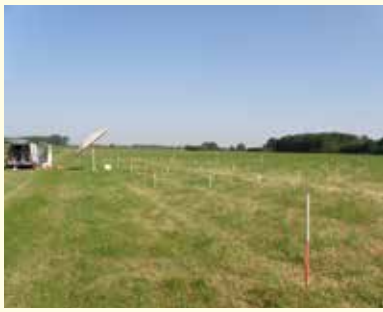
LUBW

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg



dl-PCB in den Böden von Baden-Württemberg

Eine orientierende Stichprobenuntersuchung

Baden-Württemberg

LUBW
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und
Naturschutz Baden-Württemberg

dl-PCB in den Böden von Baden-Württemberg

Eine orientierende Stichprobenuntersuchung

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat Boden, Altlasten
REDAKTION	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat Boden, Altlasten
BEZUG	Kostenloser Download unter: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
ISBN	978-3-88251-388-2
STAND	2. Ausgabe, gekürzt und überarbeitet, März 2016
BILDRECHTE	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG		**7**
1 VERANLASSUNG		**9**
2 STANDORTAUSWAHL UND METHODEN		
2.1	Standortauswahl	10
2.2	Probennahme	10
2.3	Analytik	10
2.4	Berechnung des Schadstoffvorrats	10
2.5	Ergebnisdarstellung	12
3 BEWERTUNGSKONZEPTE		
3.1	Referenzwerte	13
3.2	TEF-Konzepte	13
4 ERGEBNISSE		
4.1	Kongenerenmuster	16
4.2	dl-PCB	16
4.3	PCDD/F	19
4.4	PCB_6	22
5 FAZIT		**24**
6 LITERATUR		**26**
7 ANHANG		**28**

Zusammenfassung

Um einen ersten Überblick über die Belastungssituation der Böden in Baden-Württemberg mit dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) zu erhalten, wurden im Rahmen der Bodendauerbeobachtung Ende 2009 bis Anfang 2010 insgesamt 50 Standorte in den Nutzungskategorien Grünland mit und ohne Überschwemmungseinfluss, Acker sowie Wald in Baden-Württemberg beprobt und auf dl-PCB, Dioxine/Furane (PCDD/F) und Indikator-PCB (PCB_6) untersucht.

dl-PCB

Je nach Belastungsniveau konnten im ersten mineralischen Bodenhorizont mindestens vier der zwölf dl-PCB- Kongenere quantitativ bestimmt werden. Daher ist von einer ubiquitären Verbreitung von dl-PCB in den Böden auszugehen. Der Anteil der dl-PCB an dem Gesamtgehalt PCDD/F+dl-PCB beträgt, bezogen auf das gesamte Probenkollektiv, 30 % (Median). Das Kongener PCB 126 dominiert dabei mit einem Summenanteil von 26 %. Dies zeigt die Notwendigkeit, diese Stoffgruppe bei den bodenschutzrechtlichen Maßstäben zu berücksichtigen. Die organische Auflage weist mit einem Median von 3,4 ng WHO-TEQ/kg aufgrund ihres geringen Raumgewichts den höchsten dl-PCB-Gehalt auf. Die Gehalte nehmen in der Reihenfolge organische Auflage > Waldoberboden > Überschwemmungsflächen > Grünlandoberboden und Ackeroberboden ab. In Ackerböden sind die niedrigen Gehalte auf den Verdünnungseffekt der Bodenbearbeitung zurückzuführen. Bundesweite Daten über dl-PCB-Gehalte in Böden liegen nicht vor. Exemplarische Vergleiche mit den Daten anderer Bundesländer zeigen, dass die Gehalte in ähnlicher Größenordnung liegen.

PCDD/F

PCDD/F zeigen ein ähnliches Verteilungsmuster wie dl-PCB. Mit einem maximalen Wert von 22 ng I-TEQ/kg wurde auf 4 von 13 Überschwemmungsflächen der Zielwert der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE von 5 ng I-TEQ/kg für eine uneingeschränkte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung überschritten. Auf den betroffenen Flächen ist aus Gründen der Vorsorge eine Verschlechterung der Belastungssituation zu vermeiden.

Die PCDD/F-Gehalte in den Oberböden liegen im Bereich der Hintergrundwerte [LABO, 2003]. In der organischen Auflage deutet sich aufgrund der deutlichen Abnahme des Median von 17 ng I-TEQ/kg auf 6,7 ng I-TEQ/kg ein Rückgang der Gehalte an. Im Vergleich mit bundesweiten Daten wurden in Baden-Württemberg mit Ausnahme der Waldoberböden geringfügig niedrigere PCDD/F-Gehalte ermittelt [Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, 2007].

PCB_6

Die sechs Indikator-PCB repräsentieren stellvertretend die Belastung eines Umweltkompartiments mit PCB. Sie korrelieren eng mit dem absoluten dl-PCB-Gehalt und zeigen innerhalb der einzelnen Nutzungskategorien das gleiche Verteilungsmuster. Auf zwei Überschwemmungsflächen wurde der Vorsorgewert, auf einer Überschwemmungsfläche der Maßnahmenwert für Grünlandflächen (Pflanzenqualität) nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) überschritten. Aus Vorsorgegründen ist eine Verschlechterung der Belastungssituation auf diesen Standorten zu vermeiden bzw. Nutzung und Bewirtschaftung der Flächen anzupassen.

Die PCB_6-Gehalte liegen in den Acker- und Grünlandoberböden im Bereich der Hintergrundwerte [LABO, 2003]. In Waldoberböden liegt der Median geringfügig höher. Da die Messwerte allein aufgrund der Bodenheterogenität deutlich schwanken können, kann ein Trend zu höheren Gehalten in Waldoberböden nicht abgeleitet werden. Analog zu PCDD/F deutet sich in der organischen Auflage ein Rückgang des PCB_6-Gehalts an. Im Vergleich mit bundesweiten Daten wurden in Baden-Württemberg etwas niedrigere PCB_6-Gehalte ermittelt [Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, 2007].

1 Veranlassung

Unter dem Begriff Dioxine werden die Stoffklassen der polychlorierten Dibenzodioxine (PCDD, 75 Kongenere) und der polychlorierten Dibenzofurane (PCDF, 135 Kongenere) zusammengefasst. Von den 210 möglichen PCDD/F-Kongeneren sind 17 Verbindungen toxikologisch besonders relevant.

Polychlorierte Biphenyle (PCB) wurden weltweit für technologische Zwecke in großen Mengen industriell hergestellt. Bei der Bestimmung von PCB beschränkt man sich auf sechs Leitkongenere nach Ballschmiter (PCB_6: 28, 52, 101, 138, 153 und 180). Neben diesen Leitkongeneren zeigen 12 der 209 möglichen PCB-Kongenere aufgrund struktureller Ähnlichkeiten ein den Dioxinen vergleichbares Wirkprofil. Sie werden daher dioxinähnliche PCB (dl-PCB) genannt und gemeinsam mit den Dioxinen über Toxizitätsäquivalenzfaktoren toxikologisch bewertet [van den Berg et al., 1998]. Dl-PCB werden aufgrund ihrer toxikologischen Relevanz in Umwelt und Gesundheit zunehmend diskutiert. Für Dioxine in Futter- und Lebensmitteln gibt es seit 2002, für dl-PCB seit 2006 EU-weit geltende Höchstwerte [Richtlinie 2006/13/EG, Verordnung (EG) Nr. 1881/2006]. Bodenschutzrechtliche Beurteilungsmaßstäbe liegen für Dioxine und PCB_6 vor, jedoch nicht für dl-PCB [BBodSchV, 1999].

Für die 17 bewertungsrelevanten PCDD/F und PCB_6 wurden insbesondere in den 1980er und 1990er Jahren umfangreiche Bodenuntersuchungen in Baden-Württemberg durchgeführt. Für die zwölf bewertungsrelevanten dl-PCB liegen nur für einzelne Kongenere Bodendaten vor.

Um eine erste Übersicht über die Belastung der Böden in Baden-Württemberg mit dioxinähnlichen PCB zu erhalten, wurden im Rahmen der Bodendauerbeobachtung insgesamt 50 Standorte beprobt und auf dl- PCB sowie zusätzlich PCDD/F und PCB_6 untersucht. Ziel war eine Querschnittsuntersuchung von Standorten mit möglicher Hintergrundbelastung bis zu potenziell höher belasteten Überschwemmungsflächen.

2 Standortauswahl und Methoden

2.1 Standortauswahl

Für die Auswahl der Standorte in den Nutzungskategorien Acker, Grünland und Wald dienten als Informationsgrundlage folgende Untersuchungsprogramme:

- Bodendauerbeobachtungsflächen des Grundmessnetzes (GMN) und Intensiv-Messstellen (BDF II)
- Ökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg (ÖkWi)
- Messprogramme in Überschwemmungsgebieten, da an Schwebstoffen sorbierte Schadstoffe aus diffusen und direkten Quellen hier abgelagert werden.

Berücksichtigt wurden zudem Vorschläge von Regierungspräsidien und Landratsämtern für Standorte auf Überschwemmungsflächen sowie Gebiete, in denen bisher keine Bodenbeprobung stattgefunden hatte. Insgesamt wurden 9 Acker-, 25 Grünland- und 16 Waldstandorte ausgewählt. Eine Übersicht der Untersuchungsflächen ist in Abbildung 2-2 dargestellt.

2.2 Probennahme

Die Probennahme erfolgte nach dem Beprobungskonzept der Bodendauerbeobachtung auf Flächen von 400 m^2 durch das Büro solum, büro für boden + geologie, Freiburg. Es wurden Oberboden und Übergangshorizonte horizontdifferenziert bis maximal 30 cm Tiefe beprobt. Die Bodenproben wurden repräsentativ für die Fläche anhand von 36 Einstichen mittels Stechbohrer (Edelstahl Split-Tube Bohrer, Ø 48 mm) entnommen. Das Bodenmaterial wurde vor Ort homogenisiert und horizontweise zu Mischproben vereinigt.

Auf Waldstandorten wurden zusätzlich die organischen Auflagen mit einem Edelstahlstechrahmen beprobt. Die Proben wurden bis zur Analyse in 1 L Braunglasflaschen (Oberboden) bzw. 2 L Braunglasflaschen (organ. Auflage) tiefgekühlt gelagert. Auf den Probennahmeflächen wurde eine Sondierung mit dem Pürckhauer-Bohrer bis in 1 m Tiefe durchgeführt. Anhand der Sondierungsbohrung wurde die Aufnahme bereits kartierter Standorte überprüft, für unkartierte Standorte wurde eine Bodenprofilansprache nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA5) durchgeführt.

2.3 Analytik

Die Aufbereitung und Analyse der Bodenproben erfolgte durch das Institut SGS Fresenius GmbH. In einem ersten Schritt wurden organische Auflage und erster mineralischer Oberbodenhorizont analysiert. Tiefer liegende Horizonte sollten erst nach etwaigem positivem Analysenergebnis untersucht werden. Die Probenaufbereitung und Homogenisierung erfolgte nach DIN ISO 11464. Die Teilproben für die Untersuchungen wurden mittels Viertelung gewonnen. Die Analysen der Bodenproben auf PCDD/F sowie PCB wurden nach Klärschlammverordnung [AbfKlärV, Anhang 1] durchgeführt. Die Extraktion der Bodenproben erfolgte mittels beschleunigter Lösungsmittelextraktion (ASE, Accelerated Solvent Extraction) mit Toluol als Lösungsmittel. Die ASE gilt als effizienter gegenüber der Soxhlet-Extraktion [Bund/Länder-Arbeitsgruppe DOXINE, 2002]. Insbesondere bei den höher chlorierten Verbindungen ist die Extraktionsausbeute erfahrungsgemäß um ungefähr 20 % größer [Breig, 2010].

2.4 Berechnung des Schadstoffvorrats

Für die Interpretation der Schadstoffbelastung ist neben dem massenbasierten Schadstoffgehalt (z. B. µg/kg) die Berechnung von Stoffvorräten (z. B. g/ha) eine wesentliche Voraussetzung. Denn unterschiedliche Bodenarten und Bodenhorizonte weisen unterschiedliche Raumgewichte auf, so dass die alleinige Betrachtung des massenbasierten Gehalts irreführend sein kann. Bei Vorratsberechnungen werden die Dichte, Horizontmächtigkeit und der Skelettanteil der einzelnen Proben berücksichtigt. Für den Sklettanteil wird von einem Schadstoffgehalt gleich Null ausgegangen. Besonders beim Vergleich von Mineralbodenhorizonten mit organischen Auflagen spielen Dichte und Horizontmächtigkeit eine Rolle. Organische Auflagen weisen in der Regel ein geringeres spezifisches

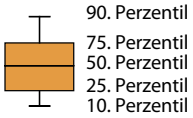


Abb. 2-1: Box-Plot zur Darstellung von Werteverteilungen

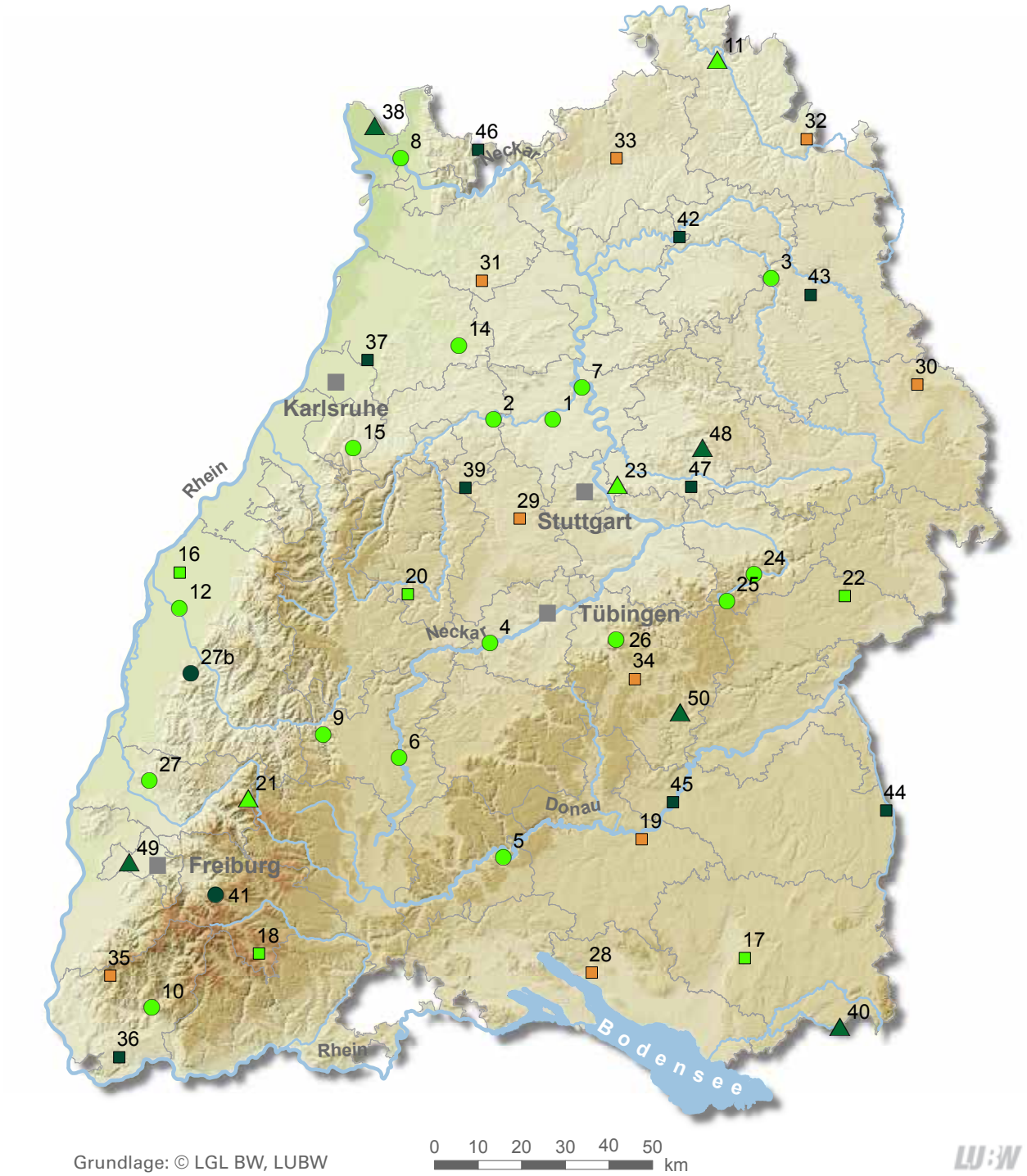


Abb. 2-2: Übersicht über die einzelnen Untersuchungsstandorte

Gewicht und geringere Horizontmächtigkeit auf. Die Stoffvorräte können daher trotz hohem massenbasierten Schadstoffgehalt niedriger sein als in mineralischen Oberböden.

Es wird darauf hingewiesen, dass im Zuge der Probenahme nicht durchgängig die Masse der feldfrischen Proben bestimmt wurde. Bei fehlenden Daten wurde das Gesamtgewicht der Probe über die Horizontmächtigkeit linear interpoliert. Die Lagerungsdichte wurde hilfsweise über die Trockenmasse und das beprobte Volumen berechnet.
Darauf basierend wurden die in Abbildung 4-2, 4-6 und 4-8 dargestellten Stoffvorräte abgeschätzt. Um den Datenbestand zu erweitern, sind weitere Beprobungen im Rahmen des Bodendauerbeobachtungsprogramms geplant.

2.5 Ergebnisdarstellung

Die Perzentile wurden mit dem Programm Statview (1995) berechnet (Cleveland-Methode). Wenn nichts anderes angegeben ist, wurden Box-Plots zur Darstellung von Werteverteilungen genutzt.

3 Bewertungskonzepte

3.1 Referenzwerte

Die Bewertung der Dioxin- und PCB_6-Gehalte in Böden erfolgt anhand der gestuften Werte und Vorgaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV, Tabellen 3-1 und 3-2). Darüber hinaus empfiehlt die Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE Richtwerte für landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Böden, die in Tabelle 3-3 dargestellt sind. Für dl-PCB enthält die BBodSchV keine Referenzwerte.

Tab. 3-1: Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte für Polychlorierte Biphenyle (PCB_6) bezogen auf die Trockenmasse nach BBodSchV, diverse Wirkungspfade

Vorsorgewerte	
bei Humusgehalt > 8% bzw. ≤ 8%	0,1 bzw. 0,05 mg/kg
Prüfwerte	
Kinderspielflächen	0,4 mg/kg
Wohngebiete	0,8 mg/kg
Park- und Freizeitanlagen	2,0 mg/kg
Industrie und Gewerbe	40,0 mg/kg
Maßnahmenwerte	
Grünlandflächen (Pflanzenqualität)	0,2 mg/kg

Tab. 3-2: Maßnahmenwerte für Dioxine/Furane bezogen auf die Trockenmasse nach BBodSchV; Wirkungspfad Boden-Mensch

Maßnahmenwerte		
Kinderspielflächen	100	ng I-TEQ/kg
Wohngebiete	1.000	ng I-TEQ/kg
Park- und Freizeitanlagen	1.000	ng I-TEQ/kg
Industrie und Gewerbe	10.000	ng I-TEQ/kg

Da keine Referenzwerte für dl-PCB vorliegen, werden die Richtwerte in Tab. 3-3 auch zur Bewertung der PCDD/F- und dl-PCB-Gehalte dieser Untersuchung herangezogen.

Tab. 3-3: Richtwerte für Dioxine/Furane bezogen auf die Trockenmasse nach der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE

Richtwert	Handlungsempfehlung
Zielwert < 5 ng I-TEQ/kg	Bei einer Belastung < 5 ng I-TEQ/kg TM ist jegliche Nutzung der Böden ungeprüft möglich
5 - 40 ng I-TEQ/kg	Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen im Sinne der Vorsorge
ab 40 ng I-TEQ/kg	Einschränkung auf bestimmte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzungen, uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer

3.2 TEF-Konzepte

Die PCDD/F und dl-PCB- Toxizität wird anhand von Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) bewertet. Die Bezugsgröße ist das Kongener mit der höchsten Toxizität, 2,3,7,8 Tetra-CDD, dem ein TEF von 1 zugeordnet wurde. Das Produkt aus Analysenergebnis und TEF des einzelnen Kongeners ergibt das Toxizitätsäquivalent (TEQ); die Summe der TEQ die Toxizitätsäquivalentsumme (TEQS). I-TEQS nach der North Atlantic Treaty Organization Committee on the Challenges of Modern Society (NATO/CCMS) geben die toxikologisch gewichtete Summe aus den gemessenen Gehalten der 17 PCDD/F an [Kutz et al., 1990]. TEQS nach der Weltgesundheitsorganisation von 1997 und 2005 (WHO-TEQ) berücksichtigen zusätzlich die 12 dl-PCB Kongenere [van den Berg et al., 1998; van den Berg et al., 2006]. Die einzelnen TEF der PCDD/F und dl-PCB Kongenere sind den Tabellen 3-4 und 3-5 zu entnehmen.

Die Toxizitätsäquivalenzfaktoren werden anhand unterschiedlicher Studien ermittelt und bei neueren Erkenntnissen aktualisiert. Daher haben sich im Laufe der Zeit durch neuere toxikologische Bewertungen die TEF leicht verändert. Die letzte Aktualisierung fand 2005 durch die WHO statt. In Tabelle 3-4 wurden exemplarisch für

Tab. 3-4: Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) nach NATO/CCMS 1988, WHO 1997 und WHO 2005 sowie Vergleich der Ergebnisse nach den drei unterschiedlichen Berechnungsverfahren exemplarisch für Standort G_1

Stoffbezeichnung	I-TEF NATO 1988	WHO-TEF 1997	WHO-TEF 2005	BG** ng/kg TM***	Messwert ng/kg TM	ng I-TEQ/kg	ng WHO 97-TEQ/kg	ng WHO 05-TEQ/kg
2,3,7,8-TCDD	1,0	1,0	1,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5*	1,0	1,0	0,1	1,4	0,7	1,4	1,4
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1	0,1	2,8	0,3	0,3	0,3
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1	0,1	22	2,2	2,2	2,2
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1	0,1	0,1	7,5	0,8	0,8	0,8
1,2,3,3,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01	0,01	0,5	410	4,1	4,1	4,1
OCDD	0,001*	0,0001*	0,0003	1,0	3300	3,3	0,3	1,0
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1	0,1	0,1	8,9	0,9	0,9	0,9
1,2,3,7,8-PeCDF	0,05*	0,05*	0,03	0,1	5,1	0,3	0,3	0,2
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5*	0,5*	0,3	0,1	9,2	4,6	4,6	2,8
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1	0,1	15	1,5	1,5	1,5
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1	0,1	7,6	0,8	0,8	0,8
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1	0,1	7,7	0,8	0,8	0,8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01	0,01	0,3	120	1,2	1,2	1,2
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01	0,01	0,3	8,1	0,1	0,1	0,1
OCDF	0,001*	0,0001*	0,0003	1,0	460	0,5	0,0	0,0
Summe						22,1	19,4	18,2

* *Abweichungen von den WHO-TEF 2005*

** *Die Bestimmungsgrenze (BG) variiert probenabhängig. Die BG der übrigen Proben sind den Einzelwerten im Anhang zu entnehmen.*

*** *TM = Trockenmasse*

Standort G_1 (Grünland_1) die Toxizitätsäquivalente für PCDD/F nach den drei Verfahren NATO/CCMS sowie WHO 1997 und WHO 2005 berechnet. Inwiefern sich die Ergebnisse der Berechnungsverfahren unterscheiden, hängt von dem Kongenerenmuster der jeweiligen Proben ab. Bei G_1 liegen die I-TEQ aufgrund der höheren TEF der einzelnen Kongenere über den WHO-TEQ.

Daraus wird deutlich, dass sich bei der Vergleichbarkeit mit älteren Daten oder Referenzwerten Einschränkungen ergeben können. Bodenschutzrechtliche Beurteilungsmaßstäbe und Richtwerte liegen bisher nur für Dioxine vor und werden in I-TEQ nach NATO/CCMS angegeben. Im Lebens- und Futtermittelbereich existieren bereits EU-weit geltende Höchstwerte für Dioxine und dl-PCB. Sie werden in WHO-TEQ (1997) angegeben.

Tab. 3-5: Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) nach WHO 1997 und 2005 für dl-PCB sowie Vergleich der Ergebnisse nach den zwei unterschiedlichen Berechnungsverfahren exemplarisch für Standort G_1

PCB-Typ	IUPAC-Nr.	WHO-TEF 1997	WHO-TEF 2005	BG** ng/kg TM***	Messwert ng/kg TM	ng WHO 97-TEQ/kg	ng WHO 05-TEQ/kg
keine ortho-Substitution							
	77	0,00010	0,00010		339	0,0	0,0
	81	0,00010*	0,00030		< 5	0,0	0,0
	126	0,10000	0,10000	1-10	64	6,4	6,4
	169	0,01000*	0,03000		12	0,1	0,4
mono-ortho-Substitution							
	105	0,00010*	0,00003		1190	0,1	0,0
	114	0,00050*	0,00003		225	0,1	0,0
	118	0,00010*	0,00003		2770	0,3	0,1
	123	0,00010*	0,00003		< 200	0,0	0,0
	156	0,00050*	0,00003	10-50	2120	1,1	0,1
	157	0,00050*	0,00003		417	0,2	0,0
	167	0,00001*	0,00003		1110	0,0	0,0
	189	0,00010*	0,00003		484	0,0	0,0
Summe						8,4	7,0

* *Abweichungen von den WHO-TEF 2005*

** *Die Bestimmungsgrenze (BG) variiert probenabhängig, daher werden in der Tabelle die BG genannt, die in der Regel erreicht werden [Grupp, 2009]. Die BG der übrigen Proben sind den Einzelwerten im Anhang zu entnehmen.*

*** *TM = Trockenmasse*

LUBW

In Tabelle 3-5 wurden exemplarisch die dl-PCB-TEQ nach WHO 1997 und 2005 für Standort G_1 berechnet. Den größten Einfluss auf das Ergebnis hat die Verringerung des TEF von PCB 156, das in dieser Probe einen hohen Gehalt aufwies. Insgesamt wurden die Faktoren der einzelnen mono-ortho-substituierten dl-PCB-Kongenere in dem aktuellen TEF-Konzept von 2005 verringert. Grund hierfür ist die Annahme, dass weniger die einzelnen dl-PCB ein toxisches Potenzial aufweisen, sondern Verunreinigungen mit PCDD/F oder PCB 126 Effekte hervorrufen [van den Berg et al., 2006]. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) rät aufgrund dieser TEF-Reduzierung von einer Übernahme der WHO-TEF 2005 in den gesetzlichen EU-Regelungen für Lebens- und Futtermittel ab [Stellungnahme Nr. 003/2007 des BfR vom 04. September 2006]. Da für dl-PCB in bodenschutzrechtlichen Regelungen derzeit keine Grenzwerte existieren, wurden in der vorliegenden Untersuchung die Toxizitätsäquivalente nach dem aktuellsten TEF-Konzept der WHO von 2005 berechnet. Dafür wurden drei Berechungsarten angewendet. Die Berechnungsarten unterscheiden sich dadurch, wie die Bestimmungsgrenze einbezogen wird, wenn das Analysenergebnis für ein Kongener unter der Bestimmungsgrenze liegt. Der TEQ-A wird mit der vollen BG, der TEQ-B ohne BG (BG=0) und der TEQ-C wird mit der halben BG berechnet. Im Ergebnisteil sind die TEQ_S für PCDD/F+dl-PCB und die Summenwerte der PCB_6 nach Verfahren C (<BG=1/2BG) sowie zusätzlich die Spannweite der Berechnungen nach A (<BG=BG) und B (<BG=0) anhand von Fehlerbalken dargestellt. Die Spannweite hängt von Anzahl der Kongenere mit Analysenergebnissen unter der BG und von der Höhe der BG selbst ab. Je kleiner der BG, desto kleiner ist auch die Spannweite zwischen A und B. Die Bestimmungsgrenzen der Einzelkongenere jeder Probe sind den Tabellen im Anhang zu entnehmen.

4 Ergebnisse

4.1 Kongenerenmuster

Abbildung 4-1 stellt den Anteil der einzelnen Kongenere an der PCB_6-Summe über das gesamte Probenkollektiv dar. Alle Proben der vorliegenden Untersuchung weisen ein vergleichbares Kongenerenmuster auf.

Abbildung 4-3 stellt den Anteil der einzelnen Kongenere an der absoluten PCDD/F+dl-PCB-Summe in ng/kg über das gesamte Probenkollektiv dar. Das Kongenerenmuster zeigt sich vergleichsweise einheitlich bei allen Proben der aktuellen Untersuchung. Bei den Dioxinen und Furanen dominieren die hepta- und octachlorierten Kongenere, insbesondere OCDD. Bei den dl-PCB dominiert PCB 118.

Dabei ist zu beachten, dass die dl-PCB-Kongenere trotz hoher Messwerte nicht zwangsläufig einen maßgeblichen Einfluss auf die TEQ-Summe haben müssen, da sie überwiegend geringe TEF aufweisen (Tab. 3-4; 3-5). Abbildung 4-4 zeigt den Anteil der einzelnen Dioxin- und dl-PCB-Kongenere an der TEQ-Summe über das gesamte Probenkollektiv. Die hepta- und octachlorierten Dioxine und Furane sowie das PCB 118 haben aufgrund ihrer niedrigen TEF nur einen sehr geringen Anteil an der TEQ-Summe. Bei den dl-PCB dominiert nun das Kongener PCB 126, mit dem höchsten TEF von 0,1. Der Anteil der dl-PCB-TEQ an der Summe PCDD/F+ dl-PCB liegt bei 30 %. Davon entfallen alleine 26 % auf das Kongener PCB 126.

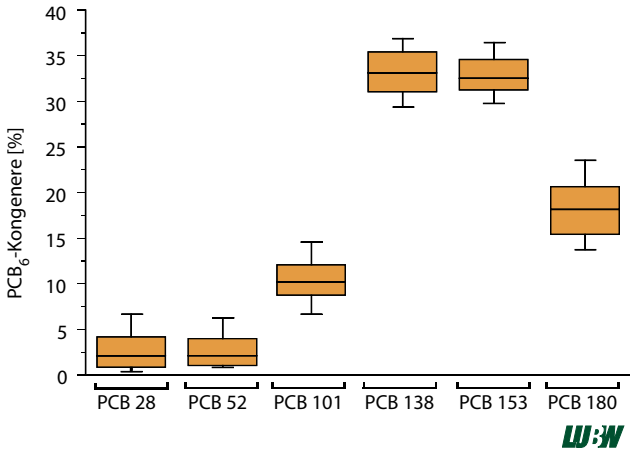


Abb. 4-1: Prozentualer Anteil der einzelnen Kongenere an der PCB_6-Summe (<BG=1/2BG) über das gesamte Probenkollektiv (Oberboden+Auflage)

Das bedeutet, dass 86 % der dioxinähnlichen Wirkung der dl-PCB durch das Kongener 126 ausgelöst wird. Dies deckt sich mit den Ergebnissen nach UBA [2010].

4.2 dl-PCB

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind synthetische Produkte ohne natürliches Vorkommen. Je nach Chlorierungsgrad und Stellung der Chloratome am Biphenylgerüst sind 209 mögliche Vertreter zu unterscheiden, darunter die zwölf dl-PCB Kongenere. Die industriell genutzten PCB-Gemische können sich in ihrer Zusammensetzung erheblich unterscheiden. PCB wurden wegen ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften und der vergleichsweise einfachen und preiswerten Herstellung in einer Vielzahl von großtechnischen Produkten eingesetzt (z.B. Anstriche, Schmiermittel, Transformatoren). Sie haben sich infolge ihrer Verwendung in offenen und geschlossenen Systemen in der Umwelt ubiquitär verbreitet und aufgrund ihrer Persistenz angereichert. Man findet diese Stoffgruppe daher in verschiedenen Umweltkompartimenten wie Wasser, Boden, Luft, Sedimenten, Pflanzen und Tieren. Heute resultieren Emissionen überwiegend aus Altlasten wie z.B. Deponien von PCB-haltigen Abfällen oder mit PCB verschmutzte Betriebsstandorte [BMU, 2009]. Aufgrund ihrer geringen Wasserlöslichkeit ist bei niedrigen Gehalten keine Verlagerung mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten zu erwarten [LfU, 1995], wobei das Retentionsvermögen des Bodens vom Gehalt an organischem Kohlenstoff abhängt.

Von den 12 dl-PCB-Kongeneren konnten in der vorliegenden Untersuchung mindestens 4 quantitativ bestimmt werden. Dabei zeigen die dl-PCB-Gehalte in den einzelnen Nutzungskategorien deutliche Unterschiede (Abb. 4-5). Ackerböden weisen die geringsten Gehalte auf. Dies wurde auch in anderen Arbeiten beschrieben und ist darauf zurückzuführen, dass die Schadstoffe oberflächlich eingetragen und durch die Bearbeitung in den Boden eingemischt werden, so dass die Gehalte sinken [Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, 2007]. Das Probenkollektiv

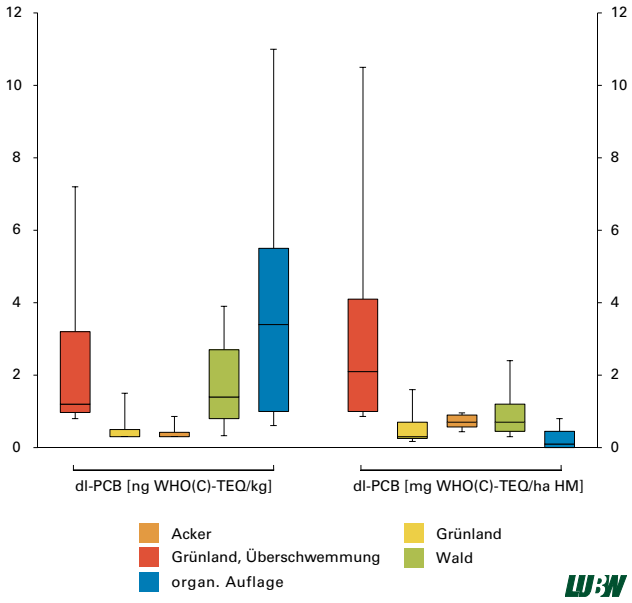


Abb. 4-2 dl-PCB-Gehalte und - Vorräte verschiedener Nutzungskategorien, HM = Horizontmächtigkeit

Grünland gliedert sich in Überschwemmungsflächen und Nicht-Überschwemmungsflächen (Abb. 4-5). Auf den Überschwemmungsflächen liegen die dl-PCB-Gehalte um ein 3,5-faches über den Flächen ohne Überschwemmungseinfluss (Median). Überschwemmungflächen weisen oft höhere und kleinräumig variierende Schadstoffbelastungen auf, da sich bei Hochwasser belastetes Flusssediment oder an Schwebstoffen sorbierte Schadstoffe aus diffusen und direkten Quellen je nach Sedimentationsbedingungen (z.B. Fließgeschwindigkeit) im Überflutungsbereich ablagern. Weitere, lokale Einflussfaktoren können ebenfalls zu höheren Schadstoffgehalten führen (z.B. Einleitersituation, Schadstoffeinträge direkt auf der Fläche). Die Gehalte nehmen in der Reihenfolge organische Auflage > Waldoberboden > Überschwemmungsflächen > Grünlandoberboden ohne Überschwemmungseinfluss und Ackeroberboden ab (Abb. 4-2). Die hohen Gehalte in der organischen Auflage sind auch bei anderen organischen Schadstoffen zu beobachten. Grund hierfür ist das geringe Raumgewicht und die geringe Horizontmächtigkeit der organischen Auflage unter Wald. Dies führt dazu, dass für die gleiche

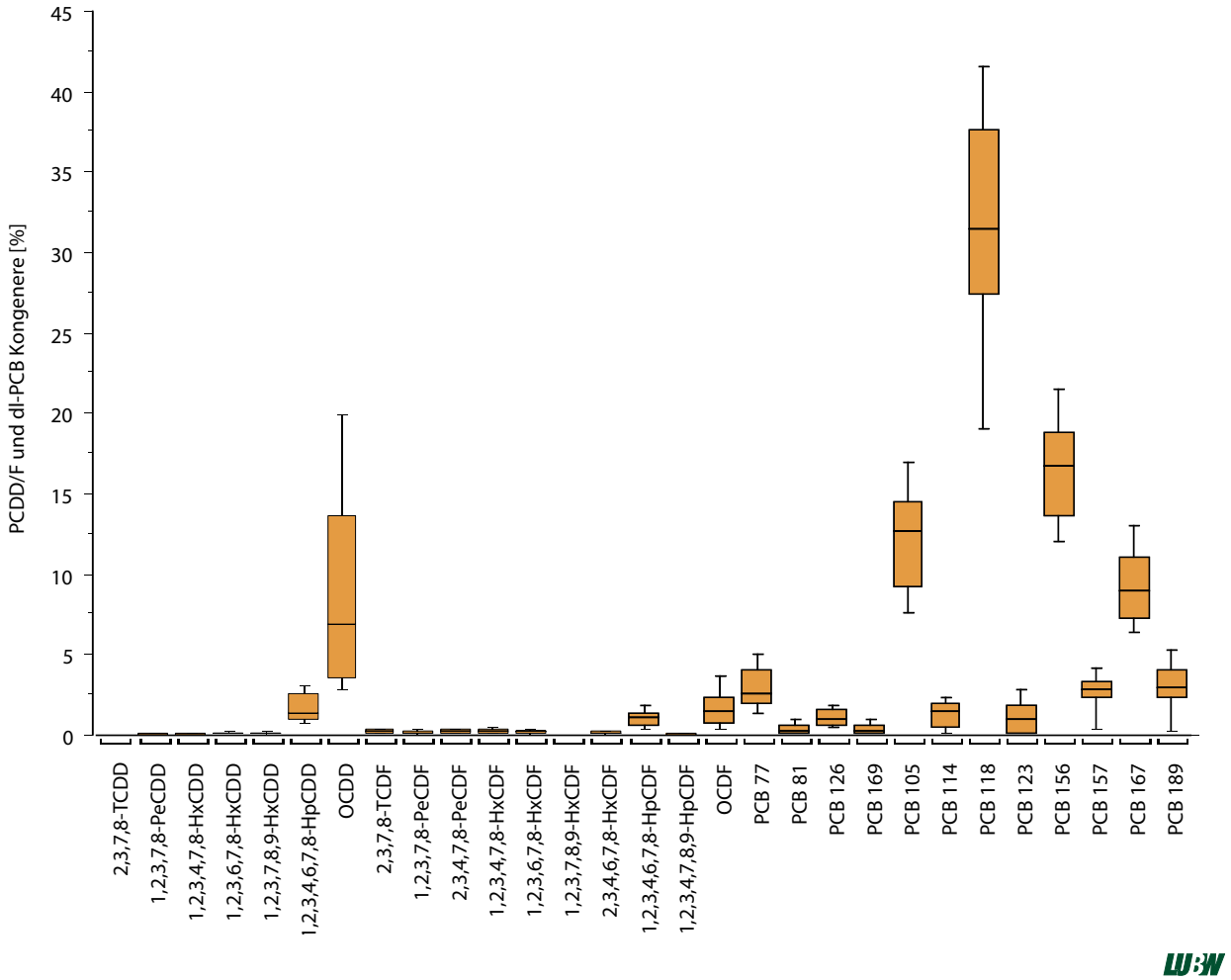


Abb. 4-3: Prozentualer Anteil der einzelnen Kongenere an der PCDD/F+dl-PCB-Summe(<BG=1/2BG) [ng/kg] über das gesamte Probenkollektiv (Oberboden+Auflage)

Probenmenge auf Waldstandorten eine wesentlich größere Fläche beprobt werden muss, als bei vergleichbaren Acker- oder Grünlandstandorten. Unter Berücksichtigung des Raumgewichts und der Horizontmächtigkeit zeigt sich bei der Betrachtung des dl-PCB-Vorrats ein anderes Verteilungsmuster. Während die Waldoberböden und organischen Auflagen wegen ihres geringen Raumgewichts einen niedrigen dl-PCB-Vorrat aufweisen, zeigen die Ackeroberböden aufgrund der hohen Lagerungsdichte und Mächtigkeit des Ap-Horizonts auch einen hohen Schadstoffvorrat. Dabei ist zu beachten, dass nicht das gesamte Bodenprofil, sondern nur der obere Horizont betrachtet wurde. Die durchschnittliche Horizontmächtigkeit betrug unter Acker 23 cm, unter Wald nur 8 cm (Oberboden). Auf den Grünlandstandorten mit und ohne Überschwemmungseinfluss lag die Horizontmächtigkeit bei 18 cm und 15 cm, der hohe Vorrat auf den Überschwemmungsflächen erklärt sich demnach primär aus den höheren dl-PCB-Gehalten.

In anderen Bundesländern wurden vereinzelt dl-PCB-Gehalte auf Überschwemmungsflächen oder Flächen der Bodendauerbeobachtung bestimmt. Bundesweite Daten liegen nicht vor, daher sind nur exemplarische Vergleiche möglich. In Niedersachsen wurden auf Überschwemmungsflächen Gehalte von 0,4 bis 8 ng WHO-TEQ/kg (1997) bestimmt [UBA, 2010]. Die Gehalte in Baden-Württemberg liegen mit Werten zwischen 0,8 bis 7,1 ng WHO-TEQ/kg (1997) in einem ähnlichen Bereich. In Hessen wurden auf Flächen der Bodendauerbeobachtung (ohne Nutzungsdifferenzierung) ein Median von 0,4 und ein 90. Perzentil von 2,2 ng WHO-TEQ/kg (1997) ermittelt. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind mit Gehalten von 0,5 WHO-TEQ/kg (1997) (Median) vergleichbar. In Schleswig-Holstein liegen nutzungsdifferenzierte Auswertungen vor. Für Grünland wurden 1,9, für Acker 0,02 und für Waldoberböden und organische Auflagen 7,8 ng WHO-TEQ/kg (1997), jeweils 90. Perzentil, angegeben [LLUR -SH, 2009].

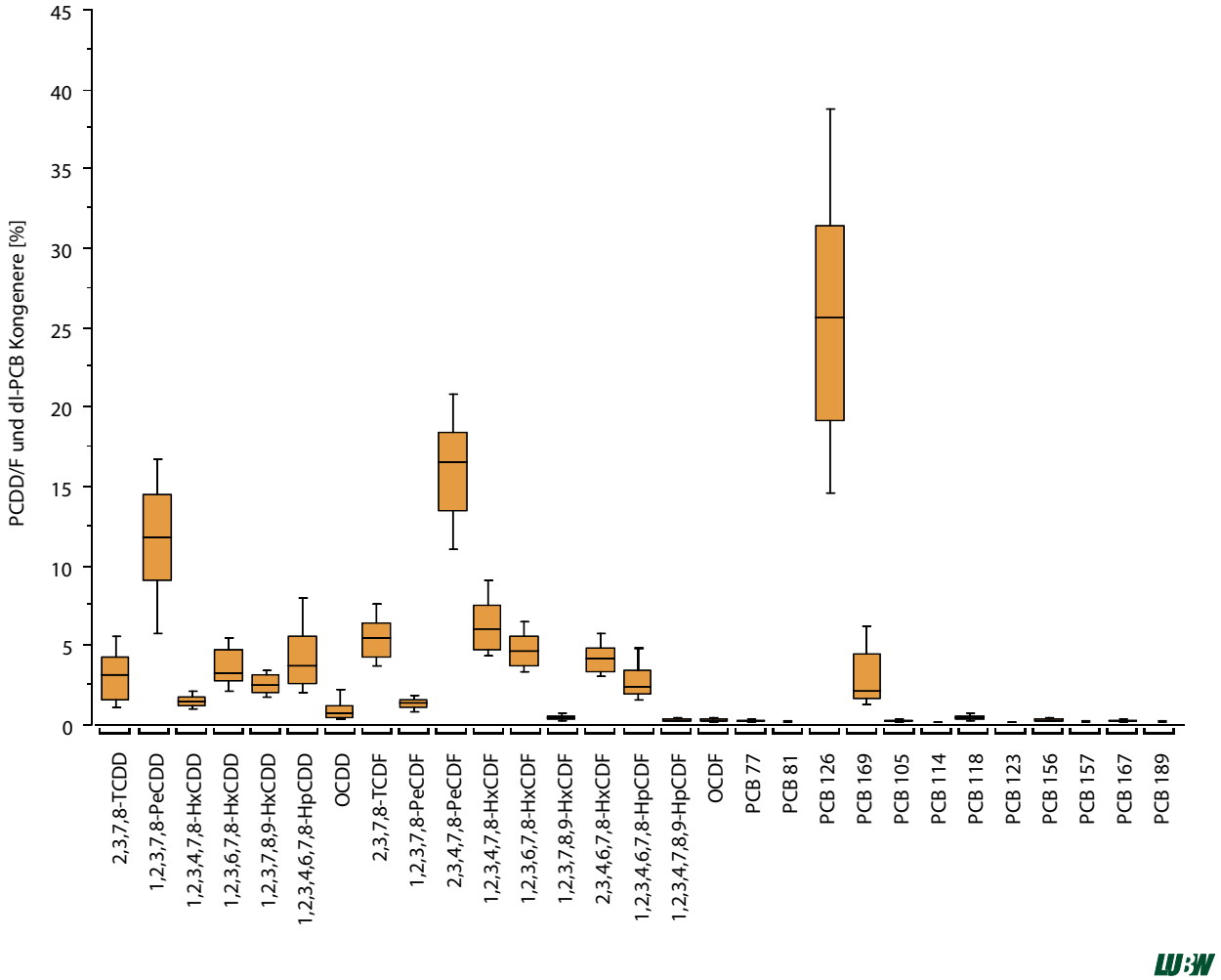


Abb. 4-4 Prozentualer Anteil der einzelnen Kongenere an der Toxizitätsäquivalentsumme [ng WHO(C)-TEQ/kg (2005)] über das gesamte Probenkollektiv (Oberboden+Auflage)

Mit Ausnahme der Ackeroberböden liegen auch hier die dl-PCB-Gehalte in Baden-Württemberg in ähnlicher Größenordnung. Bei den Vergleichen mit anderen Bundesländern sind unterschiedliche Einflussfaktoren zu beachten wie z.B. Probennahmedesign, Analysenverfahren oder Berechnungsverfahren (s. Kap. 4.3).

4.3 PCDD/F

Im Gegensatz zu PCB wurden Dioxine nicht zielgerichtet hergestellt. Sie entstehen als Nebenprodukt bei Verbrennungsprozessen und chemischen Prozessen in der Chlorchemie [BMU, 2009]. Der Dioxinausstoß aus Verbrennungsanlagen konnte in den letzten Jahren durch emissionsschutzrechtliche Regelungen (TA-Luft, 17. BImSchV) reduziert werden. Die Verbreitung der Dioxine erfolgt primär über den Luftpfad. Weitere Quellen können belastete Klärschlämme oder belastete Sedimente im Bereich von Überschwemmungsflächen sein.

In der vorliegenden Untersuchung nehmen PCDD/F-Gehalte analog zu dl-PCB in der Reihenfolge organische Auflage > Waldoberboden > Überschwemmungsflächen > Grünlandoberboden ohne Überschwemmungseinfluss und Ackeroberboden ab (Abb. 4-6). Unter Berücksichtigung des Raumgewichts und der Horizontmächtigkeit zeigt sich bei den Schadstoffvorräten ein anderes Verteilungsmuster.

Auf vier Überschwemmungsflächen wird der Zielwert der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE von 5 ng I-TEQ/kg für eine uneingeschränkte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung überschritten (G_1, G_6, G_7 und G_9, berechnet nach NATO/CCMS 1988). Unter Berücksichtigung der dl-PCB liegen sechs Standorte über dem Zielwert. Auf den betroffenen Flächen ist aus Gründen der Vorsorge eine Verschlechterung der Belastungssituation zu vermeiden.

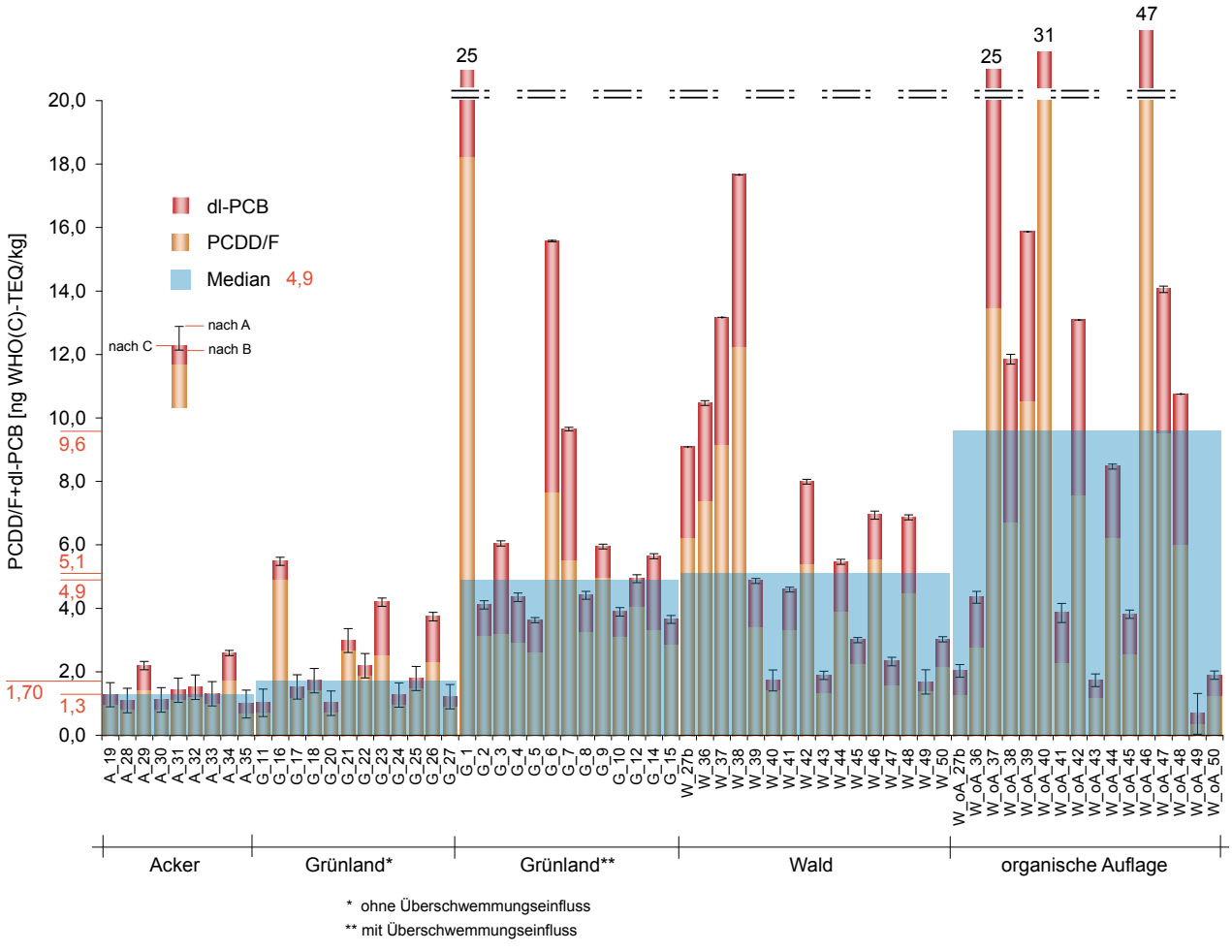


Abb. 4-5: PCDD/F+dl-PCB-Gehalte der einzelnen Untersuchungsstandorte, Fehlerbalken=Spannweite <BG=BG (A) und <BG=0 (B); A=Acker, G=Grünland, W=Wald, W_oA=organische Auflage unter Wald

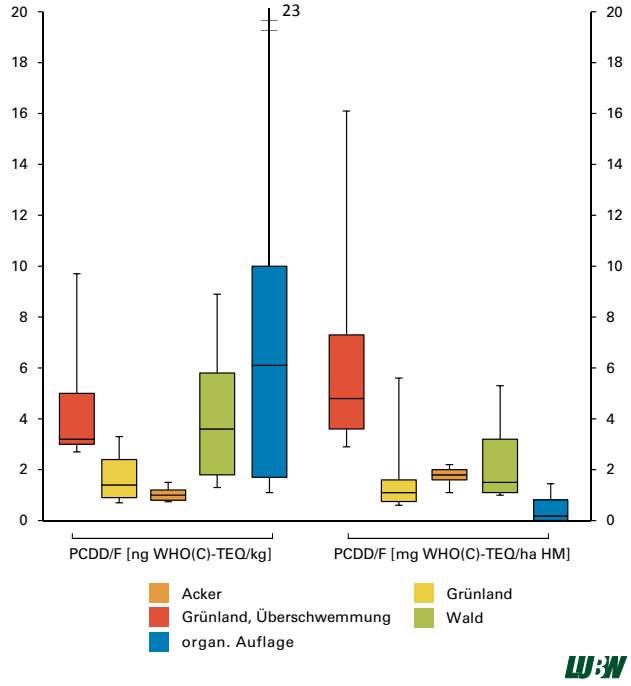
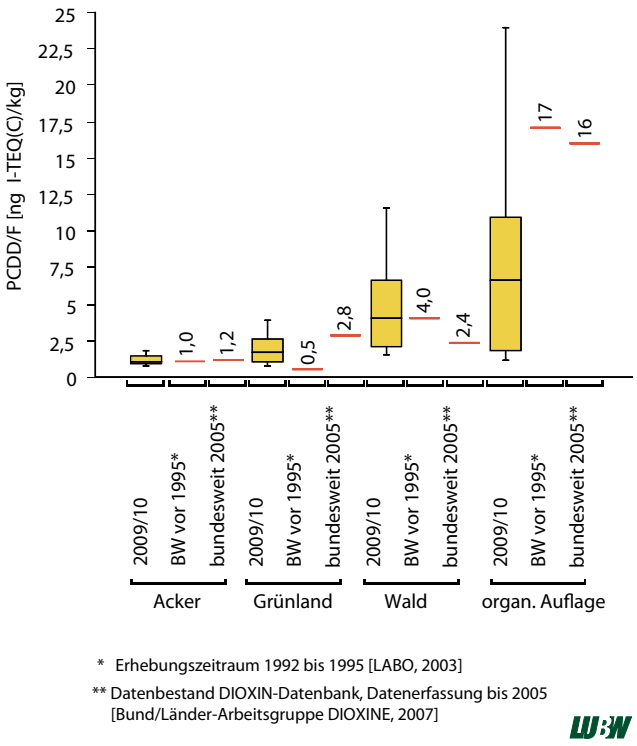


Abb. 4-6: PCDD/F-Gehalte und - Vorräte verschiedener Nutzungskategorien, HM = Horizontmächtigkeit

Mit einem maximalen Wert von 22,1 ng I-TEQ/kg auf Standort G_1 wird der kleinste Maßnahmenwert nach BBodSchV von 100 ng I-TEQ/kg (Kinderspielflächen, Wirkungspfad Boden-Mensch) nicht überschritten. Die PCDD/F-Gehalte sind auf den Überschwemmungsflächen etwa doppelt so hoch, unter Einbeziehung der dl-PCB etwa um ein Dreifaches höher als auf den Flächen ohne Überschwemmungseinfluss (Median). Auf Ackerstandorten und Grünlandstandorten ohne Überschwemmungseinfluss wurden mit einer Ausnahme (G_16, Intensiv-Messstelle Kehl, ehemalige Überschwemmungsfläche) Gehalte unter dem Zielwert von 5 ng I-TEQ/kg ermittelt.

Die Abbildung 4-5 zeigt die PCDD/F+ dl-PCB-Gehalte der einzelnen Standorte. Der Anteil der dl-PCB an der Summe PCDD/F+ dl-PCB beträgt über das gesamte Probenkollektiv, bezogen auf den Median, etwa 30 % (29 % Oberboden, 37 % organ. Auflage). Dabei ist zu beachten, dass sich der dl-PCB-Anteil von Standort zu Standort deutlich unterscheiden kann. Beispielsweise variiert er bei den Grünlandstandorten zwischen Min 11 % und Max 51 % (Abb. 4.5). Dioxine und dl-PCB haben unterschiedliche Emissionsquellen, daher hängt dl-PCB-Anteil von der spezifischen Belastungssituation ab. Da die Indikator-Funktion der PCB_6 auch für dl-PCB gilt, kann bei einem hohen PCB_6-Gehalt auch von einem erhöhten dl-PCB-Gehalt und damit je nach Dioxinbelastung höheren dl-PCB-Anteil an der Summe PCDD/F+dl-PCB ausgegangen werden. Zudem muss berücksichtigt werden, dass bei niedrigem Gehaltsniveau die Höhe der Bestimmungsgrenze und das Berechnungsverfahren (A, B oder C) einen Einfluss auf den dl-PCB-Anteil haben. Wie in Kapitel 4.1 erwähnt, hat das Kongener PCB 126 aufgrund seines hohen TEF den größten Einfluss auf die Summe der dl-PCB-TEQ und damit auch auf den dl-PCB-Anteil an der Gesamtsumme PCDD/F +dl-PCB. Von den 50 Standorten lag das Analysenergebnis für PCB 126 an 19 Standorten unter der BG (18 Oberböden, 1 organ. Auflage). Bei diesen Standorten hängt der dl-PCB-Anteil an der Gesamtsumme davon ab, welches Berechnungsverfahren angewendet wird. So kann bei den 19 Standorten nach Verfahren B (<BG=0) der dl-PCB-Anteil an der Summe PCDD/F + dl-PCB nur 0,6 % und nach A (<BG=BG) 39 % betragen. Bei dem Vergleich mit Hintergrundwerten sind daher das Berechnungsverfahren und die Höhe der Bestimmungsgrenzen anzugeben, da der Schadstoffgehalt der untersuchten Fläche trotz Berücksichtigung der dl-PCB nach Berechnungsverfahren B nur geringfügig über den Hintergrundwerten liegen kann, während nach Verfahren A oder C (<BG=1/2BG) durch die Einbeziehung der dl-PCB deutlich höhere Gehalte zu erwarten sind. Für die Ableitung von Hintergrundwerten für die Summe PCDD/F+ dl-PCB gilt Gleiches, wobei hier im Optimalfall die Analysenergebnisse über der BG liegen sollten. Bei höheren Gehalten spielt das Berechnungsverfahren keine Rolle. Betrachtet man alle Proben, bei denen das Analysenergebnis für PCB 126 über der BG liegt, beträgt der Anteil der dl-PCB an der Summe PCDD/F+dl-PCB unabhängig vom Berechnungsverfahren 32 % (Median).

Abbildung 4-7 zeigt den PCDD/F-Gehalt in ng I-TEQ/kg der aktuellen Untersuchung (Stand 2009/2010, ohne Überschwemmungsflächen) im Vergleich mit den Hintergrundwerten nach der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz [LABO, 2003] und den Daten der Dioxin-Datenbank (Datenbestand März 2005) [Bund/Länder-Arbeitgruppe DIOXINE, 2007].
Die PCDD/F-Gehalte in den Oberböden sind über einen Zeitraum von etwa 17 Jahren unverändert und liegen in ihrer Größenordnung im Bereich der Hintergrundwerte [LABO, 2003]. In der organischen Auflage deutet sich aufgrund der deutlichen Abnahme des Median von 17 ng



* Erhebungszeitraum 1992 bis 1995 [LABO, 2003]

** Datenbestand DIOXIN-Datenbank, Datenerfassung bis 2005 [Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, 2007]

Abb. 4-7: Vergleich der PCDD/F-Gehalte der aktuellen Untersuchung (2009/10) mit den Hintergrundwerten für Baden-Württemberg und den Daten der Dioxin-Datenbank, jeweils Median

I-TEQ/kg auf 6,7 ng I-TEQ/kg ein Rückgang des PCDD/F-Gehalts an. Dies ist aufgrund des Rückgangs der atmosphärischen Deposition durch emissionsschutzrechtliche Regelungen und der Fähigkeit der organischen Auflage zur Erneuerung durch die Zufuhr gering belasteter Streu auch plausibel. Bei dem Vergleich mit älteren Daten sind folgende Einflussfaktoren zu beachten:

- **Bestimmungsgrenzeneffekt**: Bei der Summenbildung ist das Berechnungsverfahren (A, B oder C) zu berücksichtigen, das insbesondere bei niedrigen Gehalten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. Da in der Literatur nicht immer der Umgang mit der BG angegeben ist, ergeben sich bereits hieraus Unschärfen (s. Kap. 3.2).
- **Extrationsverfahren**: Die Extraktionsausbeute bei der beschleunigten Lösemittelextraktion (ASE) ist im Vergleich zu anderen Verfahren (z. B. Soxhlet Extraktion) höher (s. Kap. 2.3).
- **Stichprobenzufall**: Die räumliche Bodenheterogenität hat einen Einfluss auf die gemessenen Gehalte. Berechnungen der LUBW [2008] zeigen, dass bei 36 Einstichen z.B. bei PCB_6 durch Stichprobenzufall bedingte Schwankungen der gemessenen Gehalte von im Mittel 40% zu erwarten sind.
- **Anzahl und Auswahl der Probennahmestandorte**: Der Stichprobenumfang in den einzelnen Nutzungskategorien ist in der vorliegenden Untersuchung gering, daher hängt das Ergebnis stark von den einzelnen Flächen ab. Dies gilt insbesondere dann, wenn vereinzelte Standorte z. B. aufgrund punktueller Schadstoffeinträge höhere Gehalte aufweisen.

Im Vergleich mit den Daten der Doxin-Datenbank (bundesweite Daten) wurden in Baden-Württemberg, mit Ausnahme der Waldoberböden, überwiegend geringere Mediane ermittelt. Auch hier sind beim Vergleich die oben genannten Faktoren zu berücksichtigen.

In Untersuchungen der LfU, [1993] wurden für PCDD/F auf Überschwemmungsflächen ein Medianwert von 2,2 ng I-TEQ/kg und ein 75. Perzentil von 3,4 ng I-TEQ/kg ermittelt. Aus der aktuellen Untersuchung ergeben sich ein Medianwert von 3,7 ng I-TEQ/kg und ein 75. Perzentil von 5,9 ng I-TEQ/kg. Standort G_12 (Kinzig), der in unmittelbarer Nähe zur Fläche von 1993 beprobt wurde, weist mit 3,8 ng I-TEQ/kg (1993) und 5,0 ng I-TEQ/kg (09/10) einen vergleichbaren Gehalt auf, wenn man die unterschiedlichen Extraktionsverfahren und die Bodenheterogenität berücksichtigt. Ein Trend zu höheren Perzentilwerten des PCDD/F-Gehalts auf Überschwemmungsflächen kann daher aufgrund der oben genannten Einflussfaktoren nicht abgeleitet werden.

Bundesweite Gehaltsangaben für PCDD/F auf Überschwemmungsflächen liegen nicht vor. Daher sind nur exemplarische Vergleiche mit den Daten einzelner Länder möglich. In Niedersachsen wurden in Überschwemmungsgebieten PCDD/F-Gehalte von 0,001 ng I-TEQ/kg bis maximal 40 ng I-TEQ/kg gemessen. In den sächsischen Auenböden des Muldensystems und der Elbe wird in den Oberböden teilweise das Niveau des Richtwertes von 5 bis 40 ng I-TEQ/kg erreicht [UBA, 2010]. Mit einem Minimum von 3,0 ng I-TEQ/kg und einem maximalen Wert von 22,1 ng I-TEQ/kg stimmen die Werte der aktuellen Untersuchung in ihrer Größenordnung in etwa mit den Werten aus Niedersachsen und Sachsen überein.

4.4 PCB_6

Von den 209 möglichen PCB-Kongeneren wurden sechs PCB aufgrund ihrer Repräsentanz als „Indikator-PCB“ festgelegt. Über deren Summe kann über einen Faktor (meist 5) auf den Gesamt-PCB-Gehalt geschlossen werden. Diese Indikatorfunktion gilt entsprechend auch für die absolute dl-PCB-Summe in ng/kg (r= 0,990). Die absoluten Gehalte der einzelnen dl-PCB-Kongenere korrelieren jedoch weniger stark mit dem PCB_6-Gehalt (Ergebnisse nicht dargestellt).

Auf den Überschwemmungsflächen liegen die PCB_6-Gehalte um ein Siebenfaches über den Flächen ohne Überschwemmungseinfluss (Abb. 4.8). An zwei Standorten (G_1, G_7) werden die Vorsorgewerte nach BBodSchV sowie an einem Standort (G_6) der Maßnahmenwert für Grünlandflächen (Pflanzenqualität) überschritten (Abb. 4-9).

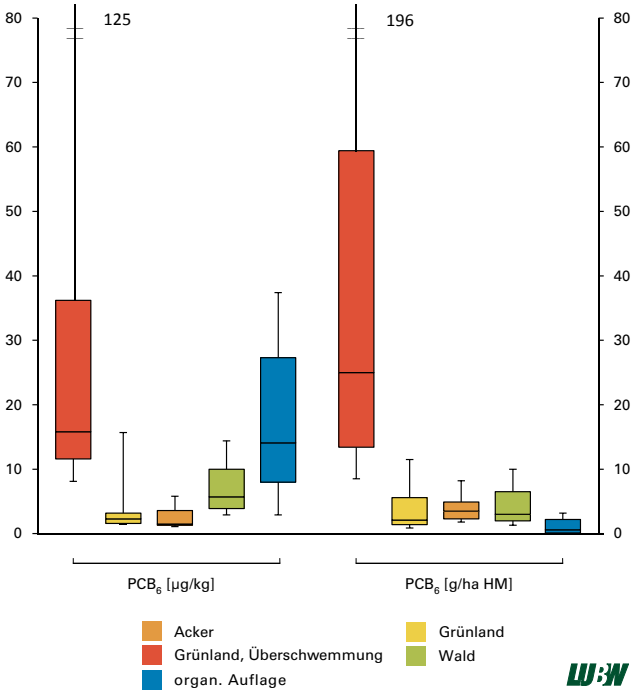


Abb. 4-8: PCB_6-Gehalte und -Vorräte verschiedener Nutzungskategorien, HM = Horizontmächtigkeit

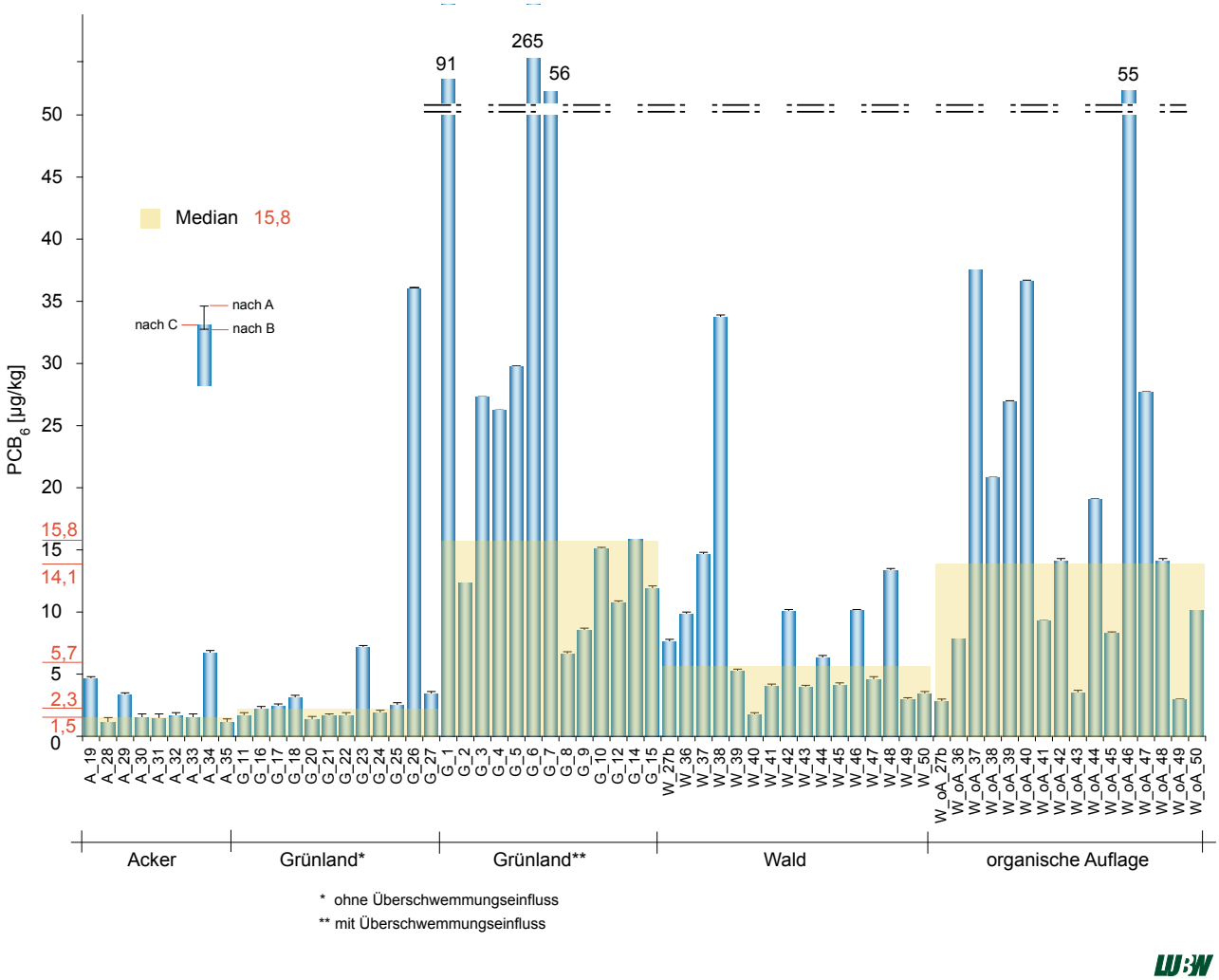


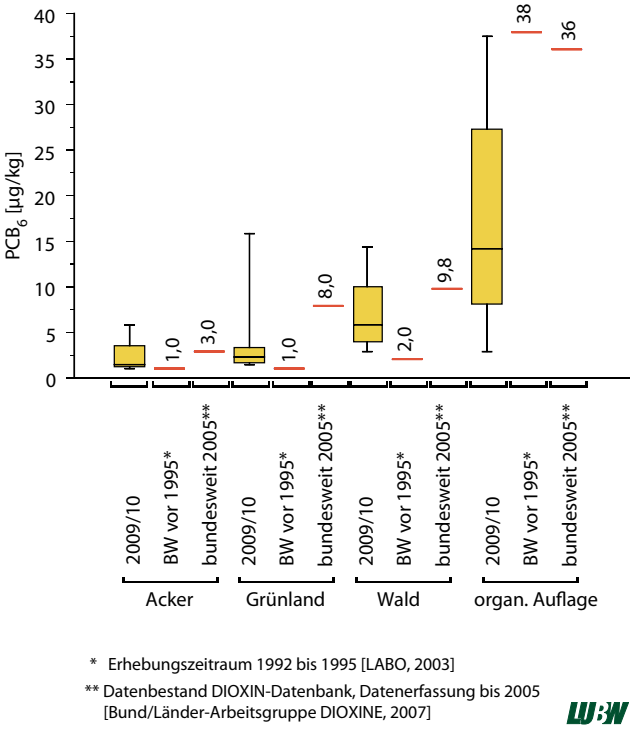
Abb. 4-9: PCB_6-Gehalte der einzelnen Untersuchungsstandorte, Fehlerbalken=Spannweite <BG=BG (A) und <BG=0 (B); A=Acker, G=Grünland, W=Wald, W_oA=organische Auflage unter Wald

Die betroffenen Standorte sind durch wiederholte Auflandungen aus Enz- (G_1, G_7) bzw. Neckarhochwässern (G_6) beeinflusst. Weitere Einflussfaktoren wie ein punktueller Schadstoffeintrag sind ebenfalls nicht auszuschließen.

Abbildung 4-10 zeigt die PCB_6-Gehalte der aktuellen Untersuchung (Stand 2009/2010, ohne Überschwemmungsflächen) im Vergleich mit den Hintergrundwerten nach der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz [LABO, 2003] und den Daten der Dioxin-Datenbank (Datenbestand März 2005) [Bund/Länder-Arbeitgruppe DIOXINE, 2007].

Im Vergleich zu den Daten der Dioxin-Datenbank (bundesweit) wurden in der aktuellen Untersuchung sowohl auf Acker, Grünland als auch Waldstandorten niedrigere Mediane ermittelt.

Im Vergleich mit den Hintergrundwerten [LABO, 2003] deutet sich in der organischen Auflage aufgrund der deutlichen Abnahme des Median von 38 µg/kg auf 14 µg/kg über einen Zeitraum von ca. 17 Jahren ein Rückgang des Schadstoffgehalts an. Die Mediane der PCB_6-Gehalte in den Oberböden weichen geringfügig von den Hintergrundwerten ab. In Waldoberböden wurden etwa 3-fach höhere Mediane ermittelt. Ein Trend zu höheren Perzentilwerten des PCB_6-Gehalts in Waldoberböden kann aus den in Kaptiel 4.3 genannten Gründen jedoch nicht abgeleitet werden. In Abbildung 4-11 sind exemplarisch die seit 1995 gemessenen PCB_6-Gehalte der Intensivmessstelle Baltmannsweiller (W_47 und W_oA_47) dargestellt. Die mögliche Schwankungsbreite der Messwerte aufgrund des Stichprobenzufalls ist durch das 90%- Vertrauensintervall dargestellt. Im Mittel schwankt der Messwert im Oberboden um ± 1,4 µg/kg. Die Ergebnisse liegen demnach in einem ähnlichen Bereich und der PCB_6-Gehalt im Oberboden scheint seit 1995 stabil. In der Auflage deutet sich seit 1999 ein Rückgang des Schadstoffgehalts an. Die niedrigen Gehalte von 1995 weisen jedoch auf weitere Einflussfaktoren hin wie z.B. Artefakte durch Probennahme oder Analytik.



* Erhebungszeitraum 1992 bis 1995 [LABO, 2003]

** Datenbestand DIOXIN-Datenbank, Datenerfassung bis 2005 [Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, 2007]

Abb. 4-10: Vergleich der PCB_6-Gehalte der aktuellen Untersuchung mit den Hintergrundwerten für Baden-Württemberg und den Daten der Dioxin-Datenbank, jeweils Median. A=Acker, W=Wald, W_oA=organische Auflage unter Wald

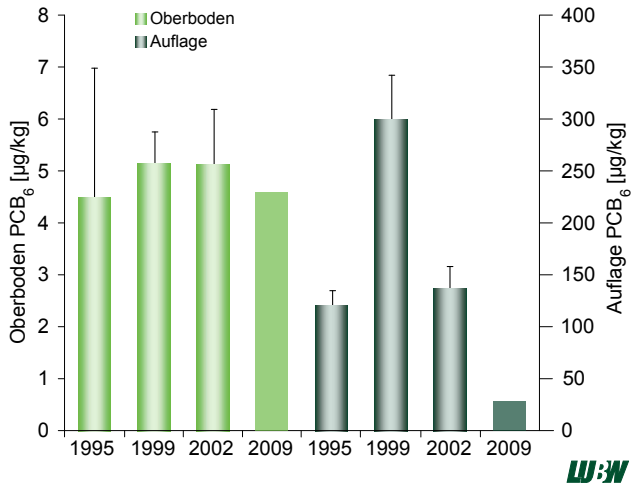


Abb. 4-11: Zeitlicher Verlauf der PCB_6-Gehalte in Oberboden und organischer Auflage der Bodendauerbeobachtungsmessstelle Baltmannsweiller. Dargestellt ist der Mittelwert (<BG=1/2BG). Fehlerbalken=90 % Vertrauensintervall, einseitig. n=18, Ah 0-10 cm, 2009: n=1, Ah 0-8 cm

5 Fazit

Die Untersuchung liefert einen ersten Überblick über die dl-PCB Belastung in den Böden des Landes und ergänzende Informationen für die Bodendauerbeobachtung. Die Untersuchungsergebnisse sind zusammenfassend in den Tabellen 5-1 bis 5-5 dargestellt. Aufgrund der geringen Probenanzahl sind die dargestellten Ergebnisse unter Vorbehalt zu betrachten; eine Erweiterung des Probenkollektivs ist geplant. Aus den Ergebnissen lassen sich keine Belastungsschwerpunkte feststellen. Erfahrungsgemäß liegen die Schadstoffgehalte auf Überschwemmungsflächen oder in Ballungsräumen höher als im ländlichen Raum. Der Zielwert für der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE von 5 ng I-TEQ/kg für eine uneingeschränkte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung wird an 4 von 13 Überschwemmungsflächen überschritten. Werden dl-PCB in die summarische Bewertung einbezogen, ist bei identischen Richtwerten mit häufigeren Überschreitungen zu rechnen.

Exemplarische Vergleiche mit den Daten anderer Bundesländer zeigen, dass die ermittelten dl-PCB-Gehalte aus der vorliegenden Untersuchung in ähnlicher Größenordnung liegen. Um die zeitliche Entwicklung der dl-PCB-Belastung zu erfassen, ist deren Aufnahme in den Parameterumfang der Bodendauerbeobachtung empfehlenswert.

Ein dl-PCB-Anteil von 30 % an der Summe PCDD/F+ dl-PCB zeigt die Notwendigkeit, diese Stoffgruppe bei den bodenschutzrechtlichen Beurteilungsmaßstäben zu

Tab. 5-1: PCDD/F- und dl-PCB-Gehalte in Oberboden und Auflage ohne Nutzungsdifferenzierung, Median / 90. Perzentil

	Gehalt [ng WHO(C)-TEQ/kg]
Oberboden [n=37]	
dl-PCB	0,5 / 2,8
PCDD/F	1,5 / 6,0
Auflage [n= 16]	
dl-PCB	3,4 / 11,0
PCDD/F	6,1 / 23,1
Oberboden Überschwemmungsflächen [n= 13]	
dl-PCB	1,2 / 7,2
PCDD/F	3,2 / 9,7

LUBW

Tab. 5-2: PCB_6-Gehalt in Oberboden und Auflage ohne Nutzungsdifferenzierung, Median / 90. Perzentil

PCB_6	Gehalt [µg/kg]
Oberboden [n=37]	
	3,4 / 12,6
Auflage [n= 13]	
	14,1 / 37,4
Oberboden Überschwemmungsflächen [n= 13]	
	15,8 / 125,7

LUBW

Tab. 5-3: dl-PCB-Gehalt (Oberboden ohne Überschwemmungsflächen) mit Nutzungsdifferenzierung, Median / 90. Perzentil

dl-PCB	Gehalt [ng WHO(C)-TEQ/kg]
Acker (n=9)	0,3 / 0,8
Grünland (n=12)	0,3 / 1,5
Wald (n=16)	1,4 / 3,9

LUBW

Tab. 5-4: PCDD/F-Gehalt (Oberboden ohne Überschwemmungsflächen) mit Nutzungsdifferenzierung, Median / 90. Perzentil

PCDD/F	Gehalt [ng WHO(C)-TEQ/kg]
Acker (n=9)	1,0 / 1,5
Grünland (n=12)	1,4 / 3,3
Wald (n=16)	3,6 / 8,9

LUBW

Tab. 5-5: PCB_6-Gehalt (Oberboden ohne Überschwemmungsflächen) mit Nutzungsdifferenzierung, Median / 90. Perzentil

PCB_6	Gehalt [µg/kg]
Acker (n=9)	1,5 / 5,8
Grünland (n=12)	2,3 /15,7
Wald (n=16)	5,7 / 14,4

LUBW

berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass der dl-PCB-Anteil an der TEQ-Summe von Standort zu Standort aufgrund der unterschiedlichen Emissionsquellen von Dioxinen und dl-PCB variieren kann. Liegt das Analysenergebnis des Kongeners PCB 126 bei niedrigem Gehaltsniveau unter der Bestimmungsgrenze, wird der dl-PCB-Anteil zusätzlich von der Höhe der Bestimmungsgrenze und dem Berechnungsverfahren (A, B oder C) beeinflusst. Bei der Ableitung von Hintergrundwerten oder dem Vergleich mit diesen ist daher eine Festlegung des Berechnungsverfahrens und die Angabe der Bestimmungsgrenzen notwendig. Bei der Erweiterung des Probenkollektivs im Rahmen der Bodendauerbeobachtung werden künftig niedrigere Bestimmungsgrenzen der Einzelsubstanzen verlangt, um den Einfluss der Bestimmungsgrenze auf die Ergebnisse möglichst gering zu halten.

.

6 Literatur

AbfKlärV (1992): Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), die zuletzt durch Artikel 19 des Gesetzes vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542) geändert worden ist

BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758)

BMU (2009): Dioxin- und PCB-Einträge in Lebensmittel vermeiden – Ein Leitfaden für Geflügel-, Rinder-, Schaf- und Schweinehalter, Bundministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn

Breig, P., SGS Institut Fresenius GmbH (2010): persönliche Mitteilung

Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE (2002): Daten zur Dioxinbelastung der Umwelt 3. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn

Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE (2007): Dioxine - Daten aus Deutschland, 5. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Bundinstitut für Risikoforschung BfR (2006): BfR rät von einer Übernahme der neuen Toxizitätsäquivalentfaktoren (WHO TEF) in die gesetzlichen EU-Regelungen für Lebens- und Futtermittel ab, Stellungnahme Nr. 003/2007 des BfR vom 04. September 2006

DIN ISO 11464: Bodenbeschaffenheit – Probenvorbehandlung für physikalisch-chemische Untersuchungen, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN, 2006

Europäische Union (2006): Richtlinie 2006/13/EG der Kommission vom 3. Februar 2006 zur Änderung der Anhänge I und II der Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über unerwünschte Stoffe in Futtermitteln in Bezug auf Dioxine und dioxinähnliche PCB

Europäische Union (2006): Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln

Grupp, A., SGS Institut Fresenius GmbH (2009): persönliche Mitteilung

Kutz F.W., Barnes D.G., Bottimore D.P., Greim H. and Bretthauer E.W. (1990): The international toxicity equivalency factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxins and related compounds; Chemosphere 20 (7-9): 751-757

LABO (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, 3. überarbeitete und ergänzte Auflage

LfU (1993): Dioxine in den Böden Baden-Württembergs, Materialien zum Bodenschutz, Band 1, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe

LfU (1995): Mögliche Gefährdung des Grundwassers durch PCB sowie Dioxine und Furane im Boden, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe

LLUR-SH (2009): Auswertungen von Bodendaten aus Schleswig-Holstein bezüglich der Stoffgruppen Dioxine/Furane und dioxinähnliche PCB, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Anlage 1 zum Vermerk LLUR 637 vom 28.04.2009

LUBW (2008): 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg – von klassischen Bodenuntersuchungen zu medienübergreifenden Umweltbilanzen, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, ISSN 0949-0256 (Band 21, 2008)

UBA (2010): Dioxine und dl-PCB in der Umwelt - Auswertung der Länderberichte anlässlich des Fachgespräches im Bundesumweltministerium am 07.04.2009 und Stellungnahme des Umweltbundesamtes, Umweltbundesamt, Texte 12/2010, ISSN 1862-4804

van den Berg, M., Birnbaum L. S., Bosveld, A.T.C., Brunstrdm, B., Cook, P., Feely, M., Giesy, J.P., Hanberg, A., Hasegawa, R., Kennedy, S.W., Kubiak, T., Larsen, J.C., Rolaf van Leeuwen, F.X., Liem, A.K.D., Nolt, C., Peterson, R.E., Poellinger, L., Safe, S., Schrenk, D., Tillitt, D., Tysklind, M., Younes, M., Warn, F. and Zacharewsk, T. (1998): Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife, Environmental Health Perspectives 106 (12): 775-792

van den Berg, M., Birnbaum L. S., Denison M. , De Vito, M., Farland W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D. , Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N and Peterson, R.E. (2006): The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds, Toxicological Sciences 93 (2): 223–241

7 Anhang

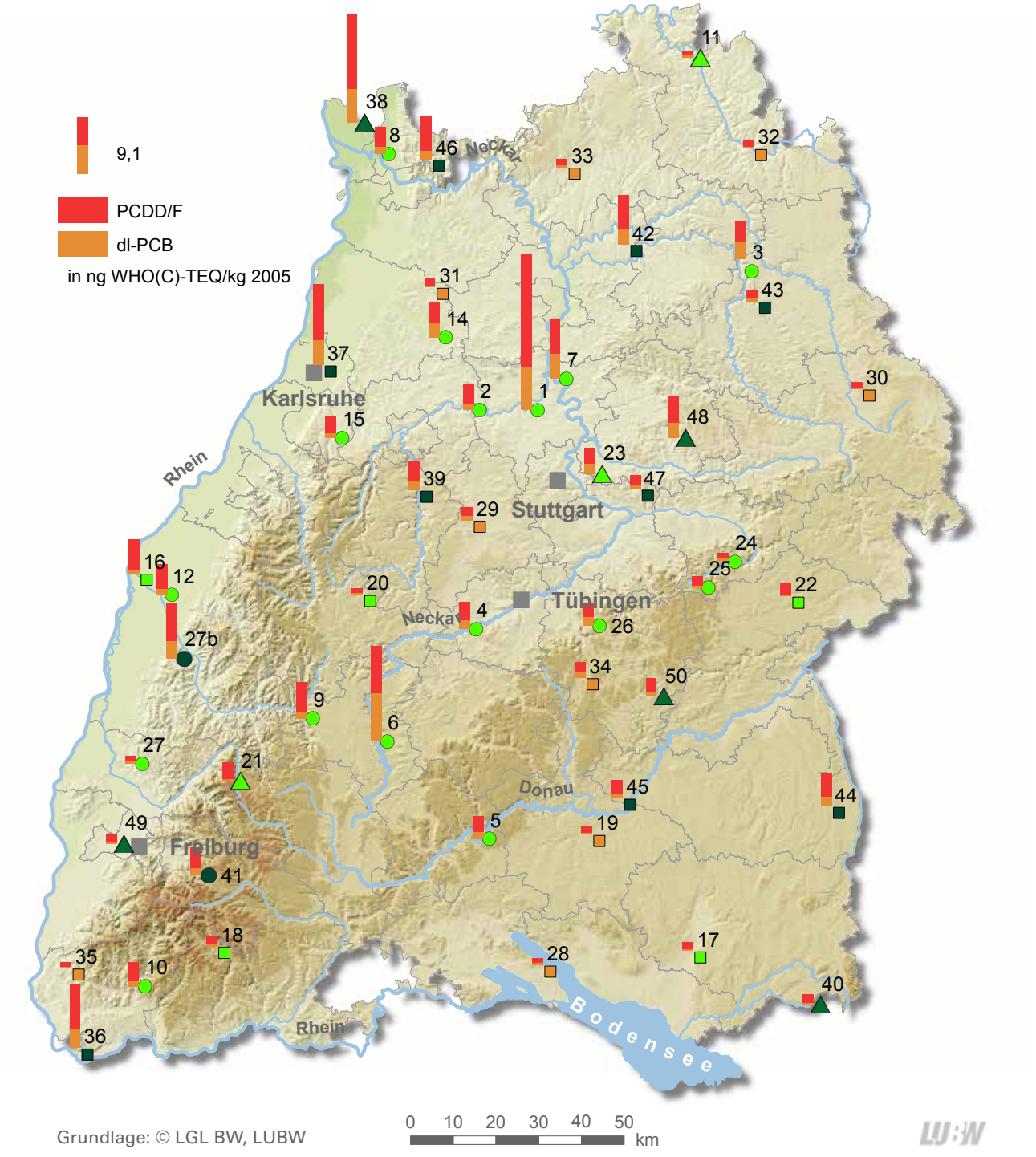


Abb. A1-1: PCDD/F+dl-PCB-Gehalte der einzelnen Untersuchungsstandorte

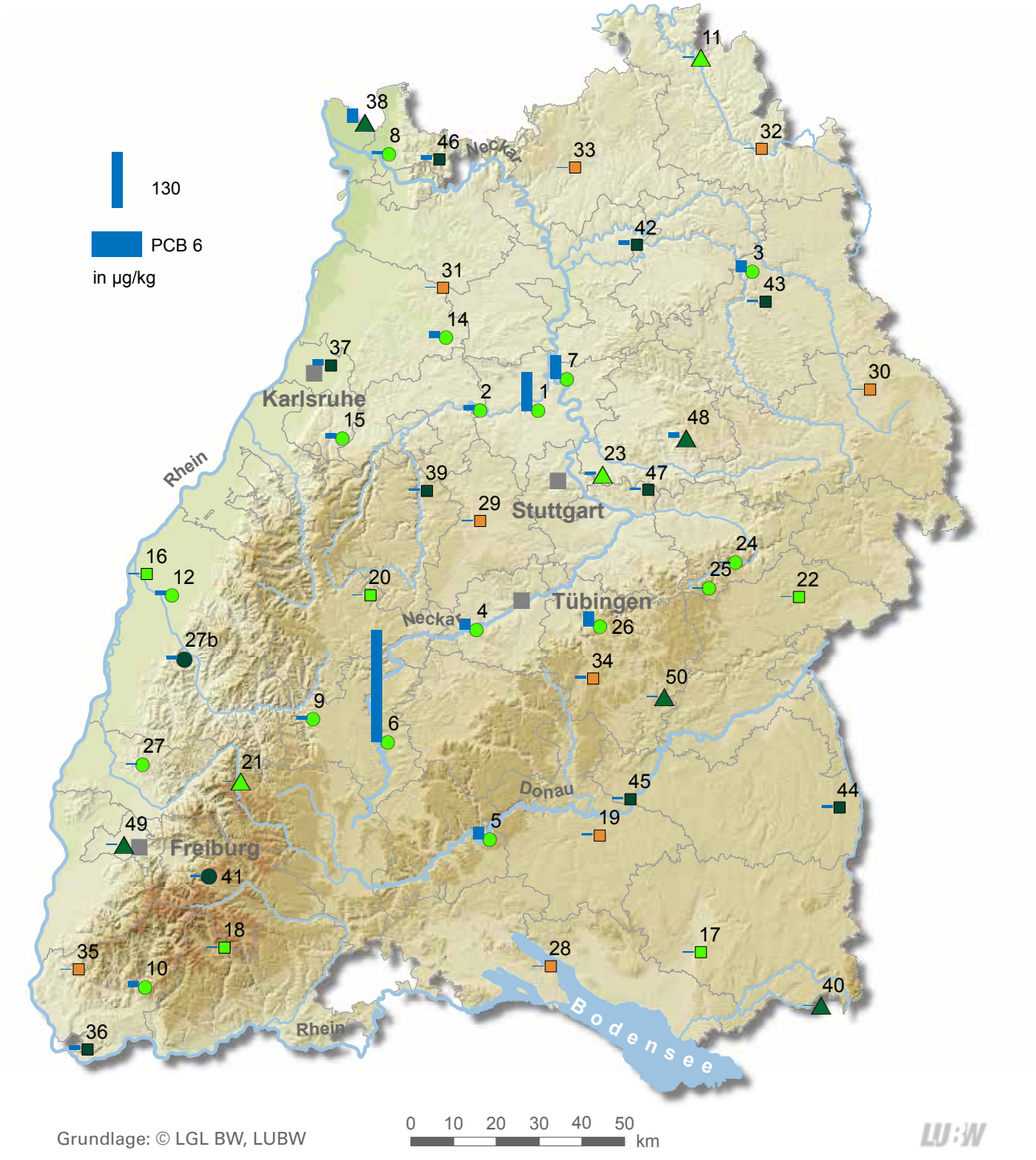


Abb. A1-2: PCB_6 Gehalte der einzelnen Untersuchungsstandorte

Tab. A1-1: Bodenart und Horizontbezeichnung

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	Hauptbodenart [ng/kg]	Horizontbezeichnung [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	L	Ah
Grünland	02.01	0-22	S	Ah
Grünland	03.01	0-15	L	Ah
Grünland	04.01	0-23	L	Ah
Grünland	05.01	0-20	U	Ah
Grünland	06.01	0-25	L	Ah
Grünland	07.01	0-16	L	Ah
Grünland	08.01	0-24	U	rAp
Grünland	09.01	0-12	L	Ah
Grünland	10.01	0-12	L	Ah
Grünland	10.02	12-25	L	fAh
Grünland	11.01	0-13	L	Ah
Grünland	12.01	0-10	S	Ah
Grünland	14.01	0-14	L	Ah
Grünland	15.01	0-15	L	Ah
Grünland	16.01	0-23	S	rAp
Grünland	17.01	0-6	L	Ah
Grünland	17.02	6-23	L	rAp
Grünland	18.01	0-10	L	Ah
Grünland	18.02	10-22	S	rAp-M
Grünland	20.01	0-20	L	Ah
Grünland	21.01	0-12	L	Ah
Grünland	22.01	0-7	L	Ah
Grünland	22.02	7-15	L	Ah-Cv
Grünland	23.01	0-14	S	Ah
Grünland	24.01	0-12	L	Ah
Grünland	25.01	0-20	L	rAp
Grünland	26.01	0-20	L	Ah
Grünland	27.01	0-20	U	rAp
Acker	19.01	0-20	U	Ap
Acker	19.02	20-30	U	Ap-Al
Acker	28.01	0-30	U	Ap
Acker	29.01	0-20	L	Ap
Acker	30.01	0-30	L	Ap
Acker	31.01	0-20	U	Ap
Acker	32.01	0-18	L	Ah
Acker	32.02	18-30	L	rAp
Acker	33.01	0-28	L	Ap
Acker	34.01	0-25	L/T	Ap
Acker	35.01	0-15	U	Ap
Acker	35.02	15-30	U	Ap
Wald	27b. Auflage	3-0	-	L / Of /Oh
Wald	27b.01	0-12	L	Ah

Tab. A1-2: Bodenart und Horizontbezeichnung

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	Hauptbodenart	Horizontbezeichnung
			[ng/kg]	[ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	-	L / Of
Wald	36.01	0-5	T	Ah
Wald	37. Auflage	5-0	-	L / Of
Wald	37.01	0-6	S	Ach
Wald	37.02	6-15	S	Ah-Bv
Wald	38.Auflage	5-0	-	L / Of /Oh
Wald	38.01	0-5	S	Ach
Wald	38.02	5-30	S	Ahl
Wald	39. Auflage	3-0	-	L / Of
Wald	39.01	0-5	L	Ah
Wald	39.02	5-17	L	Ah-Bv
Wald	40. Auflage	10-0	-	L / Of / Oh
Wald	40.01	0-8	U	Ach
Wald	40.02	8-16	U	Bs-Ahl
Wald	40.03	16-30	U	Al(Sw)
Wald	41.Auflage	1,5-0	-	L / Of
Wald	41.01	0-8	S	Ah
Wald	42. Auflage	6-0	-	L / Of
Wald	42.01	0-5	U	Ah
Wald	42.02	5-30	U	Al
Wald	43. Auflage	3-0	-	L / Of
Wald	43.01	0-15	L	Ah
Wald	44. Auflage	4-0	-	L / Of / Oh
Wald	44.01	0-5	U	Ah
Wald	44.02	5-15	U	Ahl
Wald	45. Auflage	3-0	-	L / Of
Wald	45.01	0-12	U	Ah
Wald	45.02	12-30	U	Sw-Al
Wald	46. Auflage	5-0	-	L / Of / Oh
Wald	46.01	0-8	S	Aeh
Wald	46.02	8-13	S	Ah-Bv
Wald	47.Auflage	8-0	-	L / Of / Oh
Wald	47.01	0-8	S	Ah
Wald	47.02	8-30	L	Sw-Al
Wald	48. Auflage	4-0	-	L / Of / Oh
Wald	48.01	0-7	S	Ah
Wald	49. Auflage	5-0	-	L / Of
Wald	49.01	0-12	U	Ah
Wald	49.02	12-30	U	Al
Wald	50. Auflage	3-0	-	L / Of
Wald	50. 01	0-9	L	Ah

Tab. A2-1: Messwerte Dioxine

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	2,3,7,8-TCDD [ng/kg]	1,2,3,7,8-PeCDD [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	0,2	1,4
Grünland	02.01	0-22	< 0,1	0,3
Grünland	03.01	0-15	0,2	0,3
Grünland	04.01	0-23	< 0,1	0,3
Grünland	05.01	0-20	0,2	0,2
Grünland	06.01	0-25	0,1	0,7
Grünland	07.01	0-16	< 0,1	0,5
Grünland	08.01	0-24	< 0,1	0,5
Grünland	09.01	0-12	0,2	0,7
Grünland	10.01	0-12	< 0,1	0,3
Grünland	10.02	12-25	-	-
Grünland	11.01	0-13	< 0,1	< 0,1
Grünland	12.01	0-10	< 0,1	0,3
Grünland	14.01	0-14	0,2	0,4
Grünland	15.01	0-15	< 0,1	0,4
Grünland	16.01	0-23	< 0,1	0,4
Grünland	17.01	0-6	< 0,1	0,2
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	< 0,1	0,2
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	< 0,1	0,1
Grünland	21.01	0-12	< 0,1	0,4
Grünland	22.01	0-7	< 0,1	0,4
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	< 0,1	0,6
Grünland	24.01	0-12	< 0,1	0,1
Grünland	25.01	0-20	< 0,1	0,3
Grünland	26.01	0-20	< 0,1	0,4
Grünland	27.01	0-20	< 0,1	0,1
Acker	19.01	0-20	< 0,1	0,1
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 0,1	0,2
Acker	29.01	0-20	< 0,1	0,2
Acker	30.01	0-30	< 0,1	0,1
Acker	31.01	0-20	< 0,1	0,2
Acker	32.01	0-18	< 0,1	0,2
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	< 0,1	0,2
Acker	34.01	0-25	0,2	0,3
Acker	35.01	0-15	< 0,1	< 0,1
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	< 0,2	0,4
Wald	27b.01	0-12	0,3	1,2

Tab. A2-2: Messwerte Dioxine

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	2,3,7,8-TCDD [ng/kg]	1,2,3,7,8-PeCDD [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	< 0,2	0,7
Wald	36.01	0-5	0,3	1,8
Wald	37. Auflage	5-0	0,7	2,3
Wald	37.01	0-6	0,4	1,2
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	< 0,3	1,5
Wald	38.01	0-5	0,8	1,8
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	0,4	2,1
Wald	39.01	0-5	0,1	0,6
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	0,8	6,8
Wald	40.01	0-8	0,1	0,2
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	< 0,4	0,5
Wald	41.01	0-8	0,3	0,6
Wald	42. Auflage	6-0	0,5	1,9
Wald	42.01	0-5	0,2	0,8
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	< 0,2	0,2
Wald	43.01	0-15	< 0,1	0,2
Wald	44. Auflage	4-0	0,2	1,2
Wald	44.01	0-5	0,2	0,8
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	< 0,1	0,6
Wald	45.01	0-12	0,3	0,3
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	1,4	6,6
Wald	46.01	0-8	< 0,1	1
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	< 0,2	2,1
Wald	47.01	0-8	< 0,1	0,3
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	0,4	1,2
Wald	48.01	0-7	0,3	0,9
Wald	49. Auflage	5-0	< 0,2	< 0,2
Wald	49.01	0-12	< 0,1	0,3
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	< 0,1	0,3
Wald	50. 01	0-9	0,1	0,5

Tab. A2-3: Messwerte Dioxine

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	1,2,3,4,7,8-HxCDD [ng/kg]	1,2,3,6,7,8-HxCDD [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	2,8	22
Grünland	02.01	0-22	0,6	2,7
Grünland	03.01	0-15	0,5	3
Grünland	04.01	0-23	0,5	3,3
Grünland	05.01	0-20	0,8	1,9
Grünland	06.01	0-25	1	4,5
Grünland	07.01	0-16	1,2	5,1
Grünland	08.01	0-24	0,4	1,4
Grünland	09.01	0-12	0,8	2,2
Grünland	10.01	0-12	0,4	1,1
Grünland	10.02	12-25	-	-
Grünland	11.01	0-13	0,1	0,3
Grünland	12.01	0-10	0,4	1,7
Grünland	14.01	0-14	0,5	1,6
Grünland	15.01	0-15	0,4	1,7
Grünland	16.01	0-23	0,7	1,6
Grünland	17.01	0-6	0,3	0,8
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	0,4	1,2
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	0,2	0,5
Grünland	21.01	0-12	0,5	1,6
Grünland	22.01	0-7	1,2	1,9
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	0,6	1,2
Grünland	24.01	0-12	0,3	0,5
Grünland	25.01	0-20	0,4	1
Grünland	26.01	0-20	0,5	1,1
Grünland	27.01	0-20	0,2	0,6
Acker	19.01	0-20	0,2	0,6
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	0,1	0,2
Acker	29.01	0-20	0,5	1
Acker	30.01	0-30	< 0,1	0,2
Acker	31.01	0-20	0,2	0,5
Acker	32.01	0-18	0,2	0,5
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	0,2	0,5
Acker	34.01	0-25	0,4	0,8
Acker	35.01	0-15	< 0,1	0,4
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	< 0,2	0,4
Wald	27b.01	0-12	1,2	2,6

Tab. A2-4: Messwerte Dioxine

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	1,2,3,4,7,8-HxCDD [ng/kg]	1,2,3,6,7,8-HxCDD [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	0,5	1,3
Wald	36.01	0-5	2,1	4,1
Wald	37. Auflage	5-0	1,4	4,5
Wald	37.01	0-6	2	4,6
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	1,2	2,3
Wald	38.01	0-5	1,9	4,8
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	2,1	4,9
Wald	39.01	0-5	0,5	1
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	5,5	11
Wald	40.01	0-8	0,3	0,6
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	0,6	0,9
Wald	41.01	0-8	0,8	2
Wald	42. Auflage	6-0	1,3	3,1
Wald	42.01	0-5	1	3,7
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	< 0,2	0,5
Wald	43.01	0-15	0,2	0,5
Wald	44. Auflage	4-0	1,1	2,1
Wald	44.01	0-5	0,6	1,4
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	0,6	1,1
Wald	45.01	0-12	0,4	0,7
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	8,2	18
Wald	46.01	0-8	1	2,2
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	2,1	2,9
Wald	47.01	0-8	0,2	0,7
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	1,2	2,6
Wald	48.01	0-7	0,7	1,7
Wald	49. Auflage	5-0	< 0,2	< 0,2
Wald	49.01	0-12	0,2	0,7
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	0,2	0,5
Wald	50. 01	0-9	0,5	0,9

Tab. A2-5: Messwerte Dioxine

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	1,2,3,7,8,9-HxCDD [ng/kg]	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	7,5	410
Grünland	02.01	0-22	1,2	50
Grünland	03.01	0-15	1,4	40
Grünland	04.01	0-23	1,4	32
Grünland	05.01	0-20	1	24
Grünland	06.01	0-25	2	47
Grünland	07.01	0-16	2,2	76
Grünland	08.01	0-24	0,8	18
Grünland	09.01	0-12	1,6	27
Grünland	10.01	0-12	0,8	18
Grünland	10.02	12-25	-	-
Grünland	11.01	0-13	0,3	4,3
Grünland	12.01	0-10	0,9	19
Grünland	14.01	0-14	1	19
Grünland	15.01	0-15	0,8	20
Grünland	16.01	0-23	1,1	16
Grünland	17.01	0-6	0,4	10
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	0,8	13
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	0,3	5,9
Grünland	21.01	0-12	1	14
Grünland	22.01	0-7	1,6	34
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	0,8	10
Grünland	24.01	0-12	0,3	7,5
Grünland	25.01	0-20	1,2	16
Grünland	26.01	0-20	0,8	1
Grünland	27.01	0-20	0,4	6,4
Acker	19.01	0-20	0,4	16
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	0,3	4,1
Acker	29.01	0-20	0,6	21
Acker	30.01	0-30	0,2	3,1
Acker	31.01	0-20	0,3	4,8
Acker	32.01	0-18	0,4	7,7
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	0,3	7,1
Acker	34.01	0-25	0,8	12
Acker	35.01	0-15	0,3	6,3
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	0,4	4,7
Wald	27b.01	0-12	2,1	26

Tab. A2-6: Messwerte Dioxine

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	1,2,3,7,8,9-HxCDD [ng/kg]	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	0,9	13
Wald	36.01	0-5	2,7	31
Wald	37. Auflage	5-0	3,6	45
Wald	37.01	0-6	3,2	68
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	1,9	21
Wald	38.01	0-5	2,5	33
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	3,5	37
Wald	39.01	0-5	0,7	12
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	9,3	120
Wald	40.01	0-8	0,3	4,5
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	1,3	9,4
Wald	41.01	0-8	1,2	17
Wald	42. Auflage	6-0	2,4	30
Wald	42.01	0-5	1,4	19
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	0,6	4,4
Wald	43.01	0-15	0,4	4,4
Wald	44. Auflage	4-0	2	24
Wald	44.01	0-5	1,1	14
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	1	11
Wald	45.01	0-12	0,6	8,3
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	15	130
Wald	46.01	0-8	1,2	16
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	3,9	39
Wald	47.01	0-8	0,3	4,1
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	2,3	23
Wald	48.01	0-7	1,2	9,8
Wald	49. Auflage	5-0	< 0,2	< 1
Wald	49.01	0-12	0,5	7,6
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	0,5	5,7
Wald	50. 01	0-9	0,9	13

Tab. A2-7: Messwerte Dioxine

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	OCDD [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	3300
Grünland	02.01	0-22	380
Grünland	03.01	0-15	220
Grünland	04.01	0-23	190
Grünland	05.01	0-20	130
Grünland	06.01	0-25	290
Grünland	07.01	0-16	500
Grünland	08.01	0-24	120
Grünland	09.01	0-12	150
Grünland	10.01	0-12	96
Grünland	10.02	12-25	-
Grünland	11.01	0-13	20
Grünland	12.01	0-10	92
Grünland	14.01	0-14	130
Grünland	15.01	0-15	100
Grünland	16.01	0-23	58
Grünland	17.01	0-6	53
Grünland	17.02	6-23	-
Grünland	18.01	0-10	66
Grünland	18.02	10-22	-
Grünland	20.01	0-20	24
Grünland	21.01	0-12	54
Grünland	22.01	0-7	230
Grünland	22.02	7-15	-
Grünland	23.01	0-14	31
Grünland	24.01	0-12	40
Grünland	25.01	0-20	210
Grünland	26.01	0-20	75
Grünland	27.01	0-20	31
Acker	19.01	0-20	92
Acker	19.02	20-30	-
Acker	28.01	0-30	18
Acker	29.01	0-20	160
Acker	30.01	0-30	15
Acker	31.01	0-20	38
Acker	32.01	0-18	45
Acker	32.02	18-30	-
Acker	33.01	0-28	46
Acker	34.01	0-25	81
Acker	35.01	0-15	35
Acker	35.02	15-30	-
Wald	27b. Auflage	3-0	11
Wald	27b.01	0-12	96

Tab. A2-8: Messwerte Dioxine

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	OCDD [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	61
Wald	36.01	0-5	190
Wald	37. Auflage	5-0	490
Wald	37.01	0-6	2600
Wald	37.02	6-15	-
Wald	38.Auflage	5-0	64
Wald	38.01	0-5	110
Wald	38.02	5-30	-
Wald	39. Auflage	3-0	120
Wald	39.01	0-5	51
Wald	39.02	5-17	-
Wald	40. Auflage	10-0	470
Wald	40.01	0-8	31
Wald	40.02	8-16	-
Wald	40.03	16-30	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	34
Wald	41.01	0-8	68
Wald	42. Auflage	6-0	99
Wald	42.01	0-5	86
Wald	42.02	5-30	-
Wald	43. Auflage	3-0	14
Wald	43.01	0-15	19
Wald	44. Auflage	4-0	99
Wald	44.01	0-5	83
Wald	44.02	5-15	-
Wald	45. Auflage	3-0	43
Wald	45.01	0-12	36
Wald	45.02	12-30	-
Wald	46. Auflage	5-0	620
Wald	46.01	0-8	57
Wald	46.02	8-13	-
Wald	47.Auflage	8-0	140
Wald	47.01	0-8	15
Wald	47.02	8-30	-
Wald	48. Auflage	4-0	65
Wald	48.01	0-7	37
Wald	49. Auflage	5-0	3
Wald	49.01	0-12	37
Wald	49.02	12-30	-
Wald	50. Auflage	3-0	30
Wald	50. 01	0-9	100

Tab. A 3-1: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	2,3,7,8-TCDF [ng/kg]	1,2,3,7,8-PeCDF [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	8,9	5,1
Grünland	02.01	0-22	1,3	1,2
Grünland	03.01	0-15	2,8	1,2
Grünland	04.01	0-23	2,5	1,3
Grünland	05.01	0-20	1,3	1,1
Grünland	06.01	0-25	5,5	4
Grünland	07.01	0-16	4,3	1,4
Grünland	08.01	0-24	3,3	2,2
Grünland	09.01	0-12	2,7	3,2
Grünland	10.01	0-12	8,3	2,1
Grünland	10.02	12-25	-	-
Grünland	11.01	0-13	0,6	0,4
Grünland	12.01	0-10	6,9	4,8
Grünland	14.01	0-14	2,9	2,8
Grünland	15.01	0-15	1,3	1,5
Grünland	16.01	0-23	7,4	6,9
Grünland	17.01	0-6	0,8	0,7
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	0,5	0,5
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	0,4	0,3
Grünland	21.01	0-12	1,3	1,3
Grünland	22.01	0-7	0,5	0,4
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	2,2	1,5
Grünland	24.01	0-12	0,7	0,5
Grünland	25.01	0-20	0,6	0,4
Grünland	26.01	0-20	1,9	1,8
Grünland	27.01	0-20	0,5	0,5
Acker	19.01	0-20	0,5	0,4
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	0,4	0,5
Acker	29.01	0-20	0,8	0,6
Acker	30.01	0-30	0,7	0,6
Acker	31.01	0-20	0,8	0,7
Acker	32.01	0-18	0,9	0,7
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	0,7	0,6
Acker	34.01	0-25	1,2	0,8
Acker	35.01	0-15	0,4	0,3
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	1,2	0,8
Wald	27b.01	0-12	5,7	3,9

Tab. A 3-2: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	2,3,7,8-TCDF [ng/kg]	1,2,3,7,8-PeCDF [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	2,5	1,5
Wald	36.01	0-5	5	3,7
Wald	37. Auflage	5-0	17	10
Wald	37.01	0-6	7,5	4,3
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	6,4	4,6
Wald	38.01	0-5	13	8,3
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	8,5	7,3
Wald	39.01	0-5	3,1	2,3
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	11	14
Wald	40.01	0-8	1	1,1
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	3,3	0,8
Wald	41.01	0-8	2,4	1,8
Wald	42. Auflage	6-0	8,1	5,5
Wald	42.01	0-5	5,1	4,6
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	1,3	0,6
Wald	43.01	0-15	1,1	1
Wald	44. Auflage	4-0	6,8	3,8
Wald	44.01	0-5	3,8	2,6
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	2,3	2
Wald	45.01	0-12	1,8	1,6
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	27	29
Wald	46.01	0-8	3,6	5,3
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	7,2	8,3
Wald	47.01	0-8	0,9	1
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	7	3,9
Wald	48.01	0-7	4,6	3,2
Wald	49. Auflage	5-0	0,2	< 0,2
Wald	49.01	0-12	1,2	0,8
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	0,9	0,7
Wald	50. 01	0-9	1,3	1,1

Tab. A 3-3: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	2,3,4,7,8-PeCDF [ng/kg]	1,2,3,4,7,8-HxCDF [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	9,2	15
Grünland	02.01	0-22	1,6	3
Grünland	03.01	0-15	2,1	3,1
Grünland	04.01	0-23	2,2	2,9
Grünland	05.01	0-20	1,8	3,6
Grünland	06.01	0-25	8	13
Grünland	07.01	0-16	4,3	4,2
Grünland	08.01	0-24	2,7	3,7
Grünland	09.01	0-12	4	5,3
Grünland	10.01	0-12	2,7	2,2
Grünland	10.02	12-25	-	-
Grünland	11.01	0-13	0,5	0,8
Grünland	12.01	0-10	4,3	3,6
Grünland	14.01	0-14	2,5	4,8
Grünland	15.01	0-15	2	4,1
Grünland	16.01	0-23	5	7,6
Grünland	17.01	0-6	0,7	1
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	1	1,1
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	0,4	0,7
Grünland	21.01	0-12	2,2	2,8
Grünland	22.01	0-7	0,6	1
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	2,2	1,6
Grünland	24.01	0-12	0,7	1
Grünland	25.01	0-20	0,7	1
Grünland	26.01	0-20	2,1	2
Grünland	27.01	0-20	0,7	0,9
Acker	19.01	0-20	0,5	0,8
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	0,5	0,7
Acker	29.01	0-20	0,8	1,3
Acker	30.01	0-30	0,6	1,1
Acker	31.01	0-20	0,9	0,9
Acker	32.01	0-18	0,9	1,5
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	0,7	0,8
Acker	34.01	0-25	1,2	1,1
Acker	35.01	0-15	0,5	0,5
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	0,8	0,6
Wald	27b.01	0-12	5,5	4,6

Tab. A 3-4: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	2,3,4,7,8-PeCDF [ng/kg]	1,2,3,4,7,8-HxCDF [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	2,2	1,9
Wald	36.01	0-5	5,9	4,7
Wald	37. Auflage	5-0	11	11
Wald	37.01	0-6	5,9	5,8
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	5,3	7,2
Wald	38.01	0-5	10	16
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	9,1	8,6
Wald	39.01	0-5	3,4	3,2
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	18	16
Wald	40.01	0-8	1,2	1,5
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	1,2	1,4
Wald	41.01	0-8	2,8	2
Wald	42. Auflage	6-0	5	5,5
Wald	42.01	0-5	4,9	4,9
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	0,9	0,8
Wald	43.01	0-15	1,2	1,4
Wald	44. Auflage	4-0	6	4,6
Wald	44.01	0-5	3,6	2,9
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	2,1	1,6
Wald	45.01	0-12	2	1,7
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	28	37
Wald	46.01	0-8	5,3	6,2
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	9,1	7,7
Wald	47.01	0-8	1,6	1,5
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	5	4
Wald	48.01	0-7	3,9	3,5
Wald	49. Auflage	5-0	< 0,2	< 0,2
Wald	49.01	0-12	1,1	1
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	1	0,8
Wald	50. 01	0-9	1,7	1,5

Tab. A 3-5: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	1,2,3,6,7,8-HxCDF [ng/kg]	1,2,3,7,8,9-HxCDF [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	7,6	0,2
Grünland	02.01	0-22	2,6	< 0,1
Grünland	03.01	0-15	1,7	< 0,1
Grünland	04.01	0-23	1,4	< 0,1
Grünland	05.01	0-20	1,7	< 0,1
Grünland	06.01	0-25	3,9	0,1
Grünland	07.01	0-16	3,3	< 0,1
Grünland	08.01	0-24	2,5	0,2
Grünland	09.01	0-12	4,3	0,2
Grünland	10.01	0-12	1,4	< 0,1
Grünland	10.02	12-25	-	-
Grünland	11.01	0-13	0,6	< 0,1
Grünland	12.01	0-10	2,4	0,2
Grünland	14.01	0-14	2,2	0,1
Grünland	15.01	0-15	2,6	0,1
Grünland	16.01	0-23	2,9	0,2
Grünland	17.01	0-6	0,9	< 0,1
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	1	< 0,1
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	0,5	< 0,1
Grünland	21.01	0-12	2,4	0,2
Grünland	22.01	0-7	0,7	< 0,1
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	1,4	< 0,1
Grünland	24.01	0-12	0,7	< 0,1
Grünland	25.01	0-20	0,8	< 0,1
Grünland	26.01	0-20	1,3	< 0,1
Grünland	27.01	0-20	0,6	< 0,1
Acker	19.01	0-20	0,5	< 0,1
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	0,5	< 0,1
Acker	29.01	0-20	0,8	< 0,1
Acker	30.01	0-30	0,8	< 0,1
Acker	31.01	0-20	0,9	< 0,1
Acker	32.01	0-18	0,8	< 0,1
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	0,6	< 0,1
Acker	34.01	0-25	0,9	< 0,1
Acker	35.01	0-15	0,5	< 0,1
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	0,6	< 0,2
Wald	27b.01	0-12	4,3	< 0,1

Tab. A 3-6: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	1,2,3,6,7,8-HxCDF [ng/kg]	1,2,3,7,8,9-HxCDF [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	1,5	< 0,2
Wald	36.01	0-5	4,7	0,3
Wald	37. Auflage	5-0	9,9	1,1
Wald	37.01	0-6	4,4	0,2
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	5,5	0,5
Wald	38.01	0-5	10	0,6
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	7,9	0,6
Wald	39.01	0-5	2,5	0,3
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	17	1,1
Wald	40.01	0-8	1,1	< 0,1
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	1,1	< 0,4
Wald	41.01	0-8	2	0,1
Wald	42. Auflage	6-0	4,7	0,4
Wald	42.01	0-5	3,8	0,2
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	0,7	< 0,2
Wald	43.01	0-15	1,1	< 0,1
Wald	44. Auflage	4-0	3,6	0,2
Wald	44.01	0-5	2,2	0,1
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	1,6	< 0,1
Wald	45.01	0-12	1,4	< 0,1
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	31	2,5
Wald	46.01	0-8	4,8	0,4
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	5,9	0,7
Wald	47.01	0-8	1,1	< 0,1
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	3,4	0,3
Wald	48.01	0-7	3	0,2
Wald	49. Auflage	5-0	< 0,2	< 0,2
Wald	49.01	0-12	0,7	< 0,1
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	0,7	< 0,1
Wald	50. 01	0-9	1,3	< 0,1

Tab. A 3-7: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	2,3,4,6,7,8-HxCDF [ng/kg]	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	7,7	120
Grünland	02.01	0-22	1,8	25
Grünland	03.01	0-15	1,6	11
Grünland	04.01	0-23	1,4	11
Grünland	05.01	0-20	1,4	13
Grünland	06.01	0-25	3,8	31
Grünland	07.01	0-16	2,9	34
Grünland	08.01	0-24	1,6	16
Grünland	09.01	0-12	3,7	31
Grünland	10.01	0-12	1,4	6,7
Grünland	10.02	12-25	-	-
Grünland	11.01	0-13	0,6	4
Grünland	12.01	0-10	2	19
Grünland	14.01	0-14	1,8	13
Grünland	15.01	0-15	2,2	18
Grünland	16.01	0-23	2,3	14
Grünland	17.01	0-6	0,8	4,3
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	1	5,6
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	0,4	2,7
Grünland	21.01	0-12	2,3	12
Grünland	22.01	0-7	0,6	4,9
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	1,6	7,4
Grünland	24.01	0-12	0,7	4,4
Grünland	25.01	0-20	0,9	5,8
Grünland	26.01	0-20	1,1	7,9
Grünland	27.01	0-20	0,6	4
Acker	19.01	0-20	0,5	6,9
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	0,5	2,6
Acker	29.01	0-20	0,7	5,5
Acker	30.01	0-30	0,6	2,6
Acker	31.01	0-20	0,7	4,4
Acker	32.01	0-18	0,7	4
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	0,6	3,2
Acker	34.01	0-25	0,7	6
Acker	35.01	0-15	0,4	5,9
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	0,6	2,3
Wald	27b.01	0-12	3,9	17

Tab. A 3-8: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	2,3,4,6,7,8-HxCDF [ng/kg]	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	1,5	5,2
Wald	36.01	0-5	4,6	17
Wald	37. Auflage	5-0	8,6	45
Wald	37.01	0-6	4,6	74
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	3,6	19
Wald	38.01	0-5	7	37
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	7,3	29
Wald	39.01	0-5	1,9	11
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	17	58
Wald	40.01	0-8	1	5
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	1,2	4,6
Wald	41.01	0-8	1,8	7,2
Wald	42. Auflage	6-0	3,8	18
Wald	42.01	0-5	3,5	17
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	0,7	2,4
Wald	43.01	0-15	0,9	4,2
Wald	44. Auflage	4-0	4	15
Wald	44.01	0-5	2,2	9,8
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	1,6	5,7
Wald	45.01	0-12	1,4	6,1
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	20	130
Wald	46.01	0-8	3,9	19
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	5,6	27
Wald	47.01	0-8	1	5
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	3	12
Wald	48.01	0-7	2,2	15
Wald	49. Auflage	5-0	< 0,2	< 0,6
Wald	49.01	0-12	0,8	3,9
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	0,6	2,7
Wald	50. 01	0-9	1,2	6,1

Tab. A 3-9: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF [ng/kg]	OCDF [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	8,1	460
Grünland	02.01	0-22	1,3	94
Grünland	03.01	0-15	0,7	24
Grünland	04.01	0-23	0,6	24
Grünland	05.01	0-20	0,9	26
Grünland	06.01	0-25	2,2	72
Grünland	07.01	0-16	1,3	100
Grünland	08.01	0-24	1,1	24
Grünland	09.01	0-12	2	42
Grünland	10.01	0-12	0,4	12
Grünland	10.02	12-25	-	-
Grünland	11.01	0-13	< 0,3	8
Grünland	12.01	0-10	0,8	74
Grünland	14.01	0-14	0,9	17
Grünland	15.01	0-15	0,8	20
Grünland	16.01	0-23	1,6	16
Grünland	17.01	0-6	0,4	6
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	0,4	7
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	< 0,3	3
Grünland	21.01	0-12	1	17
Grünland	22.01	0-7	0,3	7
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	0,6	7
Grünland	24.01	0-12	< 0,3	7
Grünland	25.01	0-20	0,5	9
Grünland	26.01	0-20	0,5	13
Grünland	27.01	0-20	< 0,3	5
Acker	19.01	0-20	0,3	38
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 0,3	3
Acker	29.01	0-20	0,3	11
Acker	30.01	0-30	< 0,3	6
Acker	31.01	0-20	0,3	10
Acker	32.01	0-18	< 0,3	7
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	< 0,3	5
Acker	34.01	0-25	0,4	8
Acker	35.01	0-15	< 0,3	7
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	< 0,6	< 2
Wald	27b.01	0-12	1,1	19

Tab. A 3-10: Messwerte Furane

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF [ng/kg]	OCDF [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	< 0,6	6
Wald	36.01	0-5	1,5	16
Wald	37. Auflage	5-0	3	110
Wald	37.01	0-6	2,2	560
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	1,3	21
Wald	38.01	0-5	3,6	48
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	1,6	22
Wald	39.01	0-5	0,4	12
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	3,8	40
Wald	40.01	0-8	0,3	7
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	< 0,6	3
Wald	41.01	0-8	0,5	10
Wald	42. Auflage	6-0	1,3	19
Wald	42.01	0-5	1,3	22
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	< 0,6	3
Wald	43.01	0-15	0,4	7
Wald	44. Auflage	4-0	0,8	12
Wald	44.01	0-5	0,5	11
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	0,3	4
Wald	45.01	0-12	0,3	6
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	11	160
Wald	46.01	0-8	1,6	28
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	0,6	21
Wald	47.01	0-8	0,3	6
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	0,8	9
Wald	48.01	0-7	0,9	33
Wald	49. Auflage	5-0	< 0,6	< 2
Wald	49.01	0-12	< 0,3	5
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	< 0,3	3
Wald	50. 01	0-9	0,3	8

Tab. A 4-1: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 77 [ng/kg]	PCB 81 [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	339	< 5
Grünland	02.01	0-22	24	< 5
Grünland	03.01	0-15	186	9
Grünland	04.01	0-23	52	< 5
Grünland	05.01	0-20	37	< 5
Grünland	06.01	0-25	150	< 5
Grünland	07.01	0-16	182	8
Grünland	08.01	0-24	36	< 5
Grünland	09.01	0-12	70	< 5
Grünland	10.01	0-12	< 20	< 5
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	< 20	< 5
Grünland	12.01	0-10	< 20	< 5
Grünland	14.01	0-14	90	< 5
Grünland	15.01	0-15	25	< 5
Grünland	16.01	0-23	< 20	< 5
Grünland	17.01	0-6	< 20	< 5
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	33	< 5
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	< 20	< 5
Grünland	21.01	0-12	< 20	< 5
Grünland	22.01	0-7	< 20	< 5
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	21	< 5
Grünland	24.01	0-12	< 20	< 5
Grünland	25.01	0-20	< 20	< 5
Grünland	26.01	0-20	< 20	< 5
Grünland	27.01	0-20	< 20	< 5
Acker	19.01	0-20	< 20	< 5
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 20	< 5
Acker	29.01	0-20	25	< 5
Acker	30.01	0-30	< 20	< 5
Acker	31.01	0-20	< 20	< 5
Acker	32.01	0-18	< 20	< 5
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	< 20	< 5
Acker	34.01	0-25	43	< 5
Acker	35.01	0-15	< 20	< 5
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	< 20	< 5
Wald	27b.01	0-12	80	< 5

Tab. A 4-2: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 77 [ng/kg]	PCB 81 [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	49	< 5
Wald	36.01	0-5	26	< 5
Wald	37. Auflage	5-0	221	7
Wald	37.01	0-6	97	< 5
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	107	< 5
Wald	38.01	0-5	94	< 5
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	87	< 5
Wald	39.01	0-5	29	< 5
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	100	< 5
Wald	40.01	0-8	< 20	< 5
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	58	< 5
Wald	41.01	0-8	30	< 5
Wald	42. Auflage	6-0	111	< 5
Wald	42.01	0-5	74	< 5
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	< 20	< 5
Wald	43.01	0-15	< 20	< 5
Wald	44. Auflage	4-0	49	< 5
Wald	44.01	0-5	31	< 5
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	26	< 5
Wald	45.01	0-12	< 20	< 5
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	193	6
Wald	46.01	0-8	32	< 5
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	93	< 5
Wald	47.01	0-8	< 20	< 5
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	87	< 5
Wald	48.01	0-7	53	< 5
Wald	49. Auflage	5-0	< 20	< 5
Wald	49.01	0-12	< 20	< 5
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	13	< 5
Wald	50. 01	0-9	< 20	< 5

Tab. A 4-3: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 126 [ng/kg]	PCB 169 [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	64	12
Grünland	02.01	0-22	9	< 5
Grünland	03.01	0-15	27	< 5
Grünland	04.01	0-23	13	< 5
Grünland	05.01	0-20	9	< 5
Grünland	06.01	0-25	71	9
Grünland	07.01	0-16	38	6
Grünland	08.01	0-24	11	< 5
Grünland	09.01	0-12	9	< 5
Grünland	10.01	0-12	7	< 5
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	< 5	< 5
Grünland	12.01	0-10	8	< 5
Grünland	14.01	0-14	22	< 5
Grünland	15.01	0-15	7	< 5
Grünland	16.01	0-23	5,2	< 5
Grünland	17.01	0-6	< 5	< 5
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	< 5	< 5
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	< 5	< 5
Grünland	21.01	0-12	< 5	< 5
Grünland	22.01	0-7	< 5	< 5
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	16	< 5
Grünland	24.01	0-12	< 5	< 5
Grünland	25.01	0-20	< 5	< 5
Grünland	26.01	0-20	13	< 5
Grünland	27.01	0-20	< 5	< 5
Acker	19.01	0-20	< 5	< 5
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 5	< 5
Acker	29.01	0-20	7	< 5
Acker	30.01	0-30	< 5	< 5
Acker	31.01	0-20	< 5	< 5
Acker	32.01	0-18	< 5	< 5
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	< 5	< 5
Acker	34.01	0-25	8	< 5
Acker	35.01	0-15	< 5	< 5
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	7	< 5
Wald	27b.01	0-12	27	5

Tab. A 4-4: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 126 [ng/kg]	PCB 169 [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	15	< 5
Wald	36.01	0-5	30	< 5
Wald	37. Auflage	5-0	112	18
Wald	37.01	0-6	38	6
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	49	6
Wald	38.01	0-5	51	8
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	50	8
Wald	39.01	0-5	14	< 5
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	64	11
Wald	40.01	0-8	< 5	< 5
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	15	< 5
Wald	41.01	0-8	12	< 5
Wald	42. Auflage	6-0	53	6
Wald	42.01	0-5	25	< 5
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	5	< 5
Wald	43.01	0-15	5	< 5
Wald	44. Auflage	4-0	21	< 5
Wald	44.01	0-5	15	< 5
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	12	< 5
Wald	45.01	0-12	7	< 5
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	104	26
Wald	46.01	0-8	13	< 5
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	41	11
Wald	47.01	0-8	7	< 5
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	45	7
Wald	48.01	0-7	23	< 5
Wald	49. Auflage	5-0	< 5	< 5
Wald	49.01	0-12	< 5	< 5
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	6	< 5
Wald	50. 01	0-9	8	< 5

Tab. A 4-5: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 105 [ng/kg]	PCB 114 [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	1190	225
Grünland	02.01	0-22	142	28
Grünland	03.01	0-15	561	72
Grünland	04.01	0-23	370	22
Grünland	05.01	0-20	230	12
Grünland	06.01	0-25	1700	100
Grünland	07.01	0-16	734	176
Grünland	08.01	0-24	83	21
Grünland	09.01	0-12	151	21
Grünland	10.01	0-12	136	36
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	23	< 5
Grünland	12.01	0-10	98	22
Grünland	14.01	0-14	320	45
Grünland	15.01	0-15	129	25
Grünland	16.01	0-23	59	< 10
Grünland	17.01	0-6	42	< 10
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	48	< 10
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	< 20	< 10
Grünland	21.01	0-12	32	< 10
Grünland	22.01	0-7	30	< 10
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	112	13
Grünland	24.01	0-12	51	12
Grünland	25.01	0-20	31	< 10
Grünland	26.01	0-20	280	21
Grünland	27.01	0-20	66	10
Acker	19.01	0-20	49	< 10
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 20	< 10
Acker	29.01	0-20	89	< 10
Acker	30.01	0-30	30	< 10
Acker	31.01	0-20	33	< 10
Acker	32.01	0-18	44	< 10
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	33	< 10
Acker	34.01	0-25	140	< 10
Acker	35.01	0-15	24	< 10
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	87	< 10
Wald	27b.01	0-12	176	23

Tab. A 4-6: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 105 [ng/kg]	PCB 114 [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	284	27
Wald	36.01	0-5	180	23
Wald	37. Auflage	5-0	1000	106
Wald	37.01	0-6	327	46
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	468	53
Wald	38.01	0-5	411	64
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	620	29
Wald	39.01	0-5	130	< 10
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	970	29
Wald	40.01	0-8	43	< 10
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	232	18
Wald	41.01	0-8	84	23
Wald	42. Auflage	6-0	448	47
Wald	42.01	0-5	161	31
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	77	9
Wald	43.01	0-15	21	< 10
Wald	44. Auflage	4-0	430	16
Wald	44.01	0-5	150	< 10
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	140	< 10
Wald	45.01	0-12	39	< 10
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	2030	60
Wald	46.01	0-8	220	24
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	621	84
Wald	47.01	0-8	40	10
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	321	42
Wald	48.01	0-7	131	27
Wald	49. Auflage	5-0	58	6
Wald	49.01	0-12	36	< 10
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	120	< 10
Wald	50. 01	0-9	55	< 10

Tab. A 4-7: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 118 [ng/kg]	PCB 123 [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	2770	< 200
Grünland	02.01	0-22	332	< 30
Grünland	03.01	0-15	941	< 50
Grünland	04.01	0-23	880	< 100
Grünland	05.01	0-20	830	< 80
Grünland	06.01	0-25	7100	< 1500
Grünland	07.01	0-16	1670	< 100
Grünland	08.01	0-24	193	< 15
Grünland	09.01	0-12	379	< 30
Grünland	10.01	0-12	480	< 30
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	65	< 5
Grünland	12.01	0-10	268	< 15
Grünland	14.01	0-14	745	< 80
Grünland	15.01	0-15	359	< 30
Grünland	16.01	0-23	137	< 10
Grünland	17.01	0-6	620	< 100
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	121	< 10
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	< 50	< 10
Grünland	21.01	0-12	94	< 10
Grünland	22.01	0-7	82	< 10
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	236	< 25
Grünland	24.01	0-12	93	< 10
Grünland	25.01	0-20	84	< 10
Grünland	26.01	0-20	940	< 100
Grünland	27.01	0-20	159	< 20
Acker	19.01	0-20	165	< 10
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 50	< 10
Acker	29.01	0-20	180	< 10
Acker	30.01	0-30	66	< 10
Acker	31.01	0-20	73	< 10
Acker	32.01	0-18	92	< 10
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	78	< 10
Acker	34.01	0-25	290	< 10
Acker	35.01	0-15	61	< 10
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	168	< 20
Wald	27b.01	0-12	529	< 40

Tab. A 4-8: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 118 [ng/kg]	PCB 123 [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	593	< 60
Wald	36.01	0-5	348	< 40
Wald	37. Auflage	5-0	2120	< 200
Wald	37.01	0-6	833	< 60
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	1140	< 100
Wald	38.01	0-5	1470	< 100
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	1600	< 190
Wald	39.01	0-5	290	< 10
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	2700	< 280
Wald	40.01	0-8	170	< 15
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	533	< 40
Wald	41.01	0-8	192	< 30
Wald	42. Auflage	6-0	1090	< 100
Wald	42.01	0-5	548	< 50
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	188	< 20
Wald	43.01	0-15	84	< 10
Wald	44. Auflage	4-0	1500	< 200
Wald	44.01	0-5	390	< 40
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	390	< 60
Wald	45.01	0-12	75	< 10
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	4430	< 200
Wald	46.01	0-8	579	< 50
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	1880	< 100
Wald	47.01	0-8	169	< 10
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	849	< 100
Wald	48.01	0-7	427	< 40
Wald	49. Auflage	5-0	177	< 16
Wald	49.01	0-12	63	< 10
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	340	< 60
Wald	50. 01	0-9	90	< 10

Tab. A 4-9: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 156 [ng/kg]	PCB 157 [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	2120	417
Grünland	02.01	0-22	308	60
Grünland	03.01	0-15	539	83
Grünland	04.01	0-23	560	95
Grünland	05.01	0-20	710	130
Grünland	06.01	0-25	4900	630
Grünland	07.01	0-16	1130	185
Grünland	08.01	0-24	188	24
Grünland	09.01	0-12	232	36
Grünland	10.01	0-12	367	47
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	35	7
Grünland	12.01	0-10	232	47
Grünland	14.01	0-14	451	88
Grünland	15.01	0-15	290	37
Grünland	16.01	0-23	62	11
Grünland	17.01	0-6	530	60
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	77	15
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	20	< 10
Grünland	21.01	0-12	32	< 10
Grünland	22.01	0-7	39	< 10
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	172	36
Grünland	24.01	0-12	57	< 10
Grünland	25.01	0-20	56	10
Grünland	26.01	0-20	960	99
Grünland	27.01	0-20	84	15
Acker	19.01	0-20	107	11
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	22	< 10
Acker	29.01	0-20	88	17
Acker	30.01	0-30	38	< 10
Acker	31.01	0-20	28	< 10
Acker	32.01	0-18	40	< 10
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	34	< 10
Acker	34.01	0-25	180	39
Acker	35.01	0-15	20	< 10
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	50	< 10
Wald	27b.01	0-12	192	47

Tab. A 4-10: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 156 [ng/kg]	PCB 157 [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	187	15
Wald	36.01	0-5	244	56
Wald	37. Auflage	5-0	1220	163
Wald	37.01	0-6	364	51
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	603	88
Wald	38.01	0-5	667	104
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	670	91
Wald	39.01	0-5	140	37
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	800	150
Wald	40.01	0-8	93	12
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	146	34
Wald	41.01	0-8	95	20
Wald	42. Auflage	6-0	358	60
Wald	42.01	0-5	237	41
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	63	7
Wald	43.01	0-15	54	14
Wald	44. Auflage	4-0	670	100
Wald	44.01	0-5	150	30
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	170	26
Wald	45.01	0-12	60	23
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	2020	133
Wald	46.01	0-8	231	38
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	778	107
Wald	47.01	0-8	81	12
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	361	55
Wald	48.01	0-7	244	40
Wald	49. Auflage	5-0	56	17
Wald	49.01	0-12	33	13
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	200	25
Wald	50. 01	0-9	89	22

Tab. A 4-11: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 167 [ng/kg]	PCB 189 [ng/kg]
Grünland	01.01	0-20	1110	484
Grünland	02.01	0-22	168	91
Grünland	03.01	0-15	273	136
Grünland	04.01	0-23	290	140
Grünland	05.01	0-20	360	120
Grünland	06.01	0-25	2700	1300
Grünland	07.01	0-16	696	318
Grünland	08.01	0-24	94	34
Grünland	09.01	0-12	149	48
Grünland	10.01	0-12	185	92
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	15	11
Grünland	12.01	0-10	119	69
Grünland	14.01	0-14	262	91
Grünland	15.01	0-15	145	52
Grünland	16.01	0-23	34	< 10
Grünland	17.01	0-6	220	100
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	44	13
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	18	< 10
Grünland	21.01	0-12	16	< 10
Grünland	22.01	0-7	19	< 10
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	131	38
Grünland	24.01	0-12	25	< 10
Grünland	25.01	0-20	34	11
Grünland	26.01	0-20	480	260
Grünland	27.01	0-20	39	12
Acker	19.01	0-20	45	19
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 10	< 10
Acker	29.01	0-20	44	16
Acker	30.01	0-30	16	< 10
Acker	31.01	0-20	16	< 10
Acker	32.01	0-18	18	< 10
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	17	< 10
Acker	34.01	0-25	100	41
Acker	35.01	0-15	11	< 10
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	35	< 10
Wald	27b.01	0-12	125	39

Tab. A 4-12: Messwerte dl - PCB

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 167 [ng/kg]	PCB 189 [ng/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	92	8
Wald	36.01	0-5	143	41
Wald	37. Auflage	5-0	554	195
Wald	37.01	0-6	219	70
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	283	63
Wald	38.01	0-5	375	119
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	420	130
Wald	39.01	0-5	100	25
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	540	170
Wald	40.01	0-8	54	23
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	79	30
Wald	41.01	0-8	54	16
Wald	42. Auflage	6-0	189	57
Wald	42.01	0-5	129	33
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	36	11
Wald	43.01	0-15	47	12
Wald	44. Auflage	4-0	350	120
Wald	44.01	0-5	93	33
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	110	42
Wald	45.01	0-12	98	15
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	893	314
Wald	46.01	0-8	101	40
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	400	126
Wald	47.01	0-8	48	13
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	194	59
Wald	48.01	0-7	150	56
Wald	49. Auflage	5-0	34	9
Wald	49.01	0-12	34	< 10
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	100	38
Wald	50. 01	0-9	54	16

Tab. A 5-1: Messwerte PCB_6

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 28 [µg/kg]	PCB 52 [µg/kg]
Grünland	01.01	0-20	0,9	0,8
Grünland	02.01	0-22	0,4	0,2
Grünland	03.01	0-15	0,8	0,4
Grünland	04.01	0-23	0,3	0,5
Grünland	05.01	0-20	< 0,2	0,4
Grünland	06.01	0-25	0,8	4,1
Grünland	07.01	0-16	1	1
Grünland	08.01	0-24	< 0,2	< 0,2
Grünland	09.01	0-12	< 0,2	< 0,2
Grünland	10.01	0-12	< 0,2	0,2
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	< 0,2	< 0,2
Grünland	12.01	0-10	< 0,2	< 0,2
Grünland	14.01	0-14	0,3	0,2
Grünland	15.01	0-15	< 0,2	< 0,2
Grünland	16.01	0-23	< 0,2	< 0,2
Grünland	17.01	0-6	< 0,2	< 0,2
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	< 0,2	< 0,2
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	< 0,2	< 0,2
Grünland	21.01	0-12	< 0,2	< 0,2
Grünland	22.01	0-7	< 0,2	< 0,2
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	< 0,2	< 0,2
Grünland	24.01	0-12	< 0,2	< 0,2
Grünland	25.01	0-20	< 0,2	< 0,2
Grünland	26.01	0-20	< 0,2	0,2
Grünland	27.01	0-20	< 0,2	< 0,2
Acker	19.01	0-20	< 0,2	< 0,2
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 0,2	< 0,2
Acker	29.01	0-20	< 0,2	< 0,2
Acker	30.01	0-30	< 0,2	< 0,2
Acker	31.01	0-20	< 0,2	< 0,2
Acker	32.01	0-18	< 0,2	< 0,2
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	< 0,2	< 0,2
Acker	34.01	0-25	< 0,2	< 0,2
Acker	35.01	0-15	< 0,2	< 0,2
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	< 0,2	< 0,2
Wald	27b.01	0-12	< 0,2	< 0,2

Tab. A 5-2: Messwerte PCB_6

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 28 [µg/kg]	PCB 52 [µg/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	0,4	0,3
Wald	36.01	0-5	< 0,2	< 0,2
Wald	37. Auflage	5-0	0,2	0,4
Wald	37.01	0-6	< 0,2	< 0,2
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	0,2	0,3
Wald	38.01	0-5	< 0,2	< 0,2
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	< 0,2	0,3
Wald	39.01	0-5	< 0,2	< 0,2
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	< 0,2	0,3
Wald	40.01	0-8	< 0,2	< 0,2
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	0,8	0,5
Wald	41.01	0-8	< 0,2	< 0,2
Wald	42. Auflage	6-0	< 0,2	< 0,2
Wald	42.01	0-5	< 0,2	< 0,2
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	< 0,2	< 0,2
Wald	43.01	0-15	< 0,2	< 0,2
Wald	44. Auflage	4-0	< 0,2	0,4
Wald	44.01	0-5	< 0,2	< 0,2
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	< 0,2	0,2
Wald	45.01	0-12	< 0,2	< 0,2
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	0,2	0,6
Wald	46.01	0-8	0,3	< 0,2
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	0,2	0,3
Wald	47.01	0-8	< 0,2	< 0,2
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	< 0,2	< 0,2
Wald	48.01	0-7	< 0,2	< 0,2
Wald	49. Auflage	5-0	0,3	< 0,2
Wald	49.01	0-12	< 0,2	< 0,2
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	0,2	0,4
Wald	50. 01	0-9	< 0,2	< 0,2

Tab. A 5-3: Messwerte PCB_6

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 101 [µg/kg]	PCB 138 [µg/kg]
Grünland	01.01	0-20	5,6	35,2
Grünland	02.01	0-22	0,9	4,2
Grünland	03.01	0-15	3,3	8,1
Grünland	04.01	0-23	2,3	9
Grünland	05.01	0-20	3,2	10,5
Grünland	06.01	0-25	29,9	85,7
Grünland	07.01	0-16	5,9	17,3
Grünland	08.01	0-24	0,7	2,2
Grünland	09.01	0-12	0,8	2,7
Grünland	10.01	0-12	2,1	4,8
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	< 0,2	0,5
Grünland	12.01	0-10	1	3,8
Grünland	14.01	0-14	1	5,7
Grünland	15.01	0-15	1,6	4,1
Grünland	16.01	0-23	0,2	0,8
Grünland	17.01	0-6	0,2	0,7
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	0,3	1
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	< 0,2	0,4
Grünland	21.01	0-12	0,3	0,4
Grünland	22.01	0-7	< 0,2	0,5
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	0,7	2,4
Grünland	24.01	0-12	0,2	0,5
Grünland	25.01	0-20	0,2	0,8
Grünland	26.01	0-20	1,5	12,2
Grünland	27.01	0-20	0,5	1,1
Acker	19.01	0-20	0,7	1,4
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	< 0,2	0,3
Acker	29.01	0-20	0,3	1
Acker	30.01	0-30	< 0,2	0,5
Acker	31.01	0-20	< 0,2	0,5
Acker	32.01	0-18	< 0,2	0,5
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	< 0,2	0,5
Acker	34.01	0-25	0,7	2,1
Acker	35.01	0-15	< 0,2	0,3
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	0,3	1
Wald	27b.01	0-12	0,7	2,6

Tab. A 5-4: Messwerte PCB_6

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 101 [µg/kg]	PCB 138 [µg/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	1,1	2,4
Wald	36.01	0-5	1	3,6
Wald	37. Auflage	5-0	4,2	13,1
Wald	37.01	0-6	2,1	5,1
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	2	7,2
Wald	38.01	0-5	4,5	13,2
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	2,8	8,9
Wald	39.01	0-5	0,5	1,6
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	3,9	13
Wald	40.01	0-8	0,2	0,5
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	1,2	2,8
Wald	41.01	0-8	0,3	1,5
Wald	42. Auflage	6-0	1,1	4,9
Wald	42.01	0-5	1,1	4
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	0,4	1,1
Wald	43.01	0-15	0,4	1,3
Wald	44. Auflage	4-0	3,1	9,8
Wald	44.01	0-5	0,5	2,3
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	1,1	2,7
Wald	45.01	0-12	0,4	1,2
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	5,4	20,4
Wald	46.01	0-8	1,5	3,6
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	2,8	9,8
Wald	47.01	0-8	0,8	1,5
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	1,7	4,9
Wald	48.01	0-7	1,5	4,9
Wald	49. Auflage	5-0	0,4	0,9
Wald	49.01	0-12	0,4	0,9
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	1,5	2,8
Wald	50. 01	0-9	0,3	1

Tab. A 5-5: Messwerte PCB_6

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 153 [µg/kg]	PCB 180 [µg/kg]
Grünland	01.01	0-20	27,4	21,2
Grünland	02.01	0-22	4	2,6
Grünland	03.01	0-15	8,1	6,6
Grünland	04.01	0-23	8,3	5,8
Grünland	05.01	0-20	8,9	6,6
Grünland	06.01	0-25	81,7	62,3
Grünland	07.01	0-16	16,4	14,3
Grünland	08.01	0-24	2,2	1,3
Grünland	09.01	0-12	2,8	2
Grünland	10.01	0-12	4,8	3,1
Grünland	10.02	12-25	--	--
Grünland	11.01	0-13	0,5	0,3
Grünland	12.01	0-10	3,5	2,2
Grünland	14.01	0-14	4,8	3,8
Grünland	15.01	0-15	3,5	2,5
Grünland	16.01	0-23	0,7	0,3
Grünland	17.01	0-6	0,9	0,4
Grünland	17.02	6-23	-	-
Grünland	18.01	0-10	1	0,6
Grünland	18.02	10-22	-	-
Grünland	20.01	0-20	0,4	0,2
Grünland	21.01	0-12	0,5	0,2
Grünland	22.01	0-7	0,5	0,3
Grünland	22.02	7-15	-	-
Grünland	23.01	0-14	2,3	1,5
Grünland	24.01	0-12	0,6	0,4
Grünland	25.01	0-20	0,8	0,5
Grünland	26.01	0-20	12,8	9,2
Grünland	27.01	0-20	1,1	0,5
Acker	19.01	0-20	1,4	0,9
Acker	19.02	20-30	-	-
Acker	28.01	0-30	0,4	< 0,2
Acker	29.01	0-20	1,1	0,7
Acker	30.01	0-30	0,5	0,2
Acker	31.01	0-20	0,5	< 0,2
Acker	32.01	0-18	0,5	0,3
Acker	32.02	18-30	-	-
Acker	33.01	0-28	0,5	0,2
Acker	34.01	0-25	2,4	1,3
Acker	35.01	0-15	0,3	0,2
Acker	35.02	15-30	-	-
Wald	27b. Auflage	3-0	0,9	0,4
Wald	27b.01	0-12	2,8	1,3

Tab. A 5-6: Messwerte PCB_6

Nutzung	Standort/Horizontnummer	Tiefe bis [cm]	PCB 153 [µg/kg]	PCB 180 [µg/kg]
Wald	36. Auflage	2-0	2,5	1,1
Wald	36.01	0-5	3,3	1,7
Wald	37. Auflage	5-0	12,8	6,8
Wald	37.01	0-6	4,6	2,6
Wald	37.02	6-15	-	-
Wald	38.Auflage	5-0	7,2	3,9
Wald	38.01	0-5	10,9	4,9
Wald	38.02	5-30	-	-
Wald	39. Auflage	3-0	9,7	5,1
Wald	39.01	0-5	1,9	1
Wald	39.02	5-17	-	-
Wald	40. Auflage	10-0	13,5	5,8
Wald	40.01	0-8	0,6	0,2
Wald	40.02	8-16	-	-
Wald	40.03	16-30	-	-
Wald	41.Auflage	1,5-0	2,7	1,3
Wald	41.01	0-8	1,3	0,7
Wald	42. Auflage	6-0	5,1	2,8
Wald	42.01	0-5	3,1	1,6
Wald	42.02	5-30	-	-
Wald	43. Auflage	3-0	1,2	0,6
Wald	43.01	0-15	1,3	0,7
Wald	44. Auflage	4-0	0,6	5
Wald	44.01	0-5	2,3	1
Wald	44.02	5-15	-	-
Wald	45. Auflage	3-0	2,8	1,4
Wald	45.01	0-12	1,6	0,7
Wald	45.02	12-30	-	-
Wald	46. Auflage	5-0	18,3	9,6
Wald	46.01	0-8	3,2	1,4
Wald	46.02	8-13	-	-
Wald	47.Auflage	8-0	10	4,6
Wald	47.01	0-8	1,4	0,7
Wald	47.02	8-30	-	-
Wald	48. Auflage	4-0	4,6	2,7
Wald	48.01	0-7	4,6	2,1
Wald	49. Auflage	5-0	0,8	0,4
Wald	49.01	0-12	1	0,4
Wald	49.02	12-30	-	-
Wald	50. Auflage	3-0	3,3	1,9
Wald	50. 01	0-9	1,3	0,6

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe · Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de