingeteilt werden, welche verschiedene Massnahmen auslösen:

Allg. Vorgaben
BAFU Handbuch

- Keine konkrete Gefährdung: Überwachung (Art. 4 Abs. 1 VBBo) sowie Quellenstopp (Art. 8 VBBo)
- Konkrete Gefährdung möglich: Nutzungsempfehlungen; zusätzlich Überwachung (Art. 4 Abs. 1 VBBo) sowie Quellenstopp (Art. 8 VBBo)
- Konkrete Gefährdung: Nutzungseinschränkungen und Nutzungsverbote, evtl. Dekontamination; zusätzlich Überwachung (Art. 4 Abs. 1 VBBo) sowie Quellenstopp (Art. 8 VBBo)

2.3 Nahrungspflanzenanbau

2.3.1 Grundlagen

Gemäss einer Studie des BAG erfolgt über 80 % der PCDD/F-Aufnahme über den Verzehr von tierischen Lebensmitteln [5]. Jedoch kann in Gebieten mit hoher PCDD/F-Belastung die Aufnahme via pflanzliche Lebensmittel eine bedeutendere Rolle spielen. Das Handbuch [3] stützt sich bei der Beurteilung der Gefährdung beim Nahrungspflanzenanbau stets auf Höchstgehalte aus der Lebensmittelgesetzgebung. Für PCDD/F in Obst und Gemüse gibt es keine Höchstgehalte in der Verordnung des EDI über die Höchstgehalte für Kontaminanten (VHK, 817.022.15), jedoch hat die Europäische Kommission in einer Empfehlung einen Auslösewert von 0.3 pg WHO₀₅-TEQ/g Frischgewicht definiert [6].

Lebensmittelgrenzwerte
als Referenz

Nach Angaben des deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz sind Auslösewerte "je nach Lebensmittelgruppe zwischen 25 bis 30 Prozent niedriger als die Werte für die Höchstgehalte.

Auslösewerte dienen als Frühwarnsystem und sollen überdurchschnittlich hohe Belastungen, also Belastungen oberhalb der für den Lebensmittelherzeuger unvermeidbaren so genannten Hintergrundbelastung, finden helfen". Um die Auslösewerte als Referenzwerte zu verwenden, werden sie hier durch 0.75 geteilt, so dass sie mit den Höchstgehalten vergleichbar sind. Dies ergäbe für PCDD/F einen Höchstgehalt von 0.4 pg WHO₀₅-TEQ/g Frischgewicht.

In der Region Lausanne wurden zur Gefährdungsabschätzung Studien durchgeführt, welche sich anstelle der Lebensmittelgrenzwerte direkt an den tolerierbaren Aufnahmemengen orientieren, Diese stellen direkte toxikologische Endpunkte dar, während bei der Definition von Lebensmittelgrenzwerten neben toxikologischen Überlegungen auch die Hintergrundbelastung der Lebensmittel berücksichtigt wird. Zudem sind tolerierbare Aufnahmemengen für Szenarien mit hohem Eigenkonsum (z.B. Gärten in der Region Lausanne) relevanter, während die Lebensmittelgrenzwerte auf in Verkehr gebrachte Lebensmittel fokussieren. Auch diese Ergebnisse werden im Folgenden in die Beurteilung einbezogen.

Aktuelle Daten aus Lausanne

2.3.2 Transfer Boden-Pflanze

Für die Region Lausanne führte das universitäre Zentrum für Allgemeinmedizin und öffentliche Gesundheit der Universität Lausanne (Unisanté) eine Abschätzung der Gesundheitsgefährdung durch [8]. Darin betrachtete Unisanté auch den Wirkungspfad Nahrungspflanzenanbau.

Studie Unisanté: Auswertungen

Zur Charakterisierung der Aufnahme von PCDD/F durch Nahrungspflanzen wertete Unisanté die Datenbank aus dem Bericht [9] aus, welche Biokonzentrationsfaktoren für die einzelnen PCDD/F-Kongeneren für verschiedene Nahrungspflanzen enthält. Auf Grundlage dieser Faktoren wurde der Zusammenhang zwischen den Konzentrationen im Boden (mit einem für die Region Lausanne typischen Kongenerenprofil) und verschiedenen Nahrungspflanzen berechnet (s. Abbildung 1).

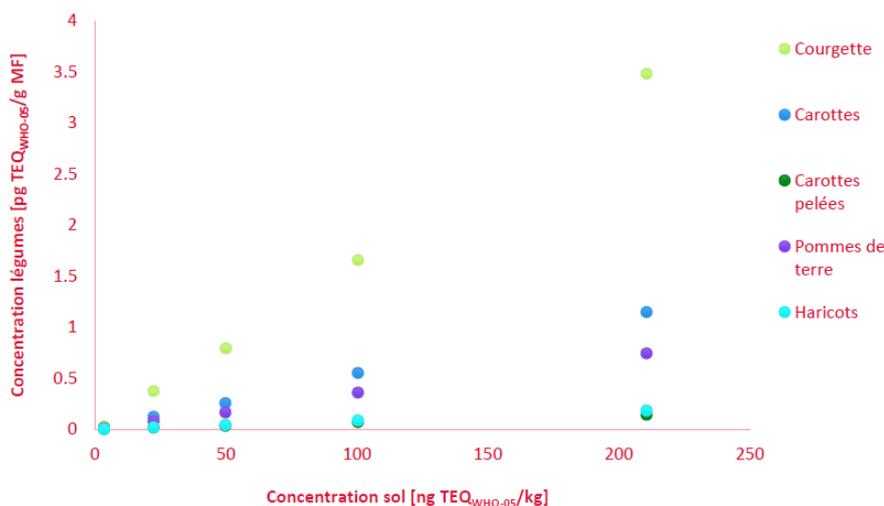


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen PCDD/F-Gehalten im Boden und 5 Nahrungspflanzen (von oben nach unten: Zucchini, Karotten, geschälte Karotten, Kartoffeln, grüne Bohnen). Abbildung 6 aus dem Bericht [8].
 X-Achse: Bodenkonzentrationen, Y-Achse: Konzentrationen im Gemüse (bezogen aufs Frischgewicht)

Auf dieser Grundlage teilte Unisanté die Nahrungspflanzen in drei Klassen ein:

- Kürbisgewächse (z.B. Kürbis, Zucchini): können PCDD/F über die Wurzeln aufnehmen (s. nächster Abschnitt)
- Wurzelgemüse (unterirdische Pflanzenteile): an der Schale mit Boden verunreinigt. Das Schälen der Pflanzen erlaubt es, die PCDD/F-Gehalte um eine Grössenordnung zu senken
- Anderes Obst und Gemüse: keine PCDD/F-Aufnahme (abgesehen von Kontamination mit Boden/Staub, welche durch Abwaschen vor dem Verzehr entfernt werden kann).

Aus empirischen Daten wurde dabei für Zucchini ein "Gesamttransferfaktor" für die toxizitätsgewichtete Summe der PCDD/F und in Lausanne typische Kongenerenprofile abgeleitet. Dieser beträgt 0.0165 g TS Boden / g Frischgewicht oder bei einem Trockensubstanzgehalt des Kürbisses von 6 %, 0.275 g TS Boden / g TS Gemüse.

Zur Verifizierung des berechneten Transferfaktors wurden in einem Gemeinschaftsgarten in Lausanne, dessen Boden PCDD/F-Gehalte von 41-76 ng WHO₀₅-TEQ/kg aufweist, drei Kürbisse untersucht. Die vorgefundenen Gehalte lagen mit 0.04-0.3 pg WHO₀₅-TEQ/g (Frischgewicht) im gleichen Bereich bis eine Grössenordnung tiefer als auf Grundlage der Berechnungen zu erwarten gewesen wäre. Aufgrund der kleinen Stichprobe und der Unsicherheit, ob es eventuell Unterschiede zwischen den untersuchten Kürbisgewächsen (Kürbis vs. Zucchini) gibt, hat sich Unisanté entschieden, für die Formulierung von Empfehlungen und die Gefährdungsabschätzung den rechnerisch ermittelten Transferfaktor zu verwenden.

Unter Berücksichtigung des typischen Kongenerenprofils von Turgi (Mittel der vier Proben gemäss Anhang 1) und der kongenerenspezifischen Transferfaktoren aus [7] ergibt sich für die Bodenbelastung rund um die KVA Turgi ein Transferfaktor von 0.0152 g TS Boden / g Frischgewicht, also ein Wert knapp 10% unter dem Wert für die Region Lausanne.

2.3.3 Beurteilung Gefährdung

Da die Bodengehalte in der Untersuchung aus dem Kanton Waadt in WHO₀₅-TEQ ausgedrückt sind, wurden für alle Flächen PCDD/F-Gehalte in WHO₀₅-TEQ/kg berechnet (Details s. Tabelle in Anhang 1). Der höchste in der Nähe der KVA Turgi gemessene PCDD/F-Gehalt beträgt 26.1 ng WHO₀₅-TEQ/kg. Bei dieser Bodenkonzentration ist unter Verwendung des für das Kongenerenprofil von Turgi berechneten Transferfaktors (s. vorheriger Abschnitt) somit eine Konzentration von 0.4 ng WHO₀₅-TEQ/kg im Kürbis (frisch) zu erwarten.

nach Lebensmittel-Gesetzgebung

Dies entspricht genau dem berechneten empfohlenen Höchstgehalt für Lebensmittel (s. Abschnitt 2.3.1), eine Überschreitung des Höchstgehaltes ist also in Turgi nicht zu erwarten.

Unisanté hat seine Gefährdungsbeurteilung direkt auf toxikologische Schwellenwerte abgestützt: die Europäische Lebensmittel-sicherheitsbehörde empfiehlt für PCDD/F eine tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (TWI) von 2 pg WHO₀₅-TEQ/kg Körpergewicht [10]. Dies entspricht einer tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (TDI) von 0.3 pg WHO₀₅-TEQ/kg Körpergewicht.

Nach tolerierbarer Aufnahmemenge

Dabei ist es wichtig zu beachten, dass die Schweizer Bevölkerung im Schnitt via Ernährung bereits ca. 0.6 pg WHO₀₅-TEQ/kg Körpergewicht zu sich nimmt [5], also etwa das Doppelte des TDI. Diese Überschreitung der tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge führt noch nicht per se zu einem toxischen Effekt, dafür ist die innere Exposition massgeblich (z.B. Konzentration im Blutserum).

Unisanté [8] hat dafür mittels eines toxikokinetischen Modells die Aufnahmemengen in zu erwartende Serumkonzentrationen umgerechnet und berechnet, ab welchen Bodenkonzentrationen und welcher Aufnahmehäufigkeit von Zucchini (ausgedrückt in Portionen von 100 g pro Jahr) es zu einer signifikanten Erhöhung der "Ohnehin"-Konzentration im Blutserum kommen würde (vgl. Abbildung 2).

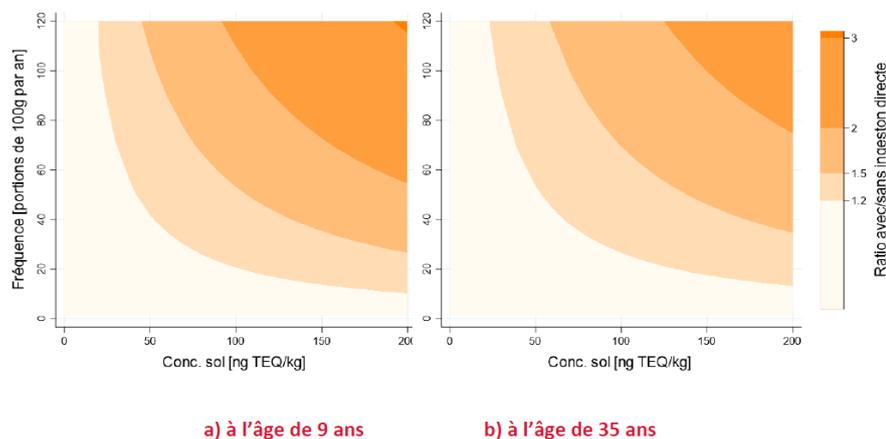


Abbildung 2: Erhöhung der "Ohnehin"-Dosis von PCDD/F in Abhängigkeit von der Bodenkonzentration (X-Achse) und der Verzehrshäufigkeit von Zucchini (Y-Achse; Anzahl 100g-Portionen pro Jahr). Abbildung 17 aus Bericht [8].
 Farbcode: Verhältnis Dosis zu "Ohnehin"-Dosis.
 Links: 9 Jahre alte Person, rechts: 35 Jahre alte Person.

Abbildung 2 zeigt, dass unabhängig vom Alter (d.h. vom Körpergewicht) bei Bodenkonzentrationen im Bereich von 25 ng WHO₀₅-TEQ/kg die Konzentration im Blutserum gegenüber dem Nullszenario durch den Verzehr von Zucchini um weniger als 20% erhöht würde. Dies gilt auch noch bei hohen Verzehrshäufigkeiten (>100 Portionen pro Jahr).

Da Kürbisgewächse (hier vertreten durch die Zucchini) mehr PCDD/F aufnehmen als alle anderen Nahrungspflanzen, kann aus dem Befund geschlossen werden, dass andere Pflanzen, welche auf Böden mit PCDD/F-Gehalten in diesem Konzentrationsbereich angebaut wurden, ohne Bedenken verzehrt werden können. Dies gilt umso mehr, wenn sie durch Waschen von anhaftenden Bodenpartikeln gewaschen bzw. im Fall von Wurzelgemüse geschält wurden (vgl. Abbildung 1).

Fazit

Der Kanton Waadt empfiehlt erst ab Bodengehalten von 30 ng WHO₀₅-TEQ/kg, Gemüse nur noch gewaschen und geschält zu verzehren; unter 30 ng WHO₀₅-TEQ/kg ist der Konsum uneingeschränkt möglich [16]. Rund um die KVA Turgi wurde der Wert von 30 ng I-TEQ/kg nicht erreicht (Maximum: 26 ng WHO₀₅-TEQ/kg). Zudem ist der zu erwartende Transfer in Pflanzen aufgrund des unterschiedlichen Kongenerenprofils in Turgi gegenüber Lausanne um ca. 10 % reduziert (s. Abschnitt 2.3.2).

2.4 Futterpflanzenanbau

2.4.1 Beurteilungswert

Die Futtermittelbuchverordnung (FMBV) definiert in Art. 19 Ziffer 1 resp. Anhang 10 Teil 1 Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe in der Tierernährung, darunter auch PCDD/F. Die FMBV referenziert hierbei die Höchstgehalte aus Anhang 1 von Richtlinie 2002/32/EG. Darin ist für PCDD/F ein Höchstgehalt von 0.75 ng WHO₀₅-TEQ/kg Futtermittel definiert (bei einem Trockensubstanzgehalt von 88%). Ob und wie dieser Höchstgehalt mit toxikologischen Endpunkten verknüpft ist, konnte nicht eruiert werden. FMBV-Höchstwert

2.4.2 Eintragungspfade

PCDD/F können hauptsächlich via drei Wege ins Futter gelangen: über Wurzelaufnahme in die Pflanze, via Verunreinigung mit Bodenpartikeln oder über die Deposition von PCDD/F-haltigem Staub. Übersicht

Ein Eintrag von PCDD/F über den Luftpfad erfolgt heute nicht mehr in relevantem Mass (s. Abbildung 4), weshalb dieser Faktor bei der Gefährdungsabschätzung vernachlässigt werden kann. Aktuell kein Eintrag via Luftpfad

Eine Verunreinigung des Futters mit Boden ist der Haupteintragungspfad von PCDD/F ins Futter. Tabelle 13 aus dem Handbuch [3] (s. Abbildung 3) gibt für verschiedene Nutzungsarten den Anteil von Boden am Futter an. Gemäss Handbuch [3] soll für die Beurteilung der Gefährdung der Mittelwert für die Bedingung "Boden trocken" verwendet werden. Dieser entspricht z.B. bei Beweidung durch Rinder sowie Verfüttern von Mähgut/Grassilage 2.5%, bei Beweidung durch Schafe 12.5%. Bodenverunreinigungen relevant

Kultur	Bodenaufnahme (d) direkt bzw. durch Verunreinigungen mit Bodenpartikeln [in % des Verzehr; TS]				Maximaler Anteil der Futterpflanzen an Gesamtnahrung über längere Zeit [%]	
	Rind		Schaf		Rind	Schwein
	Bedingungen beim Weiden / bei Ernte					
	Boden trocken	Boden nass	Boden trocken	Boden nass		
Direktverzehr (Weiden, Wiesenfutter)	0-5	5-10	10-15	20-30	100	-
Mähgut/Grassilage	0-5	10-15	0-5	10-15	-	-
Heu	0-3	5-10	0-3	5-10	100	-
	Verunreinigung der Ernte mit Bodenpartikeln: Anteil Boden (d) [% der Ernte-TS]					
Futtergetreide (ohne Ackerbohnen):	0				40	80
• Gerste	0				-	40
• Hafer	0				-	-
• Weizen	0				-	40
• Körnermais	0				-	30
Ackerbohnen Eiweisserbsen	gering (ca. 0-2)				15	20
Futterrüben	10				30	40
Kartoffeln	gering (ca. 0-2)				20	30
Mais ganze Pflanze	gering (ca. 0-2)				80	15

Abbildung 3: Anteil der Bodenaufnahme durch Nutztiere direkt beim Weiden bzw. durch Verunreinigungen des Ernteguts mit Boden. Tabelle 13 aus Handbuch [3]

Da die Aufnahme von PCDD/F mit Ausnahme der Kürbisgewächse (s. Abschnitt 2.3), welche i.d.R. nicht als Futtermittel genutzt werden, gering ist und i.d.R. oberirdische Pflanzenteile von Futterpflanzen genutzt werden (Ausnahmen: Futterrüben, Kartoffeln), kann für die Gefährdungsabschätzung vereinfachend davon ausgegangen werden, dass die gesamte PCDD/F-Belastung des Futters auf die Verunreinigung mit Boden zurückzuführen ist (= Grundszenario).

Pflanzenaufnahme:
nicht relevant

In diesem Sinne muss u.E. auch der Befund aus der EMBO-Folgeuntersuchung [11] bewertet werden, bei welchem in einer Grasprobe vom Standort 1231un nahe der KVA Turgi (29 ng I-TEQ/kg) ein PCDD/F-Gehalt von 2.1 ng I-TEQ/kg Trockensubstanz festgestellt wurde. Dies würde einen Transferfaktor von 0.07 (Trockensubstanz Boden -> Trockensubstanz Pflanze) nahelegen, welcher immerhin 25% des Transferfaktors für Kürbisgewächse beträgt (s. Abschnitt 2.3.2. Dies erscheint unplausibel hoch. Leider wird im Bericht [11] die Methode der Probenahme, Aufbereitung und Analyse der Grasprobe nicht näher beschrieben. Es ist daher zu vermuten, dass dieser Messwert auf eine Kontamination des Grases mit Bodenpartikeln zurückzuführen ist. Aus diesen methodischen Gründen kann der Befund verworfen werden.

Grasprobe 1993

Im Sinne einer *bad-case*-Betrachtung wird zusätzlich zum Grundszenario ein weiteres Szenario betrachtet, in welchem der Pflanzenanteil im Futter eine Hintergrundbelastung aufweist, welche unabhängig von der Bodenkonzentration ist (Kap. 2.4.4).

zusätzlich: Szenario
Hintergrundbelastung
Futter

Da die FMBV-Höchstgehalte in WHO₀₅-TEQ ausgedrückt sind, wurden für alle Flächen PCDD/F-Gehalte in WHO₀₅-TEQ/kg berechnet (Details s. Tabelle in Anhang 1). Der höchste in der Nähe der KVA Turgi gemessene PCDD/F-Gehalt beträgt 26.1 ng WHO₀₅-TEQ/kg.

2.4.3 Szenario Pflanzenaufnahme vernachlässigbar (Grundszenario)

Für verschiedene Nutzungsarten wurde anhand der typischen Bodenaufnahmerate (f_{Boden} , vgl. Abbildung 3) mittels folgender Gleichung der maximale Gehalt im Boden berechnet, bei welchem der FMBV-Höchstgehalt eingehalten werden kann: max. Bodengehalte

$$C_{\text{max, Boden}} = C_{\text{max, Futter}} * K^{-1} * f_{\text{Boden}}^{-1} \quad (1)$$

Der Korrekturfaktor K (0.88) dient dazu, den auf einen Trockensubstanzgehalt von 0.88 definierten FMBV-Höchstgehalt auf 100 % Trockensubstanz umzurechnen, damit dieser mit den Bodengehalten vergleichbar ist (bezogen auf 100 % Trockensubstanz).

Tabelle 1: Maximale Konzentrationen im Boden ($f_{\text{max, Boden}}$), bei welchen der FMBV-Höchstgehalt für PCDD/F eingehalten werden kann.²
 Annahme: Pflanzenaufnahme von PCDD/F vernachlässigbar.

Nutzung	Bodenaufnahmerate	$C_{\text{max, Boden}}$
	[%]	[ng WHO ₀₅ -TEQ/kg TS]
Beweiden mit Schafen	12.5	6.8
Verfüttern von Futterrüben	10	8.5
Beweiden mit Rindern/Verfüttern Mähgut/Grassilage	2.5	34.1
Verfüttern von Heu	1.5	56.8
Verfüttern von Mais, Kartoffeln, Erbsen, Bohnen	1	85.2

Aus diesen Ergebnissen (s. Tabelle 1) kann gefolgert werden, dass beim Beweiden durch Schafe sowie beim Verfüttern von auf den PCDD/F-belasteten Flächen in Turgi (bis 26 ng WHO₀₅-TEQ/kg) angebauten Futterrüben der FMBV-Höchstgehalt für das Futter von 0.75 ng WHO₀₅-TEQ/kg PCDD/F überschritten würde. Bei den weiteren Nutzungen (Beweidung durch Rinder, Verfüttern von Mähgut/Grassilage oder Heu, weitere Futterpflanzen) würde der FMBV-Höchstgehalt im Futter eingehalten. Fazit

2.4.4 Szenario: Hintergrundbelastung im Futtermittel

Unter der Annahme, dass es bei Bodenbelastungen mit PCDD/F im Bereich des Prüfwertes zu keiner nennenswerten konzentrationsabhängigen Aufnahme durch die Wurzeln der Futterpflanzen kommt, kann die Sicherheit der Abschätzung durch die Annahme einer fixen Hintergrundbelastung des Futters gestärkt werden. Annahmen

² Aktuell arbeitet die ETH Zürich im Auftrag des BAFU an einem Vorschlag für die Aktualisierung der Prüf- und Sanierungswerte gemäss VBBo für PCDD/F. Für die vorliegende Abschätzung konnten dabei provisorische Ergebnisse eingesehen werden. Diese Studie zeigt ähnliche Werte wie die im vorliegenden Bericht ermittelten maximalen Bodenkonzentrationen.

In der Literatur finden sich verschiedene Angaben zu typischen PCDD/F-Gehalten in Futtermitteln; mangels Information zu der PCDD/F-Belastung der Produktionsflächen sind diese als Hintergrundwerte zu verstehen.

So zeigte die Untersuchung [12], dass sich die "Mediangehalte bei den meisten untersuchten Pflanzenarten/-teilen im Bereich von 0.03 ng WHO₀₅-TEQ/kg TS [Trockensubstanz]" befinden. Allerdings wurden bei der Erhebung der Werte Kongenere unter der Bestimmungsgrenze mit 100 % der Bestimmungsgrenze in die Summe der PCDD/F einbezogen (*upper-bound*-Wert). Die Autor*innen weisen darauf hin dass dies zu einer Überschätzung der PCDD/F-Gehalte führt. Im Grünlandaufwuchs wird ein Median von 0.048 ng WHO₀₅-TEQ/kg TS erreicht, das 90. Perzentil liegt bei 0.072 ng WHO₀₅-TEQ/kg TS. Bei der Probenahme wurde zwar auf eine möglichst geringe Verschmutzung mit Bodenpartikeln geachtet, jedoch wurden die Futterpflanzenproben vor der Analyse auf PCDD/F nicht gewaschen, womit eine Kontamination mit Bodenpartikeln nicht ausgeschlossen werden kann.

Der Artikel [15] zitiert Daten aus einer Beobachtung der Futtermittelqualität in Baden-Württemberg (1996-2012), wonach sich der Median der PCDD/F-Gehalte zwischen 0.06 und 0.11 ng WHO₀₅-TEQ/kg (bei 88% TS) befindet, mit einer Tendenz zur Zunahme mit der Bevölkerungsdichte der Region. Gemäss den ausgewerteten Quellen liegt die PCDD/F-Konzentration in Gras in der Grössenordnung von 0.03-0.11 ng WHO₀₅-TEQ/kg Trockensubstanz (Mediane bzw. 75. Perzentile). Ein Wert von 0.1 ng WHO₀₅-TEQ/kg würde also einem sicherheitsorientierten Wert am oberen Ende der Verteilung entsprechen. In diesem Szenario berechnet sich der PCDD/F-Gehalt des Futters wie folgt:

$$C_{\text{Futter}} \cdot K^{-1} = C_{\text{Pflanze}} \cdot (1 - f_{\text{Boden}}) + C_{\text{Boden}} \cdot f_{\text{Boden}} \quad (2)$$

Der maximale Gehalt im Boden, bei welchem der FMBV-Höchstgehalt eingehalten werden kann, kann somit folgendermassen berechnet werden:

$$C_{\text{Boden_Max}} = (C_{\text{Futter_max}} \cdot K^{-1} - C_{\text{Pflanze}} \cdot (1 - f_{\text{Boden}})) \cdot f_{\text{Boden}}^{-1} \quad (3)$$

Tabelle 2: Maximale Konzentrationen im Boden ($f_{\text{max, Boden}}$), bei welchen der FMBV-Höchstgehalt für PCDD/F eingehalten werden kann.
 Annahme: Konzentrationsunabhängige Hintergrundbelastung des Futters mit 0.1 ng WHO₀₅-TEQ/kg TS.

Nutzung	Bodenaufnahmerate	$C_{\text{max, Boden}}$
	[%]	[ng WHO ₀₅ -TEQ/kg TS]
Beweiden mit Schafen	12.5	6.0
Verfüttern von Futterrüben	10	7.5
Beweiden mit Rindern/Verfüttern Mähgut/Grassilage	2.5	29.7
Verfüttern von Heu	1.5	49.4
Verfüttern von Mais, Kartoffeln, Erbsen, Bohnen	1	74.0

Gemäss dieser Berechnung wäre bei den in Turgi vorgefundenen Konzentrationen (bis 26 ng WHO₀₅-TEQ/kg) beim Beweiden durch Schafe sowie beim Verfüttern von Futterrüben der FMBV-Höchstgehalt für das Futter von 0.75 ng WHO₀₅-TEQ/kg PCDD/F überschritten (s. Tabelle 2). Bei den anderen Nutzungen (Beweiden durch Rinder, Verfüttern von Mähgut, Grassilage, Heu oder weiteren Futterpflanzen, welche erntebedingt weniger stark mit Boden verunreinigt sind) wird der FMBV-Höchstgehalt einhalten.

Ergebnisse / Fazit

Bei der Wahl der angenommenen Hintergrundbelastung ist jedoch zu beachten, dass die Emissionen von PCDD/F in Europa seit den 1990er-Jahren stark reduziert worden sind (s. Entwicklung Schweiz in Abbildung 4. Empirische Daten zur Futterkonzentration welche in den 1990er- und 2000er-Jahren erhoben wurden, überschätzen die PCDD/F-Hintergrundbelastung des Futters gegenüber dem heutigen Zustand vermutlich deutlich, so dass sich die reale Situation wohl eher dem Szenario 1 annähert.

Diskussion

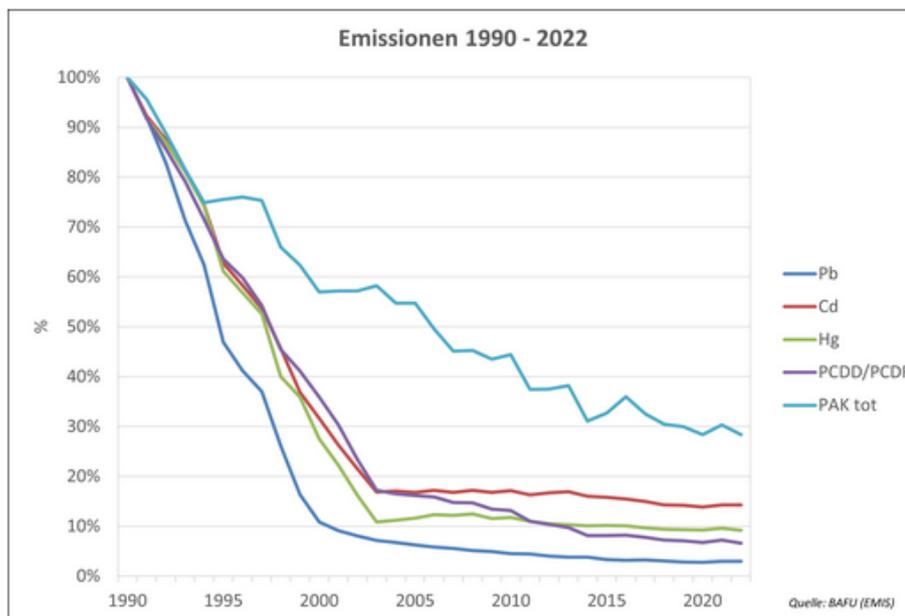


Abbildung 4; Emissionen 1990-2022 von Blei (Pb), Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg), Dioxinen und Furanen (PCDD/PCDF), polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Abbildung aus [13]

2.5 Hühnerhaltung

Eine Studie des universitären Zentrums für Allgemeinmedizin und öffentliche Gesundheit der Universität Lausanne [14] untersuchte den Zusammenhang zwischen PCDD/F-Gehalten in Böden und in Hühnereiern. Sie kam auf Grundlage eines toxikokinetischen Modells und einer Untersuchung von Bodenproben (0-5 cm) und Eiern aus 5 Hühnerställen auf mit PCDD/F belasteten Böden in der Region Lausanne zum Schluss, dass der Höchstgehalt für PCDD/F in Eiern gemäss Anhang 5 Teil C der Kontaminantenverordnung (VHK) von 2.5 pg WHO₀₅-TEQ PCDD/F / g Fett überschritten wird, falls die PCDD/F-Gehalte im Boden über 1.8 ng WHO₀₅-TEQ/kg³ liegen. Grundlagen

Ein wichtiger Modellparameter ist dabei die Bodenbedeckung in %, welche massgebend für die Bodenaufnahmerate der Hühner ist. Der o.g. Wert wurde bei einer Bodenaufnahmerate von 10 g / Tag berechnet. Selbst bei einer minimalen Bodenaufnahmerate von 2 g Boden / Tag (entspräche gemäss [14] einer Bodenbedeckung von 95-100%) kann der VHK-Höchstwert in Eiern nur bei Bodengehalten bis 9.2 ng WHO₀₅-TEQ/kg eingehalten werden.

Dieser Befund deckt sich mit der bestehenden Literatur ([15] und darin zitierte Quellen), wonach bereits ab Werten zwischen 2-4 ng WHO₀₅-TEQ/kg im Boden der Höchstgehalt von 2.5 pg TEQ/g Fett in Hühnereiern überschritten sei.

Das BAFU wird diese Ergebnisse bei der geplanten Revision der Richt-, Prüf- und Sanierungswerte nach VBBo berücksichtigen.

³ Auch wenn die VBBo mit ihren Richt-, Prüf- und Sanierungswerten die toxizitätsgewichtete Summe der PCDD/F in I-TEQ ausdrückt, verwendet der Kanton Waadt dafür die WHO₀₅-TEQ, welchen aktuellere Toxizitätsäquivalenzfaktoren zugrunde liegen.

3 BEURTEILUNG GEFÄHRDUNG

3.1 Nahrungspflanzenanbau

Die Ausführungen in Kapitel 2.3 zeigen, dass es bei Bodenkonzentrationen rund um 25 ng WHO₀₅-TEQ/kg selbst bei sehr häufigem Verzehr von Zucchini (stellvertretend für die Kürbisgewächse, Pflanzengruppe mit dem höchsten Boden-Pflanzen-Transfer-Faktor) zu keiner Gefährdung kommt. Gehalte bedeuten keine Gefährdung

Für die vorliegende (kommerzielle) ackerbauliche Nutzung könnte im Fall von angebauten Kürbisgewächsen zusätzlich mit "Verdünnungsfaktoren" gerechnet werden: nur ein geringer Teil der konsumierten Ware für eine bestimmte Person würde aus den PCDD/F-belasteten Flächen rund um die KVA Turgi stammen. "Verdünnungsfaktoren"

Es gibt somit keine konkrete Gefährdung beim Anbau von Kürbisgewächsen und, in der Konsequenz, weiterer Nahrungspflanzen. Fazit

3.2 Futterpflanzenanbau

3.2.1 Übersicht

Beim **Beweidern mit Schafen** und dem **Anbau von Futterrüben** sind Überschreitungen des FMBV-Höchstgehaltes zu erwarten (s. Tabelle 1). Dies entspricht gemäss Handbuch [3] der Gefährdungskategorie **konkrete Gefährdung**. Bei allen anderen Futterpflanzennutzungen (wie z.B. Eingrasen, Heuen, Ackerkulturen) besteht keine konkrete Gefährdung. Konkrete Gefährdung gemäss Handbuch

Das Handbuch [3] sieht in diesem Fall vor, dass die Behörde Nutzungseinschränkungen ausspricht. Jedoch sieht es ebenfalls vor, dass "für die Festlegung von Massnahmen [...] Randbedingungen des konkreten Falls einzubeziehen [sind], welche das Ausmass der Gefährdung beeinflussen, aber nicht schon zuvor in die Gefährdungsabschätzung eingegangen sind". Solche Faktoren können z.B. der Anteil der belasteten Fläche an der gesamten gleichartig genutzten Fläche oder die übliche Dauer der Nutzung der belasteten Fläche sein. Einzelfallbetrachtung notwendig

Im vorliegenden Fall wäre zu eruieren, welcher Anteil des Futters auf den belasteten Flächen produziert wird bzw. welchen Anteil der Weidezeit Vieh auf den belasteten Flächen verbringt. Über mehrere Jahre kann auch der Anteil von Raufutter an der Fruchtfolgeflechte eruieren werden. Dies ist im Einzelfall zu ermitteln und setzt detaillierte Kenntnisse des betroffenen landwirtschaftlichen Betriebes voraus.

Basierend auf durchschnittlichen Annahmen und Analogieschlüssen wird im Folgenden eine Einschätzung zur tatsächlichen Gefährdung für die beiden betroffenen Nutzungen gemacht. Gefährdungsbeurteilung

3.2.2 Futterrüben

Futterrüben machen gemäss Handbuch [3] (vgl. Abbildung 3) maximal 30 – 40 % der Fütterung aus. Die Schwelle zur Überschreitung des FMBV-Höchstgehaltes liegt bei 7.5 bis 8.5 ng WHO₀₅-TEQ/kg. Unter der Annahme, dass das restliche Futter nicht mit PCDD/F belastet ist, könnten also bis zu ca. 30 % des Futters aus Futterrüben bestehen, welches auf den am höchsten belasteten Flächen (26 ng WHO₀₅-TEQ/kg) angebaut wurde. Dieser berechnete Anteil dürfte im Normalfall eingehalten sein, da die oben zitierten 30-40% Maximalanteile an der Fütterung darstellen.

Futteranteil

Eine weitere Verdünnung ist aus der Fruchtfolge zu erwarten [17]. Eine Fläche wird nur maximal 25 % der Zeit zur Produktion von Rüben genutzt werden können (alle 4 Jahre). D.h. hier resultiert ein Verdünnungsfaktor von 4.

Fruchtfolge

Hinzu kommt, dass erwartet werden kann, dass ein Betrieb nicht seine gesamten Futterrüben auf den Flächen mit erhöhten PCDD/F-Gehalten produziert, sondern noch weitere Flächen ohne PCDD/F-Belastung nutzt. Durch die Vermischung des Futters auf Betriebsebene mit Rüben von unbelasteten Flächen tritt eine weitere Verdünnung des Gesamtfuttermittels ein.

weiteres

Unter Berücksichtigung der oben aufgeführten "Verdünnungsfaktoren" (v.a. Futteranteil, Fruchtfolge) kann im vorliegenden Fall **eine konkrete Gefährdung durch Futterrüben für realistische Szenarien ausgeschlossen werden.**

Fazit Futterrüben

Da die PCDD/F-Fracht des Futters in den verwendeten Berechnungsmodellen ausschliesslich oder überwiegend aus der Verunreinigung mit Bodenpartikeln stammt, wäre das Reinigen der Rüben eine einfach umzusetzende und wirksame Massnahme zur weiteren Reduktion der PCDD/F-Fracht.

Die Einhaltung des maximalen Anteils von 30 % der Rüben an der Fütterung und die Reinigung der Rüben könnten im Sinne einer Empfehlung kommuniziert werden.

3.2.3 Beweiden durch Schafe

Beim Beweiden durch Schafe liegt die Schwelle zur Überschreitung des FMBV-Höchstgehaltes bei 6 bis 6.8 ng WHO₀₅-TEQ/kg. Unter der Annahme, dass das restliche Futter nicht mit PCDD/F belastet ist, könnte bis zu ca. 25 % der Zeit auf den am höchsten belasteten Flächen geweidet werden, ohne eine Gefährdung zu verursachen. Für das Schweizer Mittelland kann aktuell von einer durchschnittlichen Dauer der Vegetationsperiode von 230 Tagen ausgegangen werden [18]. Dies begrenzt die mögliche Beweidungsdauer bereits auf ca. 65%.

Weideverdünnung

In einem normalen Szenario mit üblicher Herdengrösse ist ein häufiger Weidewechsel zu erwarten und eine Weide hätte eine Grösse, bei welcher sowohl höher als auch tiefer belastete Flächen in der Weide zur Verfügung stehen würden, was den Durchschnittsgehalt an PCDD/F im Boden der Weide senken würde.

Analog zu den Futterrüben (vgl. oben) ist auf den betroffenen Flächen eine weitere relevante Verdünnung durch die Fruchtfolge zu erwarten [17] (ca. 30 % der Fruchtfolgefleichen sind Kunstwiese [19]).

Fruchtfolge

Unter Berücksichtigung der oben aufgeführten "Verdünnungsfaktoren" (Beweidungsdauer, Weidewechsel, Fruchtfolge) kann im **vorliegenden Fall eine konkrete Gefährdung durch Beweidung mit Schafen für normale Szenarien ausgeschlossen werden.** Fazit Beweidung

Bei kleinen Weideschlägen mit kleinem Besatz, langer Verweildauer oder einer allfälligen Umnutzung zu Dauergrünland kann auf höher belasteten Böden eine Überschreitung des FMBV-Höchstgehaltes nicht ausgeschlossen werden. Somit wäre im Sinne von Empfehlungen, eine langzeitige (oder dauernde) Nutzung mit Schafweide mit kleinen Schlägen und Beständen auf den hoch belasteten Flächen zu vermeiden bzw. die Weidezeit zu begrenzen.

3.2.4 Diskussion

Es muss darauf hingewiesen werden, dass eine Diskrepanz zwischen der VBBo und dem Handbuch [3] besteht. Gemäss der Philosophie der VBBo sollte unterhalb des Prüfwertes per Definition keine Gefährdung bestehen. Jedoch führt das Expertensystem gem. Handbuch [3] sowie neuere wissenschaftliche Erkenntnisse zum Ergebnis, dass auch bei tiefen PCDD/F-Gehalten im Boden bei hohen Bodenaufnahmeraten (z.B: beim Beweiden durch Schafe) der PCDD/F-Höchstgehalt im Futtermittel (Gemisch Pflanze-Bodenverunreinigung) überschritten wird (vgl. Tabelle 1). Gehalte < Prüfwert mit Gefährdung

Weitere Nutzungen mit Bodenaufnahmeraten von 1-2.5% (Beweiden mit Rindern, Verfüttern von Mähgut/Grassilage/Heu) sind auf Grundlage der Berechnungen als unkritisch anzusehen. Selbst bei der Annahme, dass das Futter eine Hintergrundbelastung von 0.1 ng WHO₀₅-TEQ/kg hinweist (oberes Ende des Wertebereichs in der Literatur), liegt der maximale Bodengehalt bei Nutzungen mit 2.5% Bodenaufnahme oberhalb des höchsten Messwertes. Unter Berücksichtigung der o.g. Faktoren (Verdünnung durch Fruchtfolge/Weidewechsel / Vermischung mit Futtermitteln anderen Ursprungs) kann auf Grundlage dieser Ergebnisse davon ausgegangen werden, dass bei diesen Nutzungen keine konkrete Gefährdung besteht. Weitere Nutzungen: keine Gefährdung

Abgesehen von den beiden oben detailliert betrachteten Nutzungsarten können auch generelle Empfehlungen an die bewirtschaftenden Personen gemacht werden, welche die Aufnahme von PCDD/F-belastetem Boden reduzieren (z.B. Beweiden und Ernten bevorzugt bei trockenen Bedingungen, Abwechseln der Beweidung auf belasteten und unbelasteten Flächen, Zufuhr von Futter von unbelasteten Flächen).

3.3 Hühnerhaltung

Angesichts der in Kapitel 2.5 dargestellten Grundlagen muss davon ausgegangen werden, dass bei Hühnerhaltung auf den Flächen mit Prüfwertüberschreitung über einen längeren Zeitraum eine Überschreitung der VHK-Höchstgehalte in Eiern zu erwarten wäre. Dies entspräche gemäss der Philosophie des Handbuches [3] beim Nahrungspflanzenanbau einer **konkreten Gefährdung**. Allerdings wird diese Nutzung heute auf den betroffenen Flächen nicht betrieben. Bei Nutzung konkrete Gefährdung gegeben

Eine Berücksichtigung von Verweildauer bzw. Häufigkeit der Flächenrotation von belasteten auf unbelastete Flächen als Randbedingungen wäre selbst bei mobilen Hühnerställen nicht sinnvoll. Die Einstellung des Gleichgewichtes zwischen PCDD/F-Gehalten in Boden und Eiern dauert gemäss [14] zwar ca. 200 Tage, die Gehalte in den Eiern steigen jedoch gerade zu Beginn der Exposition rapide an (vgl. Abbildung 5). Somit wäre eine "sichere" Aufenthaltsdauer nicht praktikabel abzuschätzen, da diese Abschätzung stark unsicherheitsbehaftet wäre und vermutlich zu Aufenthaltszeiten führen würde, welche zu kurz für einen sinnvollen Betrieb wären.

Diskussion

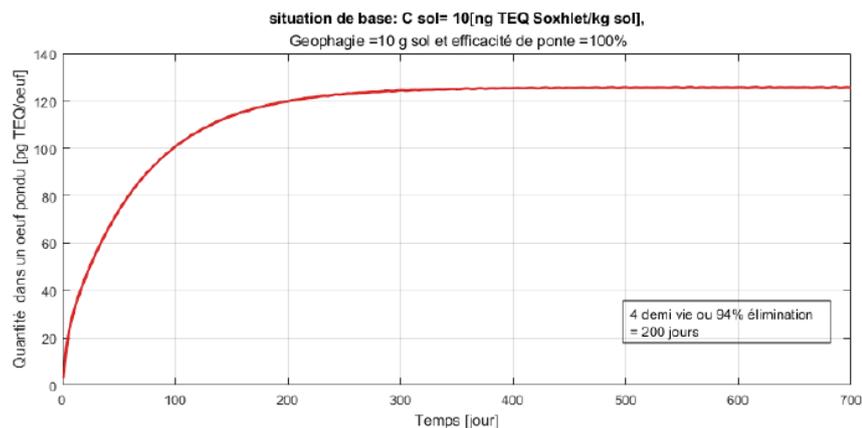


Abbildung 5: modellierter Verlauf der PCDD/F-Dosis in Hühnereiern bei Hühnerhaltung auf einem Boden mit 10 ng WHO₀₅-TEQ/kg über zwei Jahre. Teil von Abbildung 5 aus [14].
 X-Achse: Zeit (Tage)
 Y-Achse: Menge PCDD/F in einem Ei (pg WHO₀₅TEQ/Ei)

Der Befund von Studie [14] wirft eine neue Problemstellung auf: so besteht bei der Hühnerhaltung auf Flächen, deren PCDD/F-Belastung zwischen ca. 2 ng WHO₀₅-TEQ/kg und dem VBBo-Prüfwert von 20 ng I-TEQ/kg liegen, das Risiko, dass die dort produzierten Eier die Höchstgehalte der VHK überschreiten. Die Relevanz dieser Ergebnisse für den VBBo-Prüfwert und den Vollzug wird derzeit durch das BAFU geprüft.

Wir empfehlen in jedem Fall, den betroffenen (vermutlich ausschliesslich privaten) Hühnerhaltenden eine Information über die Belastungssituation sowie eine Nutzungsempfehlung zukommen zu lassen. Dieses Vorgehen wurde durch den Kanton Waadt gewählt, welcher privaten Hühnerhaltenden bei einer Bodenbelastung von 5-30 ng WHO₀₅-TEQ/kg empfiehlt, maximal ein Ei pro Person und Woche zu konsumieren [16].

Nutzungsempfehlung

4 FAZIT UND WEITERES VORGEHEN

Die vorliegende Gefährdungsabschätzung zeigt, dass beim Nahrungspflanzenanbau keine konkrete Gefährdung gemäss Handbuch [3] zu erwarten ist. Nahrungspflanzenanbau

Auch beim Futterpflanzenanbau ist bei den meisten Nutzungsarten keine konkrete Gefährdung zu erwarten. Bei Nutzungsarten mit hohen Erdaufnahmeraten (Beweidungen durch Schafe, Futterrübenanbau) besteht jedoch die konkrete Gefahr, dass der FMBV-Höchstgehalt für PCDD/F im Futter überschritten wird (ohne Betrachtung der Randbedingungen). Futterpflanzenanbau

Für die betroffenen Flächen muss die AfU prüfen, ob die entsprechenden Nutzungen via Nutzungseinschränkungen gemäss Art. 9 Abs. 2 VBBö zu verbieten bzw. einzuschränken sind. Dazu ist zu berücksichtigen, dass unter den angenommenen realistischen Randbedingungen (Weide-/Futterverdünnung, Fruchtfolge, etc.) eine Überschreitung des FMBV-Höchstgehaltes unwahrscheinlich ist. Nur bei einem ganz speziellen Szenario (kleine Schafweide, Beweidung langfristig oder dauernd nur auf den gleichen Flächen, evtl. nach Umwandlung zu Dauergrünland) kann eine Gefährdung auftreten.

Damit ist u.E. der Bedarf an einer generellen Nutzungseinschränkung nicht gegeben. Empfehlungen an die Bewirtschaftenden bleiben jedoch sinnvoll (z.B. eingeschränkte Schafweide).

Die Haltung von Hühnern auf den betroffenen Flächen würde zu einer Überschreitung des VHK-Höchstgehaltes für PCDD/F in Eiern führen. Hierbei erscheint es unwahrscheinlich, dass die Randbedingungen einen Einfluss auf die Gefährdungsbeurteilung hätten. Diese aktuell nicht betriebene Nutzung wäre durch die AfU via Nutzungseinschränkungen gemäss Art. 9 Abs. 2 VBBö zu verbieten. Hühnerhaltung: konkrete Gefährdung

Da auch bei Gehalten unter dem Prüfwert bzw. sogar unter dem Richtwert, wie sie im Umfeld der KVA Turgi auf grossen, noch nicht genau identifizierten Flächen vorkommen, bereits mit Überschreitungen des VHK-Höchstgehaltes zu rechnen ist, empfehlen wir der AfU, die betroffenen Hühnerhaltenden mittels Nutzungsempfehlungen zur Einschränkung des Eierkonsums aufzufordern.

Geltungsbereich

Alle Arbeiten der FRIEDLIPARTNER AG wurden unter Einhaltung der Sorgfaltspflicht ausgeführt. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen im vorliegenden Bericht beruhen auf dem derzeitigen Kenntnisstand. Die FRIEDLIPARTNER AG übernimmt keine Haftung für die Folgen aus unbekanntem oder verschwiegenen Tatsachen. Die Ergebnisse gelten nur für das untersuchte Objekt und können nicht unüberprüft auf andere Objekte oder andere Verhältnisse übertragen werden.

Der vorliegende Bericht ist für den Auftraggeber und zu dessen ausschliesslicher Nutzung bestimmt. Er ist vertraulich und darf ohne Zustimmung des Auftraggebers weder kopiert noch an Dritte weitergegeben werden. Eine allfällige Haftung gegenüber Dritten, welche sich auf den vorliegenden Bericht berufen, wird ausdrücklich abgelehnt.

Lenzburg, 6. Mai 2024



Leonard Zourek
MSc ETH Umwelt-Natw.

Projektleiter



Lars Knechtenhofer
Dipl. Umwelt-Natw. ETH / SVU, MAS MTEC ETH

Geschäftsleitung

https://friedlipartner.sharepoint.com/sites/Projekte_2021-2030/Freigegebene_Dokumente/2021-2030/2022/22.074_Kanton_Aargau_AfU_Dioxine_um_KVA/12_Berichte_FP/Gefahrungsabschätzung/Gefahrungsabschätzung_KVA_Turgi_2024-05-06.docx

ANHANG

Anhang 1	Tabelle PCDD/F-Gehalte
Anhang 2	Pläne Probenahmestellen

ANHANG 1

Tabelle PCDD/F-Gehalte

22.074.2.05 Gefährdungsabschätzung - Bodenbelastung mit PCDD/F rund um die KVA Turgi

			Proben-ID	T.B01	T.F03	T.F04	T.F06
PCDD/F	TEF (NATO 1988)	TEF (WHO 2005)					
2,3,7,8-TetraCDD	1	1	ng/kg	1.03	0.76	0.78	1.05
1,2,3,7,8-PentaCDD	0.5	1	ng/kg	7.66	7.33	7.18	7.60
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	8.53	8.83	7.89	11.48
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	20.24	17.96	13.28	17.52
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0.1	0.1	ng/kg	19.55	11.38	11.51	17.51
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0.01	0.01	ng/kg	225.58	201.75	223.67	240.52
OctaCDD	0.001	0.0003	ng/kg	661.66	671.92	632.35	699.70
2,3,7,8-TetraCDF	0.1	0.1	ng/kg	3.24	4.10	4.00	4.25
1,2,3,7,8-PentaCDF	0.05	0.03	ng/kg	5.81	5.58	4.86	7.28
2,3,4,7,8-PentaCDF	0.5	0.3	ng/kg	9.48	7.86	7.77	7.92
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	12.16	10.96	10.48	11.51
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	14.04	14.58	10.92	14.42
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	5.78	4.44	3.21	3.48
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.1	ng/kg	20.68	18.52	21.06	24.74
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0.01	0.01	ng/kg	135.07	126.64	91.95	118.53
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0.01	0.01	ng/kg	10.94	10.72	6.94	9.75
OctaCDF	0.001	0.0003	ng/kg	81.82	72.11	59.63	73.79
Σ PCDD/F inkl. 0% BG			ng I-TEQ/kg	24.77	21.84	20.65	24.13
Σ PCDD/F inkl. 0% BG			ng WHO-05-TEQ/kg	26.07	23.30	22.11	25.66

ANHANG 2

Pläne Probenahmestellen

Probenahme­flächen rund um die KVA Turgi
(Ausschnitt des Gebiets mit Prüf­wert­überschreitungen)

