



Bundesamt für
Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit

NATIONALE STATUSERHEBUNG VON DIOXINEN UND PCB IN LEBENSMITTELN PFLANZLICHEN URSPRUNGS 2004/2005

Durchgeführt im Rahmen des Umweltforschungsplans des
Bundesumweltministeriums



IMPRESSUM

© 2006 BVL

Nationale Stuserhebung von Dioxinen und PCB in Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs
Durchgeführt im Rahmen des Umweltforschungsplans der Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Herausgeber: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)
Postfach 48 04 47 • 12254 Berlin
Telefax: 0 18 88/4 12 29 65
E-Mail: poststelle@bvl.bund.de

Redaktion: Dr. Evelyn Breitweg-Lehmann, BVL, Referat 103

ViSdP: Jochen Heimberg

Dieses Dokument wird aus Gründen einer kostenbewussten Haushaltsführung und zum Schutz der Umwelt
ausschließlich als pdf-Dokument herausgegeben.

Diese Broschüre finden Sie im Internet unter www.bvl.bund.de > *Sicherheit und Kontrollen* > *Dioxin-Monitoring*

Titel:	Durchführung der Probenahme, Probenvorbereitung, Analytik und Berichterstattung im Rahmen der vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit durchzuführenden Studie „Nationale Staturerhebung von Dioxinen und PCB in Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs“
Auftraggeber:	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) Rochusstraße 65 D-53123 Bonn
Kostenträger:	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit Rochusstraße 65 D-53123 Bonn
Projektleitung Auftraggeber:	Dr. Evelyn Breitweg-Lehmann, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
Auftragnehmer:	Ökometric GmbH Bayreuther Institut für Umweltforschung Berneckerstraße 17-21 95448 Bayreuth
Projektleitung Auftragnehmer:	Dipl.-Geoök. Horst Rottler, Ökometric GmbH
Projektumfang:	Vorarbeiten, Probenahme für 100 Proben, Probenvorbereitung, Analytik auf Dioxine und PCB von 100 pflanzlichen Proben, Durchführung und Beschreibung der qualitätssichernden Maßnahmen, Dokumentation aller Arbeitsschritte, Datensicherung, Berichterstattung, Rückverfolgbarkeit der Proben
Bearbeitungszeitraum	08/2004 – 07/2005

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Abkürzungen	6
Zusammenfassung	7
1 EINLEITUNG	9
1.1 Hintergrund	9
1.2 Fragestellung und Projektumfang	10
1.3 Probenahmeplan	10
2 METHODEN	15
2.1 Probenahme	15
2.2 Probenvorbereitung	16
2.3 Analytik	19
2.4 Qualitätssichernde Maßnahmen und analytischen Leistungskriterien	23
3 ERGEBNISSE	25
3.1 Ergebnisse aller Proben zusammengefasst	25
3.2 Ergebnisse der einzelnen Lebensmittel und Wuchsformen	26
3.3 Ergebnisse differenziert nach Siedlungsdichte	44
3.4 Ergebnisse differenziert nach Probenahmeregion	54
4 DISKUSSION	69
4.1 Bewertung der Ergebnisse im Vergleich zu bislang bekannten Werten	69
4.2 Bewertung der Ergebnisse im Zusammenh. mit bestehenden Höchst- u. Auslösewerten	74
5 LITERATUR	76

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Probenahmeplan	13
Tabelle 2: Zielprobenmengen für die Beschaffung der Laborproben	16
Tabelle 3: Probenvorbereitung	17
Tabelle 4: Untersuchtes Substanzspektrum	19
Tabelle 5: Interne Standards	21
Tabelle 6: Bestimmungsgrenzen	22
Tabelle 7: Qualitätssichernde Maßnahmen und analytische Leistungskriterien	24
Tabelle 8: Spannbreiten über alle untersuchte Proben (pg/g FG)	26
Tabelle 9: Dioxingehalte (pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG)	34
Tabelle 10: Dioxinähnliche PCB (pg WHO-PCB-TEQ/g FG)	35
Tabelle 11: Gesamt-TEQ (pg WHO-TEQ/g FG)	36
Tabelle 12: PCB 28 (pg/g FG)	37
Tabelle 13: PCB 52 (pg/g FG)	38
Tabelle 14: PCB 101 (pg/g FG)	39
Tabelle 15: PCB 138 (pg/g FG)	40
Tabelle 16: PCB 153 (pg/g FG)	41
Tabelle 17: PCB 180 (pg/g FG)	42
Tabelle 18: Summe 6 PCB (pg/g FG)	43
Tabelle 19: Veröffentlichte Ergebnisse zu Dioxinen in pflanzlichen Lebensmitteln (außer Grünkohl)	70
Tabelle 20: Veröffentlichte Ergebnisse zu dioxinähnlichen PCB in pflanzlichen Lebensmitteln	72
Tabelle 21: Veröffentlichte Ergebnisse zu Indikator-PCB in pflanzlichen Lebensmitteln	73

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Probenahmestandorte	15
Abbildung 2: Analysenschema	20
Abbildung 3: Dioxingehalte (pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG)	27
Abbildung 4: Gehalte dioxinähnlicher PCB (pg WHO-PCB-TEQ/g FG)	28
Abbildung 5: Gesamt WHO-TEQ-Gehalte ((pg WHO-TEQ/g FG)	29
Abbildung 6: Verhältnis der WHO-TEQ: PCDD/F:PCB	29
Abbildung 7: Ergebnisse PCB 28 (pg/g FG)	30
Abbildung 8: Ergebnisse PCB 52 (pg/g FG)	31
Abbildung 9: Ergebnisse PCB 101 (pg/g FG)	31
Abbildung 10: Ergebnisse PCB 138 (pg/g FG)	32
Abbildung 11: Ergebnisse PCB 153 (pg/g FG)	32
Abbildung 12: Ergebnisse PCB 180 (pg/g FG)	33
Abbildung 13: Ergebnisse Summe 6 PCB (pg/g FG)	33
Abbildung 14: Dioxingehalte: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG)	45
Abbildung 15: Dioxinähn. PCB: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg WHO-PCB-TEQ/g FG)	46
Abbildung 16: PCB 28: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg/g FG)	47
Abbildung 17: PCB 52: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg/g FG)	48
Abbildung 18: PCB 101: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg/g FG)	49
Abbildung 19: PCB 138: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg/g FG)	50
Abbildung 20: PCB 153: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg/g FG)	51
Abbildung 21: PCB 180: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg/g FG)	52
Abbildung 22: Summe 6 PCB: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg/g FG)	53
Abbildung 23: Dioxine: regionale Differenzierung (pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG)	55
Abbildung 24: Dioxinähnliche PCB: regionale Differenzierung (pg WHO-PCB-TEQ/g FG)	55
Abbildung 25: PCB 28: regionale Differenzierung (pg/g FG)	56
Abbildung 26: PCB 52: regionale Differenzierung (pg/g FG)	56
Abbildung 27: PCB 101: regionale Differenzierung (pg/g FG)	57
Abbildung 28: PCB 138: regionale Differenzierung (pg/g FG)	57
Abbildung 29: PCB 153: regionale Differenzierung (pg/g FG)	58
Abbildung 30: PCB 180: regionale Differenzierung (pg/g FG)	58
Abbildung 31: Summe 6 PCB: regionale Differenzierung (pg/g FG)	59
Abbildung 32: Dioxinergebnisse nach Probenahmeregion (pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG)	60
Abbildung 33: Ergebnisse dioxinähn. PCB nach Probenahmeregion (pg WHO-PCB-TEQ/g FG)	61
Abbildung 34: Ergebnisse PCB 28 nach Probenahmeregion (pg/g FG)	62
Abbildung 35: Ergebnisse PCB 52 nach Probenahmeregion (pg/g FG)	63
Abbildung 36: Ergebnisse PCB 101 nach Probenahmeregion (pg/g FG)	64

Abbildung 37: Ergebnisse PCB 138 nach Probenahmeregion (pg/g FG)	65
Abbildung 38: Ergebnisse PCB 153 nach Probenahmeregion (pg/g FG)	66
Abbildung 39: Ergebnisse PCB 180 nach Probenahmeregion (pg/g FG)	67
Abbildung 40: Ergebnisse Summe 6 PCB nach Probenahmeregion (pg/g FG)	68
Abbildung 41: Vergleich zwischen Dioxingehalten in pflanzlichen Lebensmitteln und dem EU- Auslösewert für Gemüse, Obst und Getreide (ng WHO-PCDD/F-TEQ/g Erzeugnis)	74
Abbildung 42: Vergleich zwischen WHO-PCB-Gehalten in pflanzl. Lebensmitteln und dem EU- Auslösewert für Gemüse, Obst und Getreide (ng WHO-PCDD/F-TEQ/g Erzeugnis)	75

ABKÜRZUNGEN

BG	Bestimmungsgrenze
FG	Frischgewicht (entspricht Originalsubstanz O.S.)
O.S.	Originalsubstanz (entspricht Frischgewicht FG)
PCDD	polychlorierte Dibenzo-p-dioxine
PCDF	polychlorierte Dibenzofurane
PCDD/F	PCDD und PCDF, Dioxine
PCB	polychlorierte Biphenyle
WHO-PCB	dioxinähnliche PCB nach WHO-Liste
Summe 6-PCB	Summe der sechs Indikator-PCB (PCB 28, PCB52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180)
WHO-PCDD/F-TEQ	Toxizitätsequivalent für PCDD/F nach Toxizitätsequivalentfaktoren (TEF) der WHO (van den Berg et al. 1998)
WHO-PCB-TEQ	Toxizitätsequivalent für PCB nach Toxizitätsequivalentfaktoren (TEF) der WHO (van den Berg et al. 1998)
WHO-TEQ	Toxizitätsequivalent für PCDD/F und PCB nach Toxizitätsequivalentfaktoren (TEF) der WHO (van den Berg et al. 1998)
upper-bound	Berechnung der Toxizitätsequivalente unter voller Einrechnung der Bestimmungsgrenze der nicht bestimmbar Kongenere
lower-bound	Berechnung der Toxizitätsequivalente ohne Einrechnung der Bestimmungsgrenze der nicht bestimmbar Kongenere

ZUSAMMENFASSUNG

Die Empfehlung der Kommission vom 11. Oktober 2004 für das Monitoring der Hintergrundbelastung von Lebensmitteln mit Dioxinen und dioxinähnlichen PCB (2004/705/EG) sieht es als notwendig an, „in der EU für ein größtmögliches Spektrum an Lebensmitteln zuverlässige Daten über das Vorkommen von Dioxinen und dioxinähnlichen PCB zu erheben“. Es sollen auch Daten für Gemüse, Obst und Getreide erhoben werden. Ferner wird empfohlen, in den gleichen Proben auch den Gehalt von nicht dioxin-ähnlichen PCB zu bestimmen.

Mit dem Forschungsvorhaben „Nationale Staturerhebung von Dioxinen und PCB in Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs“ sollten Basisdaten der Belastung von Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft aus Deutschland mit Dioxinen und PCB (dioxinähnliche PCB und nicht dioxinähnliche PCB) gesammelt werden. Das für Obst, Gemüse und Getreide gewonnene Datenmaterial soll in das EU-weite Dioxin- und PCB-Monitoring von Lebensmitteln gemäß Empfehlung 2004/705/EG und damit in die Beratungen zur EU-weiten Bewertung und ggf. Festsetzung von Höchstgehalten für Dioxine und PCB in Obst, Gemüse und Getreide einfließen.

100 Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs wurden in diesem Zusammenhang über größere Bereiche Deutschlands beprobt. Die Ökometric GmbH wurde mit der Durchführung der Probenahme, Probenvorbereitung, Analytik und Berichterstattung beauftragt.

Folgende Lebensmittel wurden beprobt:

- unterirdisches Gemüse (Karotten, Kartoffeln)
- oberirdische bodennahe Früchte (Blumenkohl / Kohlrabi, Zucchini, Erdbeeren)
- bodennahes Blattgemüse (Kopfsalat, Weißkohl)
- bodenfernes Obst/Gemüse (Bohnen, Äpfel, Getreide)

Die Probenahme erfolgte sowohl an Standorten mit potentieller Hintergrundbelastung als auch nahe an Ballungsgebieten.

Folgende Kontaminanten wurden mittels hoch auflösender GC/MS untersucht:

- 17 2,3,7,8-substituierte PCDD und PCDF (PCDD/F)
- 12 dioxinähnliche PCB nach WHO-Liste (van den Berg et al. 1998, WHO-PCB)
- sechs nicht dioxinähnliche Indikator-PCB (Indikator-Kongenere der Schadstoff-Höchstmengen-Verordnung vom 19. Dezember 2003)

Insgesamt zeigt sich ein relativ einheitliches Belastungsniveau sowohl für Dioxine, dioxinähnliche PCBs als auch nicht dioxinähnliche PCBs (Indikator-PCB) unabhängig von der Probenahmeregion (Nord, Süd, Ost, West, Mitte) und von der Siedlungsdichte des Probenahmegebiets (potentielles Hin-

tergrundgebiet, Ballungsraum). Nur wenige Einzelproben übersteigen als „Ausreißer“ diesen relativ einheitlichen Datenbereich.

Alle Ergebnisse liegen unterhalb 0,06 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG für die Dioxine, kleiner oder gleich 0,04 pg WHO-PCB-TEQ/g FG für dioxinähnliche PCB und unter 0,1 pg WHO-TEQ/g FG für den Gesamt-TEQ aus beiden Substanzklassen.

Der Großteil der untersuchten Proben (> 90 %), insbesondere Kartoffeln, Karotten, Blumenkohl, Kohlrabi, Erdbeeren, Weißkohl sowie zum Großteil Apfel, Bohnen und Getreide liegt nochmals deutlich unter diesen Maxima und damit unter 0,01 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG bzw. WHO-PCB-TEQ.

Die Maximalwerte selbst werden durch wenige Zucchiniproben bestimmt. Dies ist insofern nicht überraschend, da Zucchini der Gattung Cucurbita angehört, deren Fähigkeit, PCDD/F im Vergleich zu anderen Arten aktiv mit den Wurzeln aufzunehmen, bekannt ist (Hülster et al., 1994).

Insgesamt liegen damit alle Ergebnisse für Dioxine und dioxinähnliche PCB deutlich unterhalb des EU-Auslösewertes für Dioxine in Obst, Gemüse und Getreide von 0,4 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Erzeugnis sowie unterhalb des von der DG SANCO vorgeschlagenen EU-Auslösewertes für dioxinähnliche PCB von 0,2 pg WHO-PCB-TEQ/g.

Auch für die nicht dioxinähnlichen PCB bestätigt sich dieses einheitliche Bild. Die Gehalte der sechs untersuchten Einzelkongenere bewegen sich jeweils unter 100 pg/g FG bei Ausnahme zweier Apfelproben sowie einer Zuchiniprobe. Die Summe der sechs Einzelkongenere beträgt für die überwiegende Anzahl der untersuchten Proben weniger als 200 pg/g FG, wobei dieser Wert vom Großteil der Proben noch deutlich unterschritten wird.

Die jeweiligen Maximalwerte entsprechen 175 pg/g FG (PCB 28, Apfel) sowie - jeweils für Zucchini - 82 pg/g FG (PCB 52), 246 pg/g FG (PCB 101), 494 pg/g FG (PCB 138), 323 pg/g FG (PCB 153) und 79 pg/g FG (PCB 180). Bei Zucchini beschränkt sich somit der besonders hohe Transfer aus dem Boden nicht auf PCDD/F, sondern lässt sich offensichtlich auch für PCB belegen.

In Deutschland existieren keine Höchstmengen für nicht dioxinähnliche PCB in nicht fetthaltigen Proben. Die Schadstoff-Höchstmengenverordnung enthält lediglich Höchstmengen für Indikator-PCB in tierischen Lebensmitteln. Die niedrigste dort aufgeführte Höchstmenge für einzelne PCB-Kongenere tierischer Lebensmittel beträgt 8 µg/kg. Im Vergleich dazu liegen auch die im Projekt ermittelten Maximalwerte für PCB-Einzelkongenere deutlich niedriger.

1 EINLEITUNG

1.1 Hintergrund

Die Verordnung (EG) Nr. 466/2001 vom 8. März 2001, geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 2375/2001 des Rates vom 29. November 2001 und erneut geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 684/2004 vom 13. April 2004, setzt Höchstgehalte für polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF), im folgenden „Dioxine“ genannt, in Lebensmitteln fest. Höchstgehalte liegen derzeit für eine Reihe von Lebensmittel tierischer Herkunft und – bei Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs – für pflanzliche Öle vor. Die EG-Höchstgehaltregelung gilt seit dem 1. Juli 2002.

Gemäß Erwägungsgrund 15 der Verordnung (EG) Nr. 2375/2001 wurde für Getreide, Obst und Gemüse kein Höchstgehalt festgelegt, da „diese Lebensmittel im Allgemeinen nur schwach kontaminiert sind und daher zur gesamten Dioxinexposition des Menschen nur begrenzt beitragen“. Artikel 5 Absatz 3 der oben genannten Verordnung besagt, dass die Kommission die Höchstgehalte für Dioxine spätestens bis zum 31. Dezember 2006 erneut überprüft mit dem Ziel, die Höchstgehalte deutlich abzusenken und nach Möglichkeit Höchstgehalte für weitere Lebensmittel, also ggf. auch für Obst, Gemüse und Getreide, festzulegen.

Für PCB wurde bislang noch keine EG-Höchstgehaltregelung für Lebensmittel erlassen. EG-Höchstgehaltregelungen sind jedoch sowohl für dioxin-ähnliche als auch für nicht dioxin-ähnliche PCB in Vorbereitung. Die DG SANCO hat am 1. Februar 2005 ein Arbeitsdokument mit einem Vorschlag für eine Verordnung zur Festsetzung einer Höchstgehaltregelung für Dioxine und dioxinähnliche PCB in Lebensmitteln vorgelegt (SANCO/0305/2005); ein Höchstgehalt für Obst, Gemüse und Getreide ist nicht vorgesehen.

Die Empfehlung der Kommission vom 4. März 2002 zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln (2002/201/EG) setzt in Anhang II Auslösewerte für Dioxine für eine Reihe von Lebensmittel tierischer Herkunft als auch für Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs fest. Auslösewerte sollten ein Instrument für die zuständigen Behörden und die Unternehmen darstellen, mit dem sie diejenigen Fälle ausfindig machen können, in denen es angezeigt ist, eine Kontaminationsquelle zu ermitteln und Maßnahmen zur Eindämmung oder Beseitigung der Kontamination zu ergreifen. Der Auslösewert für Obst, Gemüse und Getreide beträgt 0,4 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Erzeugnis. Am 1. Februar 2005 hat die DG SANCO das Arbeitsdokument „Draft COMMISSION RECOMMENDATION of [...] on the reduction of the presence of dioxins, furans and PCBs in feedingstuffs and foodstuffs“ (SANCO/00314/ 2005) vorgelegt. Bei dem oben genannten Dokument handelt sich um den ersten Entwurf für eine Empfehlung der Kommission zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Lebensmitteln mit Hilfe von Auslösewerten sowohl für Dioxine

als auch für dioxinähnliche PCB. Das Dokument sieht einen Auslösewert für Obst, Gemüse und Getreide von 0,2 pg WHO-PCB-TEQ/g Erzeugnis vor.

Die Empfehlung der Kommission vom 11. Oktober 2004 für das Monitoring der Hintergrundbelastung von Lebensmitteln mit Dioxinen und dioxinähnlichen PCB (2004/705/EG) sieht es als notwendig an, „in der EU für ein größtmögliches Spektrum an Lebensmitteln zuverlässige Daten über das Vorkommen von Dioxinen und dioxinähnlichen PCB zu erheben“. Es sollen auch Daten für Gemüse, Obst und Getreide erhoben werden. Ferner wird empfohlen, in den gleichen Proben auch den Gehalt von nicht dioxinähnlichen PCB zu bestimmen.

1.2 Fragestellung und Projektumfang

Mit dem Forschungsvorhaben „Nationale Stuserhebung von Dioxinen und PCB in Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs“ sollten im Wesentlichen folgende Ziele verfolgt werden:

- Stuserhebung der Belastung von Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft aus Deutschland mit Dioxinen und PCB (dioxinähnliche PCB und nicht dioxinähnliche PCB).
- Einfließen des gewonnenen Datenmaterials für Obst, Gemüse und Getreide in das EU-weite Dioxin- und PCB-Monitoring von Lebensmitteln gemäß Empfehlung 2004/705/EG und damit in die Beratungen zur EU-weiten Bewertung und ggf. Festsetzung von Auslösewerten für dioxin-ähnliche PCB und Höchstgehalten für Dioxine und PCB in Obst, Gemüse und Getreide.

Die Ökometric GmbH wurde mit der Durchführung der Probenahme, Probenvorbereitung, Analytik und Berichterstattung beauftragt. 100 Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs wurden dabei über größere Bereiche Deutschlands beprobt (Norden, Süden, Osten, Westen, Mitte; jeweils Standorte mit potentieller Hintergrundbelastung und Ballungsgebiete). Die Proben wurden auf siebzehn 2,3,7,8-substituierte PCDD/F, 12 dioxinähnliche PCB (WHO-PCB) und 6 nicht dioxinähnliche PCB gemäß Schadstoff-Höchstmengenverordnung (SHmV) vom 19. Dezember 2003 untersucht.

1.3 Probenahmeplan

Eine Anzahl von 100 Lebensmittelproben pflanzlichen Ursprungs wurde untersucht. Ein flächendeckender und repräsentativer Probenahmeplan war damit für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nicht möglich. Die Probenahme sollte sich dennoch über einen möglichst großen Teil des Landes erstrecken.

Das Probenahmekonzept („Monitoring-Design“) basierte auf einer verzehrorientierten Auswahl der entsprechenden Lebensmittel („consumer oriented approach“), hatte allerdings gleichzeitig erzeugerorientierte Fragestellungen zu berücksichtigen („production oriented approach“).

In regionaler Hinsicht sollte sich die Probenahme - soweit möglich - über größere Bereiche Deutschlands erstrecken (Norden, Süden, Osten, Westen, Mitte).

Ferner sollten siedlungsstrukturelle und belastungsorientierte Fragestellungen im Probenahmeplan berücksichtigt werden (Standorte mit potentieller Hintergrundbelastung und Ballungsgebiete). Dies galt sowohl im Hinblick auf die Emissions- bzw. Immissionssituation als auch im Hinblick auf bodenseitige Belastungen.

Alle Proben sollten aus Freilandkulturen gezogen werden, Proben aus Unter-Glas-Kulturen wurde daher nicht berücksichtigt.

Die Auswahl der zu beprobenden Lebensmittel pflanzlichen Ursprungs orientierte sich v.a. an der vorgegebenen Leistungsbeschreibung seitens BVL. Diese war deckungsgleich mit Aussagen von Marktstudien der ZMP, mit dem Ernährungsbericht 2000 (DGE 2000) sowie internen Auswertungen im Rahmen des EU-Projektes „Preparatory Action in the Field of Dioxins and PCBs“ (siehe Hosseinpour et al., 2002) .

Ferner sollte die Probenahme aller Proben möglichst zeitgleich und noch im Jahr 2004 erfolgen, um saisonale Effekte zu vermeiden.

Unter diesen Voraussetzungen wurden folgende Lebensmittel beprobt:

Unterirdisches Gemüse

Karotten
Kartoffeln

Oberirdische bodennahe Früchte

Blumenkohl / Kohlrabi
Zucchini
Erdbeeren

Bodennahe Blattgemüse

Kopfsalat
Weißkohl

Bodenfernes Obst/Gemüse

Bohnen
Äpfel
Getreide (primär Weizen, alternativ Roggen)

Die regionale Verteilung der Probenahme orientiert sich v.a. an der vorgegebenen Leistungsbeschreibung seitens BVL, der Ballungs-/Industrieraumsituation der Regionen und Informationen zu Erzeugerregionen.

Die Auswahl der Probenahmestandorte wurde nach folgenden Kriterien vorgenommen:

„Standorte mit potentieller Hintergrundbelastung“:

- Standorte möglichst siedlungsfrem, keine direkten Einflussfaktoren (z.B. Emittenten) vor Ort erkennbar

„Ballungsgebiete“:

- Standorte in oder möglichst nah an Ballungsgebieten,
- jedoch - soweit möglich – nicht an direkten Einflussfaktoren (z.B. offensichtlichen Emittenten) gelegen.

Auf Basis der fünf Probenahmeregionen (Nord, Süd, Ost, West, Mitte) und der zwei Belastungstypen ergaben sich 10 Probenahmekategorien. Für jede dieser Kategorien wurde je 1 Probe pro ausgewähltes Lebensmittel (10) gezogen. Damit war das Probenkontingent von 100 Proben erreicht (Tabelle 1). Die regionale Verteilung der Probenahmestandorte ist in Abbildung 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Probenahmeplan

	Standort mit potentieller Hintergrundbelastung					Ballungsgebiet				
	Nord	Ost	Mitte	West	Süd	Nord	Ost	Mitte	West	Süd
Unterirdisches Gemüse:										
Karotten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kartoffeln	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oberirdische bodennahe Früchte:										
Blumenkohl/Kohlrabi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zucchini	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Erdbeeren	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodennahes Blattgemüse:										
Kopfsalat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Weißkohl	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodenfernes Obst/Gemüse:										
Bohnen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Äpfel	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Getreide	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Summe	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Summe gesamt	100									

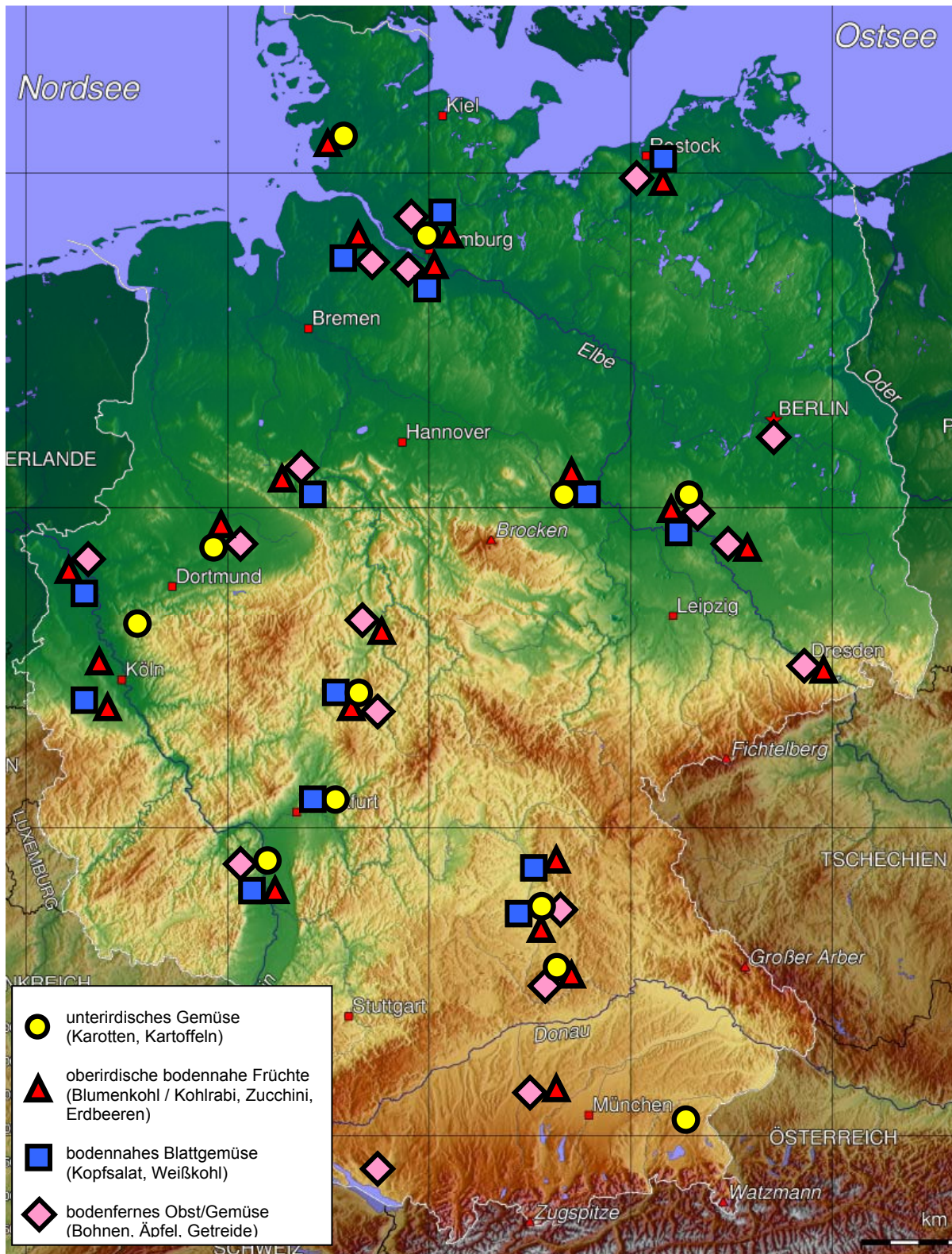


Abbildung 1: Probenahmestandorte

2 METHODEN

Probenahme und Analytik für Dioxine und dioxin-ähnliche PCB erfolgten nach den Vorschriften der Richtlinie 2002/69/EG der Kommission vom 26. Juli 2002 zur Festlegung der Probenahme- und Untersuchungsverfahren für die amtliche Kontrolle von Dioxinen sowie zur Bestimmung von dioxinähnlichen PCB in Lebensmitteln, geändert durch Richtlinie 2004/44/EG der Kommission vom 13. April 2004. In den gleichen Proben wurden ebenfalls nicht dioxinähnliche PCB bestimmt (6 Indikator-PCB gemäß SHmV).

2.1 Probenahme

Für die Probenahme war eine Einzelbeprobung vorzusehen, eine Vorgehensweise mit Poolproben sollte nach Absprache mit dem Auftraggeber nicht angestrebt werden.

Im Vordergrund der Untersuchung standen mögliche Belastungen am Standort der Erzeugung. Mögliche Änderungen der Belastungen im Zuge der Be- und Verarbeitung, des Transports und der Lagerung sowie während der Auslage zum Verkauf sollten in diesem Zusammenhang weitgehend ausgeschlossen werden. Die Probenahme erfolgte daher direkt beim Erzeuger, je nach Verfügbarkeit direkt ab Feld oder – eine eindeutige Zuordnung vorausgesetzt – im Zwischenlager im Hof oder im angrenzenden Hofladen (Direktvermarkter).

Der Probenahmezeitraum umfasste die Monate Juli bis Oktober 2004, die beprobten Mengen sind in Tabelle 2 aufgelistet. Die Proben wurden jeweils in PE-Beutel verpackt und gekühlt ins Labor transportiert (Übernacht-Express).

Tabelle 2: Zielprobenmengen für die Beschaffung der Laborproben

Probenart	Masse	Stück
Unterirdisches Gemüse:		
Karotten	3 – 4 kg (je nach Krautanteil)	≥ 20
Kartoffeln	3 kg	≥ 20
Oberirdische bodennahe Früchte:		
Blumenkohl	4 kg	≥ 5
Kohlrabi	3 kg	≥ 5
Zucchini	3 kg	≥ 10
Erdbeeren	3 kg	-
Bodennahes Blattgemüse:		
Kopfsalat	4 kg	≥ 10
Weißkohl	3 kg	≥ 4
Bodenfernes Obst/Gemüse:		
Bohnen	3 kg	-
Äpfel	3 kg	≥ 20
Getreide	2 kg	-

2.2 Probenvorbereitung

Entsprechend Leistungsverzeichnis BVL, den Vorgaben des Lebensmittel-Monitorings (Handbuch Lebensmittel-Monitoring) sowie den Festlegungen mit dem Auftraggeber zur Probenvorbereitung im Rahmen des Kick-off-Meetings orientierte sich die Probenvorbehandlung an den Verzehrgewohnheiten. Da pflanzliche Lebensmittel nicht regelmäßig von allen Verbrauchern gewaschen werden, wurden nur Proben mit anhaftender Bodenpartikeln und Lebensmittel, die üblicherweise vor dem Verzehr gewaschen werden, entsprechend behandelt. Ferner wurden nur zum Verzehr bestimmte Anteile untersucht.

Die Arbeiten zur Probenvorbereitung wurden jeweils am Tag des Probeneingangs oder – nach Lagerung im Kühlschrank - am darauf folgenden Tag durchgeführt.

Tabelle 3 fasst die Methoden zur Probenvorbereitung zusammen. Die entsprechende Probenmengen für eine evtl. Zweitanalyse (Rückstellprobe) wurde tiefgefroren eingelagert.

Tabelle 3: Probenvorbereitung

Unterirdisches Gemüse:	
Karotten	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung anhaftender Verunreinigungen, Kraut mit Krautansätzen und verdorbener Teile - Anhaftende Erde mit Kunststoffbürste schonend abgebürstet, bei stark und viel anhaftender Erde gewaschen - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Kartoffeln	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung von Keimen und verdorbenen Teilen - Grober anhaftender Schmutz abgebürstet - Schälen - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Oberirdische bodennahe Früchte:	
Blumenkohl	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung anhaftender Verunreinigungen, Blätter, Strunk und verdorbener Teile - Evtl. anhaftende Erde oder Verunreinigungen an den Rosetten abgeschüttelt oder mit Kunststoffbürste schonend abgebürstet, bei stark und viel anhaftender Erde bzw. Ungezieferbefall gewaschen - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Kohlrabi	<ul style="list-style-type: none"> - Blätter und anhaftende Verunreinigungen entfernt - Schälen - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Zucchini	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung anhaftender Verunreinigungen, Strunk und Blütenansatz - Anhaftende Erde mit Kunststoffbürste schonend abgebürstet, bei stark und viel anhaftender Erde gewaschen - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.

Tabelle 3 (Fortsetzung): Probenvorbereitung

Erdbeeren	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung anhaftender Verunreinigungen, Stiele, Kelchblätter und verdorbene Beeren - Waschen - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Bodennahes Blattgemüse:	
Kopfsalat	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung anhaftender Verunreinigungen, welcher Blätter und Strunk - Zerkleinerung mit Messer - Waschen - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Weißkohl	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung anhaftender Verunreinigungen, welcher Blätter und Strunkansatz - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Bodenfernes Obst/Gemüse:	
Bohnen	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung anhaftender Verunreinigungen, Stengel, Spitze und verdorbener Bohnen - Bei geringfügig anhaftende Erde diese abgeschüttelt und mit Kunststoffbürste schonend abgebürstet, bei stark und viel anhaftender Erde gewaschen - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Äpfel	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung anhaftender Verunreinigungen, von Verunreinigungen, sowie Stiele und Blätter - Segmentierung und Entfernung des Kernhauses - Zerkleinerung mit Messer - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.
Getreide	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung von Fremdbesatz - Mahlen - Davon Zieleinwaage für Prüfprobe: 1000 g O.S.

2.3 Analytik

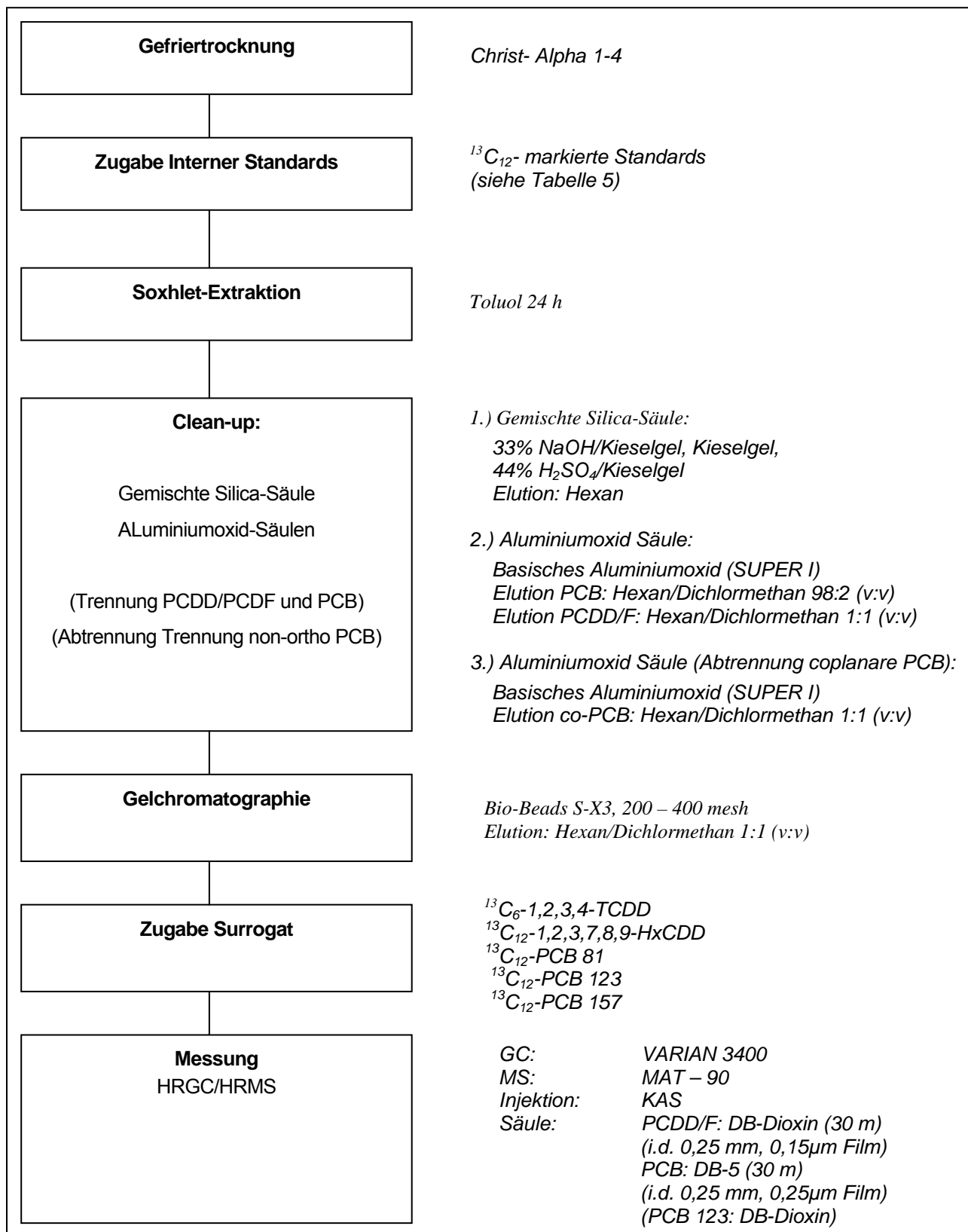
Im Hinblick auf das zu erwartende Konzentrationsniveau bei Proben mit Hintergrundbelastung sollten laut Leistungsverzeichnis Gehalte in der Größenordnung von 0,02 pg WHO-TEQ/g FG sicher bestimmt werden. Die Methode zur Analytik von pflanzlichen Proben auf PCDD/F und PCB erfolgte in Anlehnung an die Methode nach AbfKlärV (Anhang 1, 1.3.3). Abbildung 2 fasst den Analysengang zusammen, Tabelle 4 zeigt das untersuchte Substanzspektrum.

Tabelle 4: Untersuchtes Substanzspektrum

PCDD/PCDF	WHO-PCB	Indikator-PCB
2,3,7,8-TCDD	PCB 77	PCB 28
1,2,3,7,8-PeCDD	PCB 81	PCB 52
1,2,3,4,7,8-HxCDD	PCB 126	PCB 101
1,2,3,6,7,8-HxCDD	PCB 169	PCB 138
1,2,3,7,8,9-HxCDD		PCB 153
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	PCB 105	PCB 180
OCDD	PCB 114	
	PCB 118	
2,3,7,8-TCDF	PCB 123	
1,2,3,7,8-PeCDF	PCB 156	
2,3,4,7,8-PeCDF	PCB 157	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	PCB 167	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	PCB 189	
1,2,3,7,8,9-HxCDF		
2,3,4,6,7,8-HxCDF		
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF		
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF		
OCDF		

Diese Analytik erfüllt die Anforderungen an die Bestimmung der Gehalte an Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in Lebensmitteln (Richtlinie 2002/69/EG, siehe auch Qualitätsdaten und Leistungskriterien).

Abbildung 2: Analysenschema



Für die Quantifizierung wurden die in Tabelle 5 aufgelisteten internen ¹³C₁₂-markierten Standardsubstanzen verwendet.

Tabelle 5: Interne Standards

¹³ C ₁₂ -markierte interne Quantifizierungsstandards					
PCDD/PCDF		WHO-PCB		6-PCB	
2,3,7,8-TCDD	X	PCB 77	X	PCB 28	X
1,2,3,7,8-PeCDD	X	PCB 81	<i>Surrogat</i>	PCB 52	X
1,2,3,4,7,8-HxCDD	X	PCB 126	X	PCB 101	X
1,2,3,6,7,8-HxCDD	X	PCB 169	X	PCB 138	X
1,2,3,7,8,9-HxCDD	<i>Surrogat</i>			PCB 153	X
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	X	PCB 105	X	PCB 180	X
OCDD	X	PCB 114			
		PCB 118	X		
2,3,7,8-TCDF	X	PCB 123	<i>Surrogat</i>		
1,2,3,7,8-PeCDF		PCB 156	X		
2,3,4,7,8-PeCDF	X	PCB 157	<i>Surrogat</i>		
1,2,3,4,7,8-HxCDF	X	PCB 167	X		
1,2,3,6,7,8-HxCDF	X	PCB 189	X		
1,2,3,7,8,9-HxCDF					
2,3,4,6,7,8-HxCDF	X				
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	X				
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF					
OCDF	X				

Tabelle 6 fasst die damit an den Projektproben erreichten Bestimmungsgrenzen zusammen. I.d.R. konnten Bestimmungsgrenzen zwischen 0,003 bis 0,004 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG und unter 0,001 pg bis 0,002 pg WHO-PCB-TEQ/g FG erreicht werden.

Tabelle 6: Bestimmungsgrenzen

Bestimmungsgrenzen (pg / g FG)					
PCDD/PCDF		WHO- PCB		6-PCB	
2,3,7,8-TCDD	0,001 – 0,002	PCB 77	0,002 – 0,012	PCB 28	0,10 – 0,30
1,2,3,7,8-PeCDD	0,001	PCB 81	0,002 – 0,012 ^{*)}	PCB 52	0,10 – 0,30
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,001 – 0,004	PCB 126	0,002 – 0,016 ^{**)}	PCB 101	0,10 – 0,30
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,001 – 0,002	PCB 169	0,002 – 0,016 ^{***)}	PCB 138	0,10 – 0,30
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,001 – 0,002			PCB 153	0,10 – 0,30
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,003 – 0,005	PCB 105	0,03 – 0,15	PCB 180	0,10 – 0,30
OCDD	0,010	PCB 114	0,05 – 0,25		
		PCB 118	0,05 – 0,20		
2,3,7,8-TCDF	0,001 – 0,002	PCB 123	0,05 – 0,30		
1,2,3,7,8-PeCDF	0,001	PCB 156	0,02 – 0,15		
2,3,4,7,8-PeCDF	0,001	PCB 157	0,02 – 0,20		
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,001	PCB 167	0,04 – 0,20		
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,001	PCB 189	0,02 – 0,20		
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,001				
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,001				
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,003				
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,003				
OCDF	0,010				

^{*)} bei einer Probe Überlagerung: BG = 0,044 pg/g FG

^{**)} bei zwei Proben Überlagerungen: BG = 0,069 bzw. 0,055 pg/g FG

^{***)} bei einer Probe Überlagerung: BG = 0,033 pg/g FG

2.4 Qualitätssichernde Maßnahmen und analytischen Leistungskriterien

Für die Bestimmung derart niedriger Konzentrationsniveaus wurden besondere Anforderungen an die Analysenqualität gestellt.

Die Bestimmung der zu untersuchenden Verbindungen hatte mittels Isotopenverdünnungsmethode und $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten internen Standards an HRGC/HRMS inklusive der Bestimmung der Wiederfindungsraten zu erfolgen.

Als Maßnahmen zur Verhinderung von Querkontaminationen zählen u.a. die räumlich getrennte Bearbeitung von Proben unterschiedlichen Belastungsgrades, getrennte und besonders gekennzeichnete Glasgeräte für die Bearbeitung unterschiedlicher Belastungsniveaus, getrennte Reinigungslinien inkl. Spülmaschinen für diese Gerätschaften sowie Blindwertkontrollen über das Gesamtverfahren und strikte Eingangs- und Routinekontrollen für alle verwendeten Reagenzien.

Ferner wurden Vergleichsuntersuchungen während des Projektzeitraumes durchgeführt. Dazu zählen z.B. die Teilnahme an Ringversuchen und die Auswertung der Kontrollkarten (Untersuchung einer laborinternen Referenzprobe). Darüber hinaus wurde eine projektinterne Vergleichsprobe im projektrelevanten Konzentrationsbereich über den gesamten Projektzeitraum wiederholt untersucht. Weiterhin sind alle Anforderungen für akkreditierte Laboratorien nach DIN EN ISO/IEC 17025 einzuhalten.

Tabelle 7 fasst die wesentlichen im vorliegenden Projekt einzuhaltenden Leistungskriterien nochmals zusammen.

Die Zusammenfassung dieser Maßnahmen und Kriterien im Rahmen des Projektes sind in Appendix II zusammengefasst, die Wiederfindungsraten sind zusammen mit den Einzelergebnissen in Appendix I aufgeführt.

Tabelle 7: Qualitätssichernde Maßnahmen und analytische Leistungskriterien

Parameter	Projektkriterium
Quantifizierung	<ul style="list-style-type: none"> - Isotopenverdünnungsmethode mittels ¹³C₁₂-markierten interner Standards - HRGC/HRMS
Wiederfindungsraten	<ul style="list-style-type: none"> - 60 –120 % - Davon abweichend wenn Beitrag zum TEQ < 10%
Blindwert	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmäßige Blindwertkontrollen über das Gesamtverfahren - Blindwert WHO-TEQ < 0,002 pg/g FG
Wiederholbarkeit Reproduzierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Mitführen einer projektinternen Vergleichsprobe in einem relevanten Konzentrationsbereich - Variationskoeffizient < 15 %
Richtigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Differenz zwischen gemessenem Wert und Sollwert < 20 % - Ringversuche
Differenz zwischen upper-bound und lower-bound Werten	<ul style="list-style-type: none"> - im Konzentrationsbereich um 1 pg WHO-TEQ/g FG: < 20 % - im Konzentrationsbereich um 0,5 pg WHO-TEQ/g FG: 25 % – 40 % - im Konzentrationsbereich um 0,02 pg WHO-TEQ/g FG: < 40 %

3 ERGEBNISSE

Nachfolgend werden die Ergebnisse sowohl in der Gesamtübersicht, als auch getrennt nach Probenart, Wuchsform sowie regionaler Herkunft dargestellt (Maximum, Minimum, Mittelwert, Median, 25 Perzentil, 75 Perzentil). Alle TEQ-basierten Ergebnisse stellen so genannte „upper-bound“-Werte dar, also Ergebnisse unter der vollen Einrechnung nicht bestimmter Kongenere mit deren Bestimmungsgrenze.

3.1 Ergebnisse aller Proben zusammengefasst

Bei Betrachtung aller untersuchten Proben – also unabhängig von der Probenart, Wuchsform und regionalen Herkunft - liegen die meisten Ergebnisse um oder unterhalb 0,01 pg WHO-TEQ/g FG für Dioxine und dioxinähnliche PCB zusammen (Tabelle 8). In einigen wenigen Proben (Kopfsalat, Apfel) liegen die WHO-TEQ-Konzentrationen geringfügig über diesem Wert. Demgegenüber fallen Zucchini mit einem Maximalgehalt von fast 0,1 pg WHO-TEQ/g FG (0,06 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG für Dioxine, 0,04 pg WHO-PCB-TEQ/g FG für dioxinähnliche PCB) wegen ihrer bekannten Fähigkeit, PCDD/F (Hülster et al. 1994) und - aufgrund der vorliegenden Ergebnisse - offensichtlich auch PCB aktiv mit den Wurzeln aufzunehmen, auch im Rahmen dieser Untersuchung auf.

Für nicht dioxinähnliche Indikator-PCB betragen die Gehalte für den Großteil der Proben deutlich weniger als 100 pg/g FG (Einzelkongenere) bzw. 200 pg/g FG (Summe 6 Kongenere). Das 75 Perzentil liegt sogar unterhalb 20 pg/g FG für die Einzelkongenere bzw. unterhalb 100 pg/g FG für die Summehalte. Die auffälligsten Gehalte sind auch hier bei Zucchini festzustellen mit Maximalwerten von bis zu 494 pg/g FG für Einzelkongenere bzw. 1230 pg/g FG für die Summe der Indikator-PCB.

Tabelle 8: Spannbreiten über alle untersuchte Proben (pg/g FG)

	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
WHO-PCDD/F-TEQ (upper bound)	0,003	0,003	0,004	0,005	0,056	0,006
WHO-PCB-TEQ (upper bound)	0,001	0,001	0,003	0,004	0,040	0,004
Gesamt-WHO-TEQ (upper bound)	0,004	0,005	0,007	0,010	0,096	0,010
PCB 28	0,74	2,83	4,97	9,39	175	12,4
PCB 52	0,48	1,98	3,48	6,01	81,8	6,09
PCB 101	1,12	4,19	7,57	13,2	246	12,4
PCB 138	1,60	4,85	8,54	18,4	494	19,8
PCB 153	1,46	5,26	8,53	18,6	323	16,5
PCB 180	0,50	1,49	2,47	4,75	79,3	4,91
Summe 6 PCB	5,93	22,3	41,7	86,0	1230	72,2

3.2 Ergebnisse der einzelnen Lebensmittel und Wuchsformen

In Abbildung 3 bis Abbildung 12 sind die Ergebnisse für die einzelnen Lebensmittelarten unabhängig von der regionalen Herkunft zusammengefasst. Aus diesen Darstellungen wird die bereits angesprochene Sonderstellung insbesondere von Zucchini im Hinblick auf die, im Rahmen des Projektes ermittelten Maximalwerte deutlich. In der Zusammenfassung der Ergebnisse nach Wuchsformen wird daher Zucchini auch separat von den anderen oberirdischen bodennahen Früchten betrachtet (Tabellen 9-18).

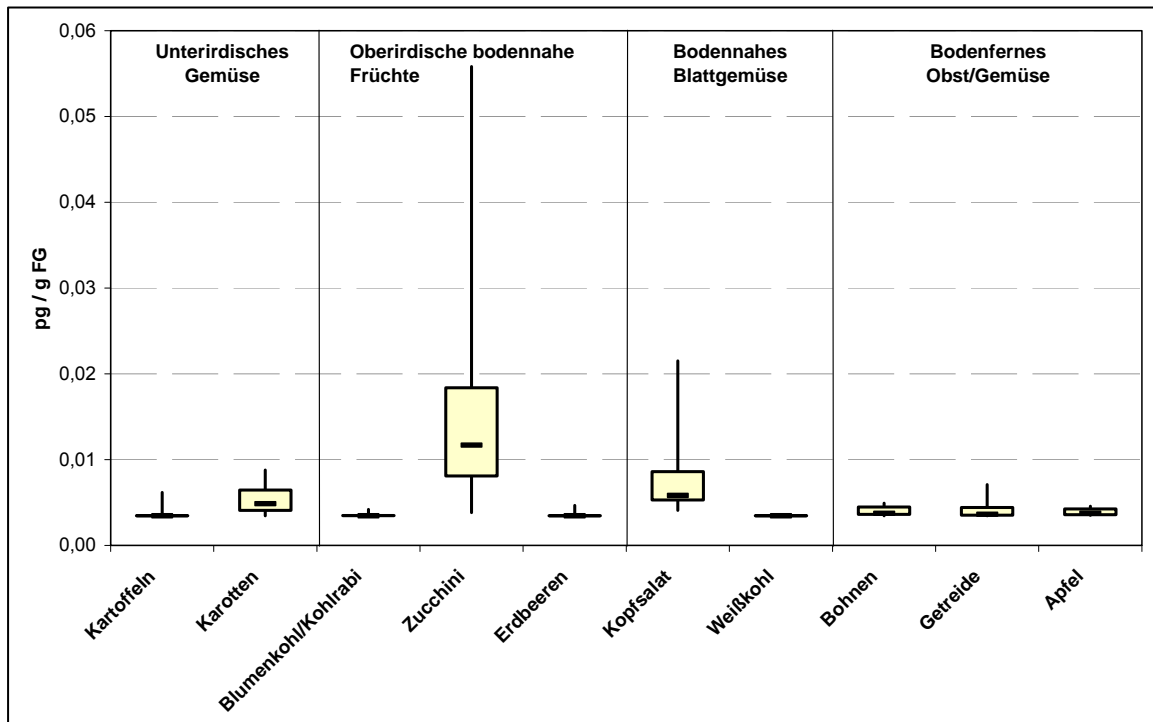


Abbildung 3: Dioxingehalte (pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG)

Die Dioxingehalte liegen für die meisten Proben unter 0,01 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG. Ein Großteil der Werte insbesondere für Kartoffeln, Blumenkohl, Kohlrabi, Erdbeeren, Weißkohl, Getreide und Apfel liegen sogar unterhalb 0,005 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG und damit sehr nahe oder direkt an der Bestimmungsgrenze (Abbildung 3). Ausnahmen davon bilden Zucchini und zwei Proben Kopfsalat mit Höchstgehalten im Bereich von 0,01 bis 0,06 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG.

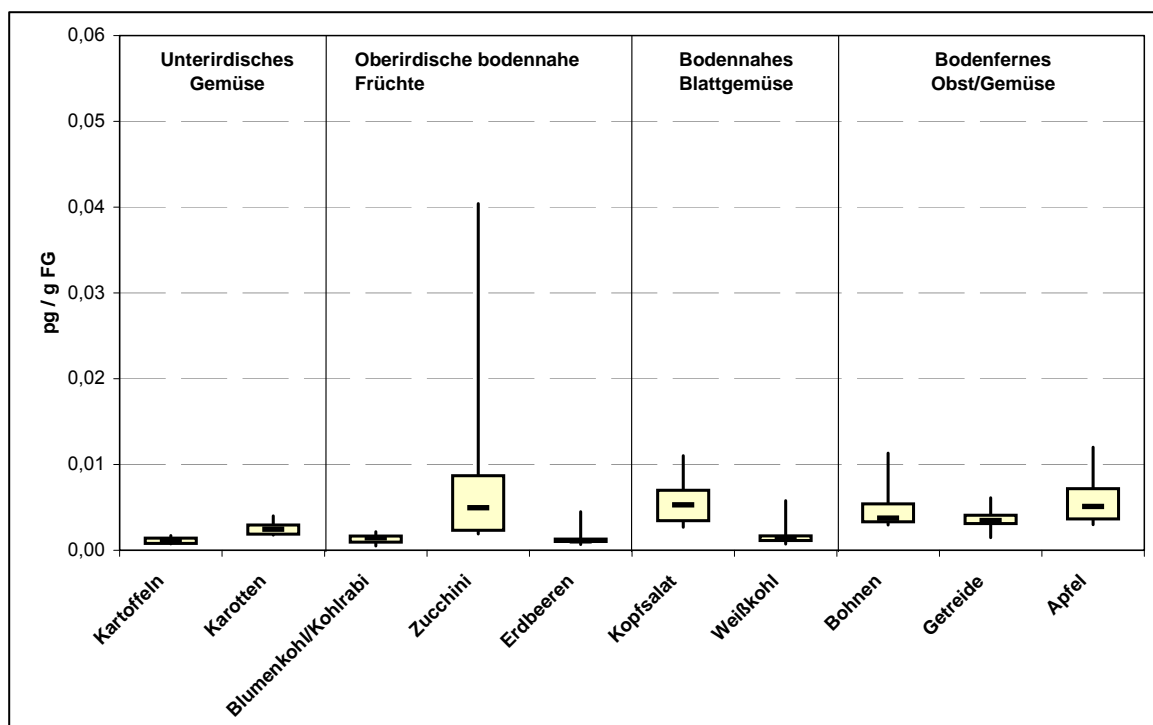


Abbildung 4: Gehalte dioxinähnlicher PCB (pg WHO-PCB-TEQ/g FG)

Die Ergebnisse für dioxinähnliche PCB unterschreiten fast ausschließlich einen Wert von 0,012 pg WHO-PCB-TEQ/g FG. Kartoffeln, Blumenkohl, Kohlrabi, Erdbeeren und Weißkohl liegen sogar größtenteils unter 0,002 pg WHO-PCB-TEQ/g FG, und damit nur leicht über der Bestimmungsgrenze. Lediglich eine Zucchiniprobe weicht hiervon mit einem Gehalt von 0,04 pg WHO-PCB-TEQ/g FG ab. Zucchini tritt im Vergleich zu den Dioxinergebnissen also weniger häufig hervor (Abbildung 4).

Der Gesamt-Gehalt aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB (WHO-TEQ) liegt überwiegend unterhalb 0,02 pg WHO-TEQ/g FG (Abbildung 5), Kartoffel, Erdbeeren, Blumenkohl, Kohlrabi und Weißkohl weisen sogar stets Gehalte unter 0,01 pg WHO-TEQ/g FG auf. Das Maximum für Zucchini beträgt 0,096 pg WHO-TEQ/g FG, eine Kopfsalatprobe erreicht 0,033 pg WHO-TEQ/g FG.

Bei unterirdischem Gemüse, oberirdischen bodennahen Früchten und bodennahem Blattgemüse zeigen sich - auf TEQ-Basis - in der Regel höhere Dioxingehalte als PCB-Gehalte. Für bodenfernes Obst und Gemüse liegt das TEQ-Verhältnis von PCDD/F:PCB nahe 1 oder darunter (Abbildung 6).

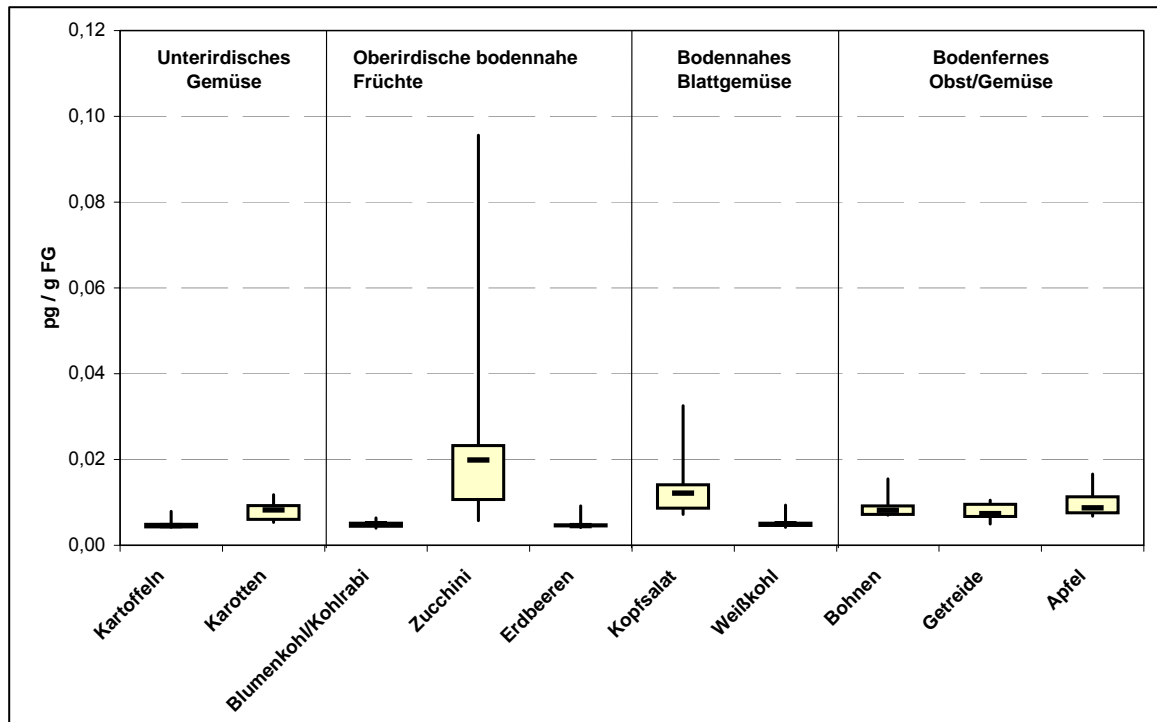


Abbildung 5: Gesamt WHO-TEQ-Gehalte (pg WHO-TEQ/g FG)

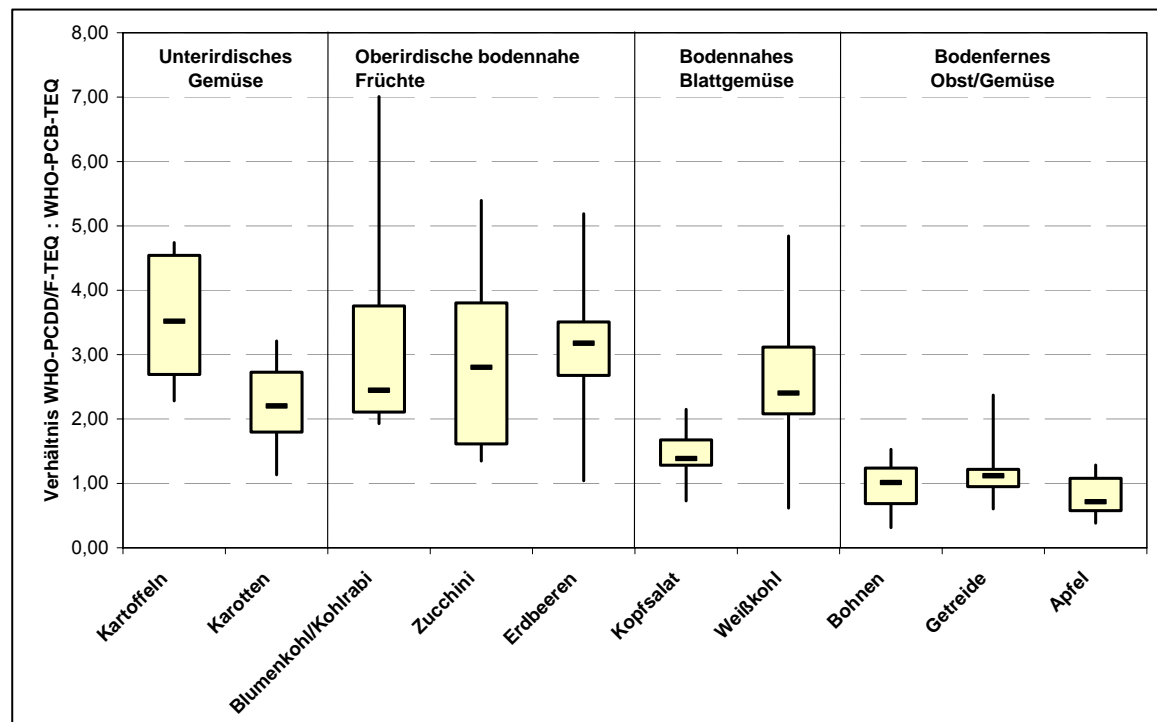


Abbildung 6: Verhältnis der WHO-TEQ: PCDD/F:PCB

Die Konzentrationen der sechs nicht dioxinähnlichen PCB-Indikatorkongenere liegen jeweils unter 100 pg/g FG. Davon ausgenommen sind zwei Zucchiniproben (Maximum 494 pg/g FG) und zwei Apfelproben (Maximum 175 pg/g FG). Für einen Großteil der Proben liegen die Gehalte von Einzelkongenere sogar unter 10 pg/g FG, für 47% der Proben – und hier v.a. für Proben von Kartoffel, Erdbeeren, Weißkohl, Blumenkohl, Kohlrabi, Karotten und Getreide – gilt dies für alle sechs bestimmten Einzelkongenere (Abbildungen 7 - 12).

Bei PCB 28 und PCB 52 weisen vergleichsweise vermehrt Apfelproben die höheren Gehalte auf (Abbildung 7 - 8), für PCB 101, PCB 138, PCB 153 und 180 gilt entsprechendes insbesondere für Zucchini und teilweise für Kopfsalat (Abbildung 9 - 12).

Die Summe der Indikator-PCBs liegen zum überwiegenden Teil unterhalb 200 pg/g FG, über 80% der Ergebnisse sogar unter 100 pg/g FG und 57% unter 50 pg/g FG (Abbildung 13). Davon abweichend zeigen Zucchini Gehalte bis zu 1230 pg/g FG, zwei Kopfsalat- und eine Apfelprobe Werte geringfügig über 200 pg/g FG.

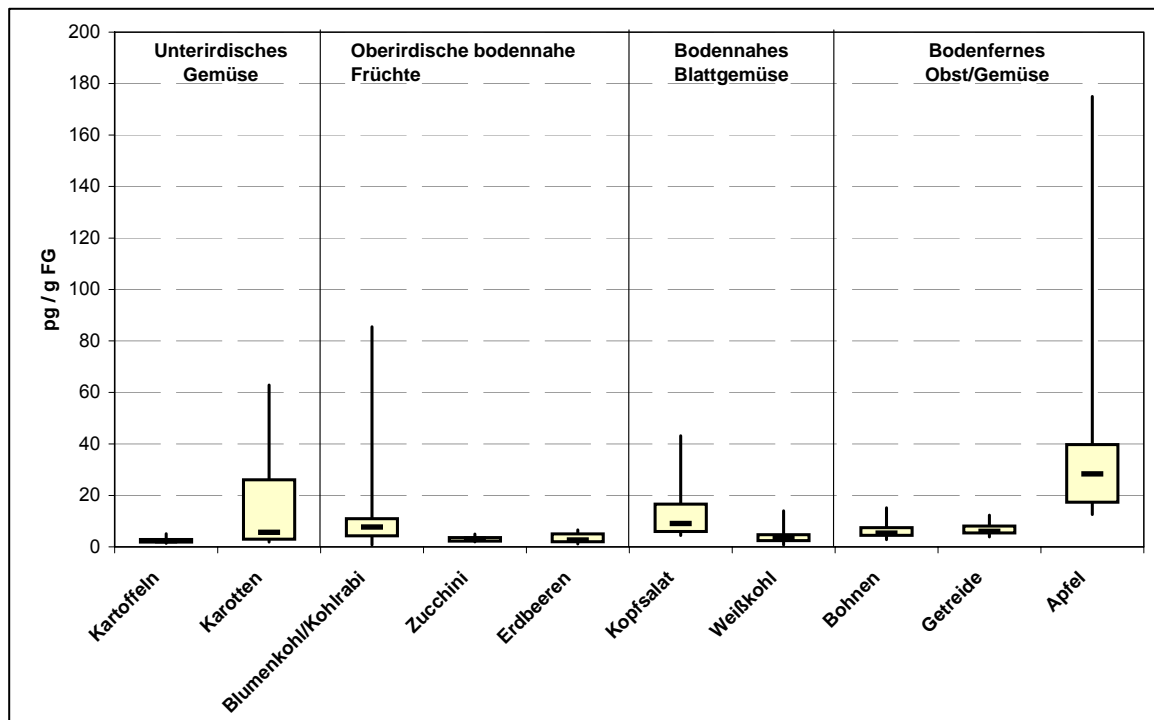


Abbildung 7: Ergebnisse PCB 28 (pg/g FG)

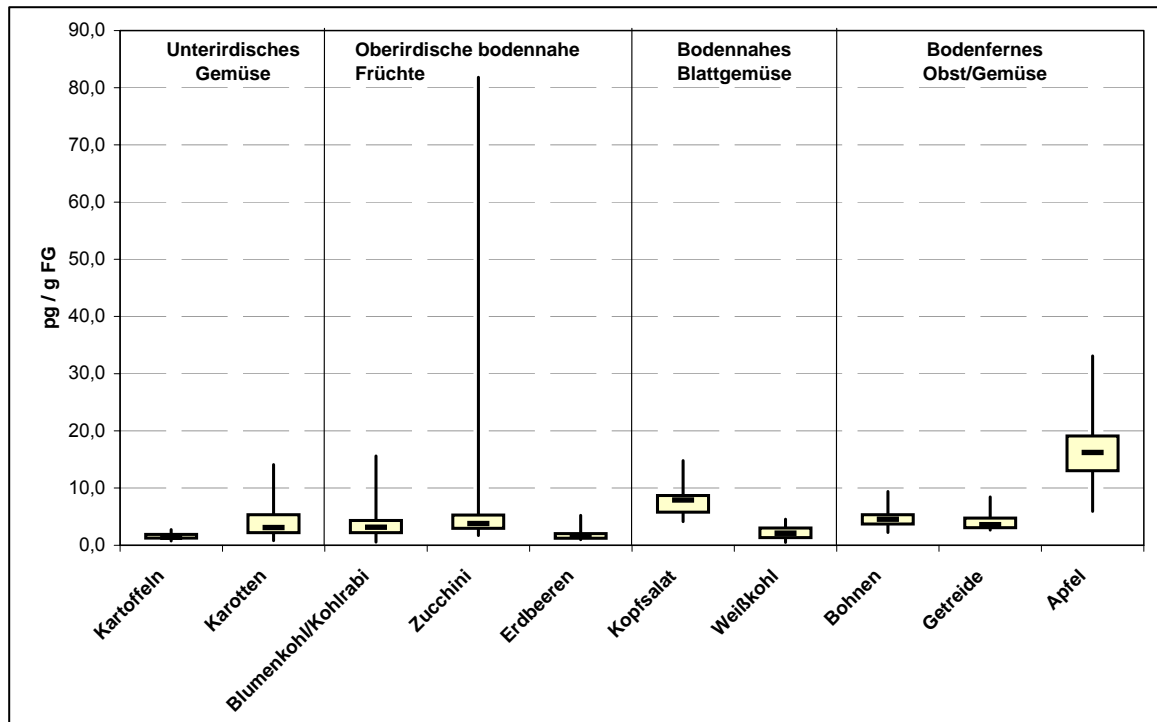


Abbildung 8: Ergebnisse PCB 52 (pg/g FG)

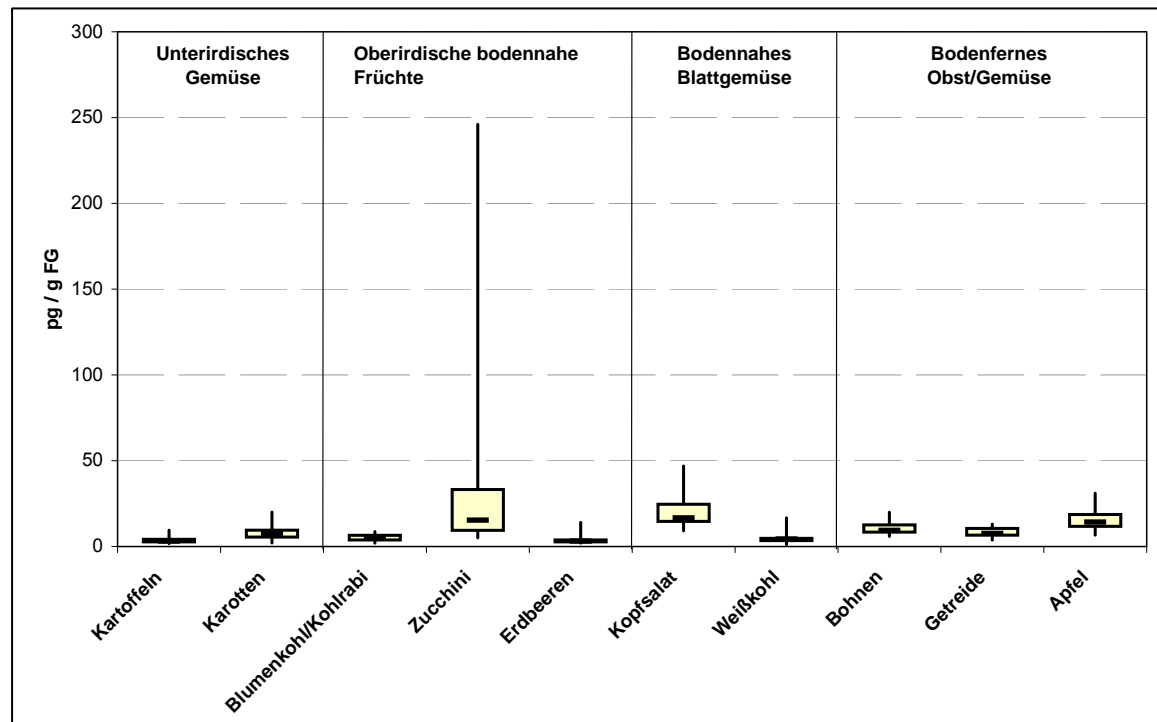


Abbildung 9: Ergebnisse PCB 101 (pg/g FG)

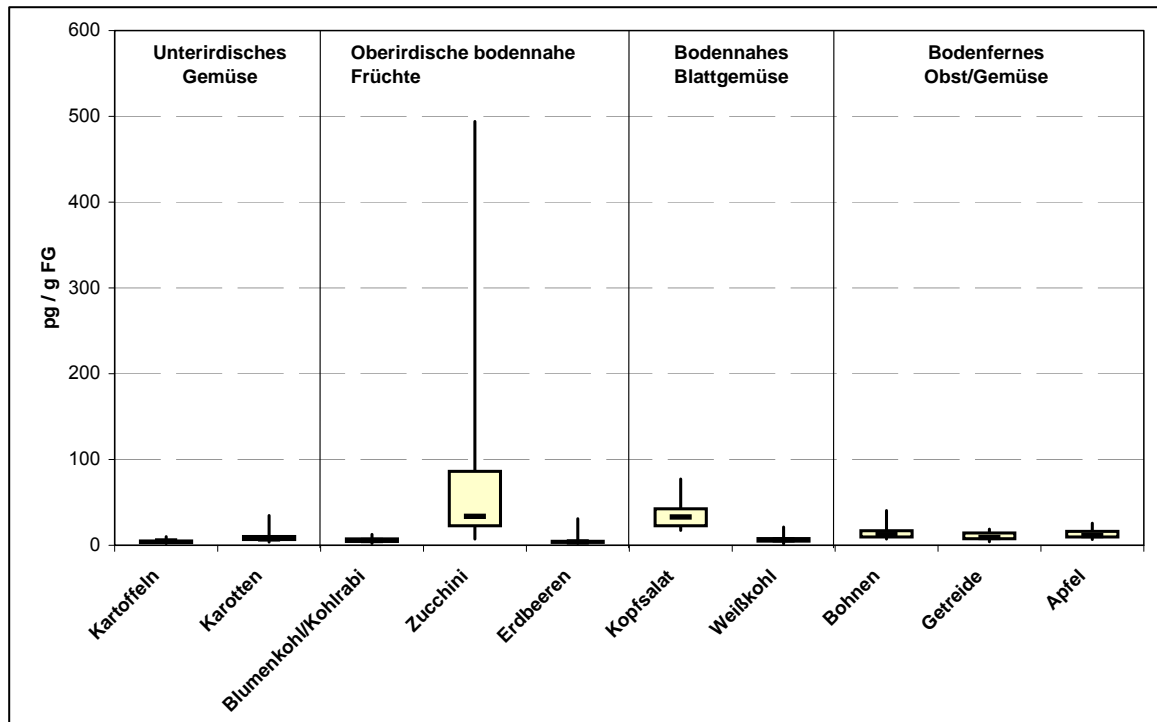


Abbildung 10: Ergebnisse PCB 138 (pg/g FG)

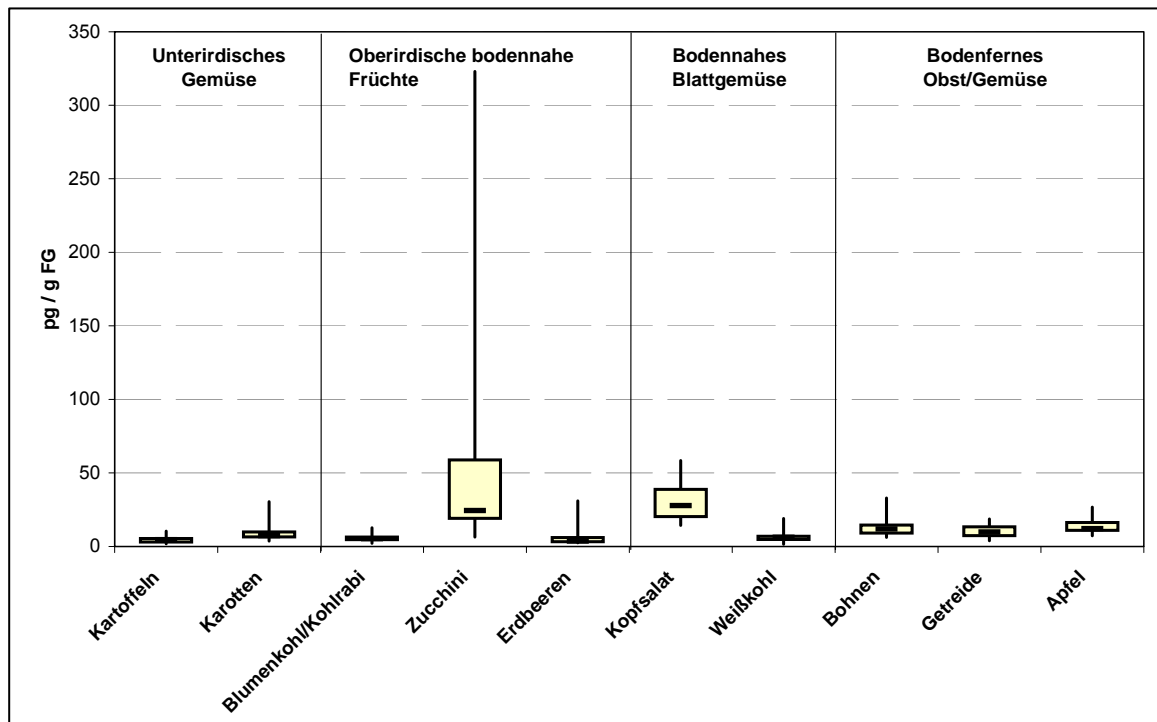


Abbildung 11: Ergebnisse PCB 153 (pg/g FG)

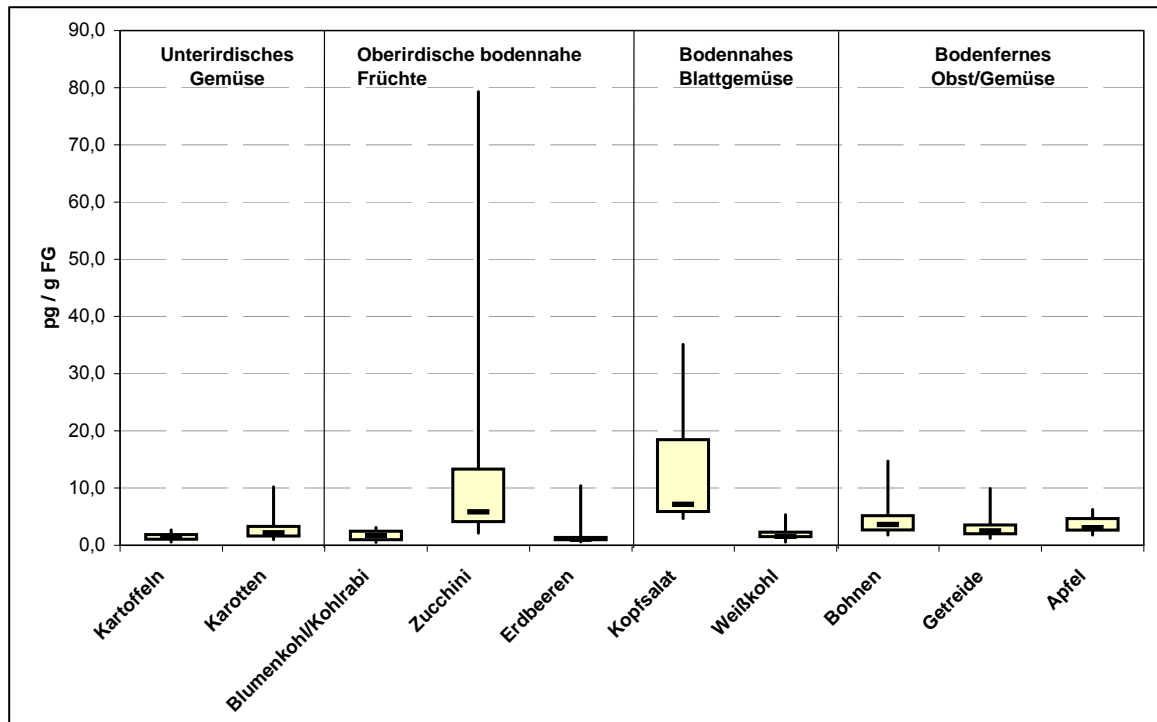


Abbildung 12: Ergebnisse PCB 180 (pg/g FG)

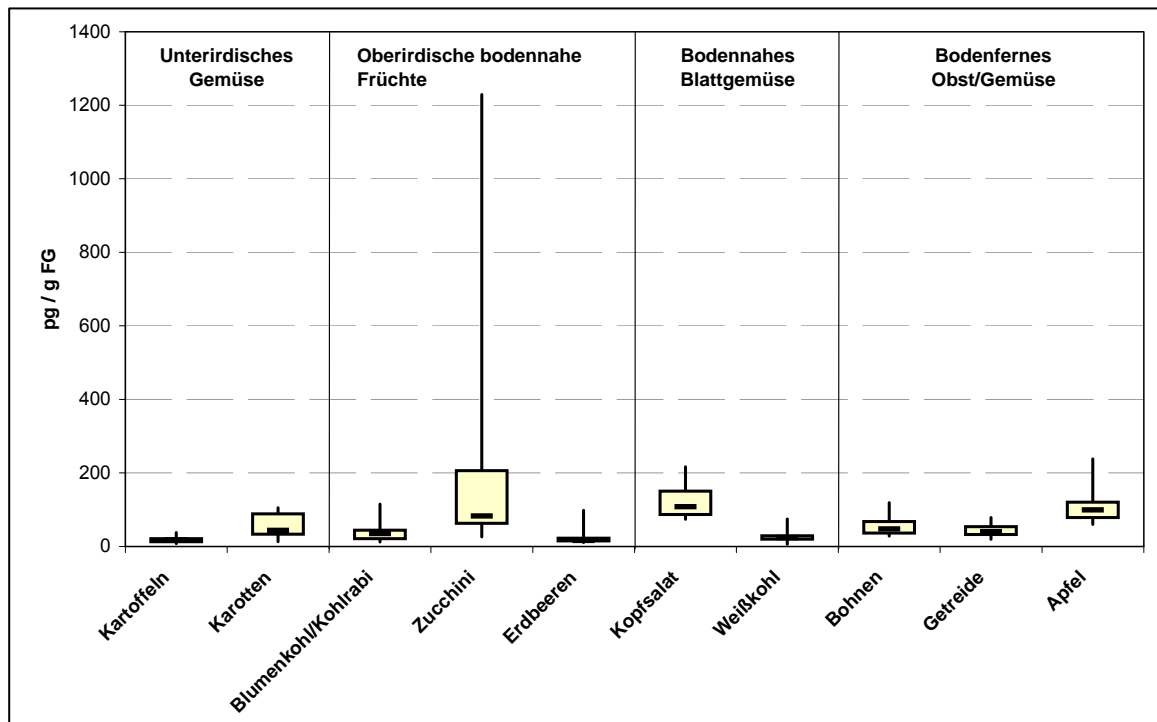


Abbildung 13: Ergebnisse Summe 6 PCB (pg/g FG)

Die Tabellen 9-18 fassen die Spannbreiten der Ergebnisse für die einzelnen Lebensmittel nochmals zusammen.

Tabelle 9: Dioxingehalte (pg WHO-PCDD/F-TEQ/ g FG)

WHO-PCDD/F-TEQ (upper bound)	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	0,003	0,003	0,004	0,005	0,056	0,006
Unterirdische Gemüse (gesamt)	0,004	0,004	0,004	0,005	0,009	0,005
Kartoffeln	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004
Karotten	0,004	0,004	0,005	0,007	0,009	0,005
Oberirdische bo- dennahe Früchte (gesamt)	0,004	0,004	0,004	0,007	0,056	0,009
Oberirdische bo- dennahe Früchte (gesamt <u>ohne</u> <u>Zucchini</u>)	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004
Blumenkohl/ Kohl- rabi	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Zucchini	0,004	0,008	0,012	0,018	0,056	0,020
Erdbeeren	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004
Bodennahes Blattgemüse (gesamt)	0,003	0,004	0,004	0,006	0,022	0,006
Kopfsalat	0,004	0,005	0,006	0,009	0,022	0,008
Weißkohl	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	0,004	0,004	0,004	0,004	0,007	0,004
Bohnen	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004
Getreide	0,004	0,004	0,004	0,004	0,007	0,004
Apfel	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004

Tabelle 10: Dioxinähnliche PCB (pg WHO-PCB-TEQ/ g FG)

WHO-PCB-TEQ (upper bound)	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	0,001	0,001	0,003	0,004	0,040	0,004
Unterirdische Gemüse (gesamt)	0,001	0,001	0,002	0,002	0,004	0,002
Kartoffeln	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
Karotten	0,002	0,002	0,002	0,003	0,004	0,003
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt)	0,001	0,001	0,002	0,003	0,040	0,004
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt ohne Zucchini)	0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	0,001
Blumenkohl/ Kohlrabi	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
Zucchini	0,002	0,002	0,005	0,009	0,040	0,009
Erdbeeren	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001
Bodennahe Blattgemüse (gesamt)	0,001	0,002	0,003	0,006	0,011	0,004
Kopfsalat	0,003	0,003	0,005	0,007	0,011	0,006
Weißkohl	0,001	0,001	0,002	0,002	0,006	0,002
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	0,002	0,003	0,004	0,006	0,012	0,005
Bohnen	0,003	0,003	0,004	0,005	0,011	0,005
Getreide	0,002	0,003	0,004	0,004	0,006	0,004
Apfel	0,003	0,004	0,005	0,007	0,012	0,006

Tabelle 11: Gesamt-TEQ (pg WHO-TEQ/g FG)

WHO- -TEQ (upper bound)	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	0,004	0,005	0,007	0,010	0,096	0,010
Unterirdische Gemüse (gesamt)	0,004	0,005	0,006	0,008	0,012	0,006
Kartoffeln	0,004	0,004	0,005	0,005	0,008	0,005
Karotten	0,005	0,006	0,008	0,009	0,012	0,008
Oberirdische bo- dennahe Früchte (gesamt)	0,004	0,005	0,005	0,010	0,096	0,013
Oberirdische bo- dennahe Früchte (gesamt <u>ohne</u> <u>Zucchini</u>)	0,004	0,004	0,005	0,005	0,009	0,005
Blumenkohl/ Kohl- rabi	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,005
Zucchini	0,006	0,011	0,020	0,023	0,096	0,029
Erdbeeren	0,004	0,005	0,005	0,005	0,009	0,005
Bodennahe Blattgemüse (ge- samt)	0,004	0,005	0,008	0,012	0,033	0,010
Kopfsalat	0,007	0,009	0,012	0,014	0,033	0,014
Weißkohl	0,004	0,005	0,005	0,005	0,009	0,005
Bodenfernes Obst und Gemüse (ge- samt)	0,005	0,007	0,008	0,010	0,017	0,009
Bohnen	0,007	0,007	0,008	0,009	0,016	0,009
Getreide	0,005	0,007	0,007	0,010	0,010	0,008
Apfel	0,007	0,008	0,009	0,011	0,017	0,010

Tabelle 12: PCB 28 (pg/g FG)

	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	0,74	2,83	4,97	9,39	175	12,4
Unterirdische Gemüse (gesamt)	1,37	2,23	2,87	5,51	62,9	10,7
Kartoffeln	1,37	1,84	2,32	2,88	5,12	2,59
Karotten	1,90	2,93	5,65	26,1	62,9	18,8
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt)	0,76	2,19	3,64	6,39	85,5	7,36
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt ohne Zucchini)	0,76	2,19	4,81	7,35	85,5	9,48
Blumenkohl/ Kohlrabi	0,76	4,27	7,67	11,0	85,5	15,5
Zucchini	1,93	2,24	3,06	3,64	4,97	3,11
Erdbeeren	1,16	1,94	2,65	5,05	6,60	3,47
Bodennahe Blattgemüse (gesamt)	0,74	3,41	5,35	9,74	43,2	9,58
Kopfsalat	4,41	5,91	9,05	16,6	43,2	14,6
Weißkohl	0,74	2,41	3,25	4,76	14,0	4,52
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	2,83	5,36	7,78	15,8	175	20,4
Bohnen	2,83	4,43	5,33	7,48	15,2	6,42
Getreide	3,84	5,36	6,06	8,13	12,3	6,89
Apfel	12,6	17,3	28,4	39,8	175	48,0

Tabelle 13: PCB 52 (pg/g FG)

	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	0,48	1,98	3,48	6,08	81,8	6,09
Unterirdische Gemüse (gesamt)	0,75	1,35	2,04	2,95	14,1	3,37
Kartoffeln	0,75	1,21	1,37	1,89	2,73	1,58
Karotten	0,80	2,17	3,07	5,34	14,1	5,16
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt)	0,55	1,71	2,77	4,51	81,8	6,08
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt ohne Zucchini)	0,55	1,27	2,01	3,36	15,6	3,10
Blumenkohl/ Kohlrabi	0,55	2,16	3,14	4,32	15,6	4,30
Zucchini	1,68	2,92	3,78	5,28	81,8	12,1
Erdbeeren	0,97	1,18	1,54	2,02	5,22	1,91
Bodennahe Blattgemüse (gesamt)	0,48	2,21	4,35	7,61	14,8	5,11
Kopfsalat	4,13	5,75	7,89	8,70	14,8	7,90
Weißkohl	0,48	1,31	2,08	3,01	4,56	2,31
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	2,24	3,60	5,16	11,6	33,1	8,56
Bohnen	2,24	3,70	4,54	5,32	9,40	4,71
Getreide	2,66	3,05	3,57	4,75	8,43	4,37
Apfel	5,93	13,0	16,2	19,1	33,1	16,6

Tabelle 14: PCB 101 (pg/g FG)

	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	1,12	4,19	7,57	13,2	246	12,5
Unterirdische Gemüse (gesamt)	1,65	2,78	4,75	8,53	20,0	6,01
Kartoffeln	1,65	2,57	3,09	4,10	9,48	3,76
Karotten	2,01	5,34	7,56	9,47	20,0	8,26
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt)	1,94	3,21	5,61	10,0	246	17,1
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt ohne Zucchini)	1,94	2,68	3,72	5,91	14,0	4,80
Blumenkohl/ Kohlrabi	1,96	3,71	5,58	6,44	8,68	5,29
Zucchini	4,93	9,31	15,3	33,2	246	41,7
Erdbeeren	1,94	2,64	3,09	3,77	14,0	4,30
Bodennahe Blattgemüse (gesamt)	1,12	4,33	11,6	16,8	46,9	13,1
Kopfsalat	9,06	14,53	16,6	24,6	46,9	21,1
Weißkohl	1,12	3,36	4,26	4,73	16,7	5,18
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	3,71	7,49	10,6	13,2	31,0	11,7
Bohnen	5,82	8,22	9,27	12,5	19,9	10,6
Getreide	3,71	6,44	7,57	10,5	13,0	8,17
Apfel	6,60	11,6	14,2	18,7	31,0	16,2

Tabelle 15: PCB 138 (pg/g FG)

	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	1,60	4,85	8,54	18,4	494	19,8
Unterirdische Gemüse (gesamt)	1,84	4,66	5,07	8,24	34,6	7,52
Kartoffeln	1,84	2,93	4,78	4,93	10,0	4,54
Karotten	3,70	6,42	7,19	10,2	34,6	10,5
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt)	1,98	3,83	6,18	23,7	494	33,4
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt ohne Zucchini)	1,98	3,19	4,58	5,94	30,8	6,33
Blumenkohl/ Kohlrabi	1,98	4,15	5,48	7,35	12,6	6,24
Zucchini	7,14	22,4	33,6	86,1	494	87,5
Erdbeeren	2,23	3,10	3,71	4,71	30,8	6,42
Bodennahe Blattgemüse (gesamt)	1,60	6,35	18,2	30,4	77,1	21,9
Kopfsalat	17,2	22,6	32,9	42,4	77,1	36,6
Weißkohl	1,60	4,68	6,20	7,75	21,1	7,25
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	4,03	8,31	11,3	16,2	40,4	13,1
Bohnen	7,24	9,33	13,0	16,9	40,4	15,5
Getreide	4,03	7,36	8,94	14,3	18,8	10,3
Apfel	6,70	9,47	11,2	16,2	25,6	13,5

Tabelle 16: PCB 153 (pg/g FG)

	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	1,46	5,26	8,53	18,6	323	16,5
Unterirdische Gemüse (gesamt)	1,74	4,06	5,67	7,71	30,4	7,27
Kartoffeln	1,74	2,95	4,63	5,38	10,4	4,65
Karotten	3,69	6,38	7,24	9,89	30,4	9,89
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt)	2,11	3,87	6,38	19,3	323	24,3
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt ohne Zucchini)	2,11	3,41	4,73	6,40	31,0	6,38
Blumenkohl/ Kohlrabi	2,11	4,50	5,28	6,33	12,7	5,98
Zucchini	6,40	19,0	24,4	58,8	323	60,1
Erdbeeren	2,37	3,09	3,55	6,08	31,0	6,77
Bodennahe Blattgemüse (gesamt)	1,46	6,41	16,5	26,3	58,4	19,5
Kopfsalat	14,3	20,2	27,7	38,8	58,4	32,2
Weißkohl	1,46	4,67	6,23	6,90	19,0	6,77
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	3,83	8,78	11,7	15,2	32,9	13,1
Bohnen	6,15	9,05	11,9	14,6	32,9	13,7
Getreide	3,83	7,19	9,77	13,4	18,6	10,6
Apfel	7,24	10,83	12,2	16,3	26,7	14,7

Tabelle 17: PCB 180 (pg/g FG)

	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	0,50	1,49	2,47	4,75	79,3	4,91
Unterirdische Gemüse (gesamt)	0,53	1,16	1,80	2,35	10,2	2,23
Kartoffeln	0,53	1,02	1,38	1,86	2,68	1,43
Karotten	0,96	1,59	2,17	3,29	10,2	3,03
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt)	0,50	1,03	2,08	4,10	79,3	6,04
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt ohne Zucchini)	0,50	0,92	1,17	2,09	10,4	1,88
Blumenkohl/ Kohlrabi	0,50	0,95	1,70	2,45	3,10	1,72
Zucchini	2,11	4,10	5,82	13,3	79,3	14,4
Erdbeeren	0,56	0,96	1,04	1,38	10,4	2,04
Bodennahe Blattgemüse (gesamt)	0,53	1,58	5,00	7,09	35,1	7,30
Kopfsalat	4,67	5,86	7,12	18,5	35,1	12,7
Weißkohl	0,53	1,46	1,55	2,28	5,32	1,94
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	1,18	2,40	3,11	4,75	14,7	3,96
Bohnen	1,78	2,66	3,62	5,16	14,7	4,62
Getreide	1,18	1,97	2,51	3,54	9,93	3,69
Apfel	1,78	2,62	3,06	4,68	6,26	3,56

Tabelle 18: Summe 6 PCB (pg/g FG)

	Minimum	P25	P50 (Median)	P75	Maximum	Mittelwert
Gesamt	5,93	22,3	41,7	86,1	1230	72,2
Unterirdische Gemüse (gesamt)	7,88	15,8	24,2	40,5	105	37,1
Kartoffeln	7,88	12,5	18,0	21,0	37,7	18,6
Karotten	13,1	33,0	43,3	88,8	105	55,6
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt)	10,6	16,6	33,5	74,4	1230	94,3
Oberirdische bodennahe Früchte (gesamt ohne Zucchini)	10,6	15,0	20,7	37,6	115	32,0
Blumenkohl/ Kohlrabi	12,1	20,6	35,0	44,5	115	39,0
Zucchini	26,0	62,4	82,6	206	1230	219
Erdbeeren	10,6	14,6	16,1	22,7	98,0	24,9
Bodennahe Blattgemüse (gesamt)	5,93	24,8	74,1	105	217	76,5
Kopfsalat	73,6	86,3	108	150	217	125
Weißkohl	5,93	19,5	24,1	29,2	74,6	28,0
Bodenfernes Obst und Gemüse (gesamt)	19,6	39,2	59,3	85,3	238	70,7
Bohnen	28,0	35,8	47,5	67,8	119	55,4
Getreide	19,6	32,0	40,1	53,7	78,8	44,1
Apfel	59,6	78,2	99,4	120	238	113

3.3 Ergebnisse differenziert nach Siedlungsdichte

In regionaler Hinsicht ist sowohl nach unterschiedlichen Probenahmeregionen (Nord, Süd, Mitte, Ost, West) als auch nach der jeweiligen Siedlungsdichte (potenzielles Hintergrundgebiet, Ballungsraum) zu differenzieren.

In den Abbildungen 14 – 22 sind die Ergebnisse für die einzelnen Wuchsformen getrennt nach Siedlungsdichte, also nach potentiellen Hintergrundstandorten, und Ballungsraum zusammengestellt.

Für die Dioxine ergeben sich dabei ähnliche Ergebnisse bei Ballungs- und Hintergrundproben (Abbildung 14). Lediglich für bodennahes Blattgemüse (Kopfsalat, Weißkohl) zeigt sich ein geringfügig breiterer Datenbereich und höhere Maxima in Ballungsproben, im wesentlichen verursacht durch die Ergebnisse von Kopfsalat. Entsprechendes gilt für die dioxinähnlichen PCB (Abbildung 15). Das erhöhte Maximum für Proben aus Ballungsräumen (Gesamtproben bzw. oberirdisch bodennahe Früchte) wurde dort durch eine einzelne Zucchiniprobe verursacht.

Für die nicht dioxinähnlichen PCB zeigt sich insgesamt ebenfalls eine gute Übereinstimmung der Datenbereiche zwischen Ballungs- und Hintergrundproben (Abbildung 16 – 22). Für Zucchini aus Ballungsräumen liegen dabei die dargestellten Maxima deutlich über denen mit Hintergrundbelastung (PCB 52, PCB 138, PCB 153, PCB 180). Dies beruht wiederum lediglich auf einer Einzelprobe.

Insgesamt lassen sich anhand der vorliegenden Daten und der beschriebenen wenigen Auffälligkeiten keinerlei Unterschiede zwischen den Konzentrationen in Abhängigkeit der Siedlungsdichte ableiten. Grundsätzlich ist aber zu betonen, dass diesbezüglich eine statistisch abgesicherte Aussage aufgrund der Anzahl der untersuchten Proben und der Probenahmestrategie nicht möglich ist und auch nicht Ziel dieser Statuserhebung sein konnte. Andererseits weisen die ähnlichen Konzentrationen beider Gebietstypen darauf hin, dass die Unterschiede möglicherweise gering und insbesondere in Bezug auf Höchstgehalte und Auslösewerte der EU vernachlässigbar sein könnten.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass vor dem Hintergrund der besonders schwierigen Analytik im Bereich der Bestimmungsgrenzen pflanzliche Lebensmittel für die Beantwortung der hier angesprochenen Frage weniger geeignet sind.

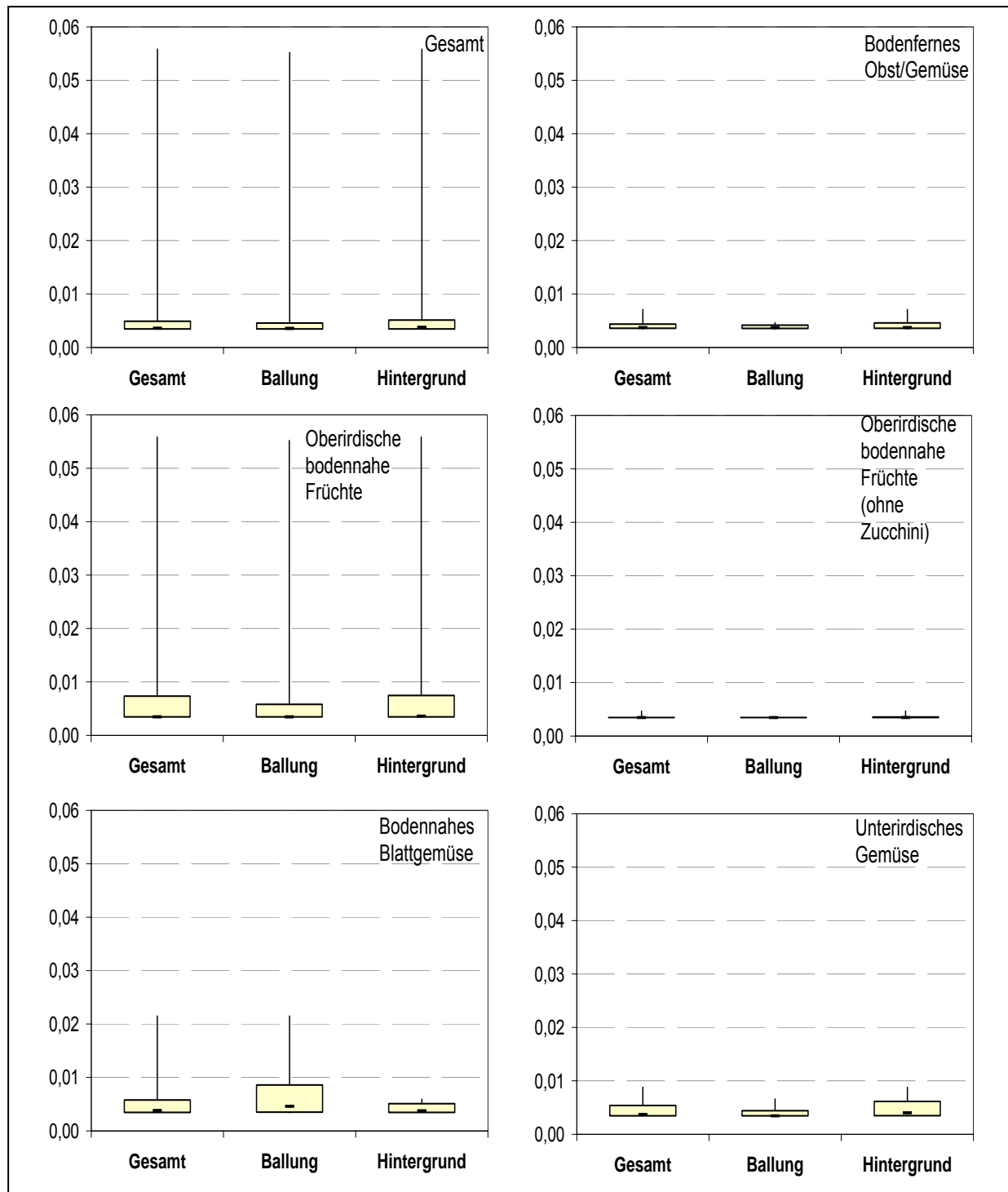


Abbildung 14: Dioxingehalte: Vergleich Ballungsraum/potentieller Hintergrund (pg WHO-PCDD/F- TEQ/g FG)

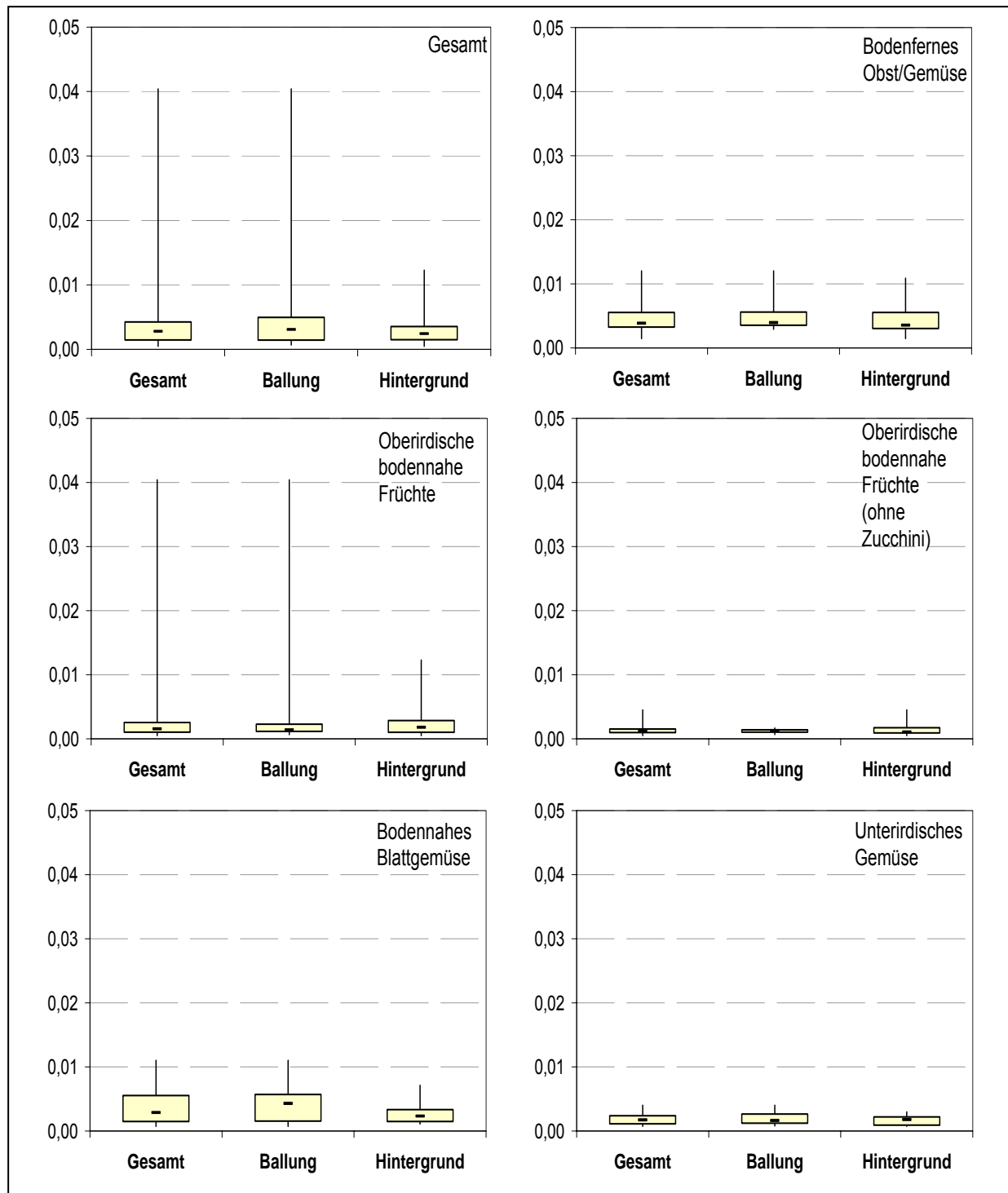


Abbildung 15: Dioxinähnliche PCB: Vergleich Ballungsraum/pot. Hintergrund (pg WHO-PCB - TEQ/g FG)

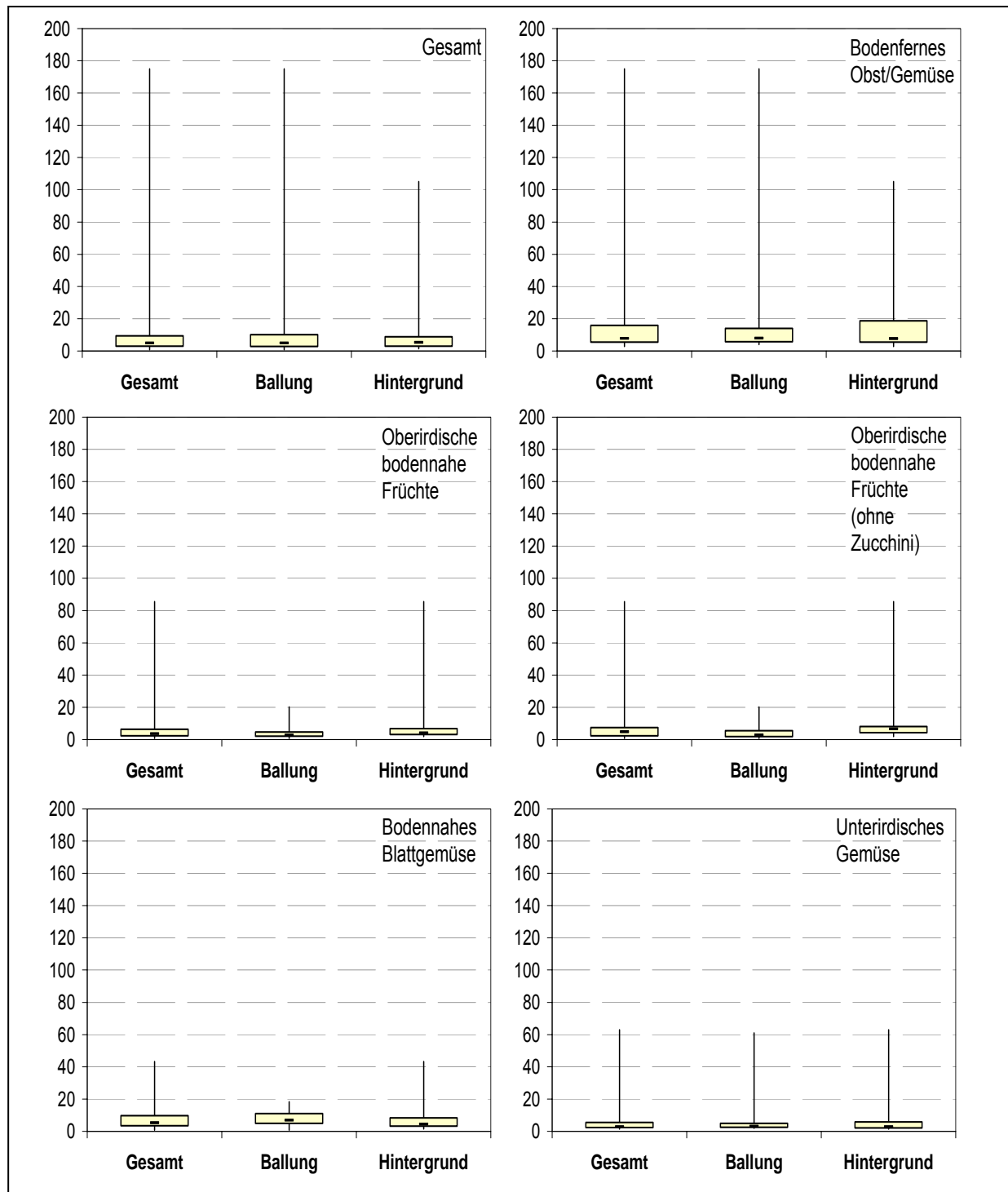


Abbildung 16: PCB 28: Vergleich Ballungsraum/potentieller Hintergrund (pg/g FG)

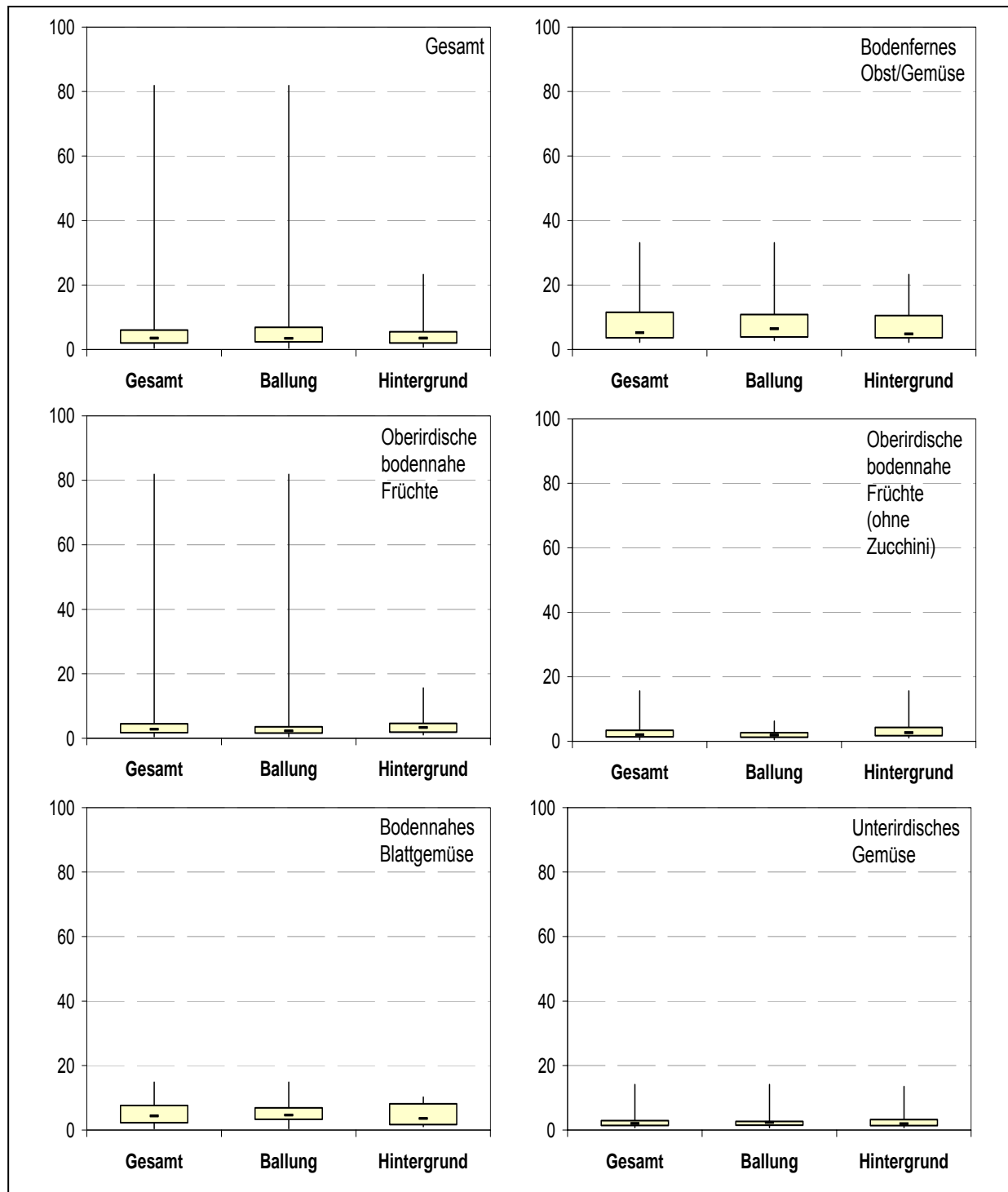


Abbildung 17: PCB 52: Vergleich Ballungsraum/potentieller Hintergrund (pg/g FG)

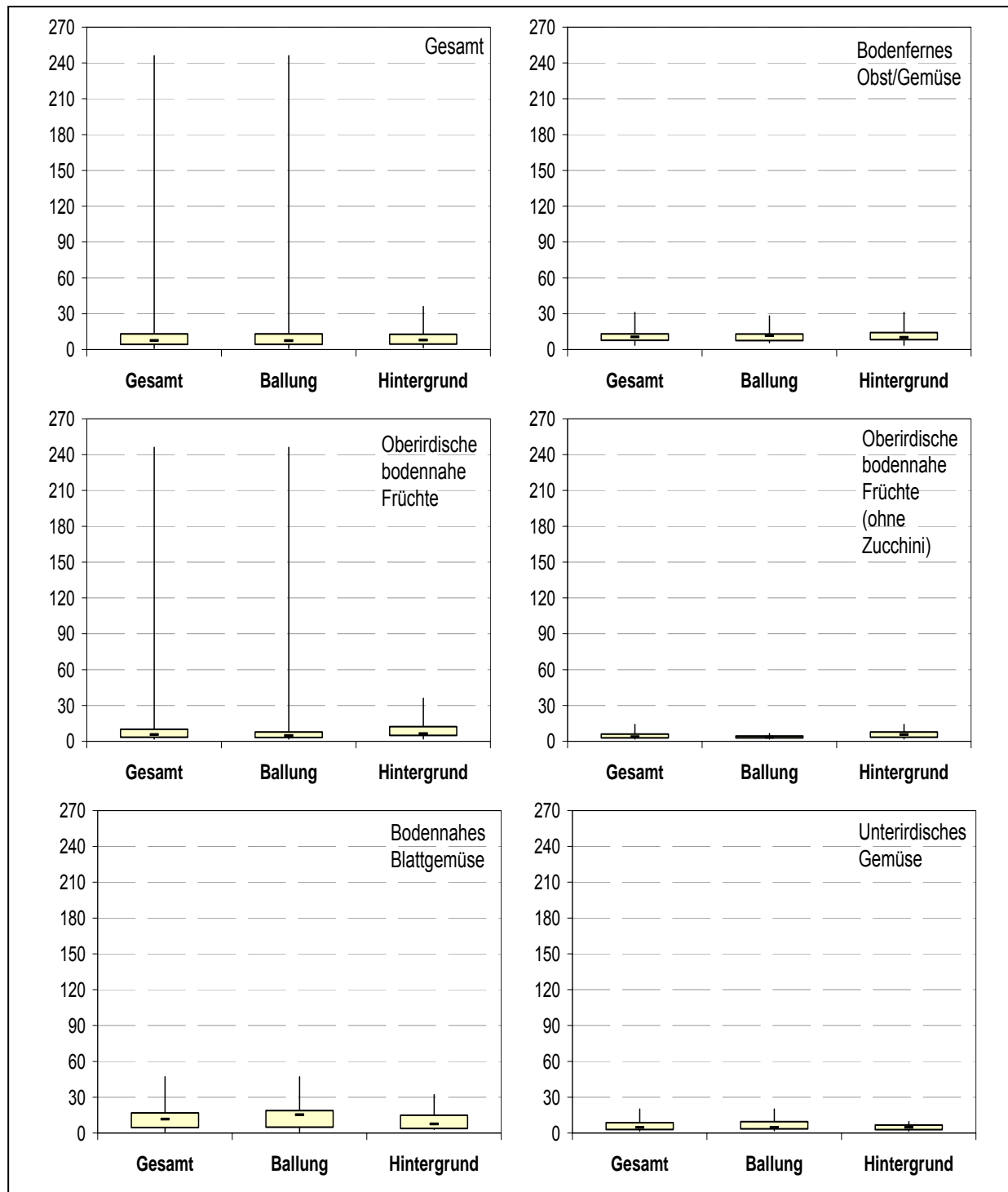


Abbildung 18: PCB 101: Vergleich Ballungsraum/potentieller Hintergrund (pg/g FG)

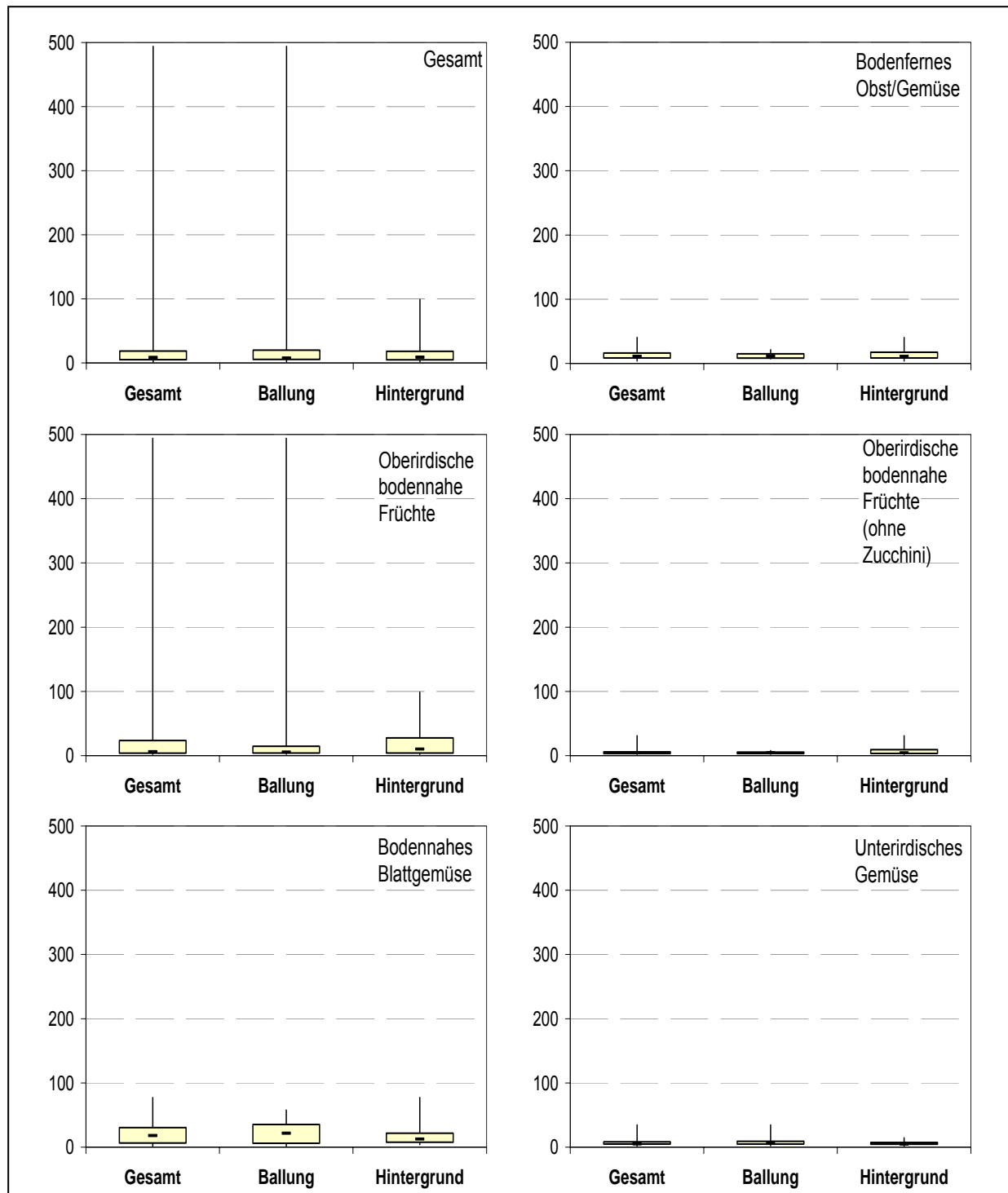


Abbildung 19: PCB 138: Vergleich Ballungsraum/potentieller Hintergrund (pg/g FG)

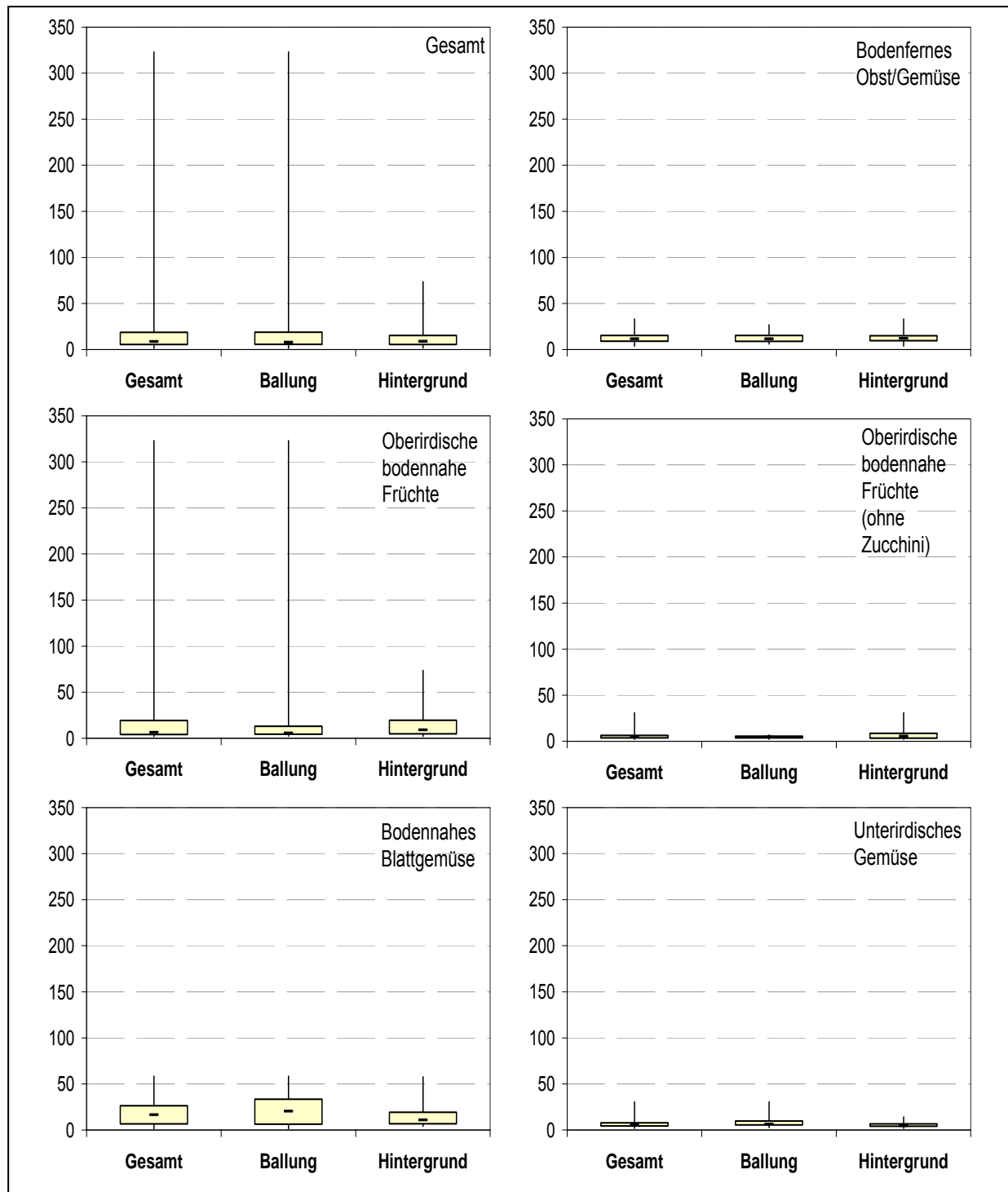


Abbildung 20: PCB 153: Vergleich Ballungsraum/potentieller Hintergrund (pg/g FG)

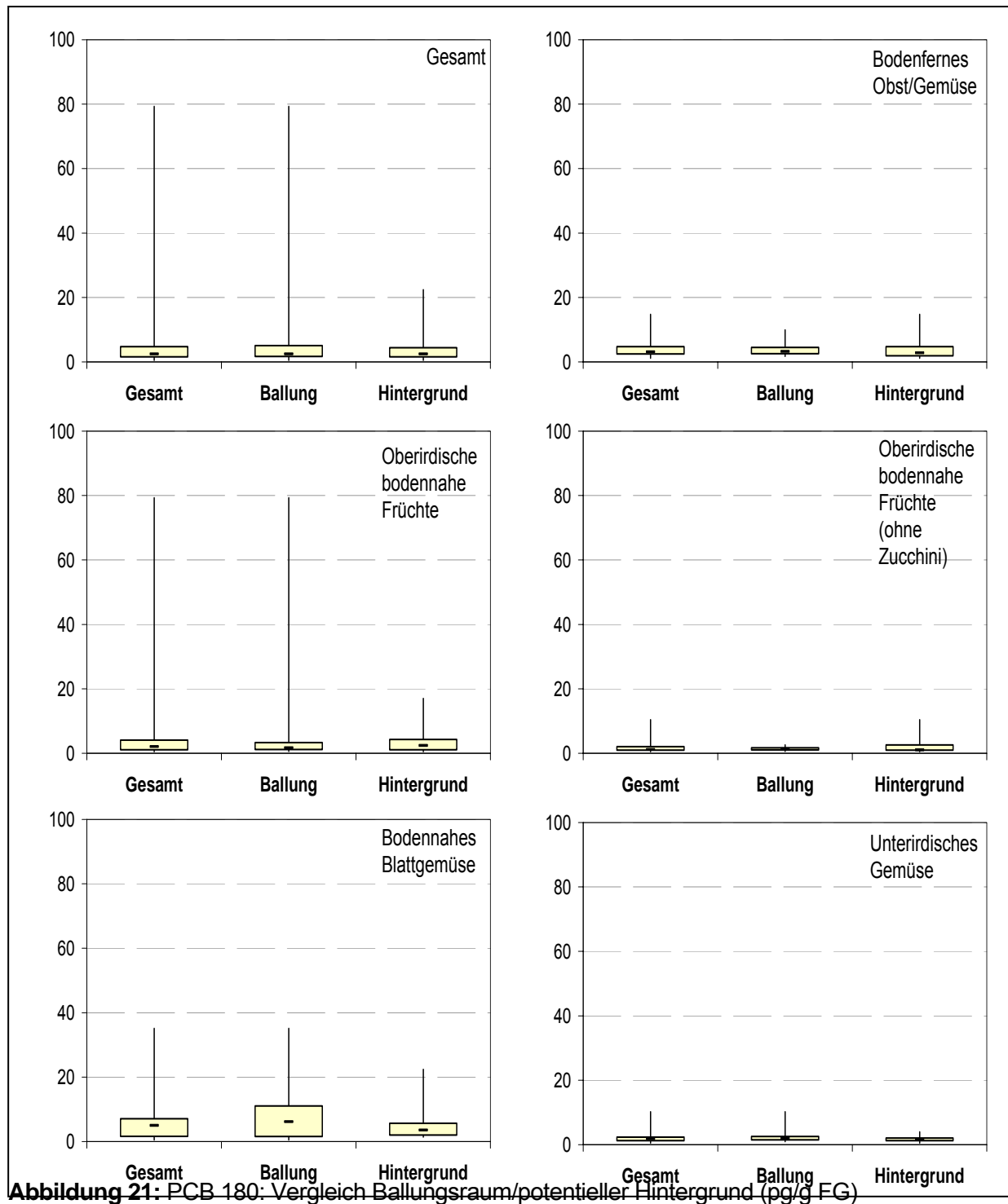


Abbildung 21: PCB 180: Vergleich Ballungsraum/potentieller Hintergrund (pg/g FG)

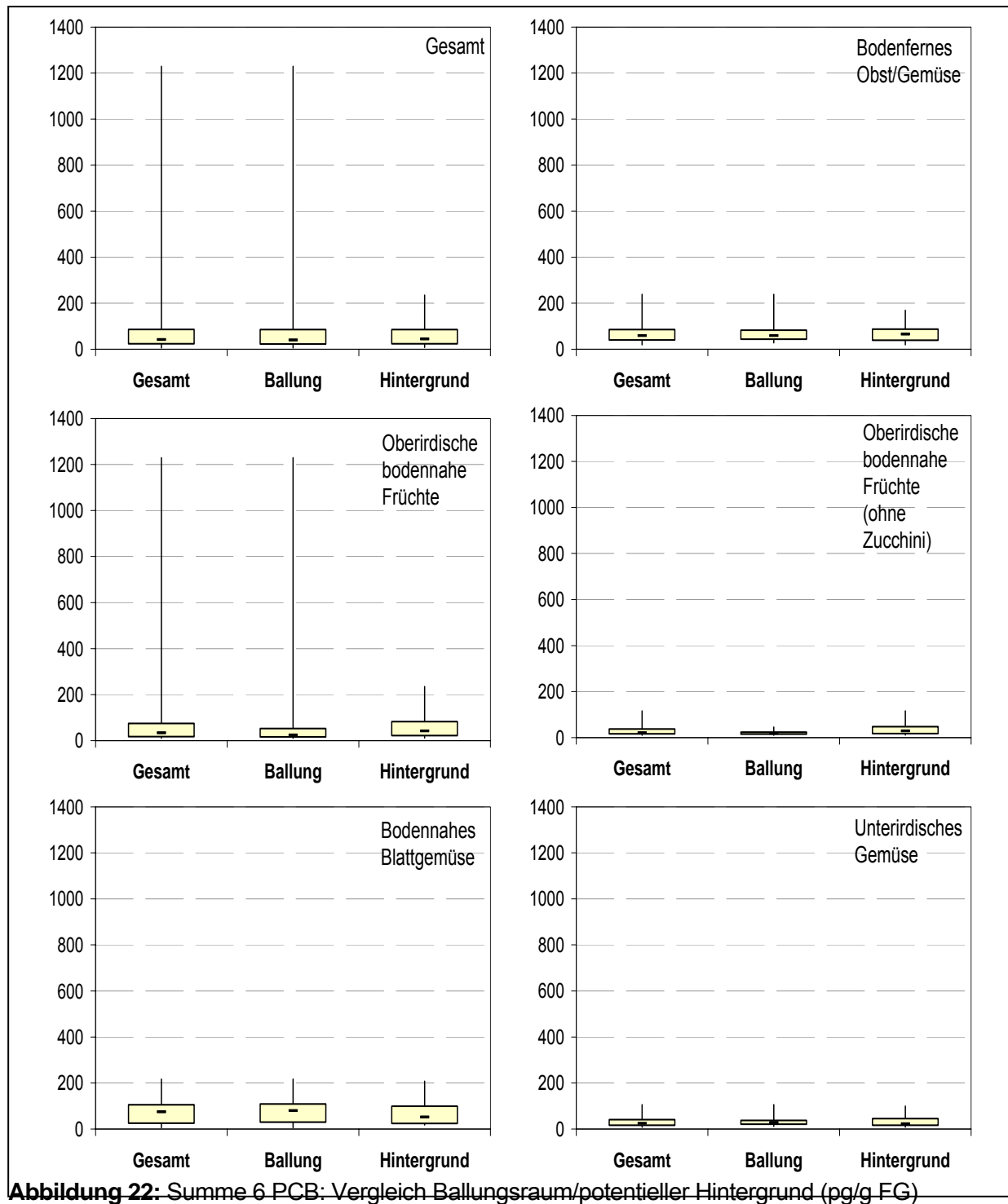


Abbildung 22: Summe 6 PCB: Vergleich Ballungsraum/potentieller Hintergrund (pg/g FG)

3.4 Ergebnisse differenziert nach Probenahme-region

Wie in 3.3 dargestellt, waren Unterschiede zwischen Ballungs- und Hintergrundgebieten nicht abzuleiten. Aus diesem Grund bleibt für die nachfolgende regionale Differenzierung die Siedlungsdichte unberücksichtigt.

In den Abbildungen 23 – 31 sind die Ergebnisse getrennt nach Probenahme-region dargestellt.

Für die Dioxine ergeben sich dabei wiederum ähnliche Ergebnisse überwiegend unterhalb 0,01 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG bei allen Regionen (Abbildung 23). Ausnahme bilden beide Zucchini-proben aus dem Bereich Nord, die verantwortlich für die Maxima um 0,055 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG sind (Abbildung 23).

Gleiches gilt für die dioxinähnlichen PCB mit Ergebnisse unterhalb 0,01 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG zwischen allen Regionen (Abbildung 24). Ausnahme bildet hier eine einzelne Zucchini-probe aus dem Bereich Nord (0,040 pg WHO-PCB-TEQ/g FG sind).

Für die nicht dioxinähnlichen PCB ergibt sich ebenfalls eine gute Übereinstimmung auf Basis des 75-Perzentils. Ausnahmen ergeben sich lediglich durch höhere Werte von PCB 28 in vereinzelt Proben des Bereichs Mitte sowie jeweils eine Einzelprobe aus dem Bereich Ost und West (Abbildung 25), sowie Maxima aus der bereits angesprochenen Zucchini-Einzelprobe im Bereich Nord (PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180). Ohne diese Ausnahme liegen die Gehalte der nicht dioxinähnlichen PCB unabhängig von der Region unter 100 pg/g FG, für den Großteil unter 50 pg/g FG bzw. 10 pg/g FG (vgl. 3.2).

In den Abbildungen 32 – 40 sind die Einzelergebnisse in Abhängigkeit von der Probenahme-region nochmals zusammengefasst.

Grundsätzlich ist – ähnlich wie im vorigen Abschnitt - zu betonen, dass eine statistisch abgesicherte Aussage aufgrund der Anzahl der untersuchten Proben und der Probenahme-strategie zu regionalen Unterschieden nicht möglich ist und auch nicht Ziel dieser Staturerhebung sein konnte. Andererseits weisen die ähnlichen Konzentrationen der fünf Regionen darauf hin, dass die Unterschiede – sofern überhaupt vorhanden - möglicherweise gering und insbesondere in Bezug auf Höchstgehalte und Auslösewerte der EU vernachlässigbar sein könnten.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass vor dem Hintergrund der besonders schwierigen Analytik im Bereich der Bestimmungsgrenzen pflanzliche Lebensmittel für die Beantwortung der hier angesprochenen Frage weniger geeignet sind.

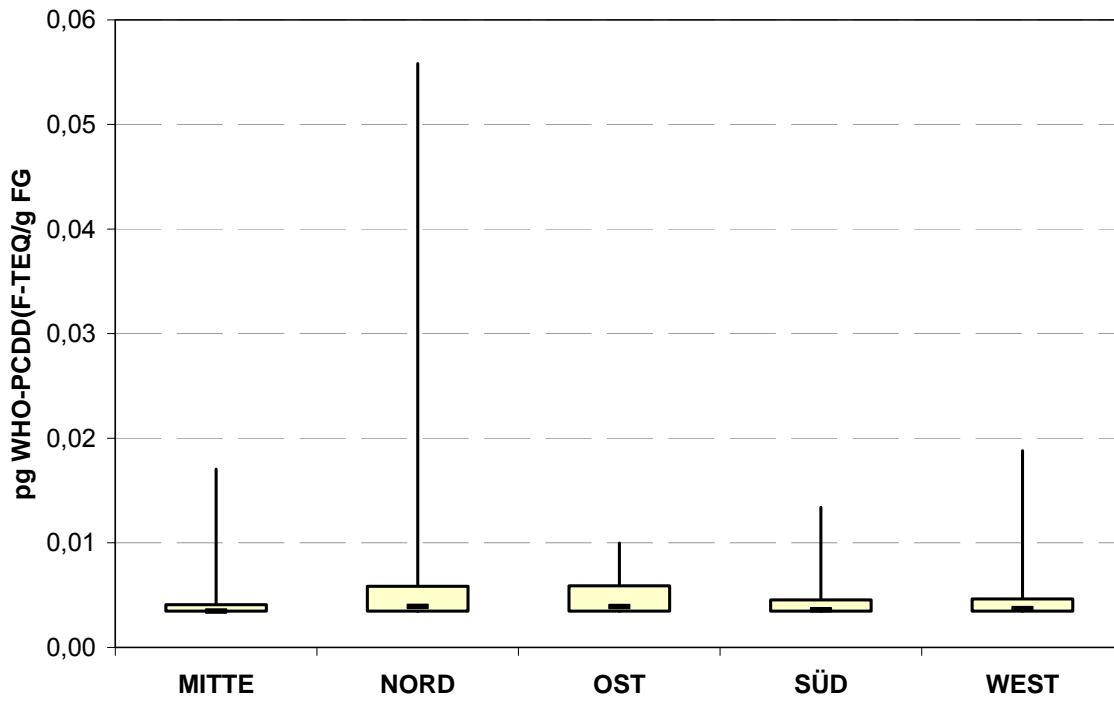


Abbildung 23: Dioxine: regionale Differenzierung (pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG)

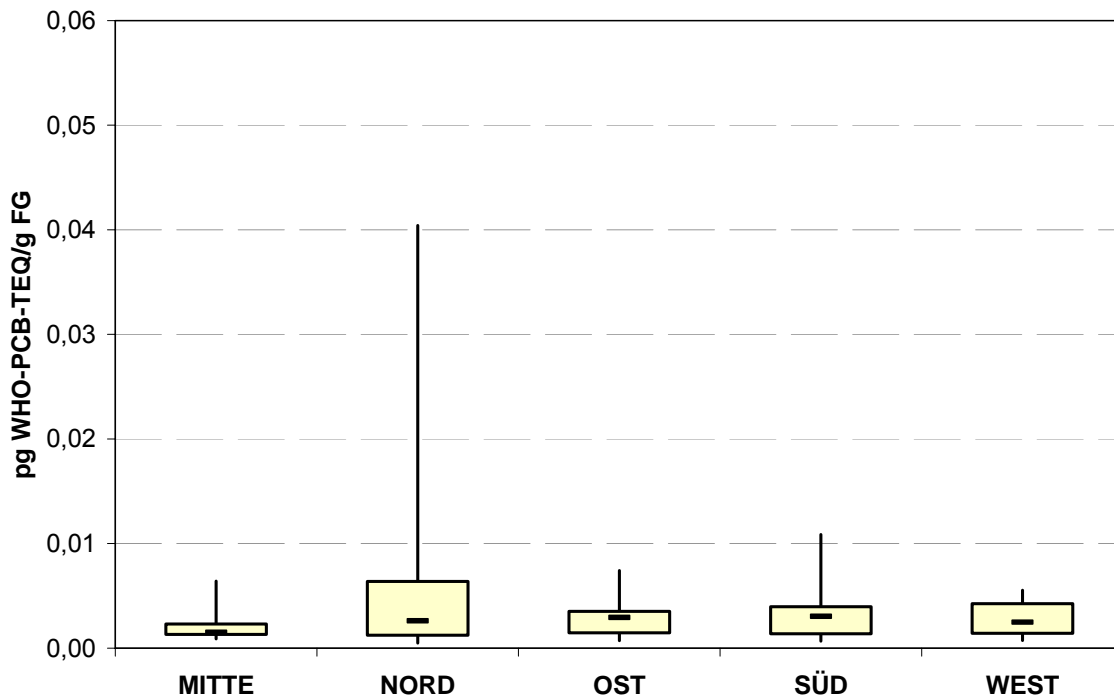


Abbildung 24: Dioxinähnliche PCB: regionale Differenzierung (pg WHO-PCB-TEQ/g FG)

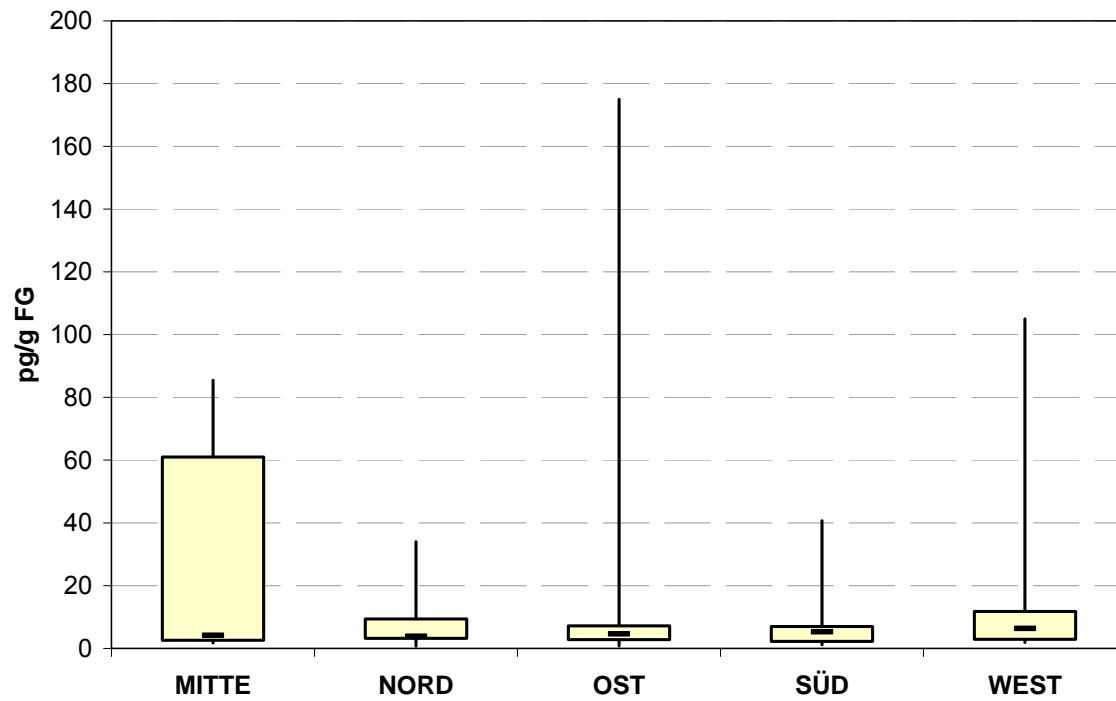


Abbildung 25: PCB 28: regionale Differenzierung (pg/g FG)

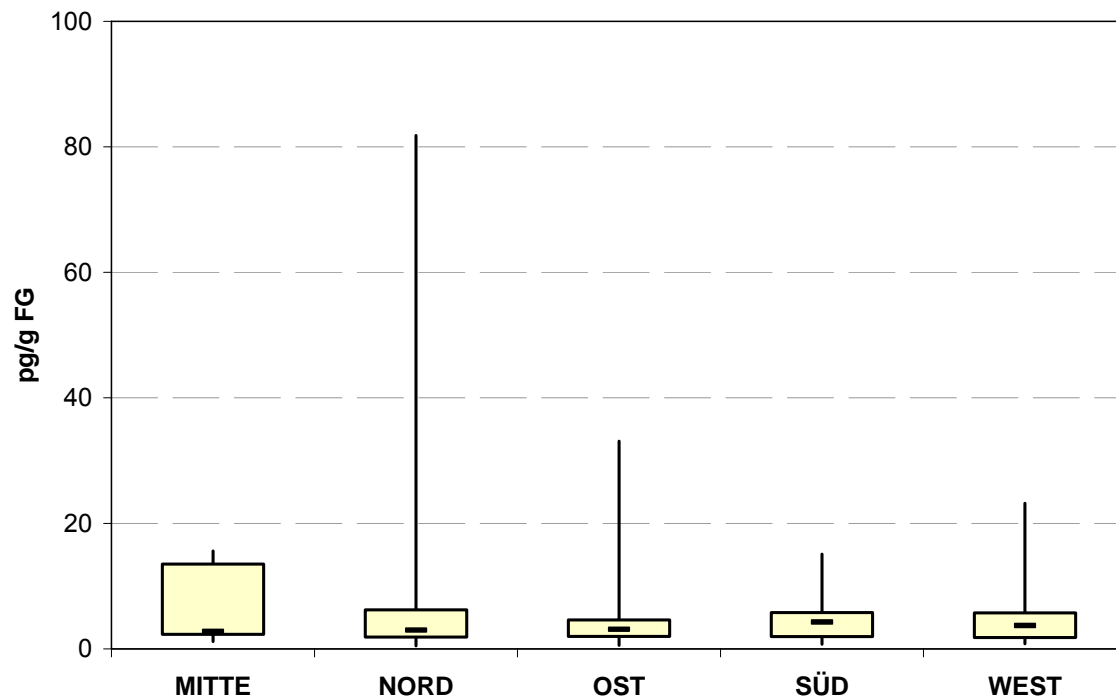


Abbildung 26: PCB 52: regionale Differenzierung (pg/g FG)

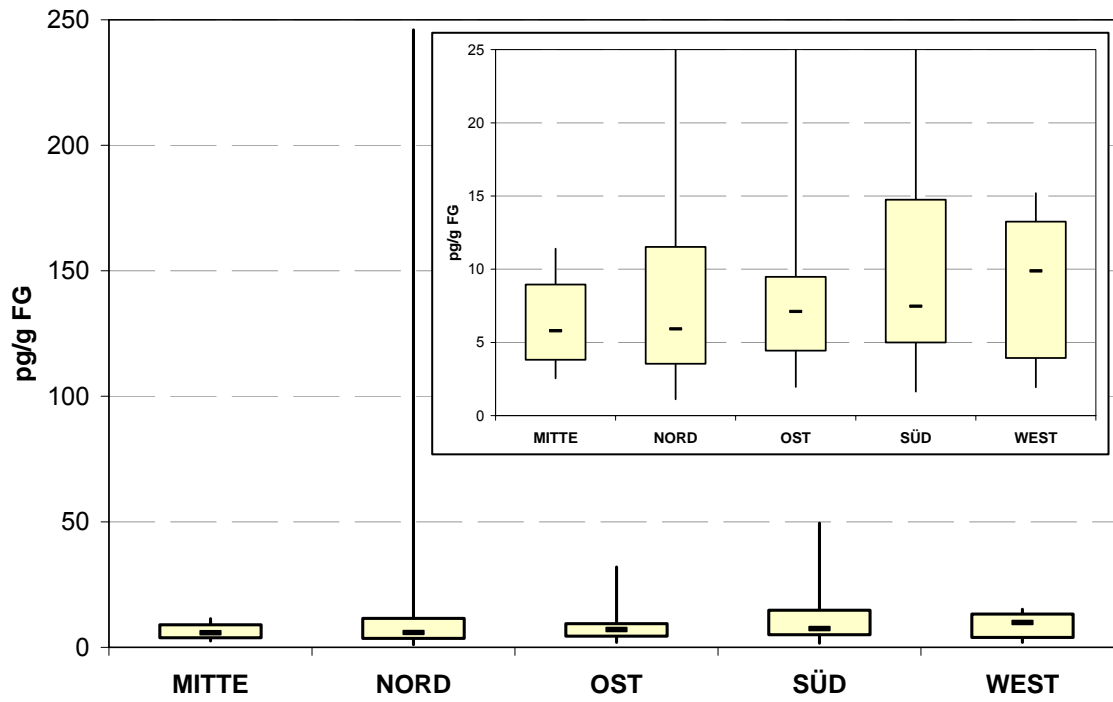


Abbildung 27: PCB 101: regionale Differenzierung (pg/g FG)

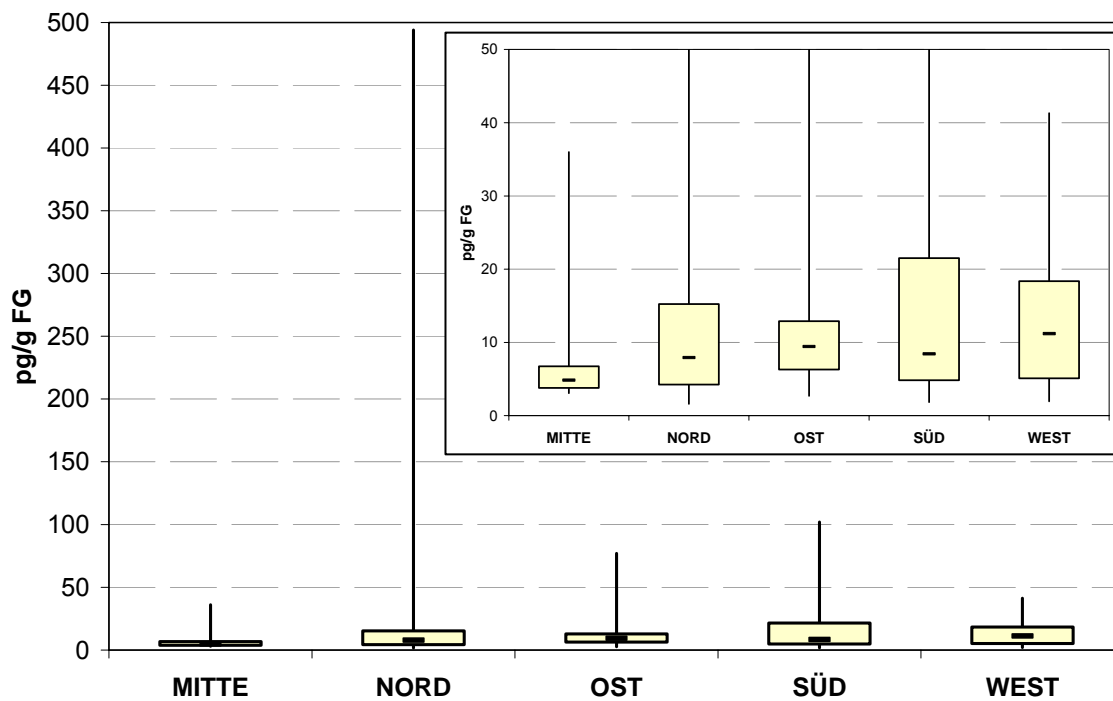


Abbildung 28: PCB 138: regionale Differenzierung (pg/g FG)

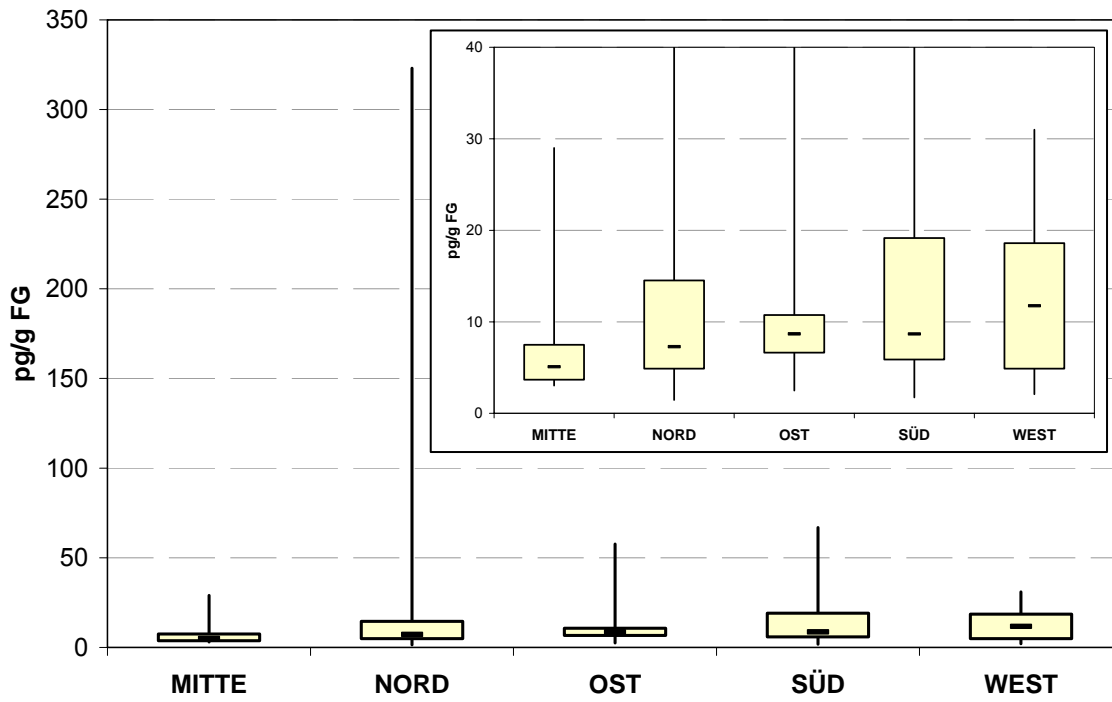


Abbildung 29: PCB 153: regionale Differenzierung (pg/g FG)

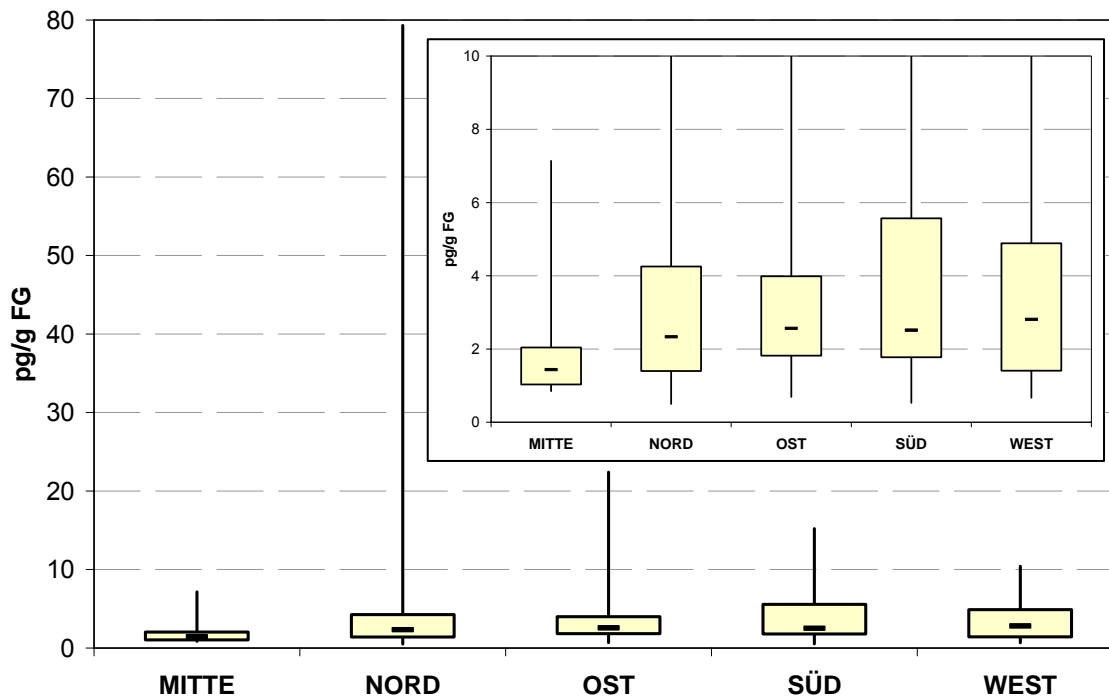


Abbildung 30: PCB 180: regionale Differenzierung (pg/g FG)

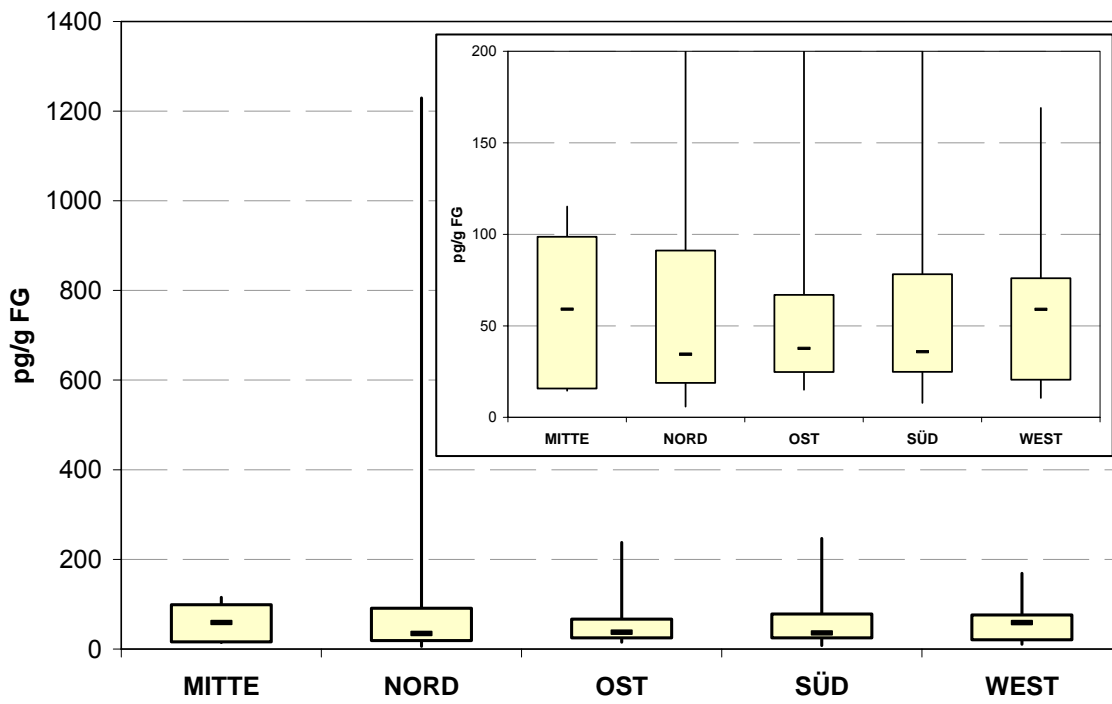


Abbildung 31: Summe 6 PCB: regionale Differenzierung (pg/g FG)

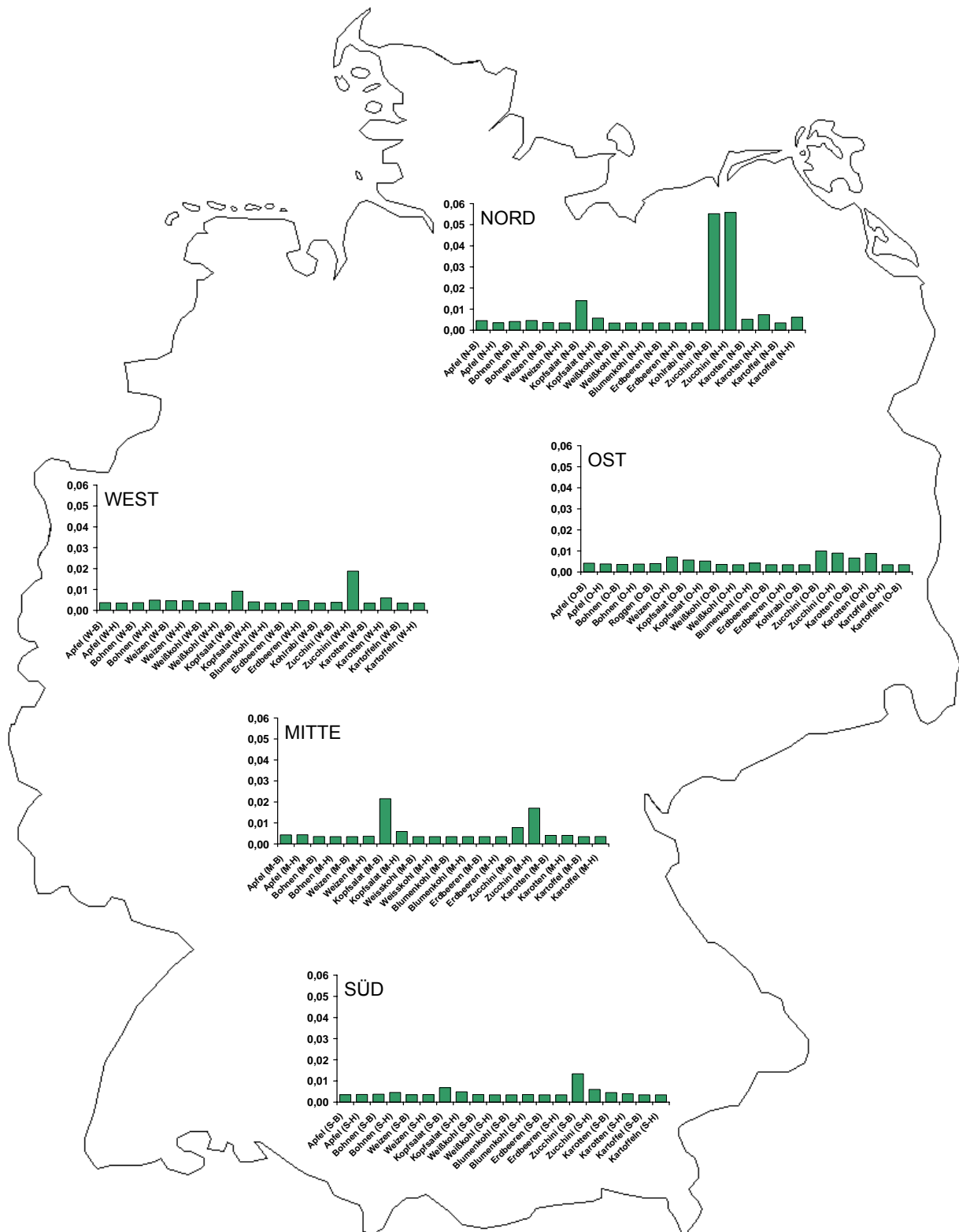


Abbildung 32: Dioxinergebnisse nach Probenahmeregion (pg WHO-PCCD/F-TEQ/g FG)

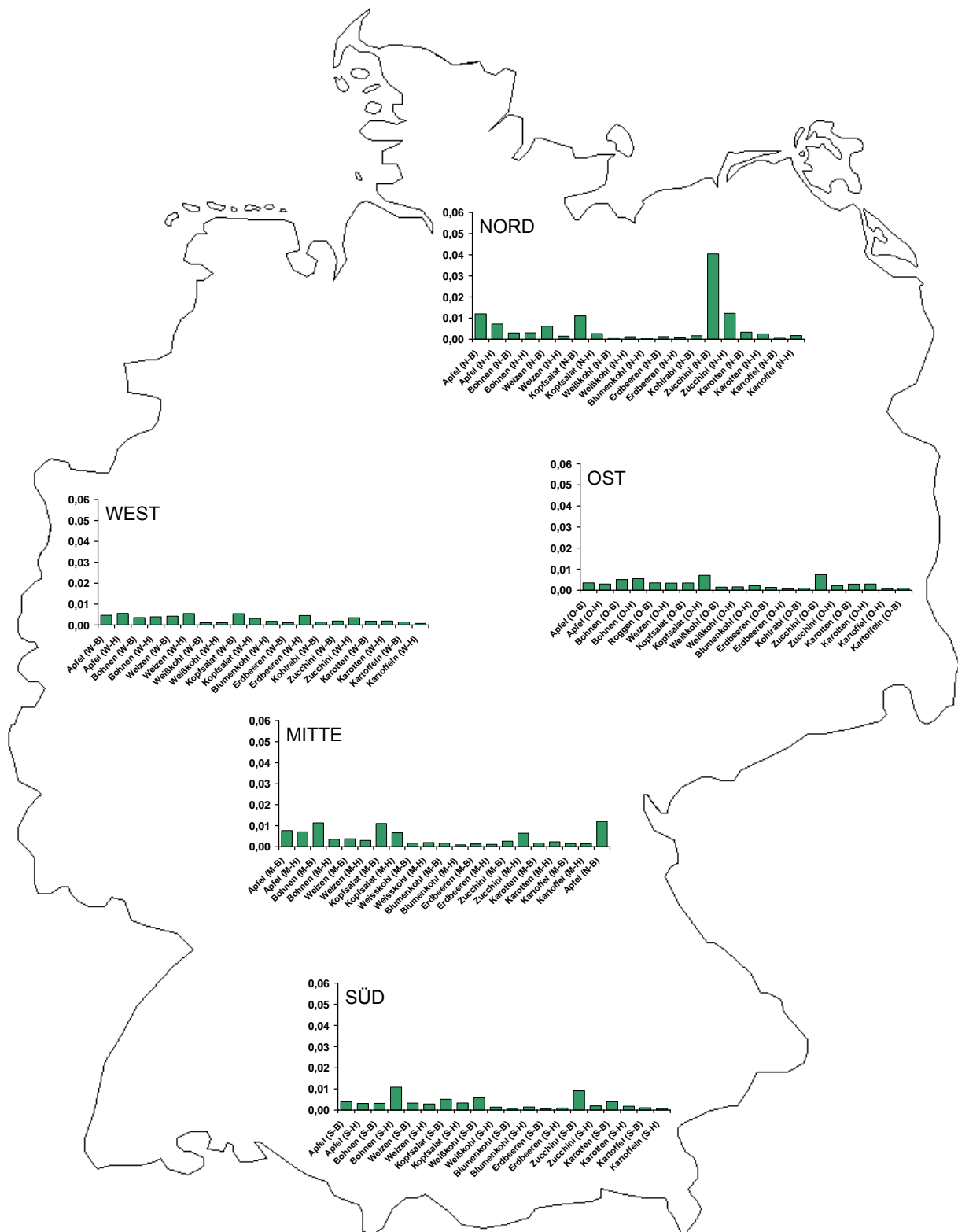


Abbildung 33: Ergebnisse dioxinähnliche PCB nach Probenahmeregion (pg WHO-PCB-TEQ/g FG)

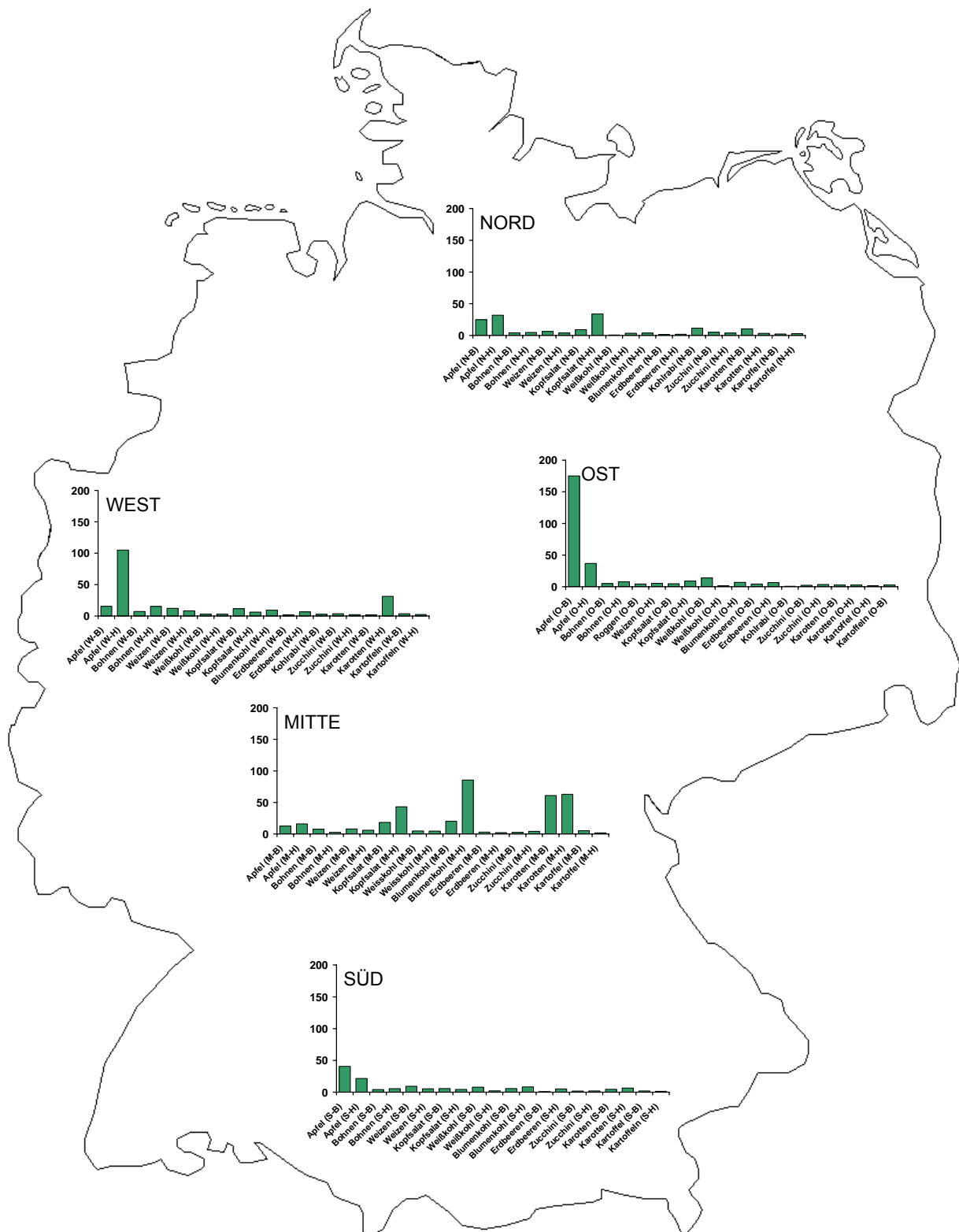


Abbildung 34: Ergebnisse PCB 28 nach Probenahmeregion (pg/g FG)

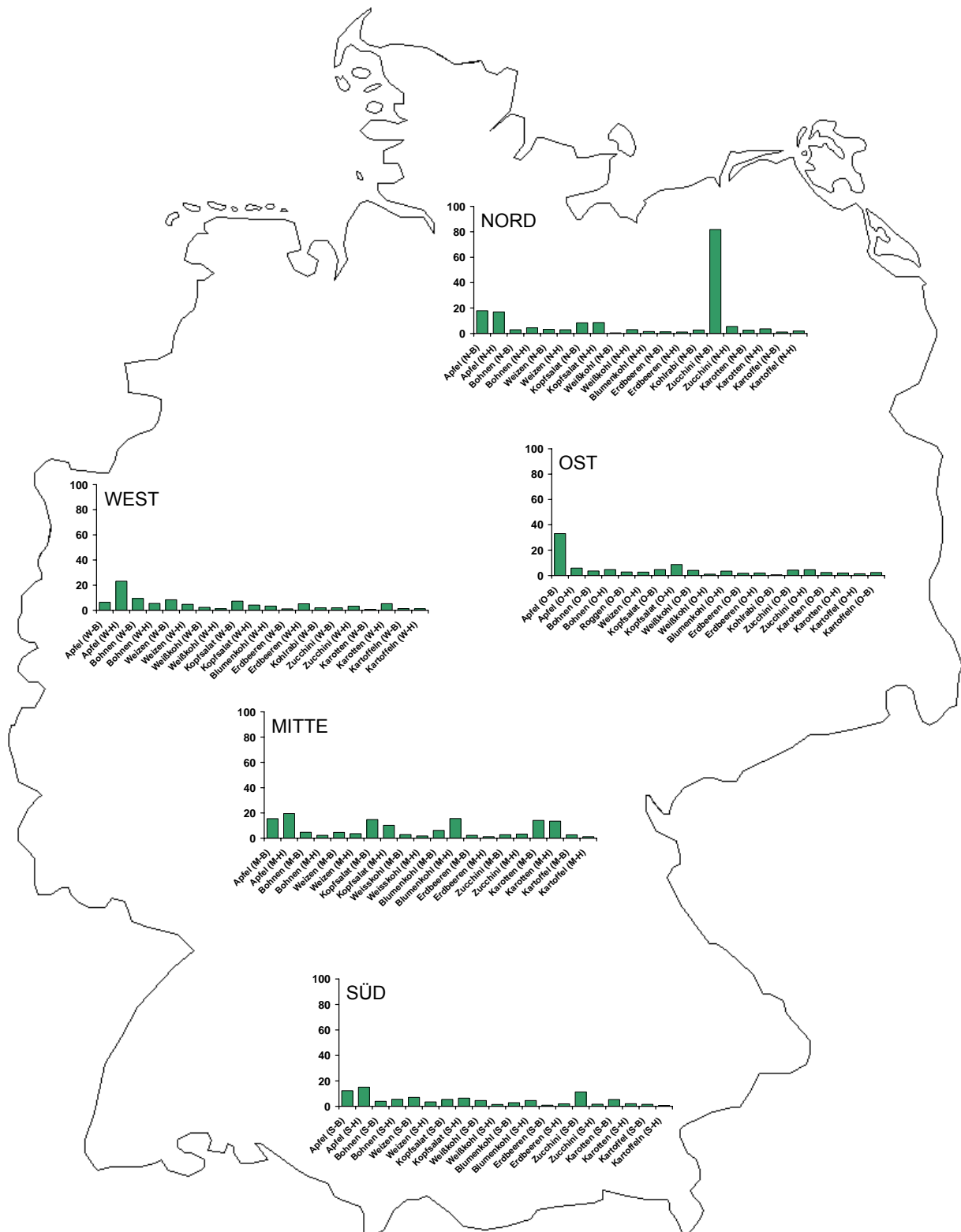


Abbildung 35: Ergebnisse PCB 52 nach Probenahmeregion (pg/g FG)

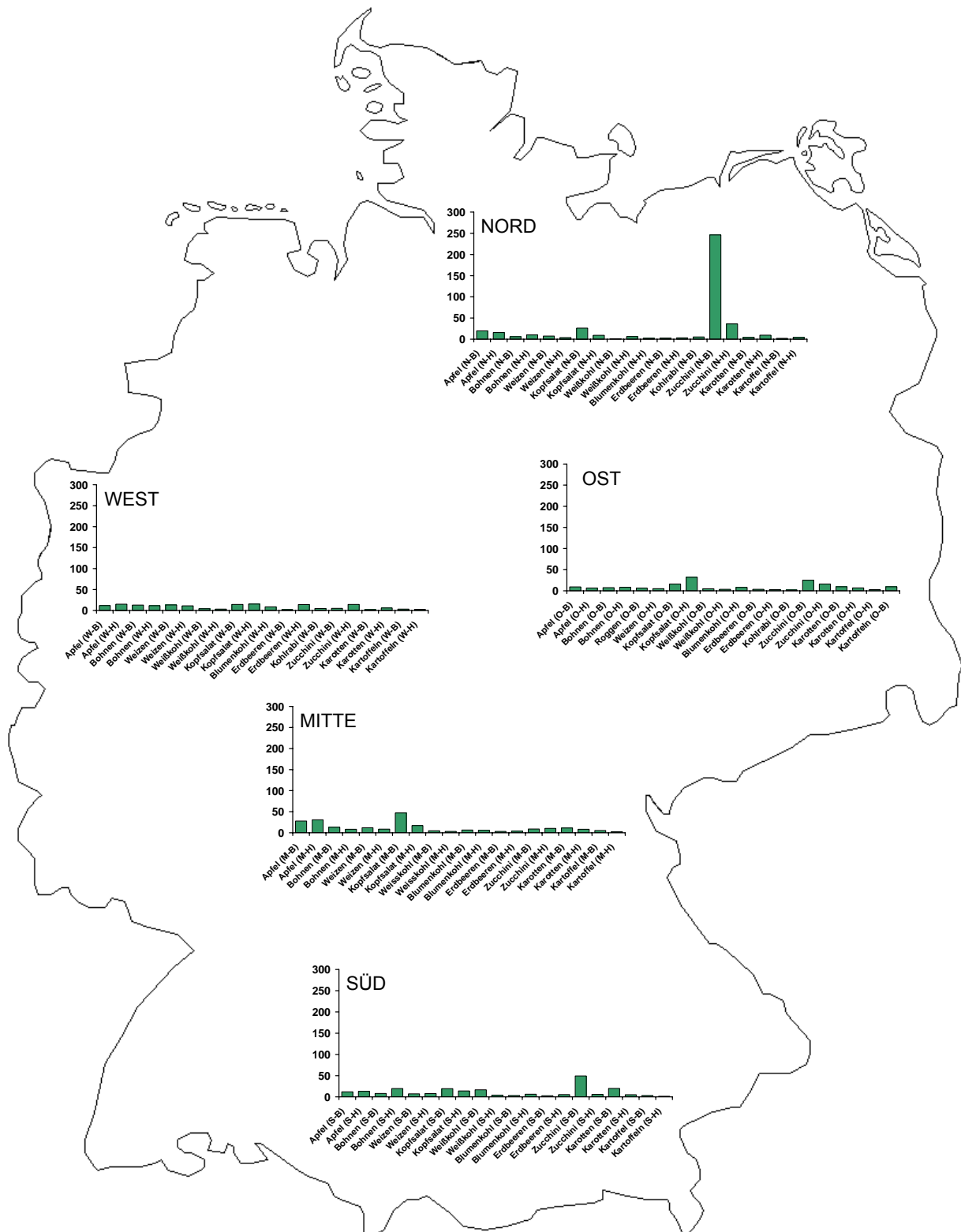


Abbildung 36: Ergebnisse PCB 101 nach Probenahmeregion (pg/g FG)

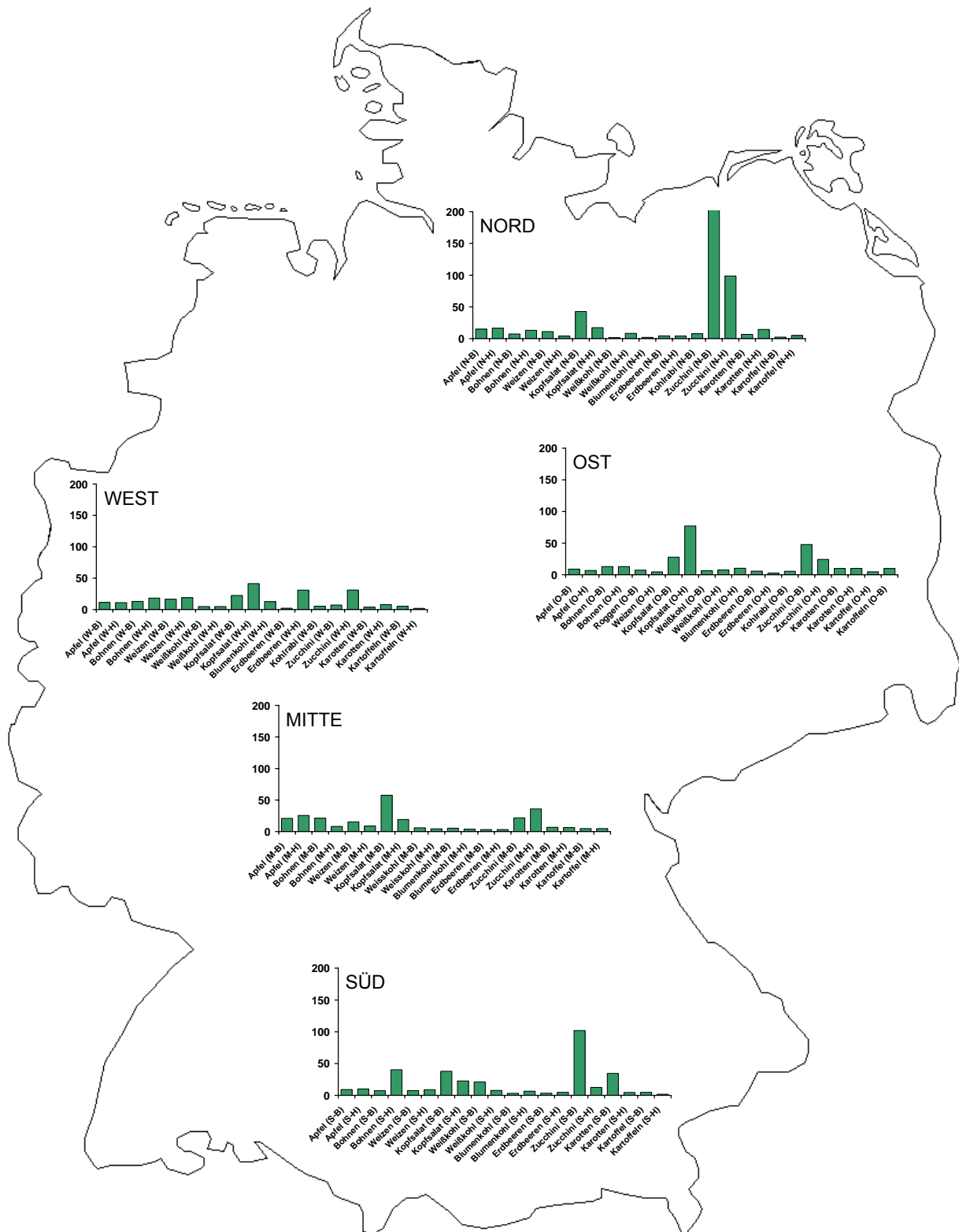


Abbildung 37: Ergebnisse PCB 138 nach Probenahmeregion (pg/g FG)

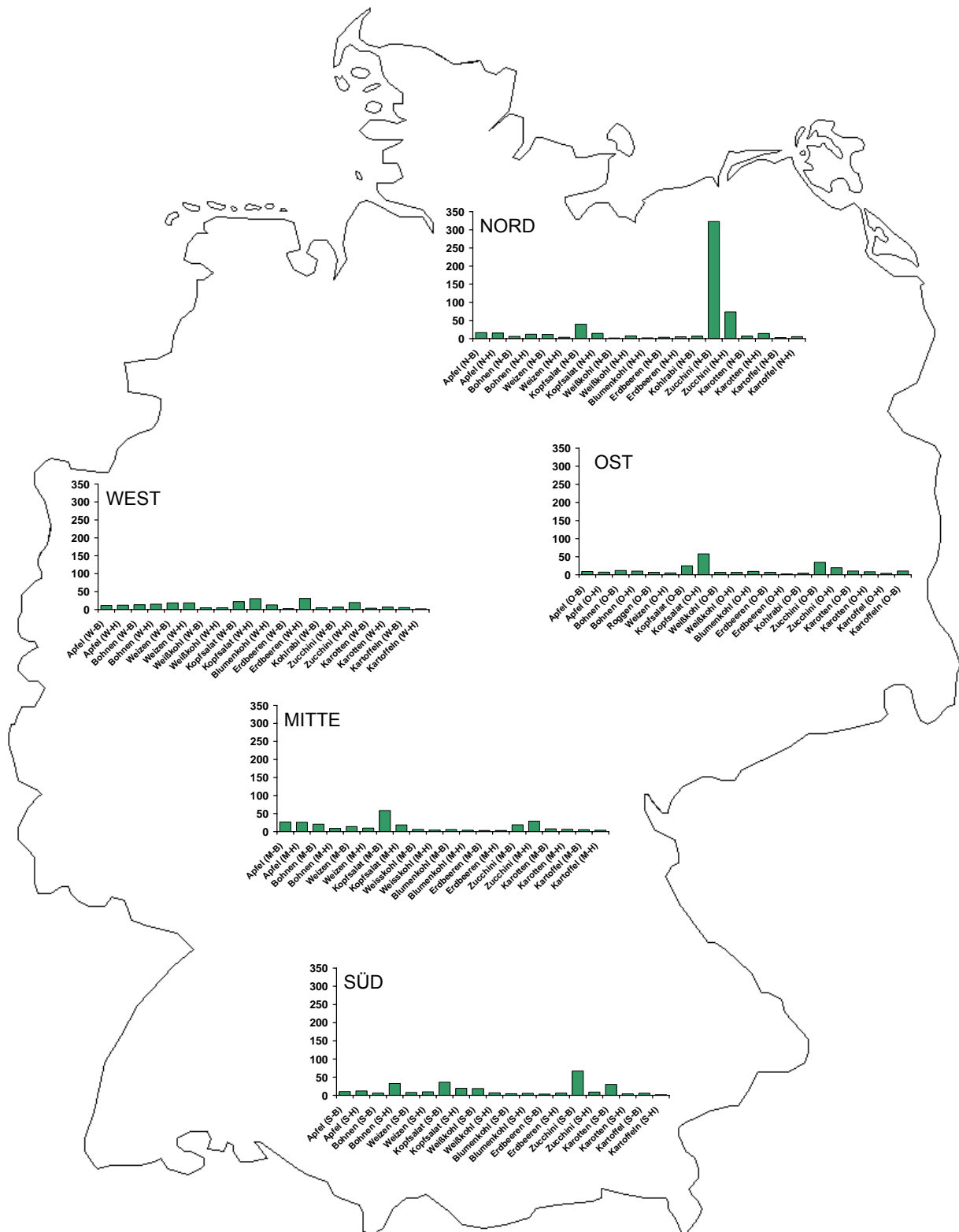


Abbildung 38: Ergebnisse PCB 153 nach Probenahmeregion (pg/g FG)

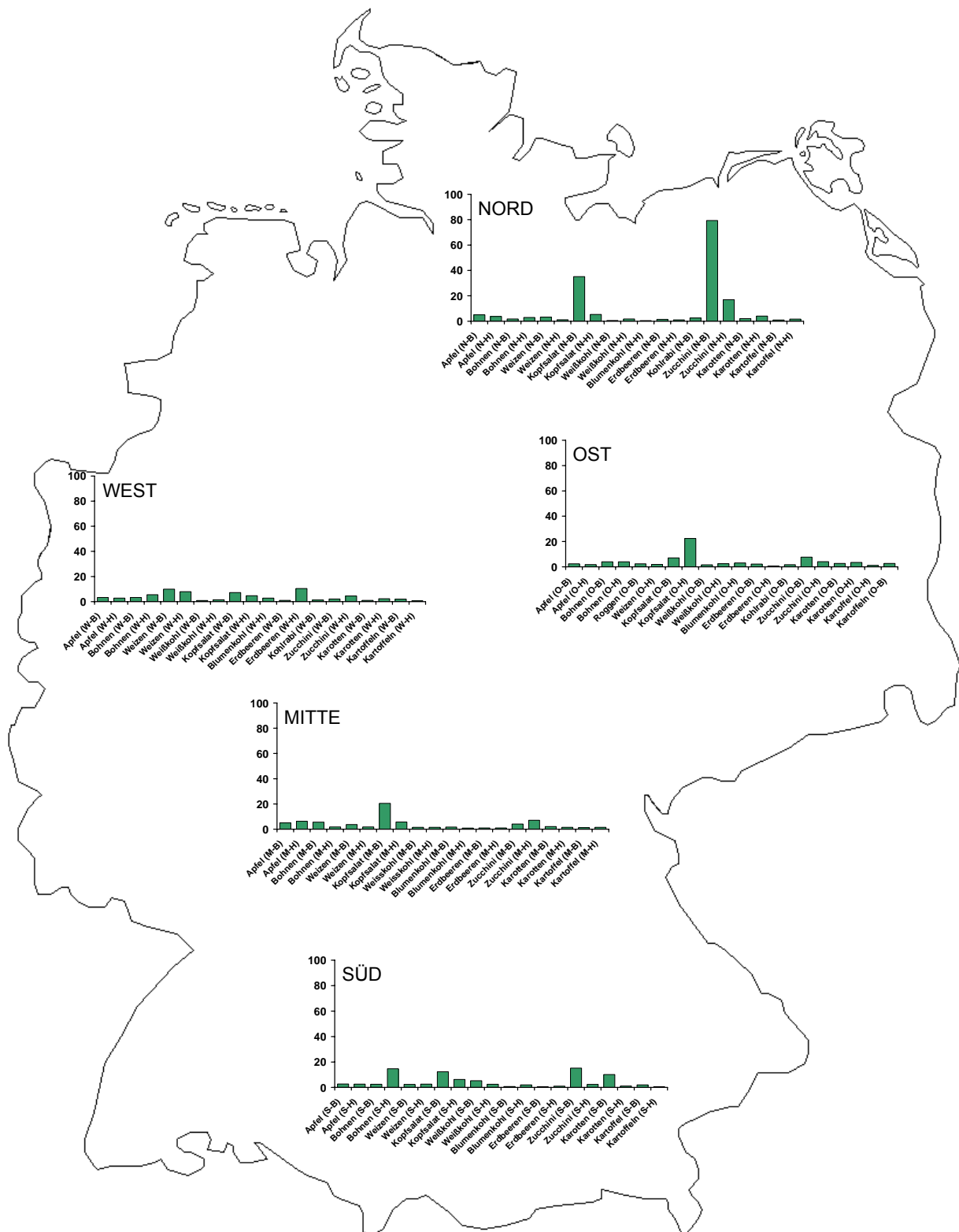


Abbildung 39: Ergebnisse PCB 180 nach Probenahmeregion (pg/g FG)

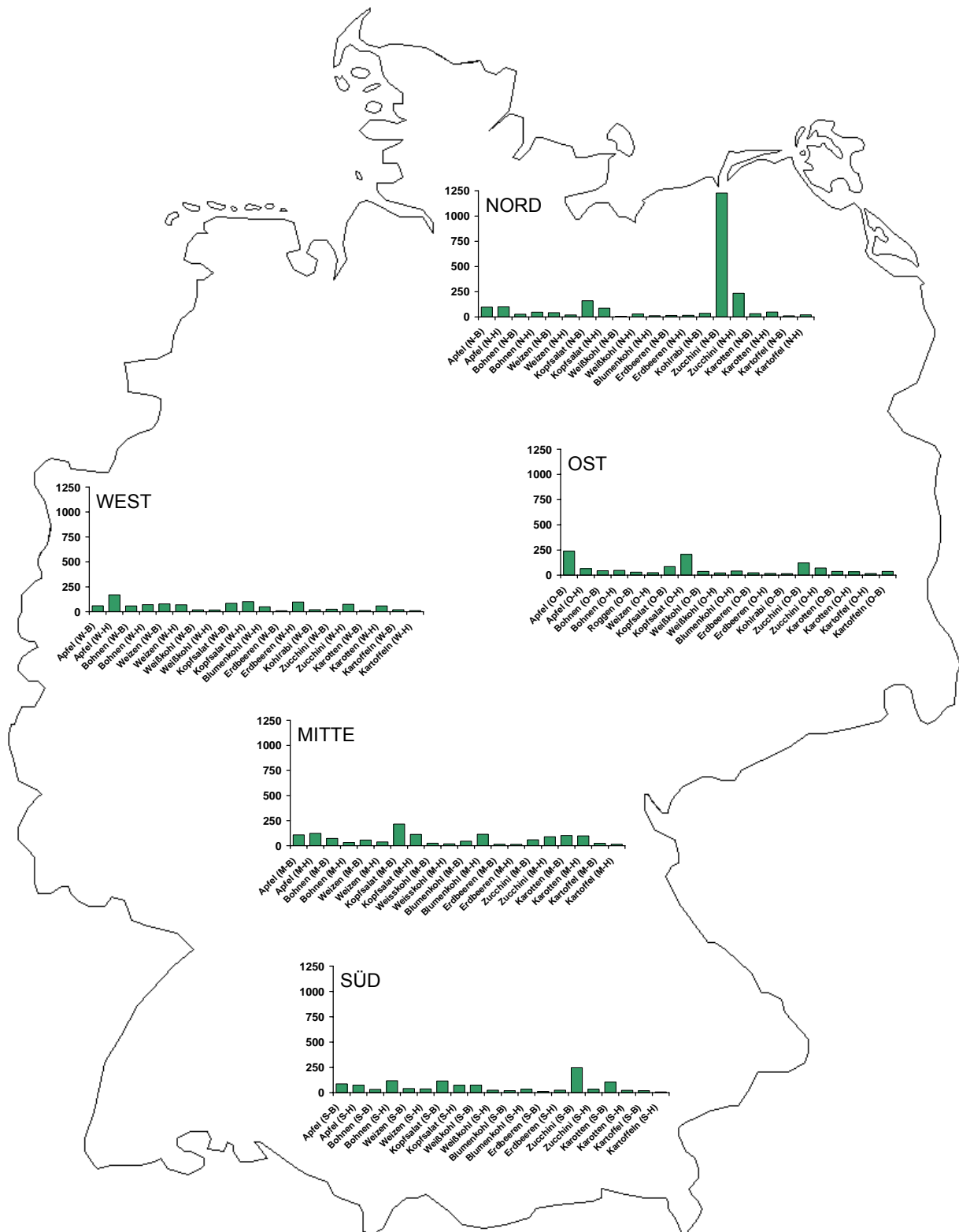


Abbildung 40: Ergebnisse Summe 6 PCB nach Probenahme-region (pg/g FG)

4 DISKUSSION

4.1 Bewertung der Ergebnisse im Vergleich zu bislang bekannten Werten

Für die Untersuchung von Dioxinen und PCB in pflanzlichen Proben liegen - mit Ausnahme von Grünkohl - noch keine umfangreicheren Datensätze vor. Tabelle 19 stellt vorliegende Dioxinergebnisse zusammen. Diese Datensätze zeigen Dioxingehalte in verschiedenen pflanzlichen Lebensmitteln aus Deutschland zwischen 0,001 und 0,094 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG. Die Spanne liegt in sehr guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen des vorliegenden Projekts (0,003 – 0,056 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG). Ausgenommen Zucchini, liegen die Gehalte dieser Untersuchung zwischen 0,003 – 0,022 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG.

Diese Übereinstimmung gilt auch für einzeln ausgewiesene Lebensmittel wie z.B. Kopfsalat (Literatur: 0,002 – 0,057 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG, dieses Projekt: 0,004 – 0,022 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG), Kartoffel (Literatur: 0,002 – 0,009 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG, dieses Projekt: 0,004 – 0,006 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG), Erdbeeren und weiteres Obst (Literatur: 0,003 – 0,019 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG, dieses Projekt: 0,004 – 0,005 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG).

Ferner sind die Ergebnisse des vorliegenden Projekts übereinstimmend mit Untersuchungen aus den Niederlanden (0,001 – 0,073 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG) und Spanien (0,012 – 0,078 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g FG).

Tabelle 20 zeigt veröffentlichte Ergebnisse für dioxin-ähnliche PCB. Hier zeigt sich ebenfalls eine gute Übereinstimmung der Konzentrationsbereich dieses Projekts (0,001 – 0,040 pg WHO-PCB-TEQ/g FG) mit Ergebnissen aus einer europaweiten Untersuchung (0,002 – 0,025 pg WHO-PCB-TEQ/g FG) sowie Ergebnissen aus Spanien (0,01 – 0,08 pg WHO-PCB-TEQ/g FG).

Für die Indikator-PCB liegen die Summehalte dieses Projekts mit Ausnahme einer Zucchiniprobe zwischen 5,93 – 275 pg/g FG) und damit in einem ähnlichen Bereich wie Ergebnisse aus Spanien (6,4 – 121 pg/g FG) bzw. den Niederlanden (20 pg/g FG) (Tabelle 21).

Insgesamt passen also die vorliegenden Ergebnisse aus der Literatur gut zu den ermittelten Konzentrationen dieses Projekts. Die Projektaussagen bzgl. der Belastungssituation mit den Kontaminanten Dioxine und PCB werden dadurch unterstützt.

Tabelle 19: Veröffentlichte Ergebnisse zu Dioxinen in pflanzlichen Lebensmitteln (außer Grünkohl)

Matrix	Jahr	WHO-PCDD/F –TEQ (pg/g FG)	Quelle
Pflanzliche Lebensmittel („Bio“)	2004	0,002 – 0,016	Malisch (2004)
Kopfsalat	2004	0,002 – 0,057	Bay-LGL (2004)
Kopfsalat (Hintergrund)	1997 - 2000	0,006 – 0,013 (I-TEQ !)	Bund/Länder-AG Dioxine (2001)
Kopfsalat (Belastung)	1996 – 2000	0,002 – 0,011 (I-TEQ !)	Bund/Länder-AG Dioxine (2001)
Frischgemüse (ausgenommen Rhabarber)	2003	0,001 – 0,080	CVUA (2003)
Frischgemüse (ausgenommen Rhabarber)	2002	0,001 – 0,042	CVUA (2002)
Frischgemüse (ausgenommen Rhabarber)	2001	0,001 – 0,094	CVUA (2001)
Kartoffel	2003	0,002 – 0,009	CVUA (2003)
Kartoffel	2002	0,003	CVUA (2001)
Kartoffel, Karotte	1995	0,0036 – 0,0396 (I-TEQ)	Malisch (1995)
Bodennahes Blattgemüse (Lauch, diverse Salate, Weißkraut, Zuckerhut)	1995	0,0036 – 0,054 (I-TEQ)	Malisch (1995)
Bodennahe Früchte (Zucchini, Rote Beete, Kohlrabi, Sellerie, Zwiebeln)	1995	0,0019 – 0,0453 (I-TEQ)	Malisch (1995)

Tabelle 19 (Fortsetzung): Veröffentlichte Ergebnisse zu Dioxinen in pflanzlichen Lebensmitteln (außer Grünkohl)

Matrix	Jahr	WHO-PCDD/F –TEQ (pg/g FG)	Quelle
Erdbeeren	2004	0,004 – 0,019	Bay-LGL (2004)
Frischobst (einschl. Rhabarber)	2003	0,005 – 0,006	CVUA (2003)
Frischobst (einschl. Rhabarber)	2001	0,006	CVUA (2002)
Obst (Erdbeere, Johannisbeeren)	2000	0,003 – 0,013	NMELF (2001)
Niederlande: Kartoffel Karotte Weißkohl Blumenkohl Grüne Bohnen Kopfsalat Zwiebel Chicorée Lauch Rosenkohl Rote Bete Gurke Tomaten Endiviensalat Eisbergsalat Spinat Champignon	2001	0,003 – 0,036 ^{*)} 0,001 – 0,053 ^{*)} 0,001 – 0,052 ^{*)} 0,001 – 0,004 0,003 – 0,005 0,003 – 0,005 0,001 – 0,073 ^{*)} 0,001 – 0,056 ^{*)} 0,002 – 0,062 ^{*)} 0,003 – 0,063 ^{*)} 0,002 – 0,036 ^{*)} 0,002 – 0,004 0,002 – 0,005 0,007 – 0,009 0,002 – 0,004 0,005 – 0,007 0,002 – 0,004	Hoogerbrugge et al. (2003) *) = Einfluß ungünstigerer Bestimmungsgrenze auf upper bound TEQ
Spanien Gemüse (Kopfsalat, Tomaten, Kartoffel, Grüne Bohnen, Blumenkohl) Obst (Apfel, Orange, Birne) Getreideprodukte (Brot, Nudeln, Reis)	2000	0,012 0,016 0,078	Bocio et al. (2002)

Tabelle 20: Veröffentlichte Ergebnisse zu dioxinähnlichen PCB in pflanzlichen Lebensmitteln

Matrix	Jahr	WHO-PCDD/F –TEQ (pg/g FG)	Quelle
Weizen (Europa) Gerste (Europa) Mais (Europa) Hafer (Europa)	2001	0,003 – 0,014	Berechnet aus Originaldaten von Hosseinpour et al. (2002)
		0,003 – 0,025	
		0,004 – 0,011	
		0,004 – 0,013	
Erbsen (Europa)		0,007 – 0,015	
Apfel (Europa)		0,002 – 0,005	
Kartoffel (Europa)	0,005		
Spanien	2000		Bocio et al. (2002b)
Gemüse (Kopfsalat, Tomaten, Kartoffel, Grüne Bohnen, Blumenkohl)		0,01	
Obst (Apfel, Orange, Birne)		0,02	
Getreideprodukte (Brot, Nudeln, Reis)		0,08	

Tabelle 21: Veröffentlichte Ergebnisse zu Indikator-PCB in pflanzlichen Lebensmitteln

Matrix	Jahr	WHO-PCDD/F –TEQ (pg/g FG)	Quelle
Niederlande Gemüse	1999	Summe 7-PCB = 20	Bakker et al. (2003)
Spanien Gemüse (Kopfsalat, Tomaten, Kartoffel, Grüne Bohnen, Blumenkohl)	2000	PCB 28 2,69 PCB 52 3,03 PCB 101 3,54 PCB 138 3,94 PCB 153 3,86 PCB 180 2,13	Bocio et al. (2002b)
Obst (Apfel, Orange, Birne)		PCB 28 1,11 PCB 52 0,98 PCB 101 1,04 PCB 138 1,18 PCB 153 1,13 PCB 180 0,94	
Getreideprodukte (Brot, Nu- deln, Reis)		PCB 28 33,54 PCB 52 14,61 PCB 101 17,67 PCB 138 26,92 PCB 153 14,87 PCB 180 13,58	

4.2 Bewertung der Ergebnisse im Zusammenhang mit bestehenden Höchstgehalten und Auslösewerten

Der einzig bisher vorliegende EU-weit geltende Höchstgehalt für Dioxine in pflanzlichen Lebensmitteln gilt für pflanzliche Öle und liegt bei 0,75 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett. Weiterhin wurde seitens der EU für Obst, Gemüse und Getreide ein Auslösewert von 0,4 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Erzeugnis festgelegt bzw. von 0,2 pg WHO-PCB-TEQ/g Erzeugnis vorgeschlagen (siehe Kap. 1.1 Hintergrund).

Abbildung 41 zeigt, wie die im Laufe des vorliegenden Projekts ermittelten Dioxin-Gehalte im Vergleich zum entsprechenden Auslösewert liegen. Selbst der maximal ermittelte Gehalt aus dem vorliegenden Projekt ist noch um einen Faktor sieben unterhalb des Auslösewertes. Mit Ausnahme von Zucchini und Kopfsalat liegen die übrigen Lebensmittel um einen Faktor 40 – 80 darunter. Der Auslösewert wird also durch die untersuchten Proben bei weitem nicht ausgeschöpft oder gar überschritten.

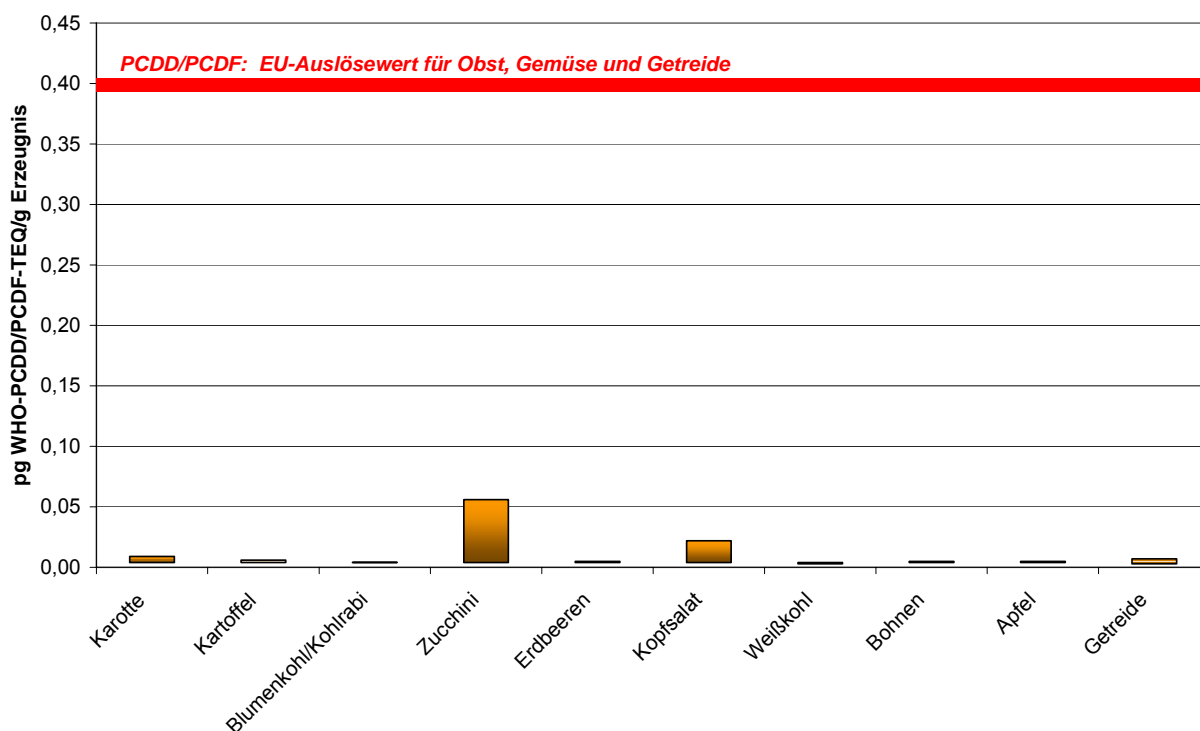


Abbildung 41: Vergleich zwischen Dioxingehalten in pflanzlichen Lebensmitteln und dem EU- Auslösewert für Gemüse, Obst und Getreide (ng WHO-PCDD/F-TEQ/g Erzeugnis)

Abbildung 42 zeigt die Ergebnisse für die dioxinähnlichen PCB vor dem Hintergrund des seitens der EU vorgeschlagenen Auslösewertes. Selbst der maximal ermittelte PCB-Gehalt aus dem vorliegenden Projekt liegt über einen Faktor 5 unterhalb des Auslösewertes, im Mittel sind die Werte um das 20- bis 25-fache unterhalb des vorgeschlagenen Auslösewerts. Auch durch die dioxinähnlichen PCB wird der Auslösewert durch die untersuchten Proben bei weitem nicht ausgeschöpft oder gar überschritten.

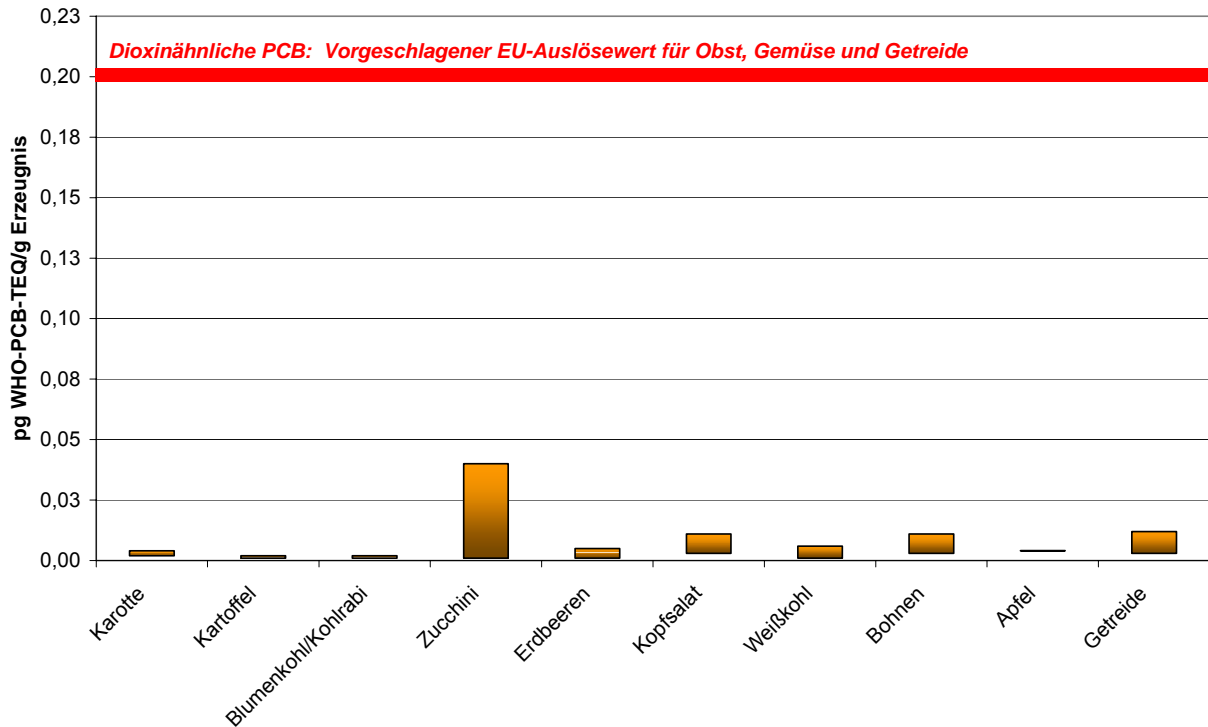


Abbildung 42: Vergleich zwischen WHO-PCB-Gehalten in pflanzlichen Lebensmitteln und dem EU-Auslösewert für Gemüse, Obst und Getreide (ng WHO-PCDD/F-TEQ/g Erzeugnis)

In der Schadstoff-Höchstmengenverordnung sind Grenzwerte für Indikator-PCB lediglich in tierischen Lebensmitteln festgelegt, pflanzliche Lebensmittel werden dort nicht berücksichtigt. Der niedrigste dort aufgeführte Grenzwert für einzelne PCB-Kongenerer tierische Lebensmittel beträgt 8 µg/kg. Im Vergleich dazu liegt der höchste im Projekt ermittelte Wert für ein PCB-Einzelkongenerer um etwa einen Faktor 16 niedriger, der Großteil der Proben liegt über einen Faktor 80 niedriger.

5 LITERATUR

Bakker M., Baars B.-J., Baumann B., Boon P., Hoogerbrugge R. (2003): Indicator PCBs in foodstuffs: occurrence and dietary intake in The Netherlands at the end of the 20th century. RIVM report 639102 025. RIKILT Institute of Food Safety, Wageningen, The Netherlands

Bay-LGL (2004): LGL Jahresbericht 2004. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Erlangen

Bocio A., Llobet J.M., Domingo J.L., Casa C., Teixido A., Müller L. (2002): Levels of PCDD/PCDFs in Food Samples from Catalonia, Spain. *Organohalogen Compounds*, 57, 105-108

Bocio A., Llobet J.M., Domingo J.L., Casa C., Teixido A., Müller L. (2002b): Levels of PCBs in Food Samples from Catalonia, Spain. *Organohalogen Compounds*, 57, 109-112

Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine (2001): Dioxine – Daten aus Deutschland. Daten zur Dioxinbelastung der Umwelt. 4. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Bonn.

BVL (2004): Lebensmittel-Monitoring 1995 – 2002. Bundesministerium für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Hrsg.), Bonn.

CVUA (2003): Jahresbericht 2003. Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

CVUA (2002): Jahresbericht 2002. Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

CVUA (2001): Jahresbericht 2001. Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Hoogerbrugge R., Bakker M., Hijman W., den Boer A., den Hartog R., Baumann B. (2003): Dioxins in Dutch Vegetables. *Organohalogen Compounds*, 64, 75-78

Hosseinpour J., Rottler H., Joas R., Potrykus A., Schott R. (2002): Dioxine-like PCB levels in feed and food from across the European Union. *Organohalogen Compounds*, 57, 77-79

Hülster A., Müller J.F., Marschner H. (1994): Soil-plant transfer of PCDD/F to vegetables of the Cucumber family (Cucurbitaceae). *Environ. Sci. Technol.* 28 (6), 1110-1115

Malisch R. (2004): Dioxine in Lebensmittel. In: CVUA Stuttgart (Hrsg.): Ökomonitoring 2004, 27-28

Malisch (1995): Untersuchungen von Lebensmitteln auf PCDD/PCDF. *Organohalogen Compounds*, 22, 263-273

NMELF (2001): Verbraucherschutz Jahresbericht 2000. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Hannover.

Van den Berg M., Birnbaum L., Bosveld A.T.A., Brunström B., Cook P., Feeley M., Giesy J.P., Hanberg A., Hasegawa R., Kennedy S.W., Kubiak T., Larsen J.C., van Leeuwen F.X.R. Liem A.K.D., Nolt C., Peterson R.E., Poellinger L., Safe S., Schrenk D., Tillitt D., Tysklind M., Younes M., Wærn F., Zacharewski T. (1998): Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environ Health Perspect* 106, 775-792