

# Bewertung des PCB-Kontaminationsrisikos von Mutterkühen

*Agathe Vaille und Sylvain Lerch\** In den letzten zwanzig Jahren kam es bei Gesundheitskontrollen von Fleisch aus Mutterkuhhaltung gelegentlich zu Überschreitungen des gesetzlichen Höchstwerts von Polychlorierten Biphenylen (PCB). Ein Teil dieser Fälle konnte diffusen Quellen in Verbindung mit der Aufnahme von Futterration und Erde zugeordnet werden. Um den PCB-Expositionsgrad von Mutterkühen in der Schweiz durch Futtermittel und den Boden schätzen zu können, wurde 2020 das Projekt MeatPOP lanciert. In diesem Artikel werden die Ergebnisse vorgestellt.

2012 überschritten von etwa sechzig Fleischproben 5,7 Prozent den gesetzlichen PCB-Höchstwert, und zirka 50 Prozent lagen über der Aktionsschwelle (BAG 2012) (Beilage 1). Ein Teil dieser Kontaminationsfälle konnte diffusen Quellen der PCB-Exposition in Verbindung mit der Aufnahme von Futterration und Erde zugeordnet werden. Darauf basierend wurde 2020 das Projekt MeatPOP lanciert. Die im folgenden präsentierten Ergebnisse ergänzen die Erkenntnisse aus dem Projekt AgroPOP, das 2017 von der Empa, Agroscope und der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich eingeführt wurde (mit finanzieller Unterstützung der Bundesämter für Landwirtschaft sowie für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen). Zweck der Projekte

MeatPOP und AgroPOP ist eine bessere Bewertung des PCB-Transferrisikos auf dem Pfad Umwelt-Rindfleisch und die Gewährleistung der Gesundheitssicherheit extensiver Tierhaltung.

## Datenquelle zur Schätzung der PCB-Exposition

Schätzungen der PCB-Exposition von Mutterkuhherden durch diffuse Umweltquellen (über die Futterration und den Boden) wurden erarbeitet. Abbildung 1 (Seite 58) zeigt den allgemeinen Ansatz der Studie, die ausgehend von der Synthese zahlreicher Datenbanken realisiert wurde. Letztere kombinieren Daten zu den Fütterungssystemen von

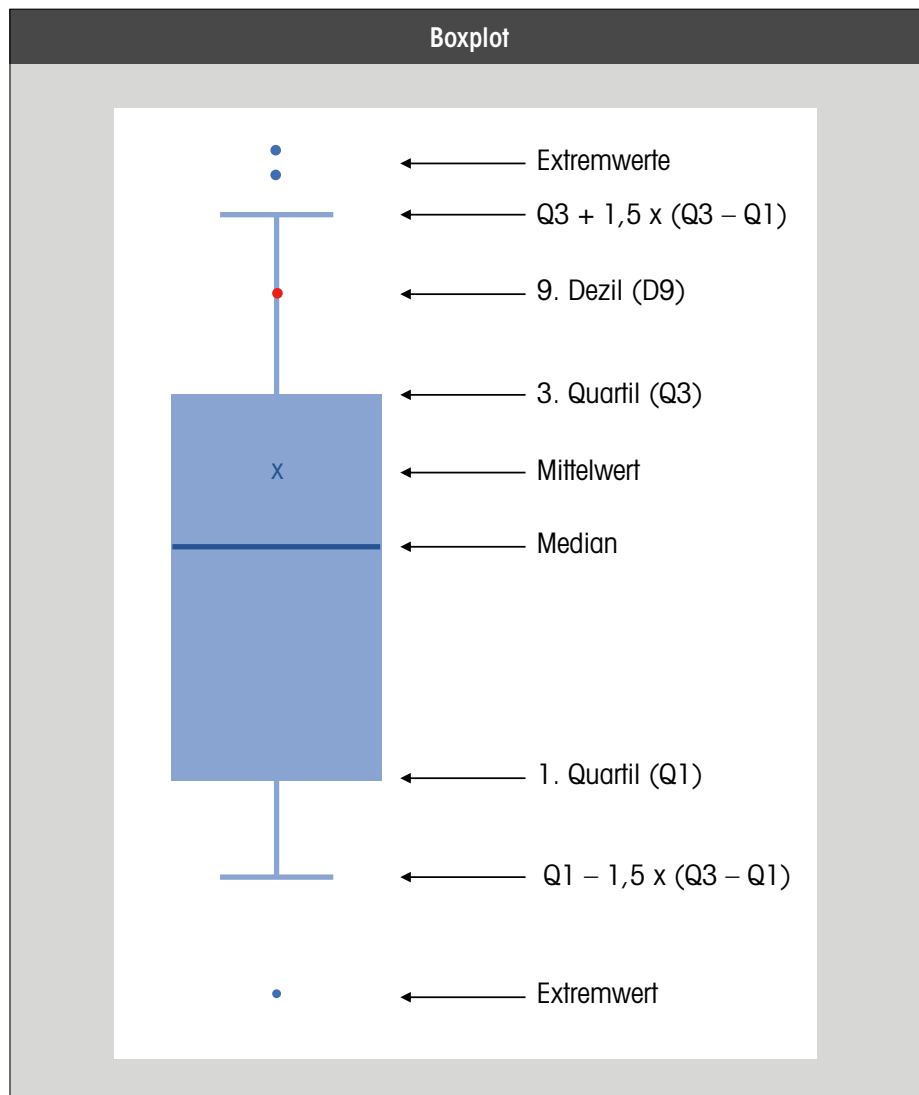
Schweizer Mutterkühen (Iten, 2012), zur Aufnahmemenge von Erde beim Weiden (Jurjanz et al., 2012) sowie zu den PCB-Belastungswerten von Futter (Quelle: BLV), Kraftfutter (Quelle: amtliche Futtermittelkontrolle, Agroscope) und landwirtschaftlich genutzten Flächen (Quelle: Nationale Bodenbeobachtung, Agroscope; Empa und Kanton Schaffhausen). Die Futter- und Kraftfuttermittel weisen am häufigsten PCB-Konzentrationen auf, die als «umweltbedingt» bezeichnet werden. Sie stehen mit den Ablagerungen dieser Schadstoffe aus der Atmosphäre in Verbindung, die in der Luft ohne weiteres dispergieren und transportiert werden. Der Boden seinerseits ist ein langfristiger Behälter für die PCB, die sich an seine organische Substanz binden

## Beilage 1: Was sind PCB, und warum befinden sie sich im Rindfleisch?

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind Substanzen, die absichtlich als industrielle Chemikalien hergestellt wurden. Aufgrund ihrer interessanten physikalisch-chemischen Eigenschaften wurden die PCB bis zu ihrem Verbot in den 80er Jahren in grossem Umfang eingesetzt. Sie wurden beispielsweise in Lacke oder auch elektrische Transformatoren integriert. Auf Bauernhöfen, die vor den 80er Jahren gebaut wurden, findet man sie insbesondere in den Wandfarben von Ställen und Silos (Klauser, 2019). Langfristig können sich die PCB über die Atmosphäre in den Böden ablagern und sich dann an allen Gliedern der Lebensmittelkette ansammeln, wo sie für die Umwelt und den Menschen hochgiftig sind. Man unterscheidet «dioxinähnliche» PCB (dl-PCB) und «nicht dioxinähnliche» PCB (ndl-PCB). Die dl-PCBs besitzen die gleichen Toxizitätseigenschaften wie die Dioxine und Furane.

Zur Begrenzung der PCB-Exposition von Nutztieren und Menschen wurden durch Schweizer Recht im Einklang mit den von der Europäischen Union festgesetzten Grenzen gesetzliche Höchstwerte für Viehfutter und Lebensmittel tierischen Ursprungs festgesetzt. Damit lässt sich eine Schwelle bestimmen, von der an das Produkt nicht mehr verkauft werden darf und vernichtet werden muss, um der Gesundheit der Konsumentinnen und Konsumenten nicht zu schaden. Parallel dazu wurde auch eine Aktionsschwelle definiert. Oberhalb dieser Schwelle kann das Produkt immer noch vertrieben werden, aber die Kontaminationsquellen müssen, soweit dies möglich ist, identifiziert und eliminiert werden.

Zur besseren Beherrschung des PCB-Kontaminationsrisikos von Rindfleisch werden derzeit Faktoren der Biokonzentration von der Futterration zum Fleisch herangezogen. Der Faktor der Biokonzentration ist definiert als die PCB-Konzentration im Fleisch, geteilt durch die in der Futterration, die das Tier erhalten hat. Durch Heranziehung dieser Faktoren kann die PCB-Konzentration geschätzt werden, die in der Futterration nicht überschritten werden darf, um nicht über den gesetzlichen Grenzwert für Fleisch zu kommen. Diese Berechnung wurde in unserer Studie für alle Szenarien durchgeführt und ist in Abbildung 5 (Seite 60) dargestellt.



#### Beilage 2: Prinzip und Angaben in einem «Boxplot»

Mit einem «Boxplot» soll die Werteverteilung einer Probe einfach und visuell dargestellt werden. Der Median ist definiert als der Wert, der die untere Hälfte von der oberen Hälfte aller Daten trennt. Die Quartile sind jeweils drei Werte, die alle Daten in gleiche Teile unterteilen, so dass jeder Abschnitt 1/4 der Probe darstellt. Die Dezile sind jeweils neun Werte, die alle Daten in gleiche Teile unterteilen, so dass jeder Abschnitt 1/10 der Probe darstellt. Die Fehlerbalken werden mit dem 1,5 fachen des Interquartilsabstands berechnet (Abstand zwischen dem 1. und 3. Quartil).

und wegen ihrer starken Hydrophobizität und schlechten Abbaubarkeit nur sehr langsam abnehmen. Die Wege punktueller Exposition (Kontakte mit kontaminierten Materialien und Einrichtungen im Betrieb, versehentlich kontaminierte Futtermittel) wurden nicht berücksichtigt. Die zugehörigen Risiken wurden bereits in der Zeitschrift *die Mutterkuh* 1/19 behandelt. Im Übrigen werden die Expositionen über Atmung und Wasseraufnahme als vernachlässigbar angesehen (da die PCB-Bestandteile kaum flüchtig und hydrophob sind).

Dank der Befragung, die Mutterkuh Schweiz 2012 bei 475 Mutterkuhbetrieben durchgeführt hat, konnten sieben typische Beispiele für Fütterungssysteme beschrieben und dabei zwischen den Sommerrationen auf der Weide und den Winterrationen im Stall unterschieden werden. Nur die Rationen in der Bergzone IV und die Rationen der Betriebe, die Kraftfutter einsetzen, sind von diesem Artikel erfasst. Es handelt sich um die beiden gegensätzlichsten Fütterungssysteme. Das System Bergzone IV enthält den höchsten Grasfutteranteil und das Kraftfuttersystem den höchsten

Anteil an Maissilage und Kraftfutter, obwohl es immer noch vorwiegend aus Futtermitteln auf Grasbasis besteht (Abbildung 2 Seite 58). Die unfreiwillige Aufnahme von Erde wurde in drei Szenarien berücksichtigt: ein, drei und neun Prozent der aufgenommenen Trockensubstanz. Ein Prozent unter optimalen Bedingungen, d.h., wenn Gras in ausreichender Menge verfügbar, die Weide nicht durch Zertrampeln oder

#### Literatur

Agridea, 2021. PCB in der Tierhaltung Ursachen und Massnahmen. Publikationen - Tierhaltung - Milchviehhaltung, Zucht und Mast Hrsg. Agridea, Lindau. 16.07.2021, 8 S. Online verfügbar über den Link: <https://agridea.abacuscity.ch>.

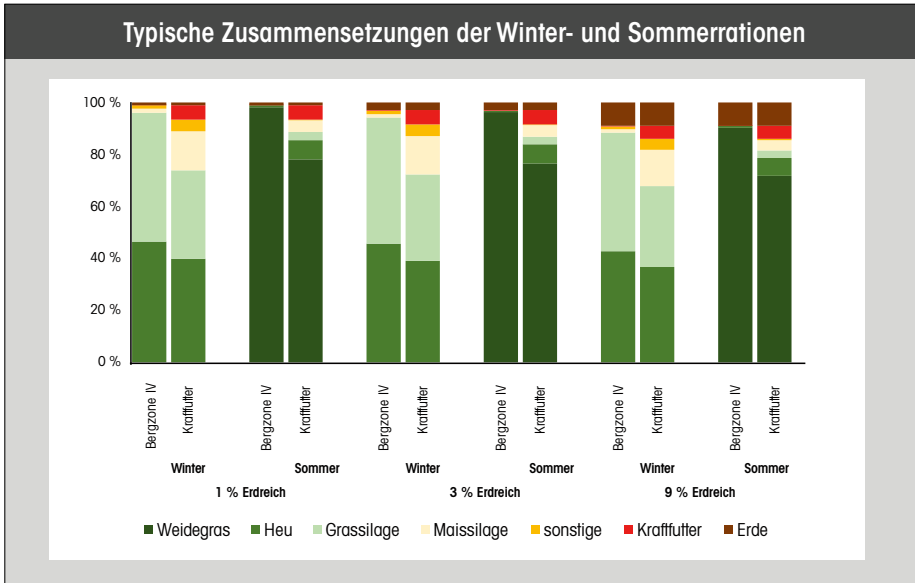
Driesen C., Zennegg M., Morel I., Hess H.D., Nowack B., Lerch S., 2021. Average transfer factors are not enough: The influence of growing cattle physiology on the transfer rate of polychlorinated biphenyls from feed to adipose. *Chemosphere* 270:1-10. Link zur Studie: Online einsehbar über den Link: <https://www.sciencedirect.com>.

Iten A., 2012. Ergebnisse der Befragung zur Fütterung. *die Mutterkuh*, 12(4): 13-15.

Jurjanz S., Feidt C., Pérez-Prieto L.A., Ribeiro Filho H. M. N., Rychen G., Delagarde R., 2012. Soil intake of lactating dairy cows in intensive strip grazing systems. *Animal*, 6(8): 1350-1359.

Klauser L., 2019. PCB - Kontamination der Lebensmittel durch alte Materialien / Bauteile. *die Mutterkuh*, 19(1): 58-61.

BAG, 2012 Dioxine und PCB in Rindfleisch aus naturnaher Produktion. Bundesamt für Gesundheit (BAG), S. 1-4.



jeder aufgenommenen Grundmasse (Weidegras, Heu, Gras- oder Maissilage, Kraftfutter, sonstige Futtermittel und Erde) in jedem Fütterungssystem und die Szenarien der Aufnahme von Erde wurden anschliessend mit ihren jeweiligen PCB-Konzentrationen multipliziert. Die PCB-Belastungsgrade der von den Mutterkühen aufgenommenen Rationen wurden also entsprechend drei Risikoszenarien geschätzt: Median, 3. Quartil und 9. Dezil (Beilage 2 Seite 57).

**Mehr PCB in den Böden als im Futter**

Abbildung 4 zeigt – ausgehend von den verfügbaren Daten – die Verteilung der Belastungsmengen mit «dioxinähnlichen» PCB in verschiedenen Futterkategorien und dem Boden. Die PCB-Konzentrationen in den Böden sind höher als die in den Futtermitteln. Innerhalb der sechs Futterkategorien sind die PCB-Konzentrationen in frischem

klimatische Bedingungen verschlechtert ist, und wenn das geerntete Futter kaum mit Erde verunreinigt ist. Sobald sich diese Bedingungen jedoch verschlechtern, ist

davon auszugehen, dass die Aufnahme von Erde drei Prozent bzw. im schlimmsten Fall neun Prozent (Abbildung 3) erreicht (Jurjanz et al., 2012). Die Anteile

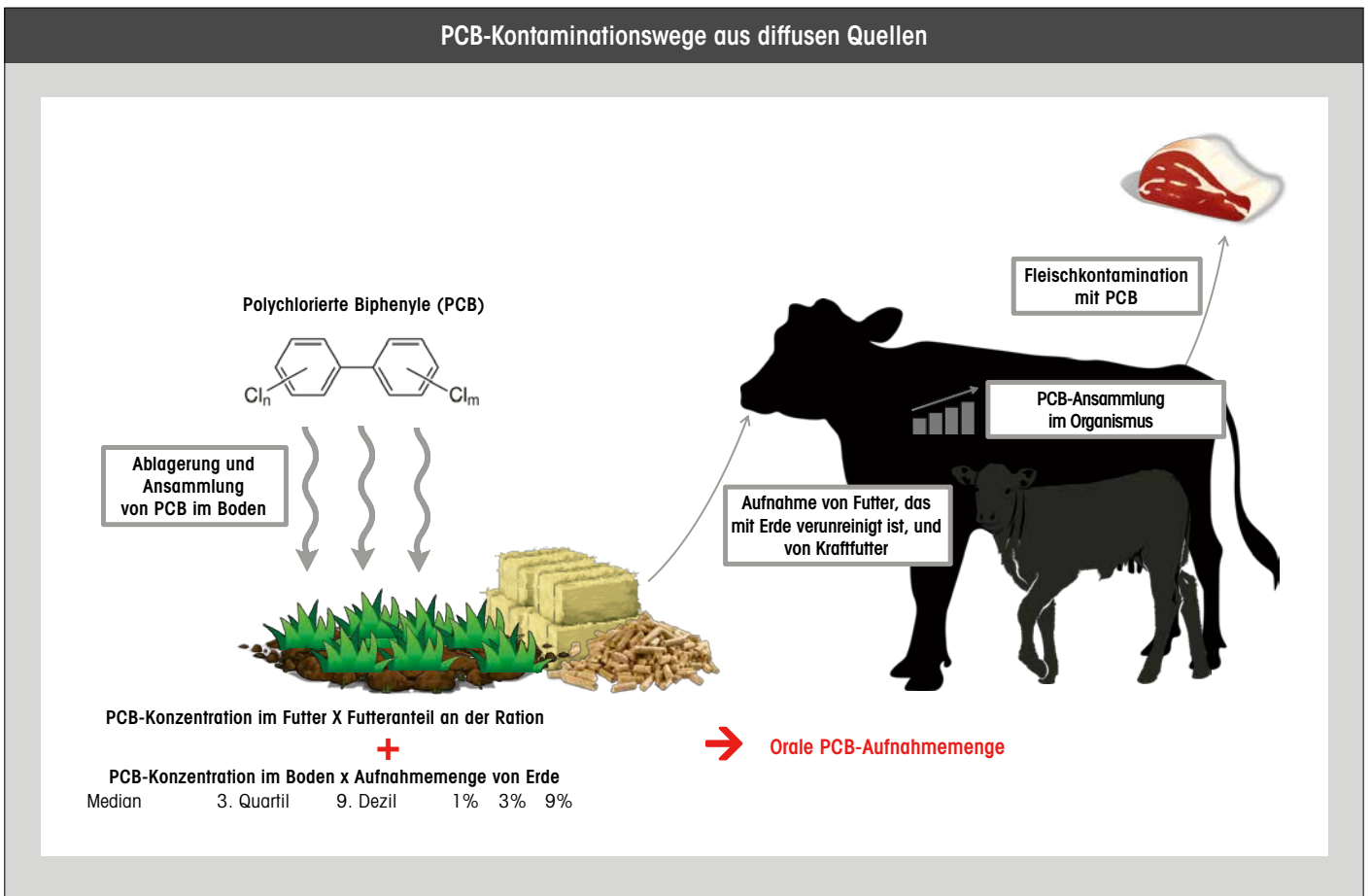


Abbildung 1: PCB-Kontaminationswege aus diffusen Quellen bei der Mutterkuh und Prinzip der Expositionsschätzungen



Gras, Grassilage und Heu etwas höher als die in Maissilage, Kraftfutter oder sonstigen Futterkategorien. Das Weide- oder Erntegras in Bodennähe ist mit grösseren Kontaminationsrisiken durch Erde verbunden und enthält daher mehr PCB als die anderen Futterkategorien.

### Futtrationen immer unter der gesetzlichen Höchstgrenze

Unabhängig vom gewählten Szenario überschreitet die Belastung der aufgenommenen Rationen mit «dioxin-ähnlichen» PCB niemals die gesetzliche Höchstgrenze für Viehfutter. Allerdings kann sie einen Wert in der Nähe der Aktionsschwelle erreichen, wenn der Fall des 9. Dezils und von neun Prozent Erde in der Futtration berücksichtigt wird (Abbildung 5 Seite 60). Dieses Ergebnis scheint beruhigend zu sein, kann jedoch im Falle der Szenarien 3. Quartil und 9. Dezil ein Risiko der Fleischbelastung bergen. Auf der Grundlage der Heranziehung von Faktoren der PCB-Biokonzentration von der Futtration zum Rindfleisch (Beilage 1 Seite 56, Driesen et al., 2021) weisen diese Szenarien Risiken der

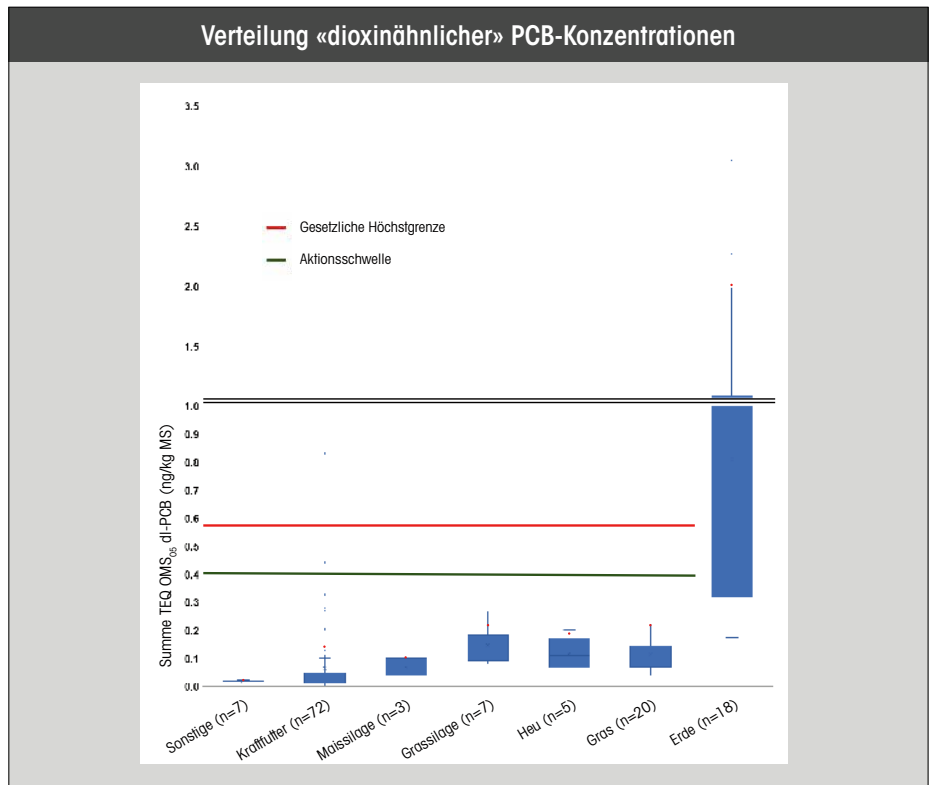


Abbildung 4: Verteilung «dioxinähnlicher» PCB-Konzentrationen in den sechs Futterkategorien, aus denen die Rationen der Mutterkühe bestehen, und in landwirtschaftlich genutzten Flächen der Schweiz

Die Werte der «dioxinähnlichen» PCB-Konzentrationen verschiedener Futtermittel wurden in Abhängigkeit von ihrer Toxizität für die menschliche Gesundheit mithilfe von Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) umgerechnet. Dann spricht man von Konzentration in Toxizitätsäquivalenten (TEQ). Mit Vertiefung der Kenntnisse werden die TEF regelmässig neu bewertet. Die auf unsere Berechnungen angewandte Aktualisierung ist die von der WHO 2005 vorgeschlagene (OMS<sub>05</sub>).



Abbildung 3: Bei feuchten Bedingungen und wenig tragfähigen Böden kann das Weidegras beim Zertrampeln durch das Vieh mit erheblichen Mengen Erde verunreinigt werden (Juli 2021 bei der Sommerweide von La Frêtaz, Waadt) (Foto: I. Morel, Agroscope)

Fleischbelastung über die gesetzliche Höchstgrenze hinaus auf. Je höher die Aufnahme von Erdreich, desto grösser ist das Risiko der Fleischbelastung, was die wichtige Rolle des Bodens als diffuse PCB-Expositionsquelle hervorhebt.

### Die Aufnahme von Erdreich verhindern, um die PCB-Kontaminationsrisiken zu reduzieren

Es ist also erforderlich, diese Kontaminationsfälle verhindern zu können, indem die Expositionsquellen möglichst weitgehend eingeschränkt werden. Kürzlich wurden verschiedene Vorsichtsmassnahmen zusammengestellt und an die Branche verteilt, um die PCB-Exposition für alle Fleischproduktionsbetriebe auf Weidebasis zu senken (Agridea, 2021). Diese Ratschläge beruhen im Wesentlichen auf Vorsichtsmassnahmen bei der Weideführung sowie der Ernte und Lagerung des Futters, um seine Verunreinigung mit Erde zu senken. In einigen Extremfällen können diese Massnahmen unzureichend sein, um die Fälle zufälliger Kontamination zu verhindern, beispielsweise, wenn sich der Viehbestand in einer Zone befindet, in

der der Boden über ein bestimmtes Mass hinaus belastet ist. Die Landwirtinnen und Landwirte können dann mit einer Neuausrichtung ihrer Tätigkeiten als Landwirtschaftsbetrieb hin zu Produktionsformen konfrontiert sein, die weniger anfällig für Schadstofftransfers vom Boden aus sind (Beispiel Pflanzenbau).

### Erste Schätzungen vervollständigen und vertiefen

Die geringe Anzahl der zu den PCB-Belastungen von Futtermitteln und Böden angestellten Beobachtungen schränkt die generische Bedeutung dieser Ergebnisse ein. Diese Feststellung hebt die Notwendigkeit hervor, die Pläne für Bundes-, Kantons- und Branchenkontrollen auszuweiten und in grösserer Zahl zu bündeln, mit besonderem Schwerpunkt auf den Futtermitteln und den Böden von Wiesen- und Weideflächen. Später werden diese Schätzungen der PCB-Exposition in die mathematischen Modelle integriert, die den Transfer organischer Schadstoffe bei der Mutterkuh und ihrem Kalb beschreiben und im Rahmen des Projekts Agropop entwickelt wurden. So

wird es möglich werden, den PCB-Gesamttransfer aus der Umgebung des Viehbestands auf das Fleisch zu beschreiben. Mit diesen Ergebnissen wird man die Ansätze und Hilfsmittel zur Entscheidung der zuständigen Behörden über die Risikoanalyse der Schadstoffexposition von Viehbeständen durch die Umgebung verbessern können. Ausserdem wird es möglich werden, die Landwirtinnen und Landwirte im Falle einer Gesundheitskrise besser zu betreuen.

### Dank

Dieses Projekt wurde vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und von Mutterkuh Schweiz finanziell unterstützt. Die Autorenschaft richtet ihren Dank an Mathilde Hans-Möevi von Mutterkuh Schweiz, C. Clément (amtliche Futtermittelkontrolle), D. Wächter (Nationale Bodenbeobachtung Schweiz) sowie P. Schlegel von Agroscope, M. Zennegg und C. Driesen von der Empa, L. Klausner vom BLV und J. Sägger vom Kanton Schaffhausen für die Bereitstellung von Datenbanken, mit denen Schätzungen der PCB-Exposition von Mutterkühen in der Schweiz erarbeitet werden konnten. ■

«Dioxinähnliche» PCB-Konzentrationen verschiedener Winter- und Sommerrationen

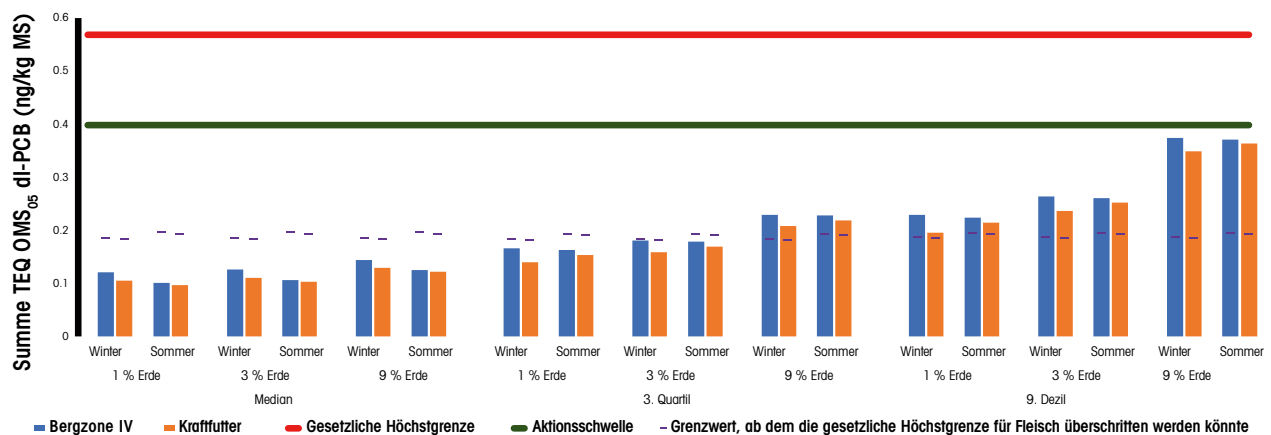


Abbildung 5: «Dioxinähnliche» PCB-Konzentrationen verschiedener Winter- und Sommerrationen «Bergzone IV» und «Krafftutter» entsprechend drei Aufnahmemengen von Erde und drei Kontaminationsstufen (Median, 3. Quartil und 9. Dezil)