

WaBoLu-Hefte

WaBoLu

03
05

ISSN
0175-4211

**PCB-Untersuchungen in Innenräumen:
"Untersuchungen zur PCB-Belastung
der Luft in Innenräumen unter
Einschluss der Verbindungen, für die
toxisch besonders bedeutsame
TEQ-Werte ermittelt worden sind"**

**Umwelt
Bundes
Amt** 
Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 203 61 218/04
UBA-FB 000801



PCB-Untersuchungen in Innenräumen:

**„Untersuchungen zur PCB-Belastung
der Luft in Innenräumen unter
Einschluss der Verbindungen, für die
toxisch besonders bedeutsame
TEQ-Werte ermittelt worden sind“**

von

**Dr. Hansjörg Kieper
Hans-Joachim Hemminghaus**

GfS
Gesellschaft für Schadstoffuntersuchung
und Sanierungsbegleitung, Münster

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist auch als Printfassung
verfügbar.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 1406
06844 Dessau
Tel.: +49-340-2103-0
Telefax: +49-340-2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 1.3
Dr. Detlef Ullrich

Berlin, August 2005

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer 1	2.	3.
4. Titel des Berichts Untersuchungen zur PCB-Belastung der Luft in Innenräumen unter Einschluss der Verbindungen, für die toxisch besonders bedeutsame TEQ-Werte ermittelt worden sind.		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Kieper, Hansjörg; Hemminghaus, Hans-Joachim		8. Abschlussdatum 31.10.2004
		9. Veröffentlichungsdatum
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) GfS Gesellschaft für Schadstoffuntersuchung und Sanierungsbegleitung, Hoher Hainweg 35a, D-48153 Münster		10. UFOPLAN-Nr. 203 61 218/04
		11. Seitenzahl 126
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 322, D-14191 Berlin		12. Literaturangaben 17
		13. Tabellen und Diagramme 43
		14. Abbildungen 12
15. Zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung <p>Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden in Räumen mit verschiedenen PCB-Quellen (PCB-haltige Deckenplatten, Anstriche und Dichtungsmassen) sowie verschiedenen PCB-Gemischen vom Typ Clophen A60, A50 und A40 in 17 verschiedenen Gebäuden Konzentrationen der 6 Indikator-PCB, der 12 dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) sowie von 15 PCB-Hauptkomponenten ermittelt. Aus der Summe der 6 Indikator-PCB wurden durch Multiplikation mit dem Faktor 5 die PCB-Raumluftkonzentrationen errechnet. Aus den Konzentrationen der 12 WHO-PCB wurden TEQ-Werte nach dem WHO-Modell berechnet. Auf der Grundlage der ermittelten Datenbasis wurde geprüft, inwieweit eine vereinfachte Berechnung der PCB-TEQ-Werte über Schlüsselverbindungen möglich ist.</p> <p>Bei PCB-Raumluftkonzentrationen von 97,2 bis 17.000 ng PCB/m³ wurden PCB-TEQ-Werte zwischen 0,1 und 22,9 pg TEQ/m³ ermittelt. Dabei zeigt sich mit steigendem Chlorierungsgrad der PCB-Quelle sowie mit steigender PCB-Gesamtkonzentration eine Tendenz zu steigenden TEQ-Werten.</p> <p>Zur Ermittlung möglicher Faktoren zur Abschätzung des TEQ der 12 dioxinähnlichen PCB über Leitparameter wurden für die verschiedenen PCB-Quellen Korrelationen zwischen den 6 Indikator-PCB, dem dioxinähnlichen PCB # 118 sowie den PCB-Hauptkomponenten und den TEQ-Werten der 12 WHO-PCB-Kongeneren berechnet. Eine befriedigende Abschätzung der TEQ-Werte für alle PCB-Quellen und PCB-Typen wurde bei Verwendung des dioxinähnlichen PCB # 118 als Leitparameter erhalten. Im Falle PCB-haltiger Deckenplatten (PCB-Typ Clophen A60) kann der TEQ-Wert gut aus dem PCB-Gesamtgehalt abgeschätzt werden.</p>		
17. Schlagwörter PCB, TEQ, TEF, WHO, Korrelation, Leitparameter, PCDD, PCDF		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. 1	2.	3.
4. Report Title Investigation on the PCB-related indoor air contamination taking those components into account for which TEF values have been assigned		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Kieper, Hansjörg; Hemminghaus, Hans-Joachim		8. Report Date 31.10.2004
		9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) GfS Gesellschaft für Schadstoffuntersuchung und Sanierungsbegleitung, Hoher Hainweg 35a, D-48153 Münster		10. UFOPLAN-Ref. No. 203 61 218/04
		11. No. of Pages 126
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency), Postfach 33 00 322, D-14191 Berlin		12. No. of Reference 17
		13. No. of Tables, Diagrams 43
		14. No. of Figures 12
15. Supplementary Notes		
16. Abstract <p>During the present research project individual PCB air-concentrations for the 6 indicator-PCBs, the 12 dioxin-like PCBs and 15 PCB main components were measured in rooms with different PCB sources (PCB-containing ceiling covers, paintings and sealants) and different PCB mixtures of type Clophen A40, A50 and A60 in 17 different buildings. The total PCB concentration was calculated by multiplying the sum of the six indicator-PCBs by the factor five. On the basis of the concentrations of the dioxin-like PCBs, TEQ values were calculated acc. to the WHO model. On the basis of the determined data, it was checked in how far a simplified calculation of the PCB-TEQ totals via key compounds is possible.</p> <p>During the examination PCB indoor concentrations of 97.2 to 17,000 ng PCB/m³ were measured. The corresponding PCB-TEQ values fluctuate between 0.1 and 22.9 pg TEQ/m³. With an increasing degree of chlorination of the used PCB source and an increasing total PCB concentration, a tendency towards higher TEQ values became visible.</p> <p>For the calculation of possible factors for the TEQ estimation of the 12 dioxin-like PCBs using guide parameters, correlations between the 6 indicator-PCBs, the 15 PCB main components as well as the dioxin-like PCB # 118 and the TEQ values of the 12 WHO-PCB congeners have been calculated for the different PCB sources.</p> <p>Satisfactory estimation of TEQ values of the 12 dioxin-like PCBs (WHO-PCBs) for all PCB sources were obtained using the dioxin-like PCB # 118 as a guide parameter. In case of PCB-containing ceiling covers (PCB type Clophene A60) the TEQ value can well be estimated by means of the calculated factors using the total PCB concentration.</p>		
17. Keywords PCB, TEQ, TEF, WHO, correlations, guide parameter, PCDD, PCDF		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Vorgehensweise	3
3	Probenahme	4
4	Analytischer Teil	6
4.1	Konditionieren und Spiken der Sammelphase	7
4.2	Extraktion der Luftproben	7
4.3	Analyse der Luftproben auf PCB	7
4.4	Analyse ausgewählter Luftproben auf PCDD/F	9
4.5	Berechnung von Summen- und Toxizitätsäquivalentwerten (TEQ)	10
4.6	Qualitätssicherung	11
4.7	Messunsicherheit	12
5	Untersuchungsergebnisse	13
5.1	PCB	13
5.2	PCDF/D	17
5.3	Korrelation der Konzentrationen ausgewählter PCB-Kongenere zu den TEQ-Werten der 12 WHO-PCB	18
6	Zusammenfassung	29
6.1	Deutsche Zusammenfassung	29
6.2	Summary	32
Anhang A	Tabellen	37
Anhang B	Abbildungen	92
	Literaturverzeichnis	118

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 01:	Für die unterschiedlichen PCB-Konzentrationsbereiche ermittelte Schwankungsbereiche der TEQ-Werte	14
Tab. 02:	Mittlerer prozentuale Anteil der verschiedenen WHO-PCB am Gesamt-TEQ-Wert für die verschiedenen PCB-Quellen	16
Tab. 03:	Gegenüberstellung der PCDD/F-TEQ-Werte, der PCB-Gesamtkonzentrationen und der PCB-TEQ-Werte	17
Tab. 04:	Beiträge der dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) und der PCDD/F zu den errechneten Gesamt-TEQ-Werten	18
Tab. 05:	Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus Analysenwerten eines quellenspezifischen Leitparameters	22
Tab. 06:	Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus der PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 DIN-PCB x 5)	23
Tab. 07:	Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus Analysenwerten für das PCB # 118	25
Tab. 08:	Zusammenstellung der ermittelten Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten der Leitparameter 6 Indikator-PCB x 5 und PCB # 118. Bei Verwendung der angegebenen Umrechnungsfaktoren werden alle gemessenen TEQ-Werte erfasst.	28
Tab. A.01:	Zusammenstellung der Probenahmeorte und PCB-Quellen	38
Tab. A.02:	Angaben zur Probenahme	40
Tab. A.03:	Angaben zur Luftwechselrate	42
Tab. A.04:	Übersicht über die zur PCB-Analyse eingesetzten isopenmarkierten Standards	44

Tab. A.05: HRGC/HRMS-Bedingungen zur Analyse der Raumlufthproben auf PCB	45
Tab. A.06: Übersicht über die zur PCDD/F-Analyse eingesetzten isotopenmarkierten Standards	46
Tab. A.07: HRGC/HRMS-Bedingungen zur Analyse einiger Raumlufthproben auf PCDD/F	47
Tab. A.08: Ergebnisse der Analyse von Methodenblindwerten auf PCB; Angaben bezogen auf ein hypothetisches Probenvolumen von 30 m ³	48
Tab. A.09: Ergebnisse der Analyse von Feldblindwerten auf PCB; Angaben bezogen auf ein hypothetisches Probenvolumen von 30 m ³	49
Tab A.10: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 01 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen	51
Tab A.11: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 02 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen	52
Tab A.12: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 03 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen	53
Tab A.13: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 04 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen	54
Tab A.14: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 05 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen	55
Tab A.15: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 06 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen	56
Tab. A.16: Ergebnis der PCB-Vergleichsmessung sowie Mittelwerte und Standardabweichungen	57

Tab. A.17: Messunsicherheit für die PCB-Kongenere # 28, # 105 und # 126 im Bereich der Bestimmungsgrenze und bei einem höheren Konzentrationsniveau	58
Tab. A.18: Messunsicherheit beispielhaft für eine Raumluftprobe mit mittlerem PCB-Gehalt berechnet	59
Tab. A.19: Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB	60
Tab. A.20: Zusammenfassung der ermittelten Einzelergebnisse in Räumen mit PCB-haltigen Deckenplatten und PCB-haltigen Wand-/Bodenanstrichen (PCB-Typ: Clophen A60) als dominierender PCB-Quelle	76
Tab. A.21: Zusammenfassung der ermittelten Einzelergebnisse in Räumen mit PCB-haltigen Dichtungsmassen (PCB-Typ: Clophen A50) als dominierender PCB-Quelle	77
Tab. A.22: Zusammenfassung der ermittelten Einzelergebnisse in Räumen mit PCB-haltigen Dichtungsmassen (PCB-Typ: Clophen A40) als dominierender PCB-Quelle	78
Tab. A.23: Ergebnisse der Analyse von vier Raumluftproben auf PCDD/F	79
Tab. A.24: Korrelation von Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten mit den TEQ der 12 WHO-PCB	80
Tab. A.25: Hochkorrelierte PCB-Kongenere sowie Korrelation der PCB-Summenwerte zu den TEQ der 12 WHO-PCB	81
Tab. A.26: Faktoren zur Abschätzung des TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten von Leitparametern mit maximaler Korrelation gemäß Tabelle A.24 und A.25	82
Tab. A.27: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten von Leitparametern mit maximaler Korrelation gemäß Tabelle A.24 (Korrekturfaktoren mit 1-facher Standardabweichung s. Tabelle A.26)	83

Tab. A.28: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten von Leitparametern mit maximaler Korrelation gemäß Tabelle A.24 (Korrekturfaktoren mit 2-facher Standardabweichung s. Tabelle A.26)	84
Tab. A.29: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten von Leitparametern mit maximaler Korrelation gemäß Tabelle A.24 (Korrekturfaktoren mit 3-facher Standardabweichung s. Tabelle A.26)	85
Tab. 30: Faktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB inkl. BG x 5)	86
Tab. A.31: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB inkl. BG x 5), Korrekturfaktoren mit 1-facher Standardabweichung s. Tabelle A.30)	87
Tab. A.32: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB inkl. BG x 5), Korrekturfaktoren mit 2-facher Standardabweichung s. Tabelle A.30)	88
Tab. A.33: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB inkl. BG x 5), Korrekturfaktoren mit 3-facher Standardabweichung s. Tabelle A.30)	89
Tab. A.34: Anhand des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5) berechnete Korrelationen zwischen TEQ-Werten und PCB-Gesamtkonzentration	90
Tab. A.35: Faktoren zur Abschätzung des TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB#118	91

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 01: Prozentuale Übereinstimmung der aus den gemessenen Leitparametern berechneten TEQ-Werte mit den gemessenen TEQ-Werten bei Verwendung eines Umrechnungsfaktors, mit dem alle gemessenen TEQ-Werte erfasst werden (Quotient aus berechnetem TEQ-Wert und gemessenem TEQ-Wert x 100).	27
Abb. B.01: Schematische Darstellung der Analysenmethode zur Bestimmung der PCB in den Raumlufthproben	93
Abb. B.02: Schematische Darstellung der Analysenmethode zur Bestimmung der PCDD/F in Raumlufthproben	94
Abb. B.03: Mittelwerte der PCB-Doppelbestimmungen 1 - 3 sowie Standardabweichungen	95
Abb. B.04: Mittelwerte der PCB-Doppelbestimmungen 4 - 6 sowie Standardabweichungen	96
Abb. B.05: Korrelation von Indikator-PCB sowie der PCB-Hauptkomponenten und den TEQ der 12 WHO-PCB; getrennte Darstellung für die der Proben mit den dominierenden PCB-Primärquellen vom Typ Clophen A60 (Deckenplatten, Boden- und Wandanstriche), Typ Clophen A50 (Dichtungsmassen) sowie Typ Clophen A40 (Dichtungsmassen)	97
Abb. B.06: Korrelation von Indikator-PCB sowie der PCB-Hauptkomponenten und den TEQ der 12 WHO-PCB; Darstellung der Mittelwerte sowie der resultierenden Standardabweichung aller 62 Proben (Zahlenwerte s. Anhang A, Tabelle A.24)	98
Abb. B.07: TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur PCB-Gesamtkonzentration (6 Indikator-PCB x 5)	99
Abb. B.08: TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur Raumlufthkonzentration des Indikator-PCB #138	101

Abb. B.09: TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur Raumlufkonzentration der Hauptkomponente PCB #110	103
Abb. B.10: Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten	104
Abb. B.11: Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der dioxinähnlichen WHO-PCB	111

1 Einleitung

Polychlorierte Biphenyle (PCB) fanden in der Vergangenheit aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften nicht nur in geschlossenen Systemen (z.B. Kondensatoren, Transformatoren) Verwendung, sondern wurden in Gebäuden in großem Umfang bis etwa 1975 in offener Anwendung, insbesondere als Weichmacher in Dichtungsmassen und Anstrichen eingesetzt¹. Obwohl die offene Anwendung von PCB seit 1978 verboten ist und PCB in der Bundesrepublik Deutschland seit 1983 nicht mehr hergestellt werden, kann die offene Anwendung aus der Vergangenheit bis heute zu erhöhten PCB-Raumluftkonzentrationen in den betroffenen Gebäuden führen^{2, 3, 4}.

Die Stoffgruppe der PCB umfasst insgesamt 209 Einzelverbindungen (Kongenere). In den technisch zur Anwendung gekommenen PCB-Gemischen kommen jeweils nur 80 – 100 Kongenere vor. Die technischen Handelsprodukte wie Clophen, Arochlor oder Kanechlor weisen unterschiedliche Chlorgehalte auf, wobei mit steigendem Chlorgehalt die Flüchtigkeit abnimmt. In den in der Bundesrepublik Deutschland in erster Linie eingesetzten Clophen-Typen A30, A40, A50 und A60 gibt die Zahl den Gesamtchlorgehalt an, d.h., die Flüchtigkeit sinkt vom Clophen A30 zum Clophen A60¹.

Einige PCB-Kongenere weisen dioxinähnliche Wirkungen auf und werden daher als dioxin-ähnliche PCB bezeichnet. Dabei handelt es sich um die PCB-Kongenere, die in ortho-Position kein oder nur ein Chloratom aufweisen (sog. non-ortho bzw. mono-ortho PCB) und bei denen daher die Einnahme einer planaren Molekülgeometrie möglich ist (coplanare PCB). Herstellungsbedingt weisen die zum Einsatz gekommenen technischen PCB-Gemische darüber hinaus auch Verunreinigungen an polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und Dibenzo(p)dioxinen (PCDD) auf⁵.

Wegen der großen Verbreitung der offenen Anwendung von PCB in Gebäuden wurde bereits 1994 von der Fachkommission Baunormung der Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder (ARGEBAU) eine „Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Baumaterialien in Gebäuden (PCB-Richtlinie)“ erarbeitet, die mittlerweile in vielen Bundesländern baurechtlich verbindlich eingeführt worden ist⁶. In dieser Richtlinie werden zur Bewertung ein Sanierungszielwert in Höhe von 300 ng PCB/m³ sowie ein Interventionswert in Höhe von 3.000 ng PCB/m³ festgeschrieben, was auf den Empfehlungen des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes⁷ sowie des

Ausschusses für Umwelthygiene (AUH) der Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten (AGLMB) der Länder basiert ⁸. Zur Ermittlung der PCB-Raumluftkonzentration wird in der PCB-Richtlinie in Anlehnung an die DIN 51527⁹ die analytische Bestimmung von sechs so genannten Indikator-PCB (IUPAC # 28, 52, 101, 153, 138, 180) vorgegeben, die auch als DIN-Kongenerer bezeichnet werden und aus deren Summenkonzentration durch Multiplikation mit dem Faktor fünf näherungsweise der PCB-Gesamtgehalt zu berechnen ist. Nach dieser Methode wurde bis zum heutigen Tag die überwiegende Mehrheit der vorliegenden Daten zur PCB-Belastung in Gebäuden ermittelt⁶.

1998 legte die WHO wie für die PCDD und PCDF auch für die sog. dioxinähnlichen PCB entsprechend der relativen Intensität der dioxinähnlichen Wirkungen sog. Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) vor, mit deren Hilfe eine Neubewertung der coplanaren PCB möglich ist ¹⁰. Aus diesem Grund wird z.Z. in Fachgremien über eine Revision der Richtwerte der PCB-Richtlinie diskutiert ^{11,12}. Bisher liegen jedoch keine systematischen Untersuchungen zur Raumluftbelastung durch dioxinähnliche PCB vor.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist daher die Erstellung einer Datenbasis von PCB-Einzelstoff-Konzentrationen in Innenräumen in Abhängigkeit von der PCB-Gesamtkonzentration, der Art der vorhandenen PCB-Quelle (Deckenplatten, Wandanstriche, dauerelastische Dichtungsmassen) sowie der Art des eingesetzten PCB-Gemisches (Chlorierungsgrad). Dabei wurden die aus den Untersuchungen der letzten Jahre als Hauptquellen bekannten PCB-Quellen dauerelastische Dichtungsmassen, Deckenplatten und Wandanstriche mit den in offenen Systemen in erster Linie eingesetzten Clophen-Typen A40, A50 und A60 berücksichtigt.

Im Einzelnen wurden 56 Raumluftproben aus 17 verschiedenen Gebäuden mit unterschiedlichen PCB-Quellen auf die nachfolgend aufgeführten PCB-Einzelverbindungen untersucht:

- Indikator-PCB: PCB # 28, 52, 101, 153, 138, 180
- Hauptkomponenten: PCB # 17, 18, 20, 31, 32, 44, 49, 63, 70, 110, 149, 151, 170, 174, 187
- Dioxin-ähnliche PCB: PCB # 77, 81, 126, 169 (non-ortho PCB),
PCB # 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189 (mono-ortho PCB)

Aus der Summe der sechs Indikator-PCB wurde jeweils nach dem auch in der PCB-Richtlinie festgeschriebenen Verfahren näherungsweise der PCB-Gesamtgehalt durch Multiplikation der Summe der sechs Indikator-PCB mit dem Faktor fünf berechnet.

Auf der Basis der Konzentrationen der dioxin-ähnlichen PCB (im folgenden auch WHO-PCB genannt) wurden sog. Toxizitätsäquivalente (TEQ) unter Verwendung der Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) nach dem Modell der Weltgesundheitsbehörde (WHO)¹³ berechnet.

Da PCB produktionsbedingt neben den dioxin-ähnlichen Kongeneren auch Verunreinigungen an polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und Dibenzo(p)dioxinen (PCDD) enthalten, denen ebenfalls Toxizitätsäquivalentfaktoren zugeordnet sind, wurden exemplarisch vier Luftproben mit mittleren PCB-Raumluftkonzentrationen auch auf diese Verbindungen hin untersucht und die TEQ-Werte nach dem WHO-Modell berechnet. Bei den PCDD/F-Analysen wurde für jeden untersuchten Quellen-Typ eine Luftprobe berücksichtigt.

Auf der Grundlage der ermittelten Datenbasis wurde geprüft, inwieweit eine vereinfachte Berechnung der PCB-TEQ-Summenwerte über Schlüsselverbindungen (z.B. die o. g. „Indikator-PCB“ PCB #101, PCB #138, PCB #153 oder andere PCB-Hauptkomponenten) möglich ist.

2 Vorgehensweise

Insgesamt wurden 17 verschiedene öffentliche Gebäude (12 Schulen, 1 Sporthalle, 1 Feuerwache, 1 Rathaus, 1 Begegnungsstätte sowie 1 Friedhofsgebäude) ausgewählt, deren PCB-Quellen bereits im Rahmen von Voruntersuchungen zur Bestandsaufnahme sowie zur Vorbereitung von PCB-Sanierungsmaßnahmen ermittelt worden waren (s. Tabelle A.01 im Anhang A). In einem der Gebäude (Gebäude-Nr. 6 in Tabelle A.01) waren in unterschiedlichen Gebäudebereichen verschiedene PCB-Quellen vorhanden, sodass dort sowohl Räume mit PCB-haltigen Wandanstrichen als auch Räume mit PCB-haltigen Dichtungsmassen (Clophen-Typ A50) beprobt werden konnten. Zusammenfassend wurden bei den Untersuchungen für die verschiedenen PCB-Quellen folgenden Gebäude herangezogen:

- 3 Gebäude (3 Schulen) mit PCB-haltigen Deckenplatten (PCB-Typ Clophen A60)
- 3 Gebäude (2 Schulen, 1 Feuerwache) mit PCB-haltigen Wand- bzw. Boden-
anstrichen (PCB-Typ Clophen A60)
- 6 Gebäude (4 Schulen, 1 Begegnungsstätte, 1 Sporthalle) mit PCB-haltigen
Dichtungsmassen (PCB-Typ Clophen A50)
- 6 Gebäude (4 Schulen, 1 Rathaus, 1 Friedhofsgebäude) mit PCB-haltigen
Dichtungsmassen (PCB-Typ Clophen A40)

Maßgeblich für die Klassifizierung war jeweils der als Hauptquelle der PCB-Belastung des Gebäudes verantwortliche Quellen- bzw. Clophen-Typ, z. T. vorhandene zusätzliche Quellen sind in Tabelle 01 vermerkt.

Auf Grundlage der im Rahmen der Voruntersuchungen gemessenen PCB-Raumluft-Gesamtkonzentrationen wurden insgesamt 56 Räumlichkeiten festgelegt, in denen zum Zeitpunkt der Untersuchungen bei sommerlichen, teils hochsommerlichen Witterungsbedingungen folgende PCB-Gesamtkonzentrationen vorlagen:

- 19 Räume mit PCB-Raumluftkonzentrationen < 500 ng/m
- 25 Räume mit PCB-Raumluftkonzentrationen im Bereich 500 - 5.000 ng/m³
- 12 Räume mit PCB-Raumluftkonzentrationen > 5.000 ng/m³

Die Verfügbarkeit der Räumlichkeiten zum Zeitpunkt der Beprobungen wurde mit den Gebäudenutzern abgestimmt. In Tabelle 01 im Anhang A sind nähere Angaben zu den beprobten Räumlichkeiten zusammengestellt.

3 Probenahme

Alle Raumluftmessungen wurden nach der VDI-Richtlinie 2464, Blatt 1¹⁴ bei zumeist sommerlichen bis hochsommerlichen Witterungsbedingungen in ungenutzten Räumen sowie bei verschlossenen Fenstern und Türen durchgeführt. Es wurden Räume mit Grundflächen im Bereich von 12 m² - 400 m² für die Probenahmen herangezogen. Die Räume wurden vor der Probenahme nicht gelüftet. Insbesondere die Probenahmen in höher belasteten Räumen wurden bei möglichst hochsommerlichen Witterungsbedingungen in den Sommerferien durchgeführt, um so auch Daten für möglichst hohe

PCB-Raumluftkonzentrationen zu erhalten und im Rahmen des Projektes einen möglichst großen Konzentrationsbereich abdecken zu können. Die Probenahme erfolgte mit so genannten Kleinfiltergeräten der Fa. Derenda, Berlin, die einen Luftdurchsatz von 2,5 - 3 m³/h erlauben.

Als Adsorptionseinheit diente eine mit einer Kombination aus vorgeschaltetem Glasfaserfilter und drei nachgeschalteten zylindrischen Polyurethanschaum-Einheiten gefüllte Edelstahlkartusche. Der obere dem Raum zugewandte PU-Schaum wurde zuvor jeweils mit ¹³C₁₂-markiertem PCB #47 dotiert. Die Beladung der Edelstahlkartuschen erfolgte jeweils vor Ort direkt vor der Probenahme, wobei die PU-Schaumeinheiten aus den Transportgefäßen (luftdicht verschlossene Braunglasflaschen) entnommen wurden. Nach der Probenahme wurden die PU-Schäume und der Glasfaserfilter wieder in die Transportgefäße gefüllt. Die Sammeldauer betrug unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit der untersuchten Räumlichkeiten und der zu erwartenden PCB-Raumluftkonzentrationen zwischen ca. 7 – 30 Stunden. Dabei wurden Probenvolumina im Bereich von 21,03 m³ - 88,54 m³ erzielt. Nähere Angaben zur Probenahme sind Tabelle A.02 im Anhang A zu entnehmen.

Begleitend zur Durchführung der PCB-Raumluftbeprobungen wurde neben der Außen- und Innentemperatur zumeist zu Beginn der Probenahme die Luftwechselrate mittels der Konzentrationsabklingmethode bestimmt. Dazu wurden Schwefelhexafluorid(SF₆)-Sets der Fa. Tracertech, Gesellschaft für Spurengastechnik mbH, 88090 Immenstaad a.B., eingesetzt. Nach der gleichmäßigen Verteilung des Indikatorgases aus einer Spritze erfolgte nach ca. 15 Min. die erste Raumluftbeprobung sowie in weiteren Abständen von 5 Min. – 30 Min., je nach erwartetem Luftwechsel, weitere 4 Beprobungen. Die gaschromatografische Bestimmung der SF₆-Konzentration der Proben wurde durch die Fa. Tracertech durchgeführt (Messfehler < 3% vom Messwert).

Die ermittelten Luftwechselraten sind unter Angabe der jeweiligen Raumgrößen Tabelle A.03 im Anhang A zu entnehmen. Die im Rahmen der Probenahmen gemessenen Luftwechselraten schwanken zwischen 0,03 und 1,47 h⁻¹, bei einem Mittelwert von 0,47 h⁻¹ und einem Median (50.Perzentil) von 0,36 h⁻¹. Das 95. Perzentil der ermittelten Luftwechselraten liegt bei 1,12 h⁻¹.

4 Analytischer Teil

Alle Raumlufthproben wurden auf folgende PCB-Kongenere analysiert:

- Indikator-PCB: PCB # 28, 52, 101, 153, 138 und 180 (DIN-Kongenere)
- Hauptkomponenten: PCB # 17, 18, 20, 31, 32, 44, 49, 63, 70, 110, 149, 151, 170, 174 und 187
- Dioxin-ähnliche PCB: PCB # 77, 81, 126 und 169 (non-ortho PCB),
PCB # 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 und 189 (mono-ortho PCB)

Auf der Basis der Konzentrationen der dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) wurden sog. Toxizitätsäquivalente (TEQ) unter Verwendung der Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) nach dem Modell der Weltgesundheitsbehörde (WHO)¹³ berechnet.

Ergänzend wurden vier Luftproben zusätzlich auf polychlorierte Dibenzo(p)dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F) analysiert und die TEQ-Werte nach dem WHO-Modell berechnet.

Alle Analysen wurden von der GfA – Gesellschaft für Arbeitsplatz und Umweltanalytik, 48161 Münster durchgeführt. Die verwendeten Sammelphasen (vorkonditionierte und gespikte Polyurethan-Schäume) wurden ebenfalls von der GfA bereitgestellt.

Im Rahmen der analytischen Qualitätssicherung wurden

- 4 Methodenblindwerte
- 6 Feldblindwerte
- 6 Doppelbestimmungen (verdeckt)
- 1 Probe als externer Vergleich mit dem FMPA Stuttgart

analysiert.

Abschließend wurde die erweiterte Messunsicherheit beispielhaft für eine der Luftproben sowie für die PCB # 28, 105 und 126 bei der Bestimmungsgrenze und bei höheren Konzentrationen berechnet.

4.1 Konditionieren und Spiken der Sammelphase

Als Sammelphase zur PCB-Raumluftprobenahme wurde jeweils eine Kombination aus Glasfaserfilter (Durchmesser 50 mm) und drei zylindrischen Polyurethanschäumen (PU-Schäume) von 45 mm Länge und 60 mm Durchmesser eingesetzt. Die PU-Schäume wurden zur Konditionierung für 12 Stunden mit Toluol im Soxhlet extrahiert und anschließend im Vakuumtrockenschrank von Toluolresten befreit. Je 3 der PU-Schäume wurden in einem vorgereinigten Braunglas luftdicht für den Transport zum Probenahmeort verschlossen. Der obere Schaum wurde zuvor jeweils mit 1,29 ng $^{13}\text{C}_{12}$ -markiertem PCB # 47 dotiert (bezogen über LGC Promochem, 46485 Wesel). Durch die Bestimmung der Wiederfindungsrate dieses "Probenahmespikes" im Rahmen der PCB-Analyse erfolgte eine Kontrolle auf mögliche Durchbrüche bei der Probenahme sowie auf unvollständige Extraktion der Sammelphase im Rahmen der Analyse.

Eine Blindwertkontrolle der Sammelphase wurde durch Einbezug von konditionierten und gespikten PU-Schaumeinheiten in die Methoden- und Feldblindwerte realisiert (siehe Kapitel 4.6).

4.2 Extraktion der Luftproben

Die Luftproben wurden im Labor in verschlossenen Braunglasflaschen angeliefert und zur PCB- und PCDD/F-Analyse für 12 Stunden mit Toluol im Soxhlet extrahiert.

4.3 Analyse der Luftproben auf PCB

Die grundlegenden Schritte des Verfahrens zur PCB-Analyse bestehen aus:

- Soxhlet-Extraktion der Sammelphase (siehe Abschnitt 4.2)
- Zugabe von $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten internen PCB-Standardsubstanzen (Isotopenverdünnung) zum Rohextrakt
- Flüssig-chromatographische Aufreinigung des Rohextraktes

- Identifizierung und Quantifizierung der PCB mittels Kapillargaschromatografie gekoppelt mit hochauflösender Massenspektrometrie (HRGC/HRMS)
- Kontrolle der Sammel-, Extraktions- und Aufarbeitungsqualität durch Bestimmung der Wiederfindung der $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten Spike- und internen Quantifizierungsstandards

Ein Ablaufschema der PCB-Analysenmethode findet sich in der Abbildung B.01 im Anhang B.

Zur PCB-Analyse wurde jeweils ein Aliquot des Rohextraktes einer Luftprobe eingesetzt. Zu diesem Extraktanteil wurden die in Tabelle A.04 aufgeführten achtzehn $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten tri- bis heptachlorierten PCBs als interne Standards zugegeben (Isotopenverdünnung; Standards bezogen über LGC Promochem, 46485 Wesel). Wie der Tabelle A.04 zu entnehmen ist, wurden insbesondere für die 6 DIN-Kongenerere und die 12 dioxinähnlichen PCBs die entsprechenden isotopenmarkierten Verbindungen verwendet. Für die übrigen PCB-Kongenerere wurde jeweils eine dieser markierten Verbindungen mit gleichem Chlorierungsgrad herangezogen.

Nach einer flüssigchromatografischen Aufreinigung des Rohextraktanteils erfolgte die erste HRGC/HRMS-Analyse, in der die nicht dioxinähnlichen PCB bestimmt wurden. Auf Grund der z. T. großen Unterschiede in den Konzentrationen dieser PCB-Kongenerere innerhalb einer Raumluftprobe, mussten hier bei einer Reihe von Proben jeweils zwei Messungen aus unterschiedlichen Verdünnungen erfolgen, um innerhalb des Kalibrierbereiches des HRMS quantifizieren zu können. Zur nachfolgenden separaten Bestimmung der dioxin-ähnlichen PCB wurde i.d.R. eine weitergehende Reinigung der PCB-Fraktion mittels A-Kohle/Celite-Säule und eine zweite HRMS-Messung durchgeführt.

Vor der instrumentellen Analyse wurde der PCB-Fraktion ein weiterer PCB-Standard zur Bestimmung der Wiederfindung der internen $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten Standards über das clean-up zugegeben (Wiederfindungsstandard PCB #141; siehe Tabelle A.04).

Die PCB-Bestimmung erfolgte mittels Kapillargaschromatografie (HP 5890) gekoppelt mit hochauflösender Massenspektrometrie (VG-AutoSpec). Die Instrumentenparameter sind Tabelle A.05 im Anhang A zu entnehmen. Vor dem Beginn einer jeden Analysensequenz wurden die HRMS-Parameter neu justiert (mindestens einmal pro

Tag, inklusive Kalibrierung der Massenachse und Optimierung der Auflösung). Ferner wurde die Geräteempfindlichkeit mit Hilfe nativer PCB-Standards geprüft. Dazu wurde jeweils eine definierte Mischung der in Tabelle A.04 genannten 18 internen $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten Standards mit allen 33 zu bestimmenden nativen Verbindungen injiziert und die relativen Retentionszeiten^a und relativer Responsefaktoren^b zur Identifizierung bzw. Quantifizierung bestimmt. Während der Analyse erfolgt die Kontrolle der Massenachsenstabilität mittels Perfluorkerosin Lockmassen.

Im Anhang C sind exemplarisch Massenfragmentogramme einer ausgewählten Probe aufgeführt.

4.4 Analyse ausgewählter Luftproben auf PCDD/F

Die Analyse einiger Luftproben auf PCDD/F umfasste die Bestimmung der 17 hochtoxischen PCDD- und PCDF-Kongenere mit 2,3,7,8-Chlorsubstitutionsmuster. Die grundlegenden Prinzipien der PCDD/F-Analysenmethode entsprechen denen der PCB-Analyse. Ein Ablaufschema des analytischen Verfahrens findet sich in der Abbildung B.02 im Anhang B.

Die PCDD/F-Analyse wurde jeweils aus einem definierten Anteil des Extraktes unabhängig von der PCB-Analyse durchgeführt. Vor Beginn der flüssig chromatografischen Aufreinigung wurden dem Rohextraktanteil die in Tabelle A.06 aufgeführten sechzehn $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCDD/F-Kongenere als interne Standards zugegeben (Standards bezogen über LGC Promochem, 46485 Wesel). Bis auf eine Ausnahme entsprechen die Chlorsubstitutionsmuster der internen isopenmarkierten Standards denen der zu bestimmenden nativen Verbindungen (Isotopenverdünnung). Lediglich das 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin wurde über einen anderen markierten Hexachlordibenzodioxin-Standard quantifiziert. Der Responsefaktor relativ zu dem entsprechenden internen Standard wurde wie auch für die anderen PCDD/F-Kongenere vor jeder Analysensequenz neu bestimmt.

^a Retentionszeit relativ zu dem entsprechenden $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten internen PCB-Standard

^b Responsefaktoren der nativen PCB relativ zu den $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten internen PCB-Standard

Nach der säulenchromatografischen Aufreinigung und der Zugabe von zwei $^{13}\text{C}_{12}$ -markierten PCDD-Wiederfindungsstandards (siehe Tabelle A.06) wurde die instrumentelle Analyse mittels Gaschromatografie (HRGC, HP 5890) gekoppelt mit hochauflösender Massenspektrometrie (HRMS, VG-AutoSpec) durchgeführt. Die Geräte- und Methodenkenndaten der PCDD/F-Analyse sind der Tabelle A.07 zu entnehmen. Das Justieren der Geräte, die Bestimmung der relativen Retentionszeiten und Responsefaktoren und die Prüfung der Lockmassen erfolgte grundsätzlich in der gleichen Art und Weise wie bei den PCB beschrieben, jedoch angepasst auf die Dioxin/Furan-Analyse.

4.5 Berechnung von Summen- und Toxizitätsäquivalentwerten (TEQ)

Zur Abschätzung des Gesamt-PCB-Gehaltes wurden nach den Vorgaben der PCB-Richtlinie die sechs Indikator PCB #28, #52, #101, #153, #138 und #180 bestimmt. Aus der Summe der Konzentrationen dieser sechs PCB-Kongenere wurde der Gesamt-PCB-Gehalt durch Multiplikation mit einem mittleren Faktor von fünf näherungsweise bestimmt werden. Beide Angaben finden sich in den Ergebnistabellen im Anhang A.

Für den Fall, dass eines oder mehrere der sechs Indikator PCB nicht nachweisbar sind, wird üblicherweise ein oberer und ein unterer Summenwert berechnet. Beim unteren Wert (lower bound value) wird die Summe der sechs PCB-Komponenten nur aus den Konzentrationen der nachgewiesenen bzw. quantifizierten Kongenere ermittelt. Beim oberen Wert (upper bound value; worst-case-Betrachtung) wird die Summe unter Einbeziehung der vollen Bestimmungsgrenzen (BG) für die nicht quantifizierten PCB-Kongenere berechnet. Für den Fall, dass alle sechs Indikator PCB oberhalb der Bestimmungsgrenze liegen, unterscheiden sich der untere und der obere Wert nicht.

Für die 12 PCB-Komponenten mit dioxinähnlichen Eigenschaften (WHO-PCB) sowie für die 17 Dioxin- und Furan-Kongenere wurden so genannte Toxizitätsäquivalent-Konzentrationen (TEQ-Werte) unter Verwendung der Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) der WHO berechnet¹⁰. Die TE-Faktoren für die 12 dioxinähnlichen PCB finden sich in Tabelle A.04, die der 17 PCDD/F-Kongenere in Tabelle A.06. Zur Berechnung der TEQ-Werte wird die Konzentration eines jeden Kongeners mit dem zugehörigen

TE-Faktor multipliziert und die Produkte aufaddiert. Dies erfolgt zunächst getrennt für PCB und PCDD/F, sodass PCB-TEQ- und PCDD/F-TEQ-Anteile resultieren, die gegebenenfalls zu einem Gesamt-TEQ-Wert aufaddiert werden können.

Ähnlich wie bei der Summe der Indikator-PCB erfolgt die Berechnung einerseits unter Vernachlässigung der nicht quantifizierten Kongenere (lower bound TEQ) und andererseits unter Einbeziehung der vollen Bestimmungsgrenze für diese Kongenere anstelle einer Konzentration (upper bound TEQ).

4.6 Qualitätssicherung

Neben der allgemeinen und methoden-implementierten Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle wurden eine Reihe von projektbezogenen Untersuchungen zur Qualitätssicherung durchgeführt.

Blindwerte und Präzisionskontrollprobe

Parallel zu der Analyse der Raumluftproben auf PCB wurden insgesamt 4 Methoden- und 6 Feldblindwerte bestimmt.

In die Methodenblindwerte wurden auch die zur Probenahme bereitgestellten PU-Schaumeinheiten einbezogen. Dazu wurden von den verschiedenen PU-Schaum Chargen jeweils Muster analog den Probenahmeeinheiten (3 Schäume, oberster Schaum gespikt, Braunglasflasche) zurückgestellt und später zusammen mit den Luftproben in gleicher Art und Weise analysiert (d.h. inkl. PU-Schaum-Extraktion). Die Ergebnisse der Methodenblindwerte finden sich in der Tabelle A.08.

Die Feldblindwerte unterschieden sich von den Methodenblindwerten nur dadurch, dass die Einheiten der Sammelphase (3 Schäume, oberster Schaum gespikt, Braunglasflasche) während der verschiedenen Probenahmen mitgeführt und anschließend der Kontrollanalyse unterzogen wurden. Die Analyse erfolgte ebenfalls parallel zu den Luftproben unter Anwendung aller Verfahrensschritte der Methode. Die Ergebnisse der Feldblindwertuntersuchungen sind der Tabelle A.09 zu entnehmen.

Die Kontrolle der Präzision und Richtigkeit der PCB- und Dioxin/Furan-Analyse erfolgte mittels Präzisionskontrollprobe (verdünntes Flugaschenextrakt) die wiederholt parallel zu den Raumlufthproben analysiert wurde. Die Präzisionskontrollprobe wurde hinsichtlich der sechs Indikator PCB, der 12 dioxinähnlichen PCB und der 17 PCDD/F-Kongenere analysiert bzw. ausgewertet. Die Konzentrationswerte der Präzisionskontrollprobe wurden in der Vergangenheit mehrfach durch die Analyse zertifizierter Referenzmaterialien sowie Ringversuchsteilnahmen verifiziert.

Doppelbestimmungen

Im Rahmen dieses Projektes wurden insgesamt sechs verdeckte Doppelbestimmungen auf PCB durchgeführt. Dies bedeutet, dass in diesen Fällen zeitlich parallele Probenahmen durchgeführt und die Proben mit unterschiedlichen Kennzeichnungen und ohne Offenlegung ins Labor zur Analyse gegeben wurden. Die Offenlegung der zusammengehörigen Proben erfolgte erst nach Vorlage des Analysenergebnisses. Die Daten der Doppelbestimmungen sind in den Tabellen A.10 – A.15 zusammengefasst, denen neben den Analysenergebnissen auch die Mittelwerte sowie die Standardabweichungen zu entnehmen sind. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind ebenfalls in den Abbildungen B.03 und B.04 im Anhang B grafisch dargestellt.

Externe Vergleichsmessung

Im Rahmen der externen Qualitätssicherung wurde eine PCB-Vergleichsuntersuchung mit dem FMPA-Stuttgart durchgeführt. Zu diesem Zwecke wurde eine parallele Raumlufthprobenahme durchgeführt. Das Ergebnis der PCB-Analyse dieser Probe ergänzt durch das Ergebnis der Analyse des FMPA findet sich in der Tabelle A.16.

4.7 Messunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit wurde exemplarisch für eine mittel belastet Raumlufthprobe (2.260 ng PCB/m³) sowie für das Indikator PCB #28 und die dioxinähnlichen Kongenere PCB #105 und #126 jeweils für eine Konzentration im Bereich der Bestimmungsgrenze und für höhere Konzentrationen berechnet. Die Berechnungen erfolgten auf der Basis des "Guide to the expression of uncertainty in

measurement (GUM)¹⁵ und der EURACHEM/CITAC-Richtlinie "Quantifying uncertainty in analytical measurement (QUAM)¹⁶.

Die exemplarisch berechneten Messunsicherheiten sind den Tabellen A.17 und A.18 zu entnehmen. Die Werte für die erweiterte Messunsicherheit wurden durch Multiplizieren der kombinierten Standardunsicherheit mit einem Erweiterungsfaktor $K = 2$ erhalten. Dies entspricht etwa einem Grad des Vertrauens von 95 %. Die Daten sind in den Tabellen A.17 und A.18 als relative Messunsicherheit aufgeführt.

Wie den Daten der Tabelle A.17 zu entnehmen ist, ergeben sich für die Konzentrationen der PCB Kongenere 28 und 105 im Bereich der Bestimmungsgrenze eine Messunsicherheit von 18,8 %. Auf Grund von höheren Unsicherheitsanteilen bei der Integration der Peaks des PCB 126 ergibt sich für dieses Kongener ein etwas höherer Wert der Messunsicherheit von 29,8 %. Erwartungsgemäß liegen die erweiterten Messunsicherheiten für diese Kongenere bei höheren Konzentrationen mit 17,5 % (PCB #28 und 105) und 20,9 % (PCB #126) etwas niedriger.

Dieser Bereich der Messunsicherheit trifft auch auf die übrigen PCB-Kongenere zu, wie anhand der Beispielprobe aus Tabelle A.18 zu ersehen ist. Für die Summe der sechs Indikator-Kongenere und die daraus abgeschätzte PCB-Konzentration resultiert eine Messunsicherheit von 8,5 % während die erweiterte Messunsicherheit für den nach WHO berechneten TEQ-Wert bei ca. 10 % liegt.

5 Untersuchungsergebnisse

5.1 PCB

Die Einzelergebnisse der PCB-Analysen sind geordnet nach steigender Probennummerierung Tabelle A.19 im Anhang A zu entnehmen. In den Tabellen A.20 – A.23 sind die im Einzelnen ermittelten PCB-Gesamtkonzentrationen sowie die zugehörigen TEQ-Werte für die untersuchten dominierenden PCB-Quellen Clophen A60-haltige Deckenplatten (Tabelle A.20a), Clophen A60-haltige Wand-/Bodenfarben (Tabelle A.20b), Clophen A50-haltige Dichtungsmassen (Tabelle A.21) und Clophen A40-haltige Dichtungsmassen (Tabelle A.22) gruppenweise zusammengefasst.

Die für die unterschiedlichen PCB-Gesamtkonzentrationen ermittelten Schwankungsbereiche der TEQ-Werte sind in der nachfolgenden Tabelle 01 zusammengestellt:

Tab. 01: Für die unterschiedlichen PCB-Konzentrationsbereiche ermittelte Schwankungsbereiche der TEQ-Werte

Anzahl der untersuchten Gebäude-	dominierende PCB-Quelle		Proben-Anzahl	PCB-Konzentration ^a			
				Gesamtkonzentration ^b [ng/m ³]			TEQ 12 WHO-PCB [pg/m ³]
	Baumaterial	PCB-Typ		< 500	500 - 5.000	> 5.000	
3	Deckenplatten	A60	2	193 – 396			0,6 - 1,1
			6		1.250 - 2.260		1,1 - 5,5
			4			7.380-8.860	18 - 22,9
3	Wand- und Bodenanstrieche	A60	4	120 - 239			0,2 - 0,3
			7		660 - 4.570		4,2 - 15,6
			2			5.180-6.900	9,3 - 11,9
6	Dichtungsmassen in Fugen	A50	9	91,5 - 401			0,1 - 0,2
			4		2.230 - 4.780		2,0 - 6,4
			3			14.100 - 17.000	4,9 - 18,2
6	Dichtungsmassen in Fugen	A40	4	97,2 - 475			0,2 - 0,4
			8		509 - 4.250		0,2 - 4,4
			3			5.950 - 12.400	2,1 - 5,5

a Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

b Summe der 6 Indikator-PCB multipliziert mit dem Faktor 5 ($\Sigma 6 \text{ DIN-PCB} \times 5$)

Bei den Untersuchungen wurden PCB-Raumluftkonzentrationen von 97,2 bis 17.000 ng PCB/m³ gemessen. Die TEQ-Werte schwanken zwischen 0,1 und 22,9 pg TEQ/m³.

Wie aus Tabelle 01 sowie den zugrunde liegenden Einzeltabellen A.20 – A.23 im Anhang hervorgeht, zeigt sich bei den untersuchten Proben mit steigender PCB-Gesamtkonzentration auch ein Trend zu steigenden TEQ-Werten. Bei Betrachtung der Einzelwerte nach Gruppen der PCB-Quellen treten jedoch auch Ausnahmen von dieser Tendenz auf.

Unter Berücksichtigung der PCB-Gesamtkonzentrationen wurden die höchsten TEQ-Werte mit bis zu 22,9 pg TEQ/m³ bei maximalen PCB-Gesamtkonzentrationen von bis zu 8.860 ng PCB/m³ in der Gruppe der Gebäude bzw. Räume mit Clophen A60-haltigen Deckenplatten gemessen. In dieser Gruppe zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit der gemessenen TEQ-Werte von der PCB-Gesamtkonzentration. Während in den geringer belasteten Raumluftproben bei Werten von 193 – 396 ng

PCB/m³ TEQ-Werte von 0,6 – 1,1 pg TEQ/m³ bestimmt wurden, lagen die TEQ-Werte in den Räumen mit mittleren PCB-Gesamtkonzentrationen (1.250 – 2.260 ng PCB/m³) bei 1,1 – 5,5 pg TEQ/m³ und in den Räumen mit hohen PCB-Gesamtkonzentrationen (7.380 – 8.860 ng PCB/m³) bei 18,0 – 22,9 pg TEQ/m³.

Ebenfalls hohe TEQ-Werte wurden mit bis zu 18,2 pg TEQ/m³ in einem Raum der Gruppe mit Clophen A50-haltigen Dichtungsmassen bestimmt, hier lag die PCB-Gesamtkonzentration jedoch mit 15.500 ng PCB/m³ um ca. Faktor 1,75 höher als in dem o.g. Raum mit PCB-haltigen Deckenplatten. Auch in dieser Gruppe zeigt sich eine Tendenz der Zunahme der TEQ-Werte mit steigendem PCB-Gesamtgehalt der Raumluft.

Die niedrigsten TEQ-Werte wurden in der Gruppe von Räumen mit Clophen A40-haltigen Dichtungsmassen ermittelt. Hier lagen bei PCB-Gesamtkonzentrationen von 4.250 – 12.400 ng PCB/m³ die Maximalwerte bei 2,1 – 5,5 pg TEQ/m³. Darüber hinaus zeigte sich eine schwächer ausgeprägte Abhängigkeit der TEQ-Werte von der PCB-Gesamtkonzentration als in den beiden zuvor genannten Gruppen. So wurde der höchste TEQ-Wert mit 5,5 pg TEQ/m³ bei einer PCB-Gesamtkonzentration von 5.950 ng PCB/m³ festgestellt. In der Probe mit dem höchsten PCB-Gesamtgehalt von 12.400 ng PCB/m³ lag der TEQ-Wert demgegenüber lediglich bei 4,4 pg TEQ/m³.

Wie bei den Räumen mit Clophen A40-haltigen Dichtungsmassen fällt bei den Messungen in Räumen mit PCB-haltigen Wand-/Bodenanstrichen auf, dass der höchste TEQ-Wert in dieser Gruppe mit 15,6 TEQ/m³ nicht bei den höchsten gemessenen PCB-Gesamtkonzentrationen von 5.180 – 6.900 ng PCB/m³ sondern bei einer PCB-Gesamtgehalt von 3.580 ng PCB/m³ in einer Fahrzeughalle bestimmt wurde. Das Feuerwehrgebäude, in dem diese Fahrzeughalle beprobt wurde, wies im Gegensatz zu den anderen Gebäuden dieser Gruppe keinen PCB-haltigen Wandanstrich sondern einen PCB-haltigen Bodenanstrich auf. Inwieweit der in der Fahrzeughalle gemessene TEQ-Wert im Zusammenhang mit möglicherweise erhöhtem Abrieb im Bereich des Bodenanstrichs steht, muss wegen fehlender Vergleichsdaten ungeklärt bleiben.

Die TEQ-Werte werden unter Berücksichtigung der jeweiligen Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) der WHO in erster Linie durch vier PCB-Kongenere hervorgerufen.

Dabei handelt es sich um die PCB-Kongener PCB # 126 (TEF=0,1), PCB # 105 (TEF=0,0001), PCB # 118 (TEF=0,0001) und PCB # 156 (TEF=0,0005): Der prozentuale Anteil der verschiedenen WHO-PCB am Gesamt-TEQ-Wert für die verschiedenen PCB-Quellen ist jeweils als Mittelwert für die einzelnen PCB-Quellen unter Angabe der Standardabweichung für das zugehörige Probenkollektiv in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

Tab. 02: Mittlerer prozentuale Anteil der verschiedenen WHO-PCB am Gesamt-TEQ-Wert für die verschiedenen PCB-Quellen

WHO-PCB PCB-Typ Baumaterial	prozentualer Anteil am Gesamt TEQ-Wert			
	Clophen A60		Clophen A50	Clophen A40
	Deckenplatten	Anstriche	Dichtungsmassen	
PCB 77 (TEF=0,0001)	1,2 (+/- 1,2)	1,5 (+/- 1,6)	5,5 (+/- 2,6)	6,1 (+/- 1,6)
PCB 81 (TEF=0,0001)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
PCB 126 (TEF=0,1)	12,7 (+/- 4,4)	33,9 (+/- 5,7)	37,0 (+/- 6,1)	32,4 (+/- 5,9)
PCB 169 (TEF=0,01)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
PCB 105 (TEF=0,0001)	5,5 (+/- 2,2)	5,4 (+/- 2,5)	12,9 (+/- 4,5)	13,6 (+/- 4,1)
PCB 114 (TEF=0,0005)	2,6 (+/- 2,3)	2,4 (+/- 2,0)	8,4 (+/- 3,5)	8,0 (+/- 2,7)
PCB 118 (TEF=0,0001)	49,4 (+/- 4,7)	38,8 (+/- 8,2)	41,0 (+/- 11,0)	43,7 (+/- 14,6)
PCB 123 (TEF=0,0001)	< 1,0	< 1,0	1,2 (+/- 0,5)	1,3 (+/- 0,4)
PCB 156 (TEF=0,0005)	28,5 (+/- 4,1)	14,6 (+/- 9,8)	6,3 (+/- 5,2)	8,3 (+/- 5,5)
PCB 157 (TEF=0,0005)	2,6 (+/- 0,4)	1,6 (+/- 0,7)	< 1,0	< 1,0
PCB 167 (TEF=0,00001)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
PCB 189 (TEF=0,0001)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0

TEF = Toxizitätsäquivalentfaktoren der WHO

Insgesamt zeigt sich für die den TEQ-Wert in erster Linie hervorrufenden PCB-Kongeneren innerhalb der einzelnen Quellen-Gruppen eine recht homogene Verteilung. Während das PCB # 118 mit einem Anteil von 38,8 – 49,4 % am Gesamt-TEQ-Wert für alle PCB-Typen und Baumaterialien dominiert, kommen das PCB # 126 und # 105 bei den leichterflüchtigen und niedriger chlorierten PCB-Typen A40 und A50, das PCB # 156 demgegenüber beim höher chlorierten PCB-Typ A60 mit einem größeren Anteil vor.

5.2 PCDD/F

Die Einzelergebnisse der exemplarisch durchgeführten PCDD/F-Analysen von Raumlufthproben mit mittleren PCB-Gesamtkonzentrationen (1.460 – 2.550 ng PCB/m³) sind Tabelle A.23 im Anhang zu entnehmen.

Die ermittelten PCDD/F-TEQ-Werte sind in der nachfolgenden Übersicht geordnet nach dominierender PCB-Quelle den gemessenen PCB-Gesamtkonzentrationen sowie der berechneten PCB-TEQ-Werten gegenübergestellt:

Tab. 03: Gegenüberstellung der PCDD/F-TEQ-Werte, der PCB-Gesamtkonzentrationen und der PCB-TEQ-Werte

dominierende PCB-Quelle		Messwerte ^a		
Baumaterial	PCB-Typ	TEQ PCDD/F [pg/m ³]	TEQ WHO-PCB [pg/m ³]	PCB-Gesamtkonzentration [ng/m ³]
Deckenplatten	A60	1,07	4,9	1.600
Wandanstriche	A60	0,287	4,9	2.550
Dichtungsmassen	A50	0,11	2,0	2.330
Dichtungsmassen	A40	0,069	1,4	1.460

^a Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Wie aus Tabelle 03 hervorgeht, wurde der höchste PCDD/F-TEQ-Wert mit 1,07 pg TEQ/m³ in dem Raum mit Clophen A60-haltigen Deckenplatten gemessen. Die niedrigsten PCDD/F-TEQ-Werte zeigten sich in den Räumen mit PCB-haltigen Dichtungsmassen (0,069 – 0,11 pg TEQ/m³).

Die aus den Beiträgen der dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) und der PCDD/F errechneten Gesamt-TEQ-Werte sind der nachfolgenden Aufstellung zu entnehmen:

Tab. 04: Beiträge der dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) und der PCDD/F zu den errechneten Gesamt-TEQ-Werten

dominierende PCB-Quelle		PCB-Gesamtkonzentration ^b [ng/m ³]	Gesamt TEQ ^a [pg/m ³]	Anteil des TEQ PCDD/F am Gesamt-TEQ	
Baumaterial	PCB-Typ			[pg/m ³]	[%]
Deckenplatten	A60	1.600	5,97	1,07	18
Wandanstriche	A60	2.550	5,187	0,287	6
Dichtungsmassen	A50	2.330	2,11	0,11	5
Dichtungsmassen	A40	1.460	1,469	0,069	5

a Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

In dem Raum mit Clophen A60-haltigen Deckenplatten resultiert demnach für die PCDD/F einen Beitrag von 18 % zu dem Gesamt-TEQ-Wert. Im Falle der übrigen Quellen (Clophen A60-haltige Wandanstriche sowie Clophen A40- und A50-haltige Dichtungsmassen) liegt dieser Beitrag bei lediglich 5 – 6 %.

5.3 Korrelation der Konzentrationen ausgewählter PCB zu den TEQ-Werten der 12 dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB)

Auf der Grundlage der ermittelten PCB-Konzentrationen für die PCB-Hauptkomponenten sowie die aus den Indikator-PCB berechneten PCB-Summenwerte wurden Korrelationen zu den TEQ-Werten der 12 WHO-PCB-Kongenere berechnet. In der Tabelle A.24 im Anhang A sind die zwischen den 6 Indikator-PCB, den 15 PCB-Hauptkomponenten sowie den PCB-Summenwerten berechneten Korrelationen zu den TEQ-Werten der 12 WHO-PCB-Kongeneren zusammengestellt. Die Korrelationen wurden jeweils für die Probenmatrices mit gleichen dominierenden PCB-Primärquellen vom Typ A60 (Wilhelmi-Deckenplatten: Proben-Nr.: 01 – 13), vom Typ A60 (Boden- und Wandanstriche: Proben-Nr.: 14 - 26), vom Typ A50 (Dichtungsmassen: Proben-Nr.: 27 - 45) sowie vom Typ A40 (Dichtungsmassen: Proben-Nr.: 46 - 62) berechnet. Sowohl im Bereich der höherchlorierten Indikator-PCB als auch der Hauptkomponenten wurden dabei einzelne mit dem TEQ-Wert hochkorrelierte PCB-Kongenere wie das PCB # 101, PCB # 153, PCB # 138, PCB # 180, PCB # 63, PCB # 110, PCB # 149, PCB # 151, PCB # 170, PCB # 174 sowie PCB # 187 ermittelt.

Wie ergänzend in Abbildung B.05 im Anhang B dargestellt, beschreiben die o. g. PCB-Kongenere dabei jeweils einzelne PCB-Quellen mit hoher Übereinstimmung, wie z. B. das PCB # 153 Primärquellen vom Typ A60 und A50 mit Korrelationskoeffizienten im Bereich von 0,962 – 0,967, während Quellen vom Typ A40 mit einem Korrelationskoeffizienten i. H. v. 0,838 deutlich schlechtere Übereinstimmung mit dem PCB # 153 zeigen.

Die jeweils in der Gruppe der Indikator-PCB sowie der PCB-Hauptkomponenten zu den TEQ-Werten höchstkorrelierten PCB-Kongenere sind in Tabelle A.24 durch Fettdruck hervorgehoben und nachfolgend zusammengefasst.

- Quellen vom Typ A60 (Wilhelmi-Decken):
PCB # 138 (0,976) sowie PCB # 63 (0,973),
- Quellen vom Typ A60 (Boden- und Wandanstriche):
PCB # 138 (0,970) sowie PCB # 187 (0,950),
- Quellen vom Typ A50 (Dichtungsmassen):
PCB # 180 (0,989) sowie PCB # 170 (0,987),
- Quellen vom Typ A40 (Dichtungsmassen):
PCB # 101 (0,972) sowie PCB # 110 (0,970)

Die beste Übereinstimmung zu den TEQ-Werten der Proben mit Primärquellen vom Typ A60 (Deckenplatten) weist der Summenwert der Indikator-PCB bzw. die PCB-Gesamtkonzentration auf (0,985).

Die o. g. Kongenere bzw. bei Quellen vom Typ A60 (Deckenplatten) die PCB-Gesamtkonzentration sind als mögliche Leitparameter zur Abschätzung der TEQ-Werte der 12 WHO-PCB in Betracht zu ziehen.

Zur Ermittlung einer potenziell für alle untersuchten PCB-Quellen geeigneten Leitkomponente, wurden die in der Tabelle A.24 sowie in Abbildung B.06 dargestellten Mittelwerte der für die einzelnen Quellen berechneten Korrelationskoeffizienten bestimmt. In der Gruppe der Indikator-PCB weist das PCB # 138 (0,938) den relativ höchsten Wert auf, während bei den Hauptkomponenten das PCB # 110 (0,949) den Maximalwert stellt.

In den Abbildungen B.07 – B.08, B.09 – B.10 und B.11 – B.12 sind exemplarisch die TEQ (WHO-PCB) in Relation zur PCB-Gesamtkonzentration (Summe der 6 Indikator-PCB (DIN-PCB) multipliziert mit dem Faktor 5), des PCB # 138 sowie des PCB # 110 für die jeweils vier untersuchten PCB-Quellentypen dargestellt. Auf Grundlage der ebenfalls in den Abbildungen dargestellten Steigungen der Ausgleichgeraden können Faktoren zur Abschätzung der TEQ-Werte bei bekannten Konzentrationen einer Leitkomponente abgeleitet werden.

Zur Berechnung optionaler Faktoren (Umrechnungsfaktoren) zur Abschätzung des TEQ-Wertes wurden jeweils für die PCB-Quellen Typ A60 (Wilhelmi-Decken), A60 (Boden- und Wandanstriche) sowie Dichtungsmassen vom Typ A50 bzw. A40 die in Tabelle A.26 dargestellten, höchstkorrelierten Leitparameter „Summe der 6 Indikator-PCB inkl. BG (Bestimmungsgrenze)“, PCB # 138, PCB # 180 sowie PCB # 101 herangezogen.

Die Steigungen der berechneten linearen Ausgleichgeraden bei Auftrag der Konzentrationen der o. g. Leitparameter gegen die aus den Analysenwerten berechneten TEQ-Werte sind ebenfalls in Tabelle A.26 zusammengestellt. Da bei Abschätzung des TEQ-Wertes allein auf der Basis der linearen Ausgleichsgeraden ein erheblicher Teil der gemessenen TEQ-Werte nicht erfasst wird, d.h. der gemessene TEQ-Wert liegt über dem berechneten TEQ-Wert, wurden darüber hinaus zur Erhöhung der Prognosequalität Korrekturfaktoren auf der Basis der Standardabweichungen der Mittelwerte ermittelt.

Dazu wurden zunächst die Mittelwerte der Quotienten aus den TEQ-Werten und den Konzentrationen der Leitparameter für jeweils alle Proben einer Gruppe mit gleicher dominierender PCB-Quelle berechnet. Die prozentuale Standardabweichung der jeweiligen Mittelwerte wurde zur Berechnung der o. g. Korrekturfaktoren herangezogen.

Die Produkte aus Steigung und Korrekturfaktor, jeweils für die vier untersuchten dominierenden PCB-Quellen unter Berücksichtigung der 1-fachen, 2-fachen und der 3-fachen o. g. Standardabweichung sind als „Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der Leitparameter“ in Tabelle A.26 dargestellt.

Zur Überprüfung der so ermittelten Umrechnungsfaktoren anhand der im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen ermittelten Messwerte bzw. der daraus berechneten TEQ-Werte wurden für verschiedene Bereiche der PCB-Raumluftkonzentrationen (für den Bereich $< 500 \text{ ng/m}^3$, $500 - 5.000 \text{ ng/m}^3$ sowie $> 5.000 \text{ ng/m}^3$ als Summe der 6 Indikator-PCB $\times 5$) TEQ-Werte der 12 WHO-PCB berechnet. In den Tabellen A.27 – A.29 sind die berechneten TEQ-Werte den gemessenen TEQ-Werten unter Angabe der prozentualen Übereinstimmung gegenübergestellt. Dabei ergibt sich das folgende Bild:

Die TEQ-Analysenwerte der Proben aus Räumlichkeiten mit PCB-haltigen Deckenplatten (Typ Clophen A60) sowie PCB-haltigen Dichtungsmassen vom Typ Clophen A50 werden ausreichend durch die berechneten Werte bereits bei Verwendung eines Korrekturfaktors auf Basis der 1-fachen Standardabweichung der Mittelwerte der Quotienten aus den TEQ-Werten und den Konzentrationen der Leitparameter beschrieben. In allen Konzentrationsbereichen liegen die berechneten TEQ-Werte oberhalb der gemessenen Werte.

Die gemessenen Konzentrationswerte der Proben aus Räumen mit PCB-haltigen Boden- und Wandanstrichen vom Typ Clophen A60 sowie PCB-haltigen Dichtungsmassen vom Typ Clophen A40 werden dahingegen durch die berechneten TEQ-Werte z. T. deutlich unterschritten. Im unteren bis mittleren Konzentrationsbereich liegen bei Verwendung des Korrekturfaktors auf Basis der 1-fachen Standardabweichung (Tabelle A.27) die berechneten Werte im Bereich von 33 % - 59 % der Analysenwerte. Trotz Erhöhung des Korrekturfaktors auf die 2- bzw. 3- fache Standardabweichung, unterschreiten die berechneten TEQ-Werte im unteren bis mittleren Konzentrationsbereich (46 % - 77 % bzw. 60 % - 98 %) die Analysenwerte, sodass für eine sichere Abschätzung des TEQ-Wertes noch höhere Korrekturfaktoren heranzuziehen sind.

In der folgenden Tabelle sind in Abhängigkeit von der dominierenden PCB-Primärquelle Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus den Analysenwerten der Leitparameter zusammengestellt. Für jeden Leitparameter sind dabei drei Umrechnungsfaktoren aufgeführt, die aus der Steigungen der linearen Ausgleichgeraden bei Auftrag der Konzentrationen der Leitparameter gegen die aus den Analysenwerten berechneten TEQ-Werte ohne und

mit zusätzlichen Korrekturfaktoren berechnet wurden. Neben dem Umrechnungsfaktor ist zur Orientierung jeweils der prozentuale Anteil der vorliegenden Analysenwerte angegeben, der von dem berechneten TEQ-Wert erfasst wird.

Tab. 05: Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus Analysenwerten eines quellenspezifischen Leitparameters

dominierende PCB-Primärquelle	Leitparameter	Umrechnungsfaktor zur Abschätzung des TEQ-Wertes aus Analysenwerten der Leitparameter (prozentualer Anteil der Analysenwerte, die von der Abschätzung erfasst werden)		
		ohne zusätzlichen Korrekturfaktor ^a	unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors auf der Basis der einfachen Standardabweichung ^b	unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors zur Erfassung aller Messwerte ^c
Deckenplatten (Typ Clophen A60)	Σ 6 DIN-PCB x 5	2,72E-06 (54 %)	3,41E-06 (100 %)	3,41E-06 (100 %)
Anstriche (Typ Clophen A60)	PCB # 138	1,10E-04 (31 %)	1,77E-04 (69 %)	5,37E-04 (100 %)
Dichtungsmassen (Typ Clophen A50)	PCB # 180	6,30E-03 (79 %)	9,63E-03 (100 %)	9,63E-03 (100 %)
Dichtungsmassen (Typ Clophen A40)	PCB # 101	5,50E-05 (35 %)	7,97E-05 (76 %)	1,70E-04 (100 %)

a Faktor berechnet aus der Steigung der linearen Ausgleichgeraden bei Auftrag der Konzentrationen der o. g. Leitparameter gegen die aus den Analysenwerten berechneten TEQ-Werte

b Faktor beinhaltet Korrekturfaktor auf Basis der 1-fachen Standardabweichung der Mittelwerte der Quotienten aus den TEQ-Werten und den Konzentrationen der Leitparameter

c Faktor beinhaltet einen Korrekturfaktor zur sicheren Abschätzung des TEQ-Wertes für alle im Rahmen dieses Forschungsvorhabens untersuchten Proben.

Da aus der überwiegenden Mehrheit der Untersuchungen zur PCB-Belastung von Gebäuden Daten zur PCB-Gesamtkonzentration als Summe der sechs Indikator-PCB multipliziert mit dem Faktor fünf (Σ DIN-PCB x 5) vorliegen, wurden ergänzend in Tabelle A.30 Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ (WHO-PCB) aus den Analysenwerten der PCB-Gesamtkonzentration nach dem zuvor beschriebenen Schema berechnet. Mithilfe dieser Faktoren wurden differenziert nach Konzentrationsbereichen der PCB-Raumluftkonzentration (als Σ 6 DIN-PCB x 5) für den Bereich $< 500 \text{ ng/m}^3$, $500 - 5.000 \text{ ng/m}^3$ sowie $> 5.000 \text{ ng/m}^3$ TEQ-Werte der 12 WHO-PCB berechnet. In den Tabellen A.31 – A.33 sind die berechneten TEQ-Werte den gemessenen TEQ-Werten unter Angabe der prozentualen Übereinstimmung gegenübergestellt

Nach dem gleichen Schema wie für die o.g. Leit-PCB sind in der folgenden Darstellung in Abhängigkeit von der dominierenden PCB-Primärquelle Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus der gemessenen PCB-Raumluftkonzentration (als $\Sigma 6$ DIN-PCB x 5) zusammengestellt. Neben dem Umrechnungsfaktor ist wiederum zur Orientierung jeweils der prozentuale Anteil der vorliegenden Analysenwerte angegeben, der von dem berechneten TEQ-Wert erfasst wird.

Tab. 06: Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus der PCB-Gesamtkonzentration ($\Sigma 6$ DIN-PCB x 5)

dominierende PCB-Primärquelle	Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes aus Analysenwerten für den Leitparameter $\Sigma 6$ DIN-PCB x 5 (prozentualer Anteil der Analysenwerte, die von der Abschätzung erfasst werden)		
	ohne zusätzlichen Korrekturfaktor ^a	unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors auf der Basis der einfacheren Standardabweichung ^b	unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors zur Erfassung aller Messwerte ^c
Deckenplatten (Typ Clophen A60)	2,72E-06 (54 %)	3,41E-06 (100 %)	3,41E-06 (100 %)
Anstriche (Typ Clophen A60)	2,09E-06 (77 %)	3,34E-06 (77 %)	6,37E-06 (100 %)
Dichtungsmassen (Typ Clophen A50)	6,76E-07 (47 %)	9,58E-07 (68 %)	1,53E-06 (100 %)
Dichtungsmassen (Typ Clophen A40)	4,52E-07 (24 %)	7,09E-07 (59 %)	2,10E-06 (100 %)

a Faktor berechnet aus der Steigung der linearen Ausgleichsgeraden bei Auftrag der Konzentrationen der o. g. Leitparameter gegen die aus den Analysenwerten berechneten TEQ-Werte

b Faktor beinhaltet Korrekturfaktor auf Basis der 1-fachen Standardabweichung der Mittelwerte der Quotienten aus den TEQ-Werten und den Konzentrationen der Leitparameter

c Faktor beinhaltet einen Korrekturfaktor zur sicheren Abschätzung des TEQ-Wertes für alle im Rahmen dieses Forschungsvorhabens untersuchten Proben.

Die Verwendung eines Umrechnungsfaktors zur Abschätzung der TEQ-Werte aus Analysenwerten der bisher überprüften Leitparameter zeigt für Räumlichkeiten mit PCB-haltigen Boden- und Wandanstrichen vom Typ Clophen A60 sowie PCB-haltigen Dichtungsmassen vom Typ Clophen A40 aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nur ein unbefriedigendes Ergebnis. Selbst bei Verwendung von Korrekturfaktoren auf der Grundlage der 3-fachen Standardabweichung der Mittelwerte der Quotienten aus den TEQ-Werten und den Konzentrationen der

Leitparameter ist eine Unterschätzung des TEQ-Wertes wahrscheinlich. Die erforderliche Verwendung höherer Korrekturfaktoren zur sicheren Vorhersage der Analysenwerte führt zu einer deutlich verschlechterten Güte der Prognose, wobei für die Mehrzahl der vorliegenden Luftproben die gemessenen TEQ-Werte durch die berechneten TEQ-Werte deutlich überschätzt werden.

Zur Veranschaulichung der für die verschiedenen PCB-Quellen festgestellten Korrelationen zwischen TEQ-Werten und PCB-Gesamtkonzentrationen (berechnet als Summe der 6 Indikator-PCB x 5) sind in Tabelle A.34 im Anhang A die mithilfe der vorgenannten Umrechnungsfaktoren ohne Berücksichtigung von Korrekturfaktoren für verschiedene TEQ-Werte berechneten PCB-Summenkonzentrationen aufgeführt. In dieser Tabelle sind ergänzend jeweils die einfachen Standardabweichungen der Mittelwerte der Quotienten aus den TEQ-Werten und den PCB-Gesamtkonzentrationen angegeben. Bei den berechneten Werten ist zu beachten, dass bei Verwendung der o.g. Umrechnungsfaktoren nicht alle im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen gemessenen TEQ-Werte erfasst werden. Insbesondere für die Räume mit PCB-haltigen Boden- und Wandanstrichen vom Typ Clophen A60 sowie PCB-haltigen Dichtungsmassen vom Typ Clophen A40 führt die Berechnung des TEQ-Wertes zu einer deutlichen Unterschätzung des tatsächlich gemessenen TEQ-Wertes.

Da bei PCB-haltigen Boden- und Wandanstrichen vom Typ Clophen A60 sowie PCB-haltigen Dichtungsmassen vom Typ Clophen A40 mit allen zuvor beschriebenen Leitparametern nur unbefriedigende Abschätzungen der TEQ-Werte möglich sind, wurden ergänzend für das unabhängig von der PCB-Quelle in allen Luftproben dominierende dioxinähnliche PCB # 118 nach dem gleichen Schema wie für die vorherigen Leitparameter Korrelations-Berechnungen durchgeführt. Dieses Kongener kann, wie im Zusammenhang mit den 1999 in Belgien aufgetretenen Dioxinkontaminationen in Lebensmitteln erfolgt¹⁷, mit einem geringem Mehraufwand neben den sechs DIN-Kongeneren routinemäßig als siebtes Indikatorkongener analysiert werden. In Tabelle A.35 sind für das WHO-PCB # 118 die Standardabweichungen und die daraus berechneten Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes aus den Analysenwerten angegeben. Die Eignung der Umrechnungsfaktoren wurde wie bei den übrigen Leitparametern durch Vergleich der berechneten TEQ-Werte mit den Analysenwerten überprüft.

In Abhängigkeit von der untersuchten dominierenden PCB-Primärquelle ergeben sich die nachfolgend genannten Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus den Analysenwerten für das PCB # 118:

Tab. 07: Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes (WHO-PCB) aus Analysenwerten für das PCB # 118

dominierende PCB-Primärquelle	Umrechnungsfaktor zur Abschätzung des TEQ-Wertes aus Analysenwerten für das PCB # 118 (prozentualer Anteil der Analysenwerte, die von der Abschätzung erfasst werden)		
	ohne Berücksichtigung der Standardabweichung ^a	unter Berücksichtigung der 1fachen Standardabweichung ^b	unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors zur Erfassung aller Messwerte ^c
Deckenplatten (Typ Clophen A60)	2,08E-04 (23 %)	2,34E-04 (77 %)	2,86E-04 (100 %)
Anstriche (Typ Clophen A60)	2,55E-04 (46 %)	3,07E-04 (77 %)	3,76E-04 (100 %)
Dichtungsmassen (Typ Clophen A50)	2,05E-04 (11 %)	2,42E-04 (11 %)	4,03E-03 (100 %)
Dichtungsmassen (Typ Clophen A40)	2,78E-04 (47 %)	3,42E-04 (76 %)	4,70E-04 (100 %)

a Faktor berechnet aus der Steigung der linearen Ausgleichgeraden bei Auftrag der Konzentrationen der o. g. Leitparameter gegen die aus den Analysenwerten berechneten TEQ-Werte

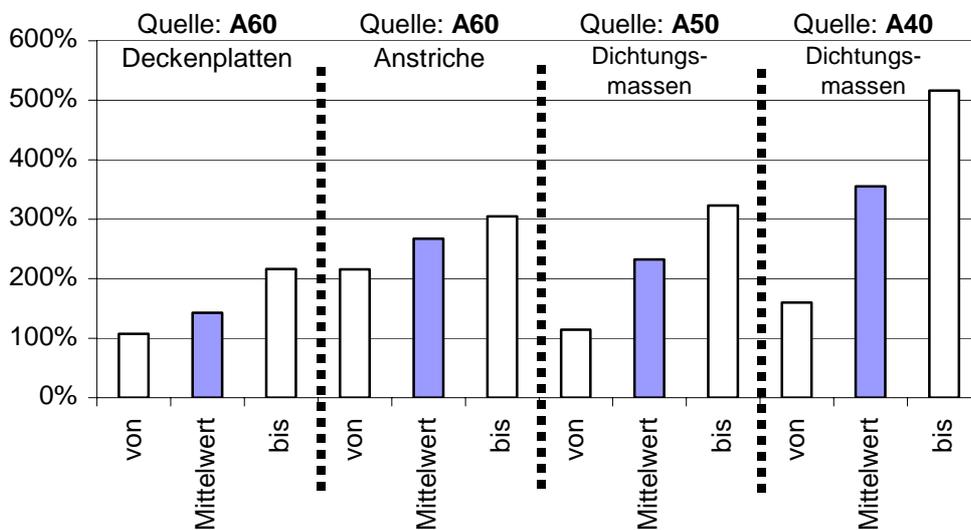
b Faktor beinhaltet Korrekturfaktor auf Basis der 1-fachen Standardabweichung der Mittelwerte der Quotienten aus den TEQ-Werten und den Konzentrationen der Leitparameter

c Faktor beinhaltet einen Korrekturfaktor zur sicheren Abschätzung des TEQ-Wertes für alle im Rahmen dieses Forschungsvorhabens untersuchten Proben.

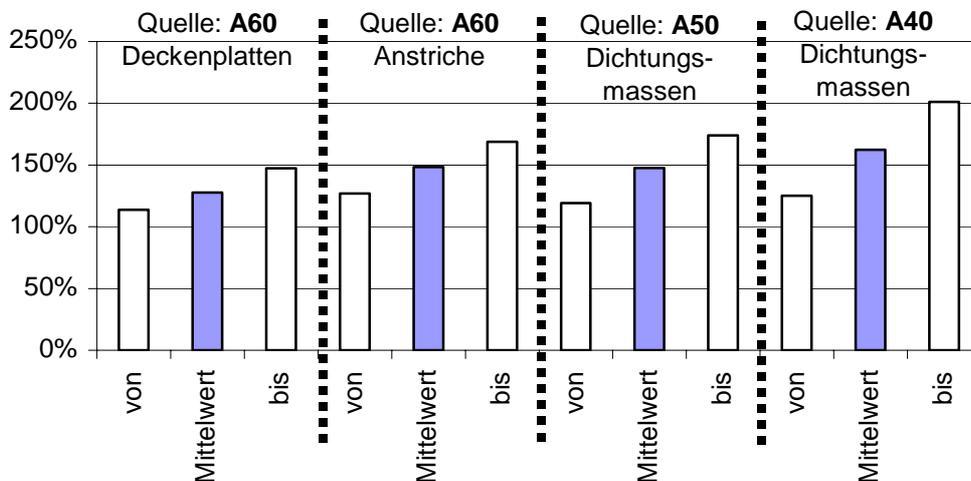
Zum Vergleich der Prognosequalität bei Verwendung der für eine sichere Erfassung aller im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen ermittelten Analysenwerte erforderlichen Umrechnungsfaktoren ist die Übereinstimmung der berechneten TEQ-Werte mit den gemessenen TEQ-Werten in der nachfolgenden Abbildung für die Leitparameter PCB-Summenkonzentration (berechnet aus der Summe der 6 DIN-Kongeneren x 5) und PCB # 118 aufgeführt.

Abb. 01: Prozentuale Übereinstimmung der aus den gemessenen Leitparametern berechneten TEQ-Werte mit den gemessenen TEQ-Werten bei Verwendung eines Umrechnungsfaktors, mit dem alle gemessenen TEQ-Werte erfasst werden (Quotient aus berechnetem TEQ-Wert und gemessenem TEQ-Wert x 100).

a) Leitparameter: PCB-Gesamtkonzentrationen (Σ 6 DIN-PCB x 5)



b) Leitparameter: PCB # 118



Beim Vergleich der beiden Leitparameter zeigt sich, dass unabhängig von der PCB-Quelle bei Verwendung des PCB # 118 als Leitparameter die besten Ergebnisse erzielt werden. Im Vergleich mit allen übrigen Leitparametern sind für eine sichere Abschätzung des TEQ-Wertes, bezogen auf die im Rahmen dieser Untersuchungen ermittelten Analysedaten, deutlich niedrigere Korrekturfaktoren erforderlich, was zu einer besseren Prognosequalität führt.

Die über den Leitparameter PCB # 118 berechneten TEQ-Werte liegen selbst im ungünstigsten Fall, d.h. bei Räumen mit PCB-haltigen Dichtungsmassen vom Typ Clophen A40, bei maximal 201 % des gemessenen TEQ-Wertes. Bei den drei anderen untersuchten Quellen führt die Berechnung des TEQ-Wertes zu einer maximalen Überschätzung des gemessenen TEQ-Wertes von 147 – 174 %. Im Mittel liegen die berechneten TEQ-Werte bei 128 – 162 % des gemessenen TEQ-Wertes.

Demgegenüber werden bei Verwendung des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Summe 6 DIN x 5) die gemessenen TEQ-Werte durch die berechneten TEQ-Werte um bis zu 516 % überschritten. Im Mittel liegen die berechneten TEQ-Werte bei 143 – 355 % des gemessenen TEQ-Wertes. Lediglich im Falle der PCB-haltigen Deckenplatten vom Clophen-Typ A60 führt die Berechnung der TEQ-Werte zu einer Prognosequalität, die in der Größenordnung der Berechnung über den Leitparameter PCB # 118 liegt (Mittelwert: 143 %, Schwankung: 108 – 216 %).

Nachfolgend sind die für die Leitparameter Summe 6 DIN x 5 und PCB # 118 ermittelten Umrechnungsfaktoren zusammengestellt, mit denen die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ermittelten Analysenwerte bzw. daraus berechneten TEQ-Werte verlässlich abgeschätzt werden können:

Tab. 08: Zusammenstellung der ermittelten Umrechnungsfaktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten der Leitparameter Σ 6 Indikator-PCB x 5 und PCB # 118. Bei Verwendung der angegebenen Umrechnungsfaktoren werden alle gemessenen TEQ-Werte erfasst.

dominierende PCB-Primärquelle Leitparameter	Umrechnungsfaktor zur Abschätzung des TEQ-Wertes aus Analysenwerten der Leitparameter	
	Σ 6 DIN-PCB x 5	PCB # 118
Deckenplatten (Typ Clophen A60)	3,41E-06	2,86E-04
Anstriche (Typ Clophen A60)	4,58E-06	3,59E-04
Dichtungsmassen (Typ Clophen A50)	1,52E-06	3,91E-04
Dichtungsmassen (Typ Clophen A40)	2,10E-06	4,68E-04
Vorschlag für universellen Umrechnungsfaktor	-	5,00E-04*)

*) Mit diesem "universellen" Umrechnungsfaktor können aber immer noch vereinzelt TEQ-Werte aus anderen qualitätskontrollierten Untersuchungen¹⁸ unterschätzt werden. Mit einer Erhöhung des Umrechnungsfaktors auf 6E-04 liegen aber sämtliche TEQ-Werte, die allein aus den PCB # 118-Konzentrationen abgeschätzt werden, über den analytisch vollständig ermittelten TEQ-Werten (d. Redakt.).

Bei Unkenntnis des für die PCB-Raumluftkonzentration verantwortlichen PCB-Gemisches kann wegen der befriedigenden Qualität der TEQ-Berechnung anhand des PCB # 118 eine orientierende Abschätzung des TEQ-Wertes mit dem in der Tabelle vorgeschlagenen Universal-Umrechnungsfaktor vorgenommen werden. Die Verwendung dieses Faktors führt zu einer maximalen Überschätzung der gemessenen TEQ-Werte von 258 % im Falle der Räume mit PCB-haltigen Deckenplatten vom Typ Clophen A60. Bei den drei übrigen Quellen übersteigen die mit dem Universal-Umrechnungsfaktor berechneten TEQ-Werte die bei den vorliegenden Untersuchungen gemessenen TEQ-Werte um maximal 215 – 235 %.

Als Ergebnis der Korrelationsbetrachtungen bleibt zusammenfassend festzuhalten, dass die zusätzliche Bestimmung von PCB-Hauptkomponenten gegenüber der in der Vergangenheit bei der Untersuchung von Raumluftproben in erster Linie durchgeführten Analyse der 6 Indikator- bzw. DIN-Kongenere im Hinblick auf die Abschätzung des TEQ-Wertes keine Vorteile bringt. Empfehlenswert ist

demgegenüber, neben den 6 DIN-Kongeneren zusätzlich das dioxinähnliche PCB # 118 zu bestimmen. Dies ist aufgrund der vergleichsweise hohen Konzentration des PCB # 118 in Raumlufthproben mit nur geringem Mehraufwand möglich.

6 Zusammenfassung

6.1 Deutsche Zusammenfassung

Das vorliegende Forschungsvorhaben erfolgte vor dem Hintergrund der derzeitigen Diskussion über eine Revision der Richtwerte der PCB-Richtlinie unter Berücksichtigung der so genannten dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB). Es wurde mit dem Ziel durchgeführt, eine Datenbasis von PCB-Einzelstoff-Konzentrationen in Innenräumen in Abhängigkeit von der PCB-Gesamtkonzentration, der Art der vorhandenen PCB-Quelle (Deckenplatten, Wandanstriche, dauerelastische Dichtungsmassen) sowie der Art des eingesetzten PCB-Gemisches (Chlorierungsgrad) zu erstellen. Dabei wurden die aus den Gebäudeuntersuchungen der letzten Jahre als Hauptquellen bekannten PCB-Quellen dauerelastische Dichtungsmassen, Deckenplatten und Wandanstriche mit den in offenen Systemen in erster Linie eingesetzten Clophen-Typen A40, A50 und A60 berücksichtigt.

Im Einzelnen wurden 56 Raumlufthproben aus 17 verschiedenen Gebäuden mit unterschiedlichen PCB-Quellen auf die nachfolgend aufgeführten PCB-Einzelverbindungen untersucht:

- Indikator-PCB: PCB # 28, 52, 101, 153, 138, 180 (DIN-PCB)
- Hauptkomponenten: PCB # 17, 18, 20, 31, 32, 44, 49, 63, 70, 110, 149, 151, 170, 174, 187
- Dioxin-ähnliche PCB: PCB # 77, 81, 126, 169 (non-ortho PCB),
PCB # 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189 (mono-ortho PCB)

Aus der Summe der sechs Indikator-PCB wurde jeweils nach dem auch in der PCB-Richtlinie festgeschriebenen Verfahren näherungsweise die PCB-Gesamtkonzentration durch Multiplikation der Summe der sechs Indikator-PCB (DIN-PCB) mit dem Faktor fünf berechnet.

Auf der Basis der Konzentrationen der dioxinähnlichen PCB wurden so genannte Toxizitätsäquivalente (TEQ) unter Verwendung der Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) nach dem Modell der Weltgesundheitsbehörde (WHO) berechnet.

Da PCB produktionsbedingt neben den dioxinähnlichen Kongeneren auch Verunreinigungen an polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und Dibenzo(p)dioxinen (PCDD) enthalten, wurden exemplarisch vier Luftproben mit mittleren PCB-Raumluftkonzentrationen auch auf diese Verbindungen hin untersucht und die TEQ-Werte nach dem WHO-Modell berechnet. Bei den PCDD/F-Analysen wurde für jeden untersuchten Quellen-Typ eine Luftprobe berücksichtigt.

Auf der Grundlage der ermittelten Datenbasis wurde geprüft, inwieweit eine vereinfachte Berechnung der PCB-TEQ-Summenwerte über Schlüsselverbindungen (z.B. die 6 Indikator-PCB oder andere PCB-Hauptkomponenten) möglich ist.

Bei den Untersuchungen wurden bei teilweise hochsommerlichen Witterungsbedingungen PCB-Raumluftkonzentrationen von 97,2 bis 17.000 ng PCB/m³ gemessen. Die ermittelten PCB-TEQ-Werte schwanken zwischen 0,1 und 22,9 pg TEQ/m³. Dabei zeigt sich mit steigender PCB-Gesamtkonzentration auch eine Tendenz zu steigenden TEQ-Werten, ein Trend, der je nach vorhandener PCB-Quelle in unterschiedlichem Maße ausgeprägt ist.

Die höchsten TEQ-Werte wurden mit bis zu 22,9 pg TEQ/m³ bei maximalen PCB-Gesamtkonzentrationen von bis zu 8.860 ng PCB/m³ in der Gruppe der Gebäude bzw. Räume mit Clophen A60-haltigen Deckenplatten gemessen. In dieser Gruppe zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit der gemessenen TEQ-Werte von der PCB-Gesamtkonzentration. Die TEQ-Werte schwanken bei PCB-Gesamtkonzentrationen von 193 – 8.860 ng PCB/m³ von 0,6 bis 22,9 pg TEQ/m³

Ein ebenfalls hoher TEQ-Wert wurde mit 18,2 pg TEQ/m³ in einem Raum der Gruppe mit Clophen A50-haltigen Dichtungsmassen bestimmt, hier lag die PCB-Gesamtkonzentration jedoch mit 15.500 ng PCB/m³ um ca. Faktor 1,75 höher als in dem o.g. Raum mit PCB-haltigen Deckenplatten. Auch in dieser Gruppe zeigt sich mit TEQ-Werten von 0,1 – 18,2 pg TEQ/m³ bei PCB-Gesamtkonzentrationen von 120 – 17.000 ng PCB/m³ eine ausgeprägte Tendenz der Zunahme der TEQ-Werte mit steigendem PCB-Gesamtgehalt der Raumluft.

Die niedrigsten TEQ-Werte wurden in der Gruppe von Räumen mit Clophen A40-haltigen Dichtungsmassen ermittelt. Hier lagen bei PCB-Gesamtkonzentrationen von 97,2 – 12.400 ng PCB/m³ die TEQ-Werte bei 0,2 – 5,5 pg TEQ/m³. Darüber hinaus zeigte sich eine schwächer ausgeprägte Abhängigkeit der TEQ-Werte von der PCB-Gesamtkonzentration als in den beiden zuvor genannten Gruppen.

Wie bei den Räumen mit Clophen A40-haltigen Dichtungsmassen wurde auch bei den Messungen in Räumen mit PCB-haltigen Wand-/Bodenanstrichen mit TEQ-Werten von 0,2 – 15,6 pg TEQ/m³ bei PCB-Gesamtkonzentrationen von 120 – 6.900 ng PCB/m³ nur eine geringere Korrelation zwischen TEQ-Werten und PCB-Gesamtkonzentration festgestellt.

Bei den exemplarisch durchgeführten PCDD/F-Analysen von Raumlufthproben mit PCB-Gesamtgehalten von 1.460 – 2.550 ng PCB/m³, bei denen je eine Raumlufthprobe für die vier verschiedenen untersuchten PCB-Quellen berücksichtigt wurde, wurde der höchste PCDD/F-TEQ-Wert mit 1,07 pg TEQ/m³ in dem Raum mit Clophen A60-haltigen Deckenplatten gemessen. In der Probe aus einem Raum mit PCB-haltigem Wandanstrich (Clophen-Typ A60) lag der TEQ-Wert für PCDD/F bei 0,287 pg TEQ/m³. Die niedrigsten PCDD/F-TEQ-Werte zeigten sich in den Räumen mit PCB-haltigen Dichtungsmassen (0,069 – 0,11 pg TEQ/m³).

Berechnet man den Gesamt-TEQ aus den Beiträgen der 12 WHO-PCB und den PCDD/F, so resultiert in dem Raum mit Clophen A60-haltigen Deckenplatten für die PCDD/F einen Beitrag von 18 % an dem Gesamt-TEQ-Wert. Im Falle der übrigen Quellen (Clophen A60-haltige Wandanstriche sowie Clophen A40- und A50-haltige Dichtungsmassen) liegt dieser Beitrag bei lediglich 5 – 6 %.

Zur Prüfung inwieweit auf der Grundlage der ermittelten Datenbasis eine vereinfachte Berechnung der PCB-TEQ-Summenwerte über Schlüsselverbindungen möglich ist, wurden jeweils für die Probenmatrices mit gleichen dominierenden PCB-Primärquellen Korrelationen zwischen den 6 Indikator-PCB, den 15 PCB-Hauptkomponenten sowie den PCB-Summenwerten und den TEQ-Werten der 12 WHO-PCB-Kongeneren berechnet. Sowohl im Bereich der höherchlorierten Indikator-PCB als auch der Hauptkomponenten wurden einzelne mit dem TEQ-Wert hochkorrelierte PCB-Kongeneren ermittelt (z.B. PCB # 63, PCB # 101, PCB # 110 , PCB # 138, PCB # 180).

Die beste Übereinstimmung zu den TEQ-Werten der Proben mit PCB-Quellen vom Typ A60 (Deckenplatten) weist die PCB-Gesamtkonzentration auf.

Zur Berechnung möglicher Faktoren zur Abschätzung des TEQ der 12 dioxinähnlichen PCB wurden für die verschiedenen PCB-Quellen jeweils die höchstkorrelierten Leitparameter herangezogen. Darüber hinaus wurden auf der Grundlage der Standardabweichungen im Sinne einer worst-case-Betrachtung zur Abschätzung eines Maximalwertes, Sicherheits- bzw. Korrekturfaktoren ermittelt.

Dazu wurden zunächst die Mittelwerte der Quotienten aus den TEQ-Werten und den Konzentrationen der Leitparameter für jeweils alle Proben einer Gruppe mit gleicher dominierender PCB-Quelle berechnet. Die prozentuale Standardabweichung der jeweiligen Mittelwerte wurde zur Berechnung der o. g. Korrekturfaktoren herangezogen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass im Falle der Proben aus Räumen mit PCB-haltigen Deckenplatten (PCB-Typ Clophen A60) sowie PCB-haltigen Dichtungsmassen (PCB-Typ Clophen A50) der TEQ-Wert gut mit den berechneten Faktoren abgeschätzt werden können. Als Leitparameter wurden dabei die PCB-Gesamtkonzentration (Clophen A60-haltige Deckenplatten) und das PCB # 180 (Clophen A50-haltige Dichtungsmassen) herangezogen.

Demgegenüber liefert die Abschätzung der TEQ-Werte der 12 dioxinähnlichen PCB (WHO-PCB) aus Analysenwerten von nicht dioxinähnlichen PCB als Leitparameter für Proben aus Räumen mit PCB-haltigen Boden- und Wandanstrichen vom Typ Clophen A60 sowie PCB-haltigen Dichtungsmassen vom Typ A40 nur weniger befriedigende Ergebnisse. Selbst bei Verwendung hoher Korrekturfaktoren ist eine Unterschätzung des TEQ-Wertes bei Berechnung aus den Leitparametern nicht auszuschließen.

Eine befriedigende Abschätzung der TEQ-Werte für alle PCB-Quellen und PCB-Typen wurde nur bei Verwendung des PCB # 118 als Leitparameter erhalten.

6.2 Summary

The present research project was carried out against the background of the current discussion about a revision of the limit values of the PCB guideline taking the so-called

dioxin-like PCBs (WHO-PCBs) into account. The aim of the project was to collect a data basis of individual PCB concentrations in indoor rooms in dependence on the total PCB concentration, the kind of the existing PCB source (ceiling covers, wall paintings, permanent elastic sealants) and the kind of the used PCB mixtures (degree of chlorination). Here the PCB sources permanent elastic sealants, ceiling covers and wall paintings, known as the main sources from the building examinations of the last years with the Clophene types A40, A50 and A60 which are mainly used in open systems are considered.

56 indoor samples from 17 different buildings with various PCB sources have been examined for the following PCB compounds:

- indicator-PCBs: PCB # 28, 52, 101, 153, 138, 180 (DIN-PCBs)
- main components: PCB # 17, 18, 20, 31, 32, 44, 49, 63, 70, 110, 149, 151, 170, 174, 187
- dioxin-like PCBs: PCB # 77, 81, 126, 169 (non-ortho PCBs),
PCB # 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189 (mono-ortho PCBs)

According to the procedure described in the PCB guideline, the approximate total PCB concentration was calculated by multiplying the sum of the six indicator-PCBs (DIN-PCBs) by the factor five.

On the basis of the concentrations of the dioxin-like PCBs, so-called toxicity equivalents (TEQs) were calculated acc. to the WHO model by using the toxicity equivalent factors (TEF).

As PCBs, because of production reasons, also contain contaminations of polychlorinated dibenzofurans (PCDF) and dibenzo(p)dioxins (PCDD) apart from the dioxin-like congeners, four air samples with median PCB indoor-air concentrations have also been exemplary examined for these compounds and the TEQ values were calculated acc. to the WHO model.

On the basis of the determined data, it was checked in how far a simplified calculation of the PCB-TEQ totals via key compounds (e.g. the indicator-PCBs or other main PCB components) is possible.

During the examination at partly very summery weather, PCB indoor concentrations of 97.2 to 17,000 ng PCB/m³ were measured. The calculated PCB-TEQ values fluctuate between 0.1 and 22.9 pg TEQ/m³. With an increasing total PCB concentration, a tendency towards higher TEQ values also became visible. This is a trend, the intensity of which depends on the existing PCB source.

With up to 22.9 pg TEQ/m³ at a maximum total PCB concentration of 8,860 ng PCB/m³, the highest TEQ values were measured in the group of buildings or rooms with Clophene A60-containing ceiling covers. Here a strong dependence of the measured TEQ values on the total PCB concentration is obvious. The TEQ values fluctuate from 0.6 to 22.9 pg TEQ/m³ at total PCB concentrations of 193 – 8,860 ng PCB/m³.

Another high TEQ value with 18.2 pg TEQ/m³ was measured in a room of the group with Clophene A50-containing sealants. Here, however, the total PCB concentration was with 15,500 ngPCB/m³ by factor 1.75 higher than in the room with the PCB-containing ceiling covers. In this group as well a strong tendency of rising TEQ values in case of an increasing total PCB content in indoor air becomes visible: TEQ values of 0.1 – 18.2 pg TEQ/m³ at a total PCB concentration of 120 – 17,000 ng PCB/m³.

The lowest TEQ values were calculated in the group of rooms with Colphene A40-containing sealants. The TEQ values only fluctuate from 0.2 – 5.5 TEQ/m³ at a total PCB concentration of 97.2 – 12,400 ng PCB/m³. Moreover, the TEQ values showed to be less dependent on the total PCB concentration than in the two groups mentioned before

Just as in the rooms with Clophene A40-containing sealants, only a minor correlation between TEQ value and total PCB concentration was observed in the rooms with PCB-containing wall/floor paintings. Here the TEQ values ranged between 0.2 – 15.6 pg TEQ/m³ at total PCB concentrations of 120 – 6,900 ng PCB/m³.

As regards the exemplary PCDD/F analyses of indoor air samples with total PCB concentrations of 1,460 – 2,550 ng PCB/m³ one indoor air sample each was taken into account for the four different measured PCB sources. The highest PCDD/F-TEQ value with 1.07 pg TEQ/m³ was measured in the room with Clophene A60-containing ceiling covers. In case of a sample from a room with a PCB-containing wall painting (Clophene type A60) the TEQ value for PCDD/F reached 0.287 pg TEQ/m³. The lowest PCDDF-

TEQ values were observed in rooms with PCB-containing sealants (0.069 – 0.11 pg TEQ/m³).

When calculating the total TEQ from the contributions of the 12 WHO-PCBs and the PCDD/Fs, the room with Clophene A60-containing ceiling covers has an 18 % stake in the total TEQ value. The other sources (Clophene A60-containing wall paintings and Clophene A40 and A50-containing sealants) only have a stake of 5 – 6 %.

In order to verify in how far a simplified calculation of total PCB-TEQs via key compounds on the basis of the determined data is possible, correlations between the 6 indicator-PCBs, the 15 PCB main components, the dioxin-like PCB # 118 as well as the total PCB concentration and the TEQ values of the 12 WHO-PCB congeners have been calculated for the sample matrices with the same dominating PCB primary sources. Not only in case of the higher chlorinated indicator-PCBs but also with regard to the main components, some PCB congeners which strongly correlate with the TEQ value have been determined (e.g. PCB # 63, PCB # 101, PCB # 110, PCB # 138, PCB # 180). The best correspondence with TEQ values of the samples with PCB sources of type A60 (ceiling covers) are found at the total PCB concentration.

For the calculation of possible factors for the TEQ estimation of the 12 dioxin-like PCBs, the highest correlating guide parameters each were used for the various PCB sources. Moreover, safety and correction factors have been calculated on the basis of standard deviations in order to be able to estimate a maximum value showing the worst case.

Thus, at first the median values of the quotients from the TEQ values and the concentrations of the guide parameters for all samples of a group with the same dominating PCB source each have been calculated. The percentage standard deviation of the respective median values was used for the calculation of the above-mentioned correction factors.

In summary we have to record that in case of the samples of rooms with PCB-containing ceiling covers (type Clophene A60) as well as PCB-containing sealants of type Clophene A50, the TEQ value can well be estimated by means of the calculated factors using the total PCB concentration for PCB-containing ceiling covers (type

Clophene A60) and PCB # 180 for PCB-containing sealants of type Clophene A50 as guide parameter.

In contrast to this, the estimation of TEQ values of the 12 dioxin-like PCBs (WHO-PCBs) based on analysis values of non dioxin-like guide parameters for samples from rooms with PCB-containing wall/floor paintings of type Clophene A60 and PCB-containing sealants of type Clophene A40 only provide less satisfactory results. For a calculation based on the guide parameters, an underestimation of the TEQ value cannot be excluded even if high correction factors are used.

Satisfactory estimation of TEQ values of the 12 dioxin-like PCBs (WHO-PCBs) for all PCB sources were only obtained using the dioxin-like PCB # 118 as a guide parameter.

Anhang A
(Tabellen)

Tab. A.01: Zusammenstellung der Probenahmeorte und PCB-Quellen

Proben-Nr.	Probenahmeort			PCB-Primärquellen			
	Gebäude			Hauptquelle		zusätzliche Quellen	
	Nr.	Art	Raum	Art	PCB-Typ	Art	PCB-Typ
P 01	1	Grundschule	Turnhalle	Wilhelmi-Decke	A60		
P 02	2	Berufsschule	Verwaltungsraum		A60		
P 03			Aufenthaltsraum		A60		
P 04			Verwaltungsraum		A60		
P 05	3	Realschule	Unterrichtsraum		A60		
P 06			Unterrichtsraum		A60		
P 07			Unterrichtsraum		A60		
P 08			Unterrichtsraum		A60		
P 09			Lehrerzimmer		A60		
P 10			Unterrichtsraum		A60		
P 11			Unterrichtsraum		A60		
P 12			Unterrichtsraum		A60		
P 13			Unterrichtsraum		A60		
P 14	4	Feuerwache	Werkstatt	Bodenfarbe	A60		
P 15			KFZ-Halle rechts		A60		
P 16	5	Hauptschule	Flurbereich	Wandfarbe	A60		
P 17	6	Realschule	Unterrichtsraum	Wandfarbe	A60	Dichtungsmassen in Außenfugen	A50
P 18			Unterrichtsraum		A60		A50
P 19			Unterrichtsraum		A60		A50
P 20			Unterrichtsraum		A60		A50
P 21			Unterrichtsraum		A60		A50
P 22			Unterrichtsraum		A60		A50
P 23			Unterrichtsraum		A60		A50
P 24			Unterrichtsraum		A60		A50
P 25			Unterrichtsraum		A60		A50
P 26			Unterrichtsraum		A60		A50
P 27	Unterrichtsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A50				
P 28	Unterrichtsraum		A50				
P 29	Lehrerzimmer		A50				
P 30	Verwaltungsraum		A50				
P 31	7	Gymnasium	Unterrichtsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A50	Dichtungsmassen in Außenfugen	A40
P 32			Unterrichtsraum		A50		A40

Tab. A.01 (Forts.): Zusammenstellung der Probenahmeorte und PCB-Quellen

Proben-Nr.	Probenahmeort			PCB-Primärquellen			
	Gebäude			Hauptquelle		zusätzliche Quellen	
	Nr.	Art	Raum	Art	PCB-Typ	Art	PCB-Typ
P 33	8	Gymnasium	Umkleideraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A50	Dichtungsmassen in Außenfugen	A40
P 34			Turnhalle		A50		A40
P 35			Geräteraum		A50		A40
P 36			Geräteraum		A50		A40
P 37	9	Musikschule	Unterrichtsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A50	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40
P 38			Unterrichtsraum		A50		A40
P 39			Unterrichtsraum		A50		A40
P 40			Unterrichtsraum		A50		A40
P 41	10	Begegnungsstätte	Aufenthaltsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A50	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40
P 42			Aufenthaltsraum		A50		A40
P 43			Aufenthaltsraum		A50		A40
P 44	11	Sporthalle	Sanitätsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A50	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40
P 45			Sanitätsraum		A50		A40
P 46	12	Friedhofsgebäude	Geräteraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40		
P 47			Geräteraum		A40		
P 48	13	Hauptschule	Unterrichtsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40		
P 49	14	Grundschule	Unterrichtsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40		
P 50			Unterrichtsraum		A40		
P 51	15	Grundschule	Unterrichtsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40		
P 52	16	Rathaus	Verwaltungsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40		
P 53			Verwaltungsraum		A40		
P 54			Verwaltungsraum		A40		
P 55			Verwaltungsraum		A40		
P 56			Verwaltungsraum		A40		
P 57			Verwaltungsraum		A40		
P 58			Verwaltungsraum		A40		
P 59	17	Berufsschule	Unterrichtsraum	Dichtungsmassen in Innenfugen	A40	Dichtungsmassen in Innenfugen	A50
P 60			Unterrichtsraum		A40		A50
P 61			Unterrichtsraum		A40		
P 62			Unterrichtsraum		A40		

Tab. A.02: Angaben zur Probenahme

Proben-Nr.	Gebäude-Nr.	Probenahmetermin			Außentemp. [°C]	Raumtemp. [°C]	Proben-volumen [m³]	
		Datum	Beginn	Ende				
P 01	1	14.08.2003	16:33	00:33	16-25	22-27	23,22	
P 02	2	07.08.2003	14:10	22:30	24-34	27-29	30,21	
P 03		07.08.2003	14:00	22:30	24-34	27-29	31,04	
P 04		07.08.2003	15:45	22:30	24-34	27-29	21,03	
P 05	3	08.08.2003	13:01	22:17	24-34	27-30	26,92	
P 06		08.08.2003	13:15	22:20	24-34	27-30	25,08	
P 07		08.08.2003	13:20	23:00	24-34	26-29	25,60	
P 08		08./09.08.2003	17:23	07:00	24-34	26-29	37,58	
P 09		08./09.08.2003	18:11	07:00	24-34	24-28	32,21	
P 10		08.08.2003	13:39	22:58	24-34	26-29	22,85	
P 11		08.08.2003	13:04	21:26	24-34	27-30	22,41	
P 12		24./25.10.2003	13:10	01:10	2-4	17 - 19	35,08	
P 13		24./25.10.2003	13:15	01:15	2-4	19 - 20	34,08	
P 14		4	05.08.2003	11:00	19:30	26-30	28-31	23,55
P 15			05.08.2003	11:42	19:20	26-30	28-30	21,49
P 16	5	04./05.08.2003	19:15	03:00	20-28	25-30	22,03	
P 17	6	06.08.2003	14:00	22:45	23-30	25-32	23,19	
P 18		06.08.2003	14:05	22:40	23-30	25-33	22,98	
P 19		06.08.2003	14:10	23:05	23-30	25-32	25,01	
P 20		07.08.2003	13:05	20:32	30-36	31-37	21,73	
P 21		07.08.2003	13:00	21:37	30-36	32-37	24,56	
P 22		07.08.2003	13:08	21:15	30-36	31-36	23,11	
P 23		03.10.2003	10:30	20:55	13-16	20-21	29,49	
P 24		03./04.10.2003	10:21	16:58	10-16	18-21	86,14	
P 25		03./04.10.2003	10:05	17:24	10-16	18-21	88,54	
P 26		03./04.10.2003	19:15	12:34	10-16	19-21	48,06	
P 27		03./04.10.2003	09:30	16:32	10-16	18-21	85,98	
P 28		03./04.10.2003	21:15	15:42	10-16	19-21	51,95	
P 29		03./04.10.2003	21:22	15:54	10-16	18-20	51,98	
P 30		03./04.10.2003	21:30	15:26	10-16	18-21	49,50	
P 31	7	12.08.2003	11:05	20:37	29-33	26-30	26,34	
P 32		12.08.2003	11:39	20:10	29-33	26-30	23,33	
P 33	8	12.08.2003	09:06	17:18	25-32	26-30	22,65	
P 34		12.08.2003	09:00	17:31	25-32	26-29	23,76	
P 35		12.08.2003	09:24	17:42	25-32	26-30	22,65	
P 36		12.08.2003	09:12	17:53	25-32	26-30	25,40	

Tab. A.02 (Forts.): Angaben zur Probenahme

Proben-Nr.	Gebäude-Nr.	Probenahmetermin			Außentemp. [°C]	Raumtemp. [°C]	Proben-volumen [m³]
		Datum	Beginn	Ende			
P 37	9	28.08.2003	11:00	19:34	20-23	23-24	23,71
P 38		28.08.2003	11:23	19:00	20-23	23-24	21,08
P 39		07./08.10.2003	09:52	00:00	6-11	18-20	39,55
P 40		07./08.10.2003	10:13	06:30	6-11	18-19	54,82
P 41	10	07./08.10.2003	10:45	06:45	6-11	19-21	53,01
P 42		07./08.10.2003	13:05	06:05	6-11	19-21	47,99
P 43		07./08.10.2003	13:23	07:08	6-11	18-21	49,86
P 44	11	13.08.2003	13:12	00:00	22-30	29-35	30,25
P 45		13.08.2003	13:41	00:00	22-30	29-35	27,35
P 46	12	11.08.2003	06:30	14:31	18-33	24-30	21,40
P 47		11.08.2003	06:30	14:43	18-33	24-30	22,70
P 48	13	28.08.2003	12:20	21:46	17-24	22-24	24,19
P 49	14	28.08.2003	15:05	23:34	17-24	23-25	22,98
P 50		28.08.2003	15:08	23:52	17-24	22-25	24,01
P 51	15	28.08.2003	15:25	23:10	17-24	22-24	21,11
P 52	16	22./23.08.2003	16:38	04:45	20-24	22-24	36,25
P 53		22./23.08.2003	16:58	04:58	20-24	23-24	36,11
P 54		22./23.08.2003	16:33	18:05	20-24	22-24	69,55
P 55		22./23.08.2003	16:45	17:55	20-24	22-24	67,15
P 56		22./23.08.2003	17:32	16:45	20-24	23-25	62,77
P 57		22./23.08.2003	16:52	04:53	20-24	23-25	32,21
P 58		22./23.08.2003	17:15	05:00	20-24	22-25	31,80
P 59		17	11.08.2003	15:03	00:00	23-34	30
P 60	11.08.2003		15:12	00:00	23-34	30	24,00
P 61	08./09.10.2003		17:22	07:00	9-11	19-21	36,81
P 62	08./09.10.2003		18:51	07:00	9-11	19-21	33,54

Tab. A.03: Angaben zur Luftwechselrate

Proben-Nr.	Gebäude-Nr.	Gebäude	Probenahmeort	Raumvolumen	Raumfläche	Luftwechselrate
P 01	1	Grundschule	Turnhalle	2400	400	0,94 (+/-0,13)
P 02	2	Berufsschule	Verwaltungsraum	180	60	0,97 (+/-0,14)
P 03			Aufenthaltsraum	180	60	0,40 (+/-0,10)
P 04			Verwaltungsraum	180	60	0,03 (+/-0,10)
P 05	3	Realschule	Unterrichtsraum	270	60	0,17 (+/-0,01)
P 06			Unterrichtsraum	360	80	0,18 (+/-0,01)
P 07			Unterrichtsraum	225	50	0,32 (+/-0,03)
P 08			Lehrerzimmer	315	70	0,50 (+/-0,00)
P 09			Unterrichtsraum	405	90	0,18 (+/-0,01)
P 10			Unterrichtsraum	315	70	0,32 (+/-0,04)
P 11			Unterrichtsraum	210	70	0,51 (+/-0,00)
P 12			Unterrichtsraum	210	70	0,43 (+/-0,01)
P 13			4	Feuerwache	Werkstatt	50
P 14	KFZ-Halle rechts	1344	336		0,31 (+/-0,04)	
P 15	5	Hauptschule	Flurbereich	370	115	0,54 (+/0,08)
P 16	6	Realschule	Unterrichtsraum	240	80	0,10 (+/-0,03)
P 17			Unterrichtsraum	240	80	0,46 (+/-0,02)
P 18			Unterrichtsraum	240	80	0,04 (+/-0,12)
P 19			Unterrichtsraum	240	80	0,03 (+/-0,08)
P 20			Unterrichtsraum	240	80	0,09 (+/-0,01)
P 21			Unterrichtsraum	168	56	0,24 (+/-0,04)
P 22			Unterrichtsraum	245	70	0,11 (+/-0,01)
P 23			Unterrichtsraum	245	70	0,57 (+/-0,04)
P 24			Unterrichtsraum	175	50	n.b.
P 25			Unterrichtsraum	245	70	0,15 (+/-0,01)
P 26			Unterrichtsraum	245	70	0,75 (+/-0,02)
P 27			Unterrichtsraum	245	70	0,57 (+/-0,02)
P 28			Lehrerzimmer	280	80	0,11 (+/-0,01)
P 29			Verwaltungsraum	70	20	0,23 (+/-0,01)
P 30	7	Gymnasium	Unterrichtsraum	510	170	0,34 (+/-0,02)
P 31			8	Gymnasium	Umkleideraum	45
P 32	Turnhalle	1960	280		0,48 (+/-0,18)	
P 33	Geräteraum	36	12		0,97 (+/-0,05)	
P 34						
P 35						
P 36						

Tab. A.03 (Forts.): Angaben zur Luftwechselrate

Proben-Nr.	Gebäude-Nr.	Gebäude	Probenahmeort	Raumvolumen	Raumfläche	Luftwechselrate
P 37	9	Musikschule	Unterrichtsraum	45	15	0,9 (+/-0,03)
P 38			Unterrichtsraum	45	15	1,47 (+/-0,23)
P 39			Unterrichtsraum	90	30	0,17 (+/-0,01)
P 40			Unterrichtsraum	135	45	0,36 (+/-0,05)
P 41	10	Begegnungsstätte	Aufenthaltsraum	300	100	0,36 (+/-0,07)
P 42			Aufenthaltsraum	30	10	1,12 (+/-0,03)
P 43			Aufenthaltsraum	180	60	0,18 (+/-0,07)
P 44	11	Sporthalle	Sanitätsraum	48	16	1,44 (+/-0,04)
P 45						
P 46	12	Friedhofsgebäude	Geräteraum	40	18	0,2 (+/-0,01)
P 47						
P 48	13	Hauptschule	Unterrichtsraum	210	70	0,87 (+/-0,19)
P 49	14	Grundschule	Unterrichtsraum	240	80	0,37 (+/-0,09)
P 50			Unterrichtsraum	240	70	0,37 (+/-0,08)
P 51	15	Grundschule	Unterrichtsraum	210	70	0,06 (+/-0,02)
P 52	16	Rathaus	Verwaltungsraum	60	20	0,71 (+/-0,04)
P 53			Verwaltungsraum	36	12	1,08 (+/-0,03)
P 54			Verwaltungsraum	60	20	0,047 (+/-0,03)
P 55			Verwaltungsraum	75	25	0,56 (+/-0,04)
P 56			Verwaltungsraum	45	15	0,77 (+/-0,03)
P 57			Verwaltungsraum	45	15	1,01 (+/-0,06)
P 58			Verwaltungsraum	45	15	1,01 (+/-0,06)
P 59	17	Berufsschule	Unterrichtsraum	270	60	0,11 (+/-0,05)
P 60			Unterrichtsraum	270	60	0,11 (+/-0,01)
P 61			Unterrichtsraum	150	50	0,70 (+/-0,18)
P 62			Unterrichtsraum	240	80	0,11 (+/-0,02)

Tab. A.04: Übersicht über die zur PCB-Analyse eingesetzten isotopenmarkierten Standards

PCB-Kongener		Interner $^{13}\text{C}_{12}$ -markierter PCB Standard ^a	WHO-TEF (1998)
Chlorsubstitutionsmuster	IUPAC Nummer		
Dioxin-ähnliche PCB			
3,4,4',5-Tetrachlorbiphenyl	PCB 81	$^{13}\text{C}_{12}$ -3,4,4',5-Tetrachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 81)	0,0001
3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl	PCB 77	$^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 77)	0,0001
2',3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl	PCB 123 ^c	$^{13}\text{C}_{12}$ -2',3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 123)	0,0001
2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl	PCB 118	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 118)	0,0001
2,3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl	PCB 114	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 114)	0,0005
2,3,3',4,4'-Pentachlorbiphenyl	PCB 105	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4,4'-Pentachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 105)	0,0001
3,3',4,4',5,-Pentachlorbiphenyl	PCB 126	$^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4,4',5,-Pentachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 126)	0,1
2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl	PCB 167	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 167)	0,00001
2,3,3',4,4',5-Hexachlorbiphenyl	PCB 156	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4,4',5-Hexachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 156)	0,0005
2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl	PCB 157	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 157)	0,0005
3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl	PCB 169	$^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 169)	0,01
2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl	PCB 189	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 189)	0,0001
Indikator PCB			
2,4,4'-Trichlorbiphenyl	PCB 28	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,4,4'-Trichlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 28)	---
2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl	PCB 52	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 52)	---
2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl	PCB 101	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 101)	---
2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl	PCB 138	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 138)	---
2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl	PCB 153	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 153)	---
2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl	PCB 180	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 180)	---
Hauptkomponenten			
2,2',3-Trichlorbiphenyl	PCB 17	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3-Trichlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 28)	--
2,2',5-Trichlorbiphenyl	PCB 18	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,4,4'-Trichlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 28)	---
2,3,3'-Trichlorbiphenyl	PCB 20	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3'-Trichlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 28)	---
2,4',5-Trichlorbiphenyl	PCB 31	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,4,4'-Trichlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 28)	---
2,4',6-Trichlorbiphenyl	PCB 32	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,4',6-Trichlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 28)	---
2,2',3,5'-Tetrachlorbiphenyl	PCB 44	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,5-Tetrachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 52)	---
2,2',4,5'-Tetrachlorbiphenyl	PCB 49	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 52)	---
2,3,4',5-Tetrachlorbiphenyl	PCB 63	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4',5-Tetrachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 52)	---
2,3',4',5-Tetrachlorbiphenyl	PCB 70	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3',4',5-Tetrachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 52)	---
2,3,3',4',6-Pentachlorbiphenyl	PCB 110	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4',6-Pentachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 101)	---
2,2',3,4',5',6-Hexachlorbiphenyl	PCB 149	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4',5',6-Hexachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 101)	---
2,2',3,5,5',6-Hexachlorbiphenyl	PCB 151	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,5,5',6-Hexachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 101)	--
2,2',3,3',4,4',5-Heptachlorbiphenyl	PCB 170	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,3',4,4',5-Heptachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 180)	--
2,2',3,3',4,5,6'-Heptachlorbiphenyl	PCB 174	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,3',4,5,6'-Heptachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 180)	---
2,2',3,4',5,5',6-Heptachlorbiphenyl	PCB 187	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4',5,5',6-Heptachlorbiphenyl ($^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 180)	---
Spikestandard ^b	PCB 47	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl	---
Wiederfindungsstandard ^c	PCB 141	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4,5,5'-Hexachlorbiphenyl	---

a Zur Quantifizierung der nativen PCB in der Probe eingesetzte Standards

b Spikestandard

c Zur Bestimmung der Wiederfindung der internen Standards eingesetzte Standards

Tab. A.05: HRGC/HRMS-Bedingungen zur Analyse der Raumluftproben auf PCB

Kapillargaschromatograph, Hewlett Packard 5890	
Injektion:	PTV injektion, 2 µl Injektionsvolumen, Lösemittel: Toluol
GC-Säule:	HT-5, SGE Corp., 25 m x 0,22 mm ID, Filmdicke: 0,10 µm
Trägergas:	Helium
Temperaturprogramm:	4 min 100 °C isotherm, mit 30 °C/min auf 143 °C, 1 min bei 143 °C isotherm, mit 1,5 °C/min auf 200 °C, 5 °C/min auf 280 °C, bei 9 min 280 °C isotherm
Hochauflösendes Massenspektrometer, VG-AutoSpec	
Transfer-line:	320 °C
Quelltemperatur:	300 °C
Ionisation:	EI positiv, Elektronenenergie: 34 eV
Referenzsubstanz:	PFK (Perfluorkerosin)
Auflösung:	> 9000
Modus:	SIM, Detektion von 2 - 3 Massen des Molekoionen- clusters; Setzen von Zeitfenstern

Tab. A.06: Übersicht über die zur PCDD/F-Analyse eingesetzten isotoopenmarkierten Standards

PCDD/F Parameter	Interner $^{13}\text{C}_{12}$ -markierter PCDD/F Standard ^b	WHO-TEF (1998)
PCDF		
2,3,7,8-TetraCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	0,1
1,2,3,7,8-PentaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	0,05
2,3,4,7,8-PentaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	0,5
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	0,1
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	0,1
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	0,1
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	0,01
OctaCDF	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran	0,0001
PCDD		
2,3,7,8-TetraCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin	1,0
1,2,3,7,8-PentaCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin	1,0
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	0,1
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	0,1
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin	0,01
OctaCDD	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzo-p-dioxin	0,0001
Wiederfindungsstandard ^c		
	$^{13}\text{C}_6$ -1,2,3,4-TetraCDD	---
	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8,9-HexaCDD	---

a Spikestandard

b Zur Quantifizierung der nativen PCDD/F in der Probe eingesetzte Standards

c Zur Bestimmung der Wiederfindung der internen Standards eingesetzte Standards

Tab. A.07: HRGC/HRMS-Bedingungen zur Analyse einiger Raumlufthproben auf PCDD/F

Kapillargaschromatograph, Hewlett Packard 5890	
Injektion:	PTV injektion, 5 µl Injektionsvolumen, Lösemittel: Toluol
GC-Säule:	SP 2331 Supelco, 60 m x 0,25 mm ID, Filmdicke: 0,25 µm
Trägergas:	Helium
Temperaturprogramm:	1 min 120 °C isotherm, mit 30 °C/min auf 210 °C, mit 2 °C/min auf 240 °C, mit 30 °C/min auf 270 °C, 25 min 270 °C isotherm
Hochauflösendes Massenspektrometer, VG-AutoSpec	
Transfer-line:	270 °C
Quellentemperatur:	300 °C
Ionisation:	EI positiv, Elektronenenergie: 34 eV
Referenzsubstanz:	PFK (Perfluorkerosin)
Auflösung:	> 9000
Modus:	SIM, Detektion von 2 Massen des Molekionenclusters, Setzen von Zeitfenstern

Tab. A.08: Ergebnisse der Analyse von Methodenblindwerten auf PCB; Angaben bezogen auf ein hypothetisches Probenvolumen von 30 m³

Probenbezeichnung Labor-Nr.	MB P01 3N225019	MB P02 3N225029	MB P03 3N225039	MB P04 3N225048
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	0,096	0,047	0,035	0,049
PCB 52	0,127	0,043	0,035	0,125
PCB 101	< 0,02	0,021	< 0,02	0,307
PCB 153	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,232
PCB 138	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,156
PCB 180	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,048
Hauptkomponenten				
PCB 17	0,032	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 18	0,038	0,035	0,026	0,05
PCB 20	0,045	0,026	0,022	0,028
PCB 31	0,13	0,043	0,029	0,062
PCB 32	0,031	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 44	0,071	0,027	< 0,02	0,042
PCB 49	0,064	0,022	< 0,02	0,038
PCB 63	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 70	0,051	0,027	0,024	0,043
PCB 110	< 0,02	0,022	< 0,02	0,179
PCB 149	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,209
PCB 151	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,06
PCB 170	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,022
PCB 174	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,049
PCB 187	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,043
WHO-PCB				
PCB 77	0,095	0,039	0,022	0,005
PCB 81	0,009	0,005	0,002	< 0,001
PCB 126	0,001	0,0006	0,0006	< 0,0005
PCB 169	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001
PCB 105	0,201	0,043	0,083	0,012
PCB 114	0,03	0,004	0,004	< 0,002
PCB 118	0,861	0,239	0,977	0,084
PCB 123	0,023	0,003	0,003	< 0,002
PCB 156	0,044	0,015	0,091	0,012
PCB 157	0,005	< 0,002	0,008	< 0,002
PCB 167	0,029	0,008	0,062	0,007
PCB 189	0,005	< 0,002	0,003	< 0,002
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	0,13	0,06	0,04	0,87
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	0,21	0,12	0,12	0,87
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	0,63	0,32	0,18	4,34
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	1,03	0,62	0,58	4,34
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0003	0,0001	0,0002	0,00002
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0003	0,0001	0,0002	0,00008
¹³ C ₁₂ -TetraCB 47	99,1	113	110	110

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

ND : Nicht bestimmt, da alle Kongenere unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.09: Ergebnisse der Analyse von Feldblindwerten auf PCB; Angaben bezogen auf ein hypothetisches Probenvolumen von 30 m³

Probenbezeichnung Labor-Nr.	FB P01 3N225020	FB P02 3N225030	FB P03 3N262810
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB			
PCB 28	0,064	< 0,04	0,015
PCB 52	0,061	0,067	0,015
PCB 101	0,033	0,175	0,012
PCB 153	0,027	0,11	0,015
PCB 138	< 0,02	0,072	0,012
PCB 180	< 0,02	< 0,04	0,010
Hauptkomponenten			
PCB 17	0,023	< 0,04	< 0,005
PCB 18	0,062	< 0,04	0,012
PCB 20	0,04	< 0,04	0,008
PCB 31	0,07	0,043	0,015
PCB 32	0,021	< 0,04	< 0,005
PCB 44	0,034	< 0,04	0,010
PCB 49	0,032	< 0,04	0,008
PCB 63	< 0,02	< 0,04	< 0,005
PCB 70	0,042	< 0,04	0,012
PCB 110	0,026	0,095	0,010
PCB 149	0,02	0,079	0,010
PCB 151	< 0,02	< 0,04	< 0,005
PCB 170	< 0,02	< 0,04	0,005
PCB 174	< 0,02	< 0,04	0,005
PCB 187	< 0,02	< 0,04	< 0,005
WHO-PCB			
PCB 77	0,01	< 0,004	< 0,0005
PCB 81	0,001	< 0,002	< 0,0002
PCB 126	0,0005	< 0,001	< 0,00012
PCB 169	< 0,001	< 0,002	< 0,0002
PCB 105	0,019	< 0,02	< 0,002
PCB 114	0,003	< 0,004	< 0,0005
PCB 118	0,084	< 0,04	0,005
PCB 123	< 0,002	< 0,004	< 0,0005
PCB 156	0,007	< 0,004	0,002
PCB 157	< 0,002	< 0,004	< 0,0005
PCB 167	0,004	< 0,004	0,001
PCB 189	0,002	< 0,004	< 0,0005
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	0,12	0,42	0,07
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	0,16	0,46	0,07
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	0,6	2,12	0,32
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	0,8	2,32	0,32
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,00007	ND	0,000015
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,00008	0,0001	0,000017
¹³ C ₁₂ -TetraCB 47	90,9	105	106

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

ND : Nicht bestimmt, da alle Kongenere unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.09 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Feldblindwerten auf PCB; Angaben bezogen auf ein hypothetisches Probenvolumen von 30 m³

Probenbezeichnung Labor-Nr.	FB P04 3N262820	FB P05 3N262811	FB P06 3N262834
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB			
PCB 28	0,098	0,253	0,222
PCB 52	0,095	0,303	0,298
PCB 101	0,027	0,043	0,033
PCB 153	0,005	0,013	0,008
PCB 138	< 0,005	0,010	0,007
PCB 180	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Hauptkomponenten			
PCB 17	0,007	0,077	0,065
PCB 18	0,015	0,278	0,227
PCB 20	0,060	0,133	0,117
PCB 31	0,097	0,310	0,292
PCB 32	0,007	0,073	0,065
PCB 44	0,078	0,173	0,165
PCB 49	0,073	0,190	0,192
PCB 63	0,012	0,008	0,008
PCB 70	0,282	0,130	0,125
PCB 110	0,050	0,032	0,022
PCB 149	< 0,005	0,013	0,008
PCB 151	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 170	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 174	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 187	< 0,005	< 0,005	< 0,005
WHO-PCB			
PCB 77	0,008	0,002	< 0,0007
PCB 81	< 0,0007	< 0,0002	< 0,0008
PCB 126	< 0,00012	< 0,00012	< 0,0002
PCB 169	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
PCB 105	0,015	0,005	0,003
PCB 114	0,0005	< 0,0005	< 0,0005
PCB 118	0,028	0,012	0,007
PCB 123	0,0013	< 0,0005	< 0,0005
PCB 156	< 0,0005	0,001	0,001
PCB 157	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
PCB 167	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
PCB 189	< 0,0007	< 0,0005	< 0,0013
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	0,13	0,37	0,35
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	0,13	0,37	0,35
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	0,63	1,85	1,73
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	0,68	1,87	1,75
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,000005	0,000002	0,000001
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,000017	0,000017	0,00003
¹³ C ₁₂ -TetraCB 47	126	97,7	104

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

ND : Nicht bestimmt, da alle Kongenere unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab A.10: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 01 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen

	Probe P 05	Probe P 06	Mittelwert	Standard- abweichung (σ)
Primärquelle	Deckenplatten			
PCB-Typ	A60			
zusätzliche Quellen	keine			
PCB-Typ				
Dimension	ng/m ³			
6 Indikator PCB				
PCB 28	17,5	20,5	19,0	1,50
PCB 52	81,3	95,7	88,5	7,20
PCB 101	416	535	476	59,5
PCB 153	347	467	407	60,0
PCB 138	243	303	273	30,0
PCB 180	65,6	80,5	73,1	7,45
Hauptkomponenten				
PCB 17	5,97	7,97	6,97	1,00
PCB 18	13,9	16,9	15,4	1,50
PCB 20	12,0	15,1	13,6	1,55
PCB 31	17,3	19,7	18,5	1,20
PCB 32	4,59	5,06	4,83	0,24
PCB 44	6,10	6,81	6,46	0,35
PCB 49	5,63	5,49	5,56	0,07
PCB 63	17,9	17,4	17,7	0,25
PCB 70	11,8	13,6	12,7	0,90
PCB 110	276	276	276	< 1,0
PCB 149	339	371	355	16,0
PCB 151	78,9	111	95,0	16,1
PCB 170	30,9	25,6	28,3	2,65
PCB 174	64,4	55,7	60,1	4,35
PCB 187	52,5	74,9	63,7	11,2
WHO-PCB				
PCB 77	0,370	0,448	0,409	0,039
PCB 81	0,020	0,018	0,019	0,001
PCB 126	0,020	0,017	0,019	0,001
PCB 169	0,001	0,008	0,005	0,004
PCB 105	9,29	6,91	8,10	1,19
PCB 114	0,459	0,653	0,556	0,097
PCB 118	87,6	97,8	92,7	5,10
PCB 123	0,087	0,112	0,100	0,012
PCB 156	14,0	16,4	15,2	1,20
PCB 157	1,16	1,36	1,26	0,100
PCB 167	7,78	9,00	8,39	0,610
PCB 189	0,739	0,719	0,729	0,010
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	1.170	1.500	1.335	165
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	1.170	1.500	1.335	165
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	5.850	7.510	6.680	830
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	5.850	7.510	6.680	830
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0195	0,0212	0,0204	0,0008
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0197	0,0217	0,0207	0,0010

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}}$$

Tab A.11: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 02 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen

	Probe P 31	Probe P 32	Mittelwert	Standardabweichung (σ)
Primärquelle	Dichtungsmassen			
PCB-Typ	A50			
zusätzliche Quellen	Dichtungsmassen in Außenfugen			
PCB-Typ	A40			
Dimension	ng/m ³			
6 Indikator PCB				
PCB 28	267	312	290	22,5
PCB 52	381	501	441	60,0
PCB 101	34,2	42,6	38,4	4,20
PCB 153	3,7	4,77	4,24	0,54
PCB 138	2,64	3,58	3,11	0,47
PCB 180	0,473	0,583	0,53	0,05
Hauptkomponenten				
PCB 17	60,1	59,2	59,7	0,45
PCB 18	271	337	304	33,0
PCB 20	104	122	113	9,00
PCB 31	382	446	414	32,0
PCB 32	82,9	87,6	85,3	2,35
PCB 44	192	263	228	35,5
PCB 49	197	270	234	36,5
PCB 63	11,5	10,5	11,0	0,50
PCB 70	177	223	200	23,0
PCB 110	26,5	29,1	27,8	1,30
PCB 149	3,59	3,17	3,38	0,21
PCB 151	0,884	0,862	0,87	0,01
PCB 170	0,176	0,206	0,19	0,01
PCB 174	0,431	0,461	0,45	0,02
PCB 187	0,456	0,628	0,54	0,09
WHO-PCB				
PCB 77	1,15	1,30	1,23	0,075
PCB 81	0,039	0,040	0,040	0,001
PCB 126	0,006	0,008	0,007	0,001
PCB 169	0,001	0,009	0,005	0,004
PCB 105	2,77	3,12	2,95	0,175
PCB 114	0,298	0,309	0,304	0,005
PCB 118	9,76	9,66	9,71	0,050
PCB 123	0,219	0,240	0,230	0,011
PCB 156	0,317	0,239	0,278	0,039
PCB 157	0,041	0,036	0,039	0,002
PCB 167	0,185	0,134	0,160	0,026
PCB 189	0,014	0,017	0,016	0,002
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	689	864	777	87,50
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	689	864	777	87,50
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	3.450	4.320	3.885	435
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	3.450	4.320	3.885	435
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0024	0,0017	0,0021	0,0004
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0024	0,0026	0,0025	0,0001

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}}$$

Tab A.12: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 03 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen

	Probe P 35	Probe P 36	Mittelwert	Standardabweichung (σ)
Primärquelle	Dichtungsmassen			
PCB-Typ	A50			
zusätzliche Quellen	Dichtungsmassen in Außenfugen			
PCB-Typ	A40			
Dimension	ng/m ³			
6 Indikator PCB				
PCB 28	1.360	1.100	1.230	130
PCB 52	1.500	1.270	1.385	115
PCB 101	97,8	87,1	92,5	5,35
PCB 153	9,4	6,73	8,07	1,33
PCB 138	6,37	4,75	5,56	0,81
PCB 180	1,12	0,794	0,96	0,16
Hauptkomponenten				
PCB 17	489	380	435	54,5
PCB 18	1.940	1.550	1.745	195
PCB 20	628	538	583	45,0
PCB 31	1.910	1.500	1.705	205
PCB 32	533	315	424	109
PCB 44	791	696	744	47,5
PCB 49	922	788	855	67,0
PCB 63	26,9	25,7	26,3	0,60
PCB 70	491	447	469	22,0
PCB 110	56,7	60,1	58,4	1,70
PCB 149	7,70	6,69	7,20	0,51
PCB 151	2,00	1,79	1,90	0,11
PCB 170	0,284	0,294	0,29	0,00
PCB 174	0,901	0,622	0,76	0,14
PCB 187	1,29	0,825	1,06	0,23
WHO-PCB				
PCB 77	3,41	3,08	3,25	0,165
PCB 81	0,150	0,175	0,163	0,013
PCB 126	0,012	0,012	0,012	0,000
PCB 169	0,011	0,008	0,010	0,002
PCB 105	7,38	6,40	6,89	0,490
PCB 114	1,16	0,912	1,036	0,124
PCB 118	22,7	19,0	20,9	1,85
PCB 123	0,852	0,676	0,764	0,088
PCB 156	0,367	0,242	0,305	0,063
PCB 157	0,049	0,043	0,046	0,003
PCB 167	0,205	0,130	0,168	0,038
PCB 189	0,024	0,016	0,020	0,004
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	2.970	2.470	2.720	250
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	2.970	2.470	2.720	250
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	14.900	12.400	13.650	1.250
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	14.900	12.400	13.650	1.250
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0042	0,0035	0,0039	0,0003
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0055	0,0049	0,0052	0,0003

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}}$$

Tab A.13: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 04 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen

	Probe P 44	Probe P 45	Mittelwert	Standardabweichung (σ)
Primärquelle	Dichtungsmassen			
PCB-Typ	A50			
zusätzliche Quellen	sekundär-kontaminierte Anstriche			
PCB-Typ	A40			
Dimension	ng/m ³			
6 Indikator PCB				
PCB 28	616	684	650	34,0
PCB 52	1.730	1.910	1.820	90,0
PCB 101	413	432	423	9,50
PCB 153	31,8	32,6	32,2	0,40
PCB 138	21,4	24,6	23,0	1,60
PCB 180	1,99	2,86	2,43	0,44
Hauptkomponenten				
PCB 17	98,8	105	102	3,10
PCB 18	411	414	413	1,50
PCB 20	347	383	365	18,0
PCB 31	898	978	938	40,0
PCB 32	147	101	124	23,0
PCB 44	939	1040	990	50,5
PCB 49	815	926	871	55,5
PCB 63	58,2	71,8	65,0	6,80
PCB 70	993	1150	1.072	78,5
PCB 110	262	296	279	17,0
PCB 149	32,1	40,1	36,1	4,00
PCB 151	8,02	10,9	9,46	1,44
PCB 170	0,694	1,04	0,87	0,17
PCB 174	1,71	1,88	1,80	0,08
PCB 187	1,97	2,44	2,21	0,24
WHO-PCB				
PCB 77	8,29	11,1	9,70	1,41
PCB 81	0,656	0,689	0,673	0,017
PCB 126	0,016	0,019	0,018	0,001
PCB 169	0,012	0,007	0,010	0,003
PCB 105	22,9	30,6	26,8	3,85
PCB 114	2,570	2,98	2,78	0,205
PCB 118	67,8	95,4	81,6	13,8
PCB 123	1,92	2,22	2,07	0,150
PCB 156	0,861	1,14	1,00	0,140
PCB 157	0,148	0,209	0,179	0,031
PCB 167	0,388	0,572	0,480	0,092
PCB 189	0,024	0,025	0,025	0,001
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	2.820	3.090	2.955	135
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	2.820	3.090	2.955	135
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	14.100	15.500	14.800	700
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	14.100	15.500	14.800	700
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,012	0,0162	0,0141	0,0021
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0136	0,0182	0,0159	0,0023

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}}$$

Tab A.14: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 05 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen

	Probe P 46	Probe P 47	Mittelwert	Standardabweichung (σ)
Primärquelle	Dichtungsmassen			
PCB-Typ	A40			
zusätzliche Quellen	keine			
PCB-Typ				
Dimension	ng/m ³			
6 Indikator PCB				
PCB 28	980	787	884	96,5
PCB 52	1.400	1.180	1.290	110
PCB 101	79,6	64,6	72,1	7,50
PCB 153	11,4	7,85	9,63	1,78
PCB 138	7,6	5,67	6,64	0,96
PCB 180	1,88	1,56	1,72	0,16
Hauptkomponenten				
PCB 17	236	171	204	32,5
PCB 18	991	712	852	140
PCB 20	513	397	455	58,0
PCB 31	1.460	1.110	1.285	175
PCB 32	313	159	236	77,0
PCB 44	800	696	748	52,0
PCB 49	870	765	818	52,5
PCB 63	29,1	29,4	29,3	0,15
PCB 70	485	443	464	21,0
PCB 110	44,1	38,2	41,2	2,95
PCB 149	8,95	7,54	8,25	0,71
PCB 151	2,49	2,13	2,31	0,18
PCB 170	0,655	0,514	0,58	0,07
PCB 174	1,46	0,99	1,23	0,23
PCB 187	1,75	1,38	1,57	0,19
WHO-PCB				
PCB 77	2,57	2,38	2,48	0,095
PCB 81	0,232	0,212	0,222	0,010
PCB 126	0,015	0,013	0,014	0,001
PCB 169	0,012	0,009	0,011	0,002
PCB 105	4,47	3,66	4,07	0,405
PCB 114	0,720	0,547	0,634	0,087
PCB 118	13,7	11,3	12,5	1,20
PCB 123	0,534	0,388	0,461	0,073
PCB 156	0,359	0,296	0,328	0,031
PCB 157	0,025	0,032	0,029	0,004
PCB 167	0,256	0,200	0,228	0,028
PCB 189	0,023	0,023	0,023	< 0,001
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	2.480	2.050	2.265	215
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	2.480	2.050	2.265	215
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	12.400	10.200	11.300	1.100
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	12.400	10.200	11.300	1.100
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0042	0,0035	0,0039	0,0003
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0044	0,0036	0,0040	0,0004

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}}$$

Tab A.15: Einzelergebnisse der PCB-Doppelbestimmung 06 sowie Mittelwerte und Standardabweichungen

	Probe P 54	Probe P 55	Mittelwert	Standardabweichung (σ)
Primärquelle	Dichtungsmassen			
PCB-Typ	A40			
zusätzliche Quellen	keine			
PCB-Typ				
Dimension	ng/m ³			
6 Indikator PCB				
PCB 28	38,3	44,9	41,6	3,30
PCB 52	56,7	59,2	58,0	1,25
PCB 101	4,21	5,45	4,83	0,62
PCB 153	1,41	1,61	1,51	0,100
PCB 138	0,916	1,21	1,06	0,150
PCB 180	0,297	0,278	0,29	0,010
Hauptkomponenten				
PCB 17	9,29	11,6	10,4	1,160
PCB 18	42,2	51,8	47,0	4,80
PCB 20	15,5	19,6	17,6	2,00
PCB 31	47,6	60,5	54,1	6,45
PCB 32	12,5	11,2	11,9	0,650
PCB 44	33,9	32,0	33,0	0,950
PCB 49	29,3	31,4	30,4	1,05
PCB 63	1,03	1,06	1,05	0,020
PCB 70	20,5	22,1	21,3	0,80
PCB 110	3,99	3,64	3,82	0,170
PCB 149	1,07	1,23	1,15	0,080
PCB 151	0,257	0,349	0,30	0,050
PCB 170	0,178	0,082	0,13	0,050
PCB 174	0,262	0,206	0,23	0,030
PCB 187	0,178	0,215	0,20	0,020
WHO-PCB				
PCB 77	0,075	0,092	0,084	0,009
PCB 81	0,006	0,006	0,006	< 0,001
PCB 126	0,001	0,001	0,001	< 0,001
PCB 169	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 105	0,207	0,321	0,264	0,057
PCB 114	0,018	0,022	0,020	0,002
PCB 118	0,894	1,29	1,09	0,198
PCB 123	0,023	0,026	0,025	0,001
PCB 156	0,054	0,067	0,061	0,007
PCB 157	0,006	0,006	0,006	0,000
PCB 167	0,032	0,037	0,035	0,002
PCB 189	0,003	0,002	0,003	0,001
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	102	113	108	5,50
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	102	113	108	5,50
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	509	563	536	27,0
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	509	563	536	27,0
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0002	0,0002	0,0002	< 0,0001
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0002	0,0003	0,0003	< 0,0001

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}}$$

Tab. A.16: Ergebnis der PCB-Vergleichsmessung sowie Mittelwerte und Standardabweichungen

	Vergleichsmessung MPA - GfS			
	Bestimmung GfS	Bestimmung FMFA	Mittelwert	Standardabweichung
Dimension	ng/m ³			
6 Indikator PCB				
PCB 28	40,0	38,0	39,0	1,0
PCB 52	73,2	67,0	70,1	3,1
PCB 101	82,0	76,0	79,0	3,0
PCB 153	59,9	75,0	67,5	7,5
PCB 138	40,6	42,0	41,3	0,7
PCB 180	11,1	10,0	10,6	0,5
WHO-PCB				
PCB 77	0,672	0,680	0,676	0,004
PCB 81	0,035	0,040	0,038	0,002
PCB 126	0,020	0,020	0,020	0,000
PCB 169	0,001	< 0,0005	n.b.	
PCB 105	1,930	2,390	2,160	0,230
PCB 114	0,092	0,100	0,096	0,004
PCB 118	17,00	13,64	15,32	1,680
PCB 123	0,037	0,630	0,334	0,297
PCB 156	2,460	2,440	2,450	0,010
PCB 157	0,221	0,280	0,251	0,030
PCB 167	1,340	1,120	1,230	0,110
PCB 189	0,095	0,100	0,098	0,002
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	307	308	307,5	0,5
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	307	308	307,5	0,5
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	1535	1540	1.538	2,5
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	1535	1540	1.538	2,5
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0054	0,0055	0,0055	0,0001
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0054	0,0056	0,0055	0,0001

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

ND : Nicht bestimmt, da alle Kongenere unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.17: Messunsicherheit für die PCB-Kongener # 28, # 105 und # 126 im Bereich der Bestimmungsgrenze und bei einem höheren Konzentrationsniveau

PCB-Kongener	Konzentrationsniveau ng/m ³	Relative erweiterte Messunsicherheit [%]	Anmerkungen
PCB # 28	1,5	18,8	Konzentrationsniveau im Bereich der Bestimmungsgrenze
PCB # 105	0,03	18,8	
PCB # 126	0,0003	29,8	
PCB # 28	1000	17,5	Höheres Konzentrationsniveau
PCB # 105	30	17,5	
PCB # 126	0,03	20,9	

Tab. A.18: Messunsicherheit beispielhaft für eine Raumlufprobe mit mittlerem PCB-Gehalt berechnet

Probenbezeichnung Labor-Nr.	P 02 3N225023	
	Konzentration	Relativ erweiterte Messunsicherheit
	ng/m ³	%
6 Indikator PCB		
PCB 28	14,4	17,5
PCB 52	78,8	17,5
PCB 101	152	17,5
PCB 153	115	17,5
PCB 138	72,4	17,5
PCB 180	19,9	17,5
Hauptkomponenten		
PCB 17	3,7	17,5
PCB 18	12,8	17,5
PCB 20	7	17,5
PCB 31	18,1	17,5
PCB 32	4,19	17,5
PCB 44	17,3	17,5
PCB 49	15,2	17,5
PCB 63	7,51	17,5
PCB 70	19,8	17,5
PCB 110	86	17,5
PCB 149	98	17,5
PCB 151	24,5	17,5
PCB 170	8,39	17,5
PCB 174	21	17,5
PCB 187	19	17,5
WHO-PCB		
PCB 77	0,258	21,0
PCB 81	0,016	21,0
PCB 126	0,008	21,0
PCB 169	-0,001	29,8
PCB 105	2,98	17,5
PCB 114	0,275	17,5
PCB 118	24,8	17,5
PCB 123	0,112	17,5
PCB 156	3,21	17,5
PCB 157	0,297	17,5
PCB 167	1,81	17,5
PCB 189	0,195	17,5
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	452	8,51
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	452	8,51
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	2260	8,51
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	2260	8,51
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0055	9,95
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0055	9,95

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19: Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 01	P 02	P 03	P 04
Labor-Nr.	3N225014	3N225023	3N225024	3N225046
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	5,37	14,4	17,7	120
PCB 52	15,2	78,8	73,8	412
PCB 101	71,3	152	116	399
PCB 153	79,5	115	87,4	281
PCB 138	55	72,4	60,2	194
PCB 180	23,4	19,9	17,7	69,8
Hauptkomponenten				
PCB 17	1,97	3,7	3,95	25,4
PCB 18	4,9	12,8	13,8	102
PCB 20	3,56	7	8,86	62,9
PCB 31	5,61	18,1	22,6	170
PCB 32	1,47	4,19	4,15	31
PCB 44	1,81	17,3	18,8	168
PCB 49	1,72	15,2	16,7	150
PCB 63	2,74	7,51	6,93	22,4
PCB 70	3,05	19,8	25,6	177
PCB 110	39,5	86	63,9	201
PCB 149	63,2	98	65,5	180
PCB 151	17,8	24,5	17,3	52,7
PCB 170	7,63	8,39	5,9	23,8
PCB 174	13,9	21	12,1	51
PCB 187	15,1	19	12,4	52,5
WHO-PCB				
PCB 77	1,07	0,258	0,315	4,6
PCB 81	0,08	0,016	0,022	0,369
PCB 126	0,006	0,008	0,006	0,022
PCB 169	0,001	< 0,001	< 0,0008	< 0,012
PCB 105	2,2	2,98	2,59	22,5
PCB 114	0,292	0,275	0,234	2,37
PCB 118	7,52	24,8	21,6	96,3
PCB 123	0,242	0,112	0,104	1,72
PCB 156	0,407	3,21	3,18	7,32
PCB 157	0,045	0,297	0,285	0,722
PCB 167	0,237	1,81	1,74	3,94
PCB 189	0,026	0,195	0,151	0,605
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	250	452	373	1480
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	250	452	373	1480
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	1250	2260	1860	7380
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	1250	2260	1860	7380
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0021	0,0055	0,005	0,02
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0021	0,0055	0,005	0,0201
13C12-TetraCB 47	94,2	91,3	86,5	143

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 05	P 06	P 07	P 08
Labor-Nr.	3N225025	3N262802	3N225026	3N225027
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	17,5	20,5	128	61,2
PCB 52	81,3	95,7	60	90,5
PCB 101	416	535	41,1	135
PCB 153	347	467	12,1	74,5
PCB 138	243	303	5,75	47
PCB 180	65,6	80,5	0,771	8,12
Hauptkomponenten				
PCB 17	5,97	7,97	19,2	12,7
PCB 18	13,9	16,9	56,7	49,7
PCB 20	12	15,1	82,1	27,5
PCB 31	17,3	19,7	115	75,7
PCB 32	4,59	5,06	22,2	17,1
PCB 44	6,1	6,81	27,4	31,9
PCB 49	5,63	5,49	27,9	35,1
PCB 63	17,9	17,4	2,62	7,83
PCB 70	11,8	13,6	23,3	26,8
PCB 110	276	276	15,6	73,6
PCB 149	339	371	10,3	71,2
PCB 151	78,9	111	3,55	18,7
PCB 170	30,9	25,6	0,259	3,17
PCB 174	64,4	55,7	0,883	9,26
PCB 187	52,5	74,9	1,49	9,51
WHO-PCB				
PCB 77	0,37	0,448	0,243	0,261
PCB 81	0,02	< 0,018	0,019	0,011
PCB 126	0,02	0,017	< 0,004	0,004
PCB 169	< 0,001	< 0,008	< 0,008	< 0,0007
PCB 105	9,29	6,91	0,411	1,92
PCB 114	< 0,459	< 0,653	< 0,067	0,094
PCB 118	87,6	97,8	4,17	24,2
PCB 123	0,087	< 0,112	0,029	0,051
PCB 156	14	16,4	0,149	2,13
PCB 157	1,16	1,36	0,027	0,194
PCB 167	7,78	9	0,112	1,29
PCB 189	0,739	0,719	< 0,021	0,071
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	1170	1500	248	416
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	1170	1500	248	416
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	5850	7510	1240	2080
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	5850	7510	1240	2080
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0195	0,0212	0,0006	0,0042
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0197	0,0217	0,0011	0,0042
13C12-TetraCB 47	84,6	106	120	91,9

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 09	P 10	P 11	P 12
Labor-Nr.	3N225028	3N225036	3N225037	3N299702
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	6,34	36,8	37,7	1,97
PCB 52	31,2	197	126	7,91
PCB 101	122	763	574	30,7
PCB 153	87,9	418	422	20,7
PCB 138	58,4	274	270	13,8
PCB 180	14,5	42,8	65,1	4,07
Hauptkomponenten				
PCB 17	1,63	6,57	13,3	0,611
PCB 18	5,48	15,9	42,4	1,43
PCB 20	3,17	30	23,2	1,45
PCB 31	7,74	35,3	43,4	1,88
PCB 32	1,78	6,45	10,4	0,455
PCB 44	4,03	20,5	14,6	0,639
PCB 49	3,7	16,2	14,5	0,518
PCB 63	6,39	25,8	18,2	1,01
PCB 70	6,14	52,4	19	1,08
PCB 110	75,8	398	265	15,3
PCB 149	86,2	277	354	18,2
PCB 151	23,2	78,9	102	5,62
PCB 170	6,18	14	21,2	1,43
PCB 174	14,6	29,6	61	2,67
PCB 187	13,5	43,1	73,2	3,31
WHO-PCB				
PCB 77	0,074	2,86	0,645	0,025
PCB 81	< 0,004	0,138	< 0,028	0,002
PCB 126	0,007	0,026	0,014	< 0,001
PCB 169	< 0,0009	< 0,01	< 0,011	< 0,0002
PCB 105	2,1	12,2	5,9	0,332
PCB 114	0,177	1,03	0,807	0,014
PCB 118	23,3	120	88,2	4,9
PCB 123	0,043	0,444	0,131	0,007
PCB 156	2,86	11,1	11,9	0,783
PCB 157	0,261	0,865	0,943	0,065
PCB 167	1,55	6,34	6,89	0,385
PCB 189	0,154	0,36	0,587	0,051
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	320	1730	1500	79,2
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	320	1730	1500	79,2
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	1600	8660	7480	396
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	1600	8660	7480	396
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0049	0,0228	0,0179	0,001
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0049	0,0229	0,018	0,0011
13C12-TetraCB 47	88,1	166	133	100

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 13	P 14	P 15	P 16
Labor-Nr.	3N299703	3N225002	3N225003	3N225001
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	1,09	4,1	5,34	5,76
PCB 52	3,93	11,9	29,1	43,4
PCB 101	14,6	50,4	216	239
PCB 153	10	39,7	249	145
PCB 138	6,86	21	159	88,5
PCB 180	2,03	4,88	57,7	15,4
Hauptkomponenten				
PCB 17	0,359	1,13	1,42	1,5
PCB 18	0,808	3,43	3,81	5,13
PCB 20	0,81	2,5	3,59	3,5
PCB 31	1,08	4,58	5,53	7,3
PCB 32	0,253	1,21	1,31	1,77
PCB 44	0,377	2,93	4,73	4,45
PCB 49	0,321	2,51	3,35	3,69
PCB 63	0,511	2,19	8,99	8,87
PCB 70	0,497	4,5	10,6	6,75
PCB 110	6,6	26,8	153	151
PCB 149	8,64	41,8	239	151
PCB 151	2,69	13,3	79,3	42,9
PCB 170	0,732	1,37	19	4,97
PCB 174	1,3	4,37	34,8	11,1
PCB 187	1,65	5,87	42,9	13,7
WHO-PCB				
PCB 77	0,013	0,155	0,238	0,121
PCB 81	< 0,0006	< 0,006	< 0,007	< 0,006
PCB 126	< 0,0008	0,022	0,06	0,024
PCB 169	< 0,0002	0,009	0,011	0,009
PCB 105	0,167	1,07	4,42	2,73
PCB 114	0,006	0,046	0,176	0,1
PCB 118	2,35	11,2	43,3	40,4
PCB 123	< 0,002	0,043	0,112	0,032
PCB 156	0,396	1,02	8,15	4,12
PCB 157	0,033	0,119	0,813	0,354
PCB 167	0,203	0,663	4,89	2,36
PCB 189	0,026	0,074	0,575	0,141
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	38,6	132	716	537
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	38,6	132	716	537
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	193	660	3580	2680
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	193	660	3580	2680
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0005	0,0042	0,0156	0,0092
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0006	0,0042	0,0156	0,0092
13C12-TetraCB 47	99,9	95,1	91,1	79,6

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 17	P 18	P 19	P 20
Labor-Nr.	3N225004	3N225005	3N225006	3N225007
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	208	188	305	100
PCB 52	164	263	208	125
PCB 101	246	87,3	233	163
PCB 153	128	30,3	104	74,4
PCB 138	66,2	17,7	53,9	38,9
PCB 180	16,2	4,25	11	8,06
Hauptkomponenten				
PCB 17	101	56,4	108	36,6
PCB 18	173	151	236	83,9
PCB 20	199	120	210	70,6
PCB 31	214	228	301	102
PCB 32	98,5	64,7	91,6	33,1
PCB 44	57,9	154	76,3	41,4
PCB 49	58,9	148	76,7	37,7
PCB 63	13,6	13	16,1	9,33
PCB 70	51	176	71,9	43,2
PCB 110	121	55,6	101	80,4
PCB 149	143	32,9	113	85,3
PCB 151	51,1	10	39	27,2
PCB 170	4,44	1,16	2,84	2,06
PCB 174	11,9	3,41	8,56	6,35
PCB 187	17,2	4,53	12,8	9,41
WHO-PCB				
PCB 77	0,551	1,57	1,11	0,495
PCB 81	< 0,015	< 0,044	0,073	0,034
PCB 126	0,027	0,02	0,029	0,014
PCB 169	0,004	< 0,004	< 0,006	< 0,004
PCB 105	2,72	4,39	3,48	2,46
PCB 114	0,111	0,253	0,402	0,108
PCB 118	29,5	22,2	26,6	21,8
PCB 123	0,1	0,309	0,206	0,128
PCB 156	3,21	1,35	2,05	1,56
PCB 157	0,311	0,162	0,216	0,171
PCB 167	1,92	0,833	1,33	1,02
PCB 189	0,172	0,073	0,094	0,087
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	828	590	914	510
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	828	590	914	510
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	4140	2950	4570	2550
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	4140	2950	4570	2550
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0079	0,0058	0,0074	0,0049
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0079	0,0058	0,0075	0,0049
13C12-TetraCB 47	103	108	106	101

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumlufproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 21	P 22	P 23	P 24
Labor-Nr.	3N225008	3N225011	3N262813	3N262816
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	182	208	6,78	12,9
PCB 52	237	301	9,08	15,1
PCB 101	333	506	11,2	3,09
PCB 153	176	220	4,06	0,669
PCB 138	89,1	122	2,14	0,373
PCB 180	19,2	23,1	0,472	0,072
Hauptkomponenten				
PCB 17	79,2	99,6	2,84	3,58
PCB 18	174	263	7,43	11,7
PCB 20	156	142	4,12	6,71
PCB 31	194	224	6,74	14,4
PCB 32	80,1	80,4	2,62	4,17
PCB 44	86,3	91,4	2,09	10
PCB 49	85,1	80,6	1,96	9,45
PCB 63	21,4	21,8	0,691	0,527
PCB 70	83,6	95,7	1,87	8,45
PCB 110	190	235	5,08	2,82
PCB 149	217	258	4,13	0,757
PCB 151	90,7	117	1,3	0,22
PCB 170	4,51	5,89	0,244	0,04
PCB 174	16,3	21,3	0,498	0,09
PCB 187	25,2	31,4	0,431	0,076
WHO-PCB				
PCB 77	0,802	0,957	0,019	0,078
PCB 81	0,057	0,061	0,001	0,007
PCB 126	0,03	0,032	0,001	0,0006
PCB 169	< 0,003	< 0,002	< 0,0003	< 0,00009
PCB 105	3,69	5,58	0,104	0,189
PCB 114	0,17	0,229	0,01	0,031
PCB 118	39,3	57,3	1,14	0,566
PCB 123	0,17	0,224	0,005	0,019
PCB 156	3,21	3,94	0,092	0,016
PCB 157	0,331	0,427	0,009	0,002
PCB 167	2,12	2,67	0,057	0,01
PCB 189	0,141	0,136	0,005	0,0008
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	1040	1380	33,7	32,2
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	1040	1380	33,7	32,2
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	5180	6900	169	161
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	5180	6900	169	161
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0093	0,0119	0,0003	0,0002
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0093	0,0119	0,0003	0,0002
13C12-TetraCB 47	118	107	69,3	117

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumlufthproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 25	P 26	P 27	P 28
Labor-Nr.	3N262818	3N262814	3N262815	3N262817
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	5,81	15,4	6,08	9,06
PCB 52	9,67	10,9	9,21	10,8
PCB 101	5,37	13,1	1,99	2,12
PCB 153	1,83	5,13	0,591	0,536
PCB 138	1,09	2,71	0,346	0,312
PCB 180	0,248	0,543	0,083	0,086
Hauptkomponenten				
PCB 17	2,57	5,67	1,8	2,82
PCB 18	6,81	14,1	5,93	9,47
PCB 20	3,4	9,89	3,45	5,04
PCB 31	6,44	14,3	7,69	11,4
PCB 32	2,17	4,63	1,66	2,71
PCB 44	3,59	3,2	5,72	6,1
PCB 49	3,35	3,31	5,42	6,23
PCB 63	0,383	0,711	0,341	0,371
PCB 70	3,45	2,63	5,05	5,63
PCB 110	2,82	5,39	1,38	1,19
PCB 149	1,5	4,46	0,511	0,463
PCB 151	0,45	1,47	0,154	0,164
PCB 170	0,105	0,203	0,036	0,03
PCB 174	0,193	0,478	0,079	0,054
PCB 187	0,188	0,532	0,074	0,073
WHO-PCB				
PCB 77	0,023	0,029	0,046	0,049
PCB 81	< 0,001	0,002	0,004	0,003
PCB 126	0,001	0,001	0,0005	0,0007
PCB 169	< 0,00008	< 0,0001	< 0,00008	< 0,0001
PCB 105	0,145	0,13	0,124	0,133
PCB 114	0,012	0,011	0,021	0,022
PCB 118	0,8	1,45	0,394	0,391
PCB 123	0,011	0,005	0,011	0,013
PCB 156	0,056	0,116	0,018	0,017
PCB 157	0,007	0,011	0,002	0,002
PCB 167	0,036	0,079	0,011	0,01
PCB 189	0,003	0,005	0,001	0,001
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	24	47,7	18,3	22,9
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	24	47,7	18,3	22,9
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	120	239	91,5	115
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	120	239	91,5	115
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001
13C12-TetraCB 47	99,7	96	100	106

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumlufthproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 29	P 30	P 31	P 32
Labor-Nr.	3N262811	3N262812	3N225012	3N299704
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	8,2	9,66	267	312
PCB 52	12,8	10,3	381	501
PCB 101	3,44	1,38	34,2	42,6
PCB 153	0,966	0,24	3,7	4,77
PCB 138	0,7	0,159	2,64	3,58
PCB 180	0,135	0,033	0,473	0,583
Hauptkomponenten				
PCB 17	3,27	4,74	60,1	59,2
PCB 18	9,79	11,7	271	337
PCB 20	4,67	5,34	104	122
PCB 31	9,26	8,79	382	446
PCB 32	2,86	3,99	82,9	87,6
PCB 44	5,61	5,97	192	263
PCB 49	5,28	5,24	197	270
PCB 63	0,334	0,241	11,5	10,5
PCB 70	4,65	3,16	177	223
PCB 110	2,58	1,29	26,5	29,1
PCB 149	0,851	0,315	3,59	3,17
PCB 151	0,229	0,082	0,884	0,862
PCB 170	0,063	0,022	0,176	0,206
PCB 174	0,156	0,037	0,431	0,461
PCB 187	0,125	0,026	0,456	0,628
WHO-PCB				
PCB 77	0,026	0,008	1,15	1,3
PCB 81	0,002	< 0,001	0,039	0,04
PCB 126	0,0007	0,0003	0,006	< 0,008
PCB 169	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0009	< 0,009
PCB 105	0,145	0,065	2,77	3,12
PCB 114	0,012	0,007	0,298	0,309
PCB 118	0,623	0,24	9,76	9,66
PCB 123	0,013	0,006	0,219	0,24
PCB 156	0,031	0,008	0,317	0,239
PCB 157	0,004	0,001	0,041	0,036
PCB 167	0,02	0,004	0,185	0,134
PCB 189	0,001	< 0,0004	0,014	< 0,017
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	26,3	21,7	689	864
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	26,3	21,7	689	864
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	131	109	3450	4320
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	131	109	3450	4320
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0002	0,00007	0,0024	0,0017
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0002	0,00007	0,0024	0,0026
13C12-TetraCB 47	106	130	135	118

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumlufthproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 33	P 34	P 35	P 36
Labor-Nr.	3N225013	3N225034	3N225035	3N262807
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	400	1500	1360	1100
PCB 52	511	1770	1500	1270
PCB 101	36,5	118	97,8	87,1
PCB 153	4,39	7,97	9,4	6,73
PCB 138	3,19	5,9	6,37	4,75
PCB 180	0,913	0,826	1,12	0,794
Hauptkomponenten				
PCB 17	124	535	489	380
PCB 18	511	2130	1940	1550
PCB 20	195	717	628	538
PCB 31	563	2050	1910	1500
PCB 32	140	585	533	315
PCB 44	277	982	791	696
PCB 49	311	1120	922	788
PCB 63	15	33,9	26,9	25,7
PCB 70	228	646	491	447
PCB 110	26,1	84,7	56,7	60,1
PCB 149	4,02	7,46	7,7	6,69
PCB 151	0,952	1,76	2	1,79
PCB 170	0,349	0,295	0,284	0,294
PCB 174	0,87	0,677	0,901	0,622
PCB 187	0,758	0,799	1,29	0,825
WHO-PCB				
PCB 77	0,238	4,35	3,41	3,08
PCB 81	0,009	0,395	0,15	0,175
PCB 126	0,026	< 0,015	< 0,012	< 0,012
PCB 169	< 0,002	< 0,011	< 0,011	< 0,008
PCB 105	1,56	9,46	7,38	6,4
PCB 114	0,042	1,3	1,16	0,912
PCB 118	15,9	25,8	22,7	19
PCB 123	0,045	1,08	0,852	0,676
PCB 156	3,37	0,304	0,367	0,242
PCB 157	0,335	0,06	0,049	0,043
PCB 167	1,79	0,152	0,205	0,13
PCB 189	0,213	< 0,021	< 0,024	< 0,016
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	956	3400	2970	2470
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	956	3400	2970	2470
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	4780	17000	14900	12400
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	4780	17000	14900	12400
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0063	0,0049	0,0042	0,0035
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0064	0,0066	0,0055	0,0049
13C12-TetraCB 47	129	134	131	120

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumlufproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 37	P 38	P 39	P 40
Labor-Nr.	3N225015	3N225016	3N262821	3N262822
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	136	301	14,2	15,7
PCB 52	279	341	20,9	19,6
PCB 101	26,6	36,9	2,81	2,07
PCB 153	2,75	3,52	0,423	0,438
PCB 138	1,88	2,54	0,297	0,264
PCB 180	0,6	0,589	0,066	0,09
Hauptkomponenten				
PCB 17	19	92,8	4,22	4,49
PCB 18	79,6	296	14,8	16,8
PCB 20	79,8	200	7,5	8,07
PCB 31	188	402	19,1	21,6
PCB 32	26,9	87,7	4,7	4,59
PCB 44	186	214	11,6	11,2
PCB 49	168	202	12,9	12,3
PCB 63	9,19	11,9	0,619	0,553
PCB 70	172	188	9,22	8,56
PCB 110	19,1	27,2	1,76	1,3
PCB 149	2,95	3,93	0,394	0,372
PCB 151	0,909	1,17	0,125	0,129
PCB 170	0,238	0,248	0,023	0,034
PCB 174	0,426	0,397	0,041	0,059
PCB 187	0,462	0,429	0,048	0,071
WHO-PCB				
PCB 77	1,43	1,96	0,056	0,065
PCB 81	0,113	0,152	0,004	0,005
PCB 126	0,007	0,011	0,0007	0,0005
PCB 169	< 0,001	< 0,001	< 0,0002	< 0,0001
PCB 105	2,45	3,57	0,187	0,123
PCB 114	0,345	0,479	0,025	0,01
PCB 118	6,91	10,4	0,579	0,377
PCB 123	0,276	0,311	0,018	0,013
PCB 156	0,153	0,198	0,017	0,016
PCB 157	0,024	0,035	0,003	0,002
PCB 167	0,085	0,113	0,009	0,009
PCB 189	0,011	0,011	0,001	0,001
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	447	685	38,7	38,2
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	447	685	38,7	38,2
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	2230	3430	194	191
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	2230	3430	194	191
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,002	0,0031	0,0002	0,0001
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,002	0,0031	0,0002	0,0001
13C12-TetraCB 47	111	118	102	99,1

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 41	P 42	P 43	P 44
Labor-Nr.	3N262823	3N262824	3N262825	3N225044
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	13,9	25,5	17	616
PCB 52	16	49,8	19,8	1730
PCB 101	1,4	4,39	1,66	413
PCB 153	0,266	0,295	0,306	31,8
PCB 138	0,162	0,201	0,204	21,4
PCB 180	0,035	0,041	0,043	1,99
Hauptkomponenten				
PCB 17	4,23	5,09	6,14	98,8
PCB 18	15,3	21,2	21,6	411
PCB 20	7,54	14,1	9,34	347
PCB 31	18,8	35,2	22,6	898
PCB 32	5,79	7,77	6,47	147
PCB 44	8,66	31,5	10,7	939
PCB 49	9,64	30,2	12,1	815
PCB 63	0,4	1,52	0,41	58,2
PCB 70	5,95	23,8	6,39	993
PCB 110	0,852	3,76	1,04	262
PCB 149	0,226	0,332	0,296	32,1
PCB 151	0,078	0,098	0,098	8,02
PCB 170	0,012	0,019	0,016	0,694
PCB 174	0,028	0,046	0,034	1,71
PCB 187	0,033	0,037	0,04	1,97
WHO-PCB				
PCB 77	0,044	0,138	0,049	8,29
PCB 81	0,003	0,015	0,003	0,656
PCB 126	< 0,0004	0,0006	0,0003	< 0,016
PCB 169	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,012
PCB 105	0,08	0,288	0,102	22,9
PCB 114	0,013	0,047	0,016	2,57
PCB 118	0,25	0,809	0,343	67,8
PCB 123	0,008	0,035	0,011	1,92
PCB 156	0,008	0,01	0,011	0,861
PCB 157	0,001	0,001	0,001	0,148
PCB 167	0,006	0,006	0,006	0,388
PCB 189	0,0004	0,0005	0,0004	< 0,024
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	31,8	80,2	39	2820
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	31,8	80,2	39	2820
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	159	401	195	14100
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	159	401	195	14100
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,00005	0,0002	0,0001	0,012
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,00009	0,0002	0,0001	0,0136
13C12-TetraCB 47	99,1	104	102	ND

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 45	P 46	P 47	P 48
Labor-Nr.	3N262801	3N225033	3N262808	3N225017
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	684	980	787	38,7
PCB 52	1910	1400	1180	60,5
PCB 101	432	79,6	64,6	8,86
PCB 153	32,6	11,4	7,85	5,13
PCB 138	24,6	7,6	5,67	3,41
PCB 180	2,86	1,88	1,56	1,65
Hauptkomponenten				
PCB 17	105	236	171	10,1
PCB 18	414	991	712	42,2
PCB 20	383	513	397	20
PCB 31	978	1460	1110	54,4
PCB 32	101	313	159	12,3
PCB 44	1040	800	696	34,1
PCB 49	926	870	765	36
PCB 63	71,8	29,1	29,4	1,81
PCB 70	1150	485	443	25,9
PCB 110	296	44,1	38,2	5,68
PCB 149	40,1	8,95	7,54	4,65
PCB 151	10,9	2,49	2,13	1,45
PCB 170	1,04	0,655	0,514	0,627
PCB 174	1,88	1,46	0,99	1,09
PCB 187	2,44	1,75	1,38	1,21
WHO-PCB				
PCB 77	11,1	2,57	2,38	0,247
PCB 81	0,689	0,232	0,212	0,02
PCB 126	< 0,019	0,015	0,013	0,003
PCB 169	< 0,007	< 0,012	< 0,009	< 0,001
PCB 105	30,6	4,47	3,66	0,492
PCB 114	2,98	0,72	0,547	0,033
PCB 118	95,4	13,7	11,3	1,94
PCB 123	2,22	0,534	0,388	0,047
PCB 156	1,14	0,359	0,296	0,237
PCB 157	0,209	0,025	0,032	0,024
PCB 167	0,572	0,256	0,2	0,128
PCB 189	< 0,025	< 0,023	< 0,023	0,034
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	3090	2480	2050	118
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	3090	2480	2050	118
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	15500	12400	10200	591
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	15500	12400	10200	591
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0162	0,0042	0,0035	0,0007
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0182	0,0044	0,0036	0,0007
13C12-TetraCB 47	107	133	119	100

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumlufthproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 49	P 50	P 51	P 52
Labor-Nr.	3N225018	3N225021	3N225022	3N225031
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	178	43,5	45,2	190
PCB 52	257	65,4	43,9	380
PCB 101	16,9	9,31	3,93	31,4
PCB 153	1,62	1,57	1	2,86
PCB 138	0,978	0,963	0,71	1,91
PCB 180	0,287	0,303	0,216	0,406
Hauptkomponenten				
PCB 17	40,3	9,71	17,2	26,3
PCB 18	194	43,2	68,2	142
PCB 20	72,7	20	20,8	84,1
PCB 31	242	58,2	58,9	261
PCB 32	56,6	13,2	17,2	42,9
PCB 44	147	32,6	24,1	204
PCB 49	145	34,4	26,6	184
PCB 63	5,13	1,61	1,22	8,02
PCB 70	114	24,7	18,5	182
PCB 110	15,4	5,62	3,8	26,1
PCB 149	1,1	2,33	0,927	2,95
PCB 151	0,277	0,736	0,244	0,873
PCB 170	0,106	0,101	0,11	0,153
PCB 174	0,176	0,249	0,188	0,356
PCB 187	0,176	0,243	0,152	0,41
WHO-PCB				
PCB 77	1,05	0,122	0,176	1,14
PCB 81	0,07	0,01	0,014	0,083
PCB 126	0,004	< 0,0009	0,001	< 0,002
PCB 169	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,0007
PCB 105	2,27	0,322	0,361	2,53
PCB 114	0,241	0,02	0,047	0,278
PCB 118	5,55	1,35	1,07	7,49
PCB 123	0,192	0,031	0,033	0,246
PCB 156	0,076	0,053	0,045	0,1
PCB 157	0,012	0,007	0,005	0,014
PCB 167	0,044	0,026	0,028	0,055
PCB 189	0,003	0,004	0,004	0,005
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	456	121	94,9	607
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	456	121	94,9	607
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	2280	605	475	3040
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	2280	605	475	3040
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0014	0,0002	0,0004	0,0013
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0014	0,0003	0,0004	0,0016
13C12-TetraCB 47	115	99,6	107	108

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 53	P 54	P 55	P 56
Labor-Nr.	3N225032	3N262803	3N299701	3N262804
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	20,5	38,3	44,9	29,7
PCB 52	35	56,7	59,2	53
PCB 101	2,89	4,21	5,45	3,72
PCB 153	0,364	1,41	1,61	0,626
PCB 138	0,251	0,916	1,21	0,387
PCB 180	0,061	0,297	0,278	0,072
Hauptkomponenten				
PCB 17	2,72	9,29	11,6	6,4
PCB 18	14,2	42,2	51,8	31,9
PCB 20	8,57	15,5	19,6	13
PCB 31	29,8	47,6	60,5	38,3
PCB 32	5,2	12,5	11,2	9,07
PCB 44	18,8	33,9	32	30,7
PCB 49	17	29,3	31,4	27,5
PCB 63	0,678	1,03	1,06	1,04
PCB 70	16,4	20,5	22,1	20,3
PCB 110	2,25	3,99	3,64	3,62
PCB 149	0,337	1,07	1,23	0,573
PCB 151	0,098	0,257	0,349	0,147
PCB 170	0,025	0,178	0,082	0,03
PCB 174	0,05	0,262	0,206	0,082
PCB 187	0,053	0,178	0,215	0,076
WHO-PCB				
PCB 77	0,088	0,075	0,092	0,094
PCB 81	0,006	0,006	0,006	0,006
PCB 126	< 0,0006	< 0,0005	< 0,0007	< 0,0004
PCB 169	< 0,0007	< 0,0001	< 0,0007	< 0,0001
PCB 105	0,235	0,207	0,321	0,243
PCB 114	0,024	0,018	0,022	0,044
PCB 118	0,688	0,894	1,29	0,839
PCB 123	0,023	0,023	0,026	0,026
PCB 156	0,015	0,054	0,067	0,017
PCB 157	0,002	0,006	0,006	0,002
PCB 167	0,009	0,032	0,037	0,011
PCB 189	< 0,001	0,003	< 0,002	0,0005
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	59,1	102	113	87,4
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	59,1	102	113	87,4
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	295	509	563	437
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	295	509	563	437
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002
13C12-TetraCB 47	90,1	119	116	110

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumlufthproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 57	P 58	P 59	P 60
Labor-Nr.	3N225042	3N225043	3N225038	3N225041
Dimension	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB				
PCB 28	119	530	388	283
PCB 52	156	697	621	487
PCB 101	10,3	42,7	112	57,3
PCB 153	2,81	4,98	37,6	12,1
PCB 138	2,07	3,19	26,9	8,83
PCB 180	0,746	0,706	5,53	1,95
Hauptkomponenten				
PCB 17	26,9	90,3	87,9	53,8
PCB 18	140	477	360	231
PCB 20	49,8	204	200	142
PCB 31	163	694	540	417
PCB 32	39	119	103	76,6
PCB 44	80,7	356	363	304
PCB 49	80,5	356	379	292
PCB 63	2,55	10,5	19,6	14,6
PCB 70	54,7	253	335	267
PCB 110	7,14	25,9	64,8	35,7
PCB 149	1,85	3,62	30	8,72
PCB 151	0,534	1,12	8,77	2,34
PCB 170	0,269	0,205	1,81	0,663
PCB 174	0,44	0,523	4,67	1,57
PCB 187	0,463	0,712	5,59	1,86
WHO-PCB				
PCB 77	0,48	1,15	3,08	2,78
PCB 81	0,025	0,099	0,241	0,231
PCB 126	< 0,004	< 0,005	< 0,010	0,013
PCB 169	< 0,010	< 0,008	< 0,010	< 0,010
PCB 105	1,24	2,61	6,5	5,19
PCB 114	0,164	0,347	0,854	0,648
PCB 118	4,02	8,16	22,1	14,4
PCB 123	0,132	0,25	0,575	0,479
PCB 156	0,262	0,192	1,32	0,551
PCB 157	0,03	0,019	0,143	0,064
PCB 167	0,148	0,099	0,74	0,298
PCB 189	< 0,018	< 0,016	0,051	0,037
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	292	1280	1190	850
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	292	1280	1190	850
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	1460	6400	5950	4250
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	1460	6400	5950	4250
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0008	0,0015	0,0044	0,0043
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0014	0,0021	0,0055	0,0044
13C12-TetraCB 47	124	128	120	132

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.19 (Forts.): Ergebnisse der Analyse von Raumluftproben auf ausgewählte PCB

Proben-Nr.	P 61	P 62
Labor-Nr.	3N262805	3N262806
Dimension	ng/m ³	ng/m ³
6 Indikator PCB		
PCB 28	6,57	37,8
PCB 52	11,5	63
PCB 101	1,27	5,86
PCB 153	0,077	0,244
PCB 138	0,064	0,198
PCB 180	0,012	0,03
Hauptkomponenten		
PCB 17	1,25	10,1
PCB 18	5,17	38,4
PCB 20	3,56	21,4
PCB 31	8,36	48,9
PCB 32	1,85	11,6
PCB 44	8,72	40,5
PCB 49	7,34	40,6
PCB 63	0,44	2,11
PCB 70	8,5	38,7
PCB 110	1,48	5,49
PCB 149	0,099	0,3
PCB 151	0,025	0,07
PCB 170	0,007	0,014
PCB 174	0,012	0,03
PCB 187	0,01	0,025
WHO-PCB		
PCB 77	0,095	0,278
PCB 81	0,007	0,022
PCB 126	0,0007	0,001
PCB 169	< 0,0003	0,0003
PCB 105	0,187	0,467
PCB 114	0,026	0,074
PCB 118	0,426	1,19
PCB 123	0,02	0,054
PCB 156	0,007	0,012
PCB 157	0,001	0,003
PCB 167	0,004	0,006
PCB 189	< 0,0004	0,0007
6 DIN-PCB exkl. BG [a]	19,4	107
6 DIN-PCB inkl. BG [b]	19,4	107
6 DIN-PCB exkl. BG * 5 [a]	97,2	536
6 DIN-PCB inkl. BG * 5 [b]	97,2	536
TEQ 12 WHO PCB exkl. BG [a]	0,0002	0,0004
TEQ 12 WHO PCB inkl. BG [b]	0,0002	0,0004
13C12-TetraCB 47	ND	ND

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der Summen oder TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.20: Zusammenfassung der ermittelten Einzelergebnisse in Räumen mit PCB-haltigen Deckenplatten und PCB-haltigen Wand-/Bodenanstrichen (PCB-Typ: Clophen A60) als dominierender PCB-Quelle

a) Deckenplatten

Gebäude-Nr.	Gebäude-Typ	Proben-Nr.	Probenahmeort	PCB-Gesamtkonzentration [ng/m ³]		TEQ 12 WHO-PCB [pg/m ³]	
				exkl. BG	inkl. BG	exkl. BG	inkl. BG
1	Grundschule	1	Turnhalle	1250	1250	2,1	2,1
2	Berufsschule	2	Verwaltungsraum	2260	2260	5,5	5,5
		3	Aufenthaltsraum	1860	1860	5,0	5,0
		4	Verwaltungsraum	7380	7380	20	20,1
3	Realschule	5	Unterrichtsraum	5850	5850	19,5	19,7
		6	(Doppelbestimmung)	7510	7510	21,2	21,7
		7	Unterrichtsraum	1240	1240	0,6	1,1
		8	Unterrichtsraum	2080	2080	4,2	4,2
		9	Lehrerzimmer	1600	1600	4,9	4,9
		10	Unterrichtsraum	8860	8860	22,8	22,9
		11	Unterrichtsraum	7480	7480	17,9	18,0
		12	Unterrichtsraum	396	396	1,0	1,1
		13	Unterrichtsraum	193	193	0,5	0,6

b) Wand-/Bodenanstriche

Gebäude-Nr.	Gebäude-Typ	Proben-Nr.	Probenahmeort	PCB-Gesamtkonzentration [ng/m ³]		TEQ 12 WHO-PCB [pg/m ³]	
				exkl. BG	inkl. BG	exkl. BG	inkl. BG
4	Feuerwache	14	Werkstatt ^a	660	660	4,2	4,2
		15	KFZ-Halle ^a	3580	3580	15,6	15,6
5	Hauptschule	16	Flurbereich ^b	2680	2680	9,2	9,2
6	Realschule	17	Unterrichtsraum ^b	4140	4140	7,9	7,9
		18	Unterrichtsraum ^b	2950	2950	5,8	5,8
		19	Unterrichtsraum ^b	4570	4570	7,4	7,5
		20	Unterrichtsraum ^b	2550	2550	4,9	4,9
		21	Unterrichtsraum ^b	5180	5180	9,3	9,3
		22	Unterrichtsraum ^b	6900	6900	11,9	11,9
		23	Unterrichtsraum ^b	169	169	0,3	0,3
		24	Unterrichtsraum ^b	161	161	0,2	0,2
		25	Unterrichtsraum ^b	120	120	0,2	0,2
		26	Unterrichtsraum ^b	239	239	0,3	0,3

a Bodenanstriche als dominierende PCB-Quelle

b Wandanstriche als dominierende PCB-Quelle

Tab. A.21: Zusammenfassung der ermittelten Einzelergebnisse in Räumen mit PCB-haltigen Dichtungsmassen (PCB-Typ: Clophen A50) als dominierender PCB-Quelle

Gebäude-Nr.	Gebäude-Typ	Proben-Nr.	Probenahmeort	PCB-Gesamtkonzentration [ng/m ³]		TEQ 12 WHO-PCB [pg/m ³]	
				exkl. BG	inkl. BG	exkl. BG	inkl. BG
6	Realschule	27	Unterrichtsraum	91,5	91,5	0,1	0,1
		28	Unterrichtsraum	115	115	0,1	0,1
		29	Lehrerzimmer	131	131	0,2	0,2
		30	Verwaltungsraum	109	109	< 0,1	< 0,1
7	Gymnasium	31	Unterrichtsraum	3450	3450	2,4	2,4
		32	(Doppelbestimmung)	4320	4320	1,7	2,6
8	Gymnasium	33	Umkleideraum	4780	4780	6,3	6,4
		34	Turnhalle	17000	17000	4,9	6,6
		35	Geräteraum	14900	14900	4,2	5,5
		36	(Doppelbestimmung)	12400	12400	3,5	4,9
9	Musikschule	37	Unterrichtsraum	2230	2230	2	2
		38	Unterrichtsraum	3430	3430	3,1	3,1
		39	Unterrichtsraum	194	194	0,2	0,2
		40	Unterrichtsraum	191	191	0,1	0,1
10	Begegnungsstätte	41	Aufenthaltsraum	159	159	< 0,1	< 0,1
		42	Aufenthaltsraum	401	401	0,2	0,2
		43	Aufenthaltsraum	195	195	0,1	0,1
11	Sporthalle	44	Sanitätsraum	14100	14100	12	13,6
		45	(Doppelbestimmung)	15500	15500	16,2	18,2

Tab. A.22: Zusammenfassung der ermittelten Einzelergebnisse in Räumen mit PCB-haltigen Dichtungsmassen (PCB-Typ: Clophen A40) als dominierender PCB-Quelle

Gebäude-Nr.	Gebäude-Typ	Proben-Nr.	Probenahmeort	PCB-Gesamtkonzentration [ng/m ³]		TEQ 12 WHO-PCB [pg/m ³]	
				exkl. BG	inkl. BG	exkl. BG	inkl. BG
12	Friedhofsgebäude	46	Geräteraum (Doppelbestimmung)	12400	12400	4,2	4,4
		47		10200	10200	3,5	3,6
13	Hauptschule	48	Unterrichtsraum	591	591	0,7	0,7
14	Grundschule	49	Unterrichtsraum	2280	2280	1,4	1,4
		50	Unterrichtsraum	605	605	0,2	0,3
15	Grundschule	51	Unterrichtsraum	475	475	0,4	0,4
16	Rathaus	52	Verwaltungsraum	3040	3040	1,3	1,6
		53	Verwaltungsraum	295	295	0,1	0,2
		54	Verwaltungsraum (Doppelbestimmung)	509	509	0,2	0,2
		55		563	563	0,2	0,3
		56	Verwaltungsraum	437	437	0,2	0,2
		57	Verwaltungsraum	1460	1460	0,8	1,4
		58	Verwaltungsraum	6400	6400	1,5	2,1
17	Berufsschule	59	Unterrichtsraum	5950	5950	4,4	5,5
		60	Unterrichtsraum	4250	4250	4,3	4,4
		61	Unterrichtsraum	97,2	97,2	0,2	0,2
		62	Unterrichtsraum	536	536	0,4	0,4

Tab. A.23: Ergebnisse der Analyse von vier Raumluchtproben auf PCDD/F

Proben-Nr. Labor-Nr.	P 20 3N225007	P 37 3N225015	P 09 3N225028	P 57 3N225042
Dimension	pg/m ³	pg/m ³	pg/m ³	pg/m ³
PCDF				
Summe TetraCDF	11,7	3,22	42,9	0,64
Summe PentaCDF	2,99	0,78	12,5	0,22
Summe HexaCDF	0,47	0,18	1,89	0,20
Summe HeptaCDF	0,24	ND	0,72	0,12
OctaCDF	< 0,575	< 0,351	0,791	< 0,259
Summe Tetra- bis OctaCDF	15,4	4,18	58,9	1,17
2378-TetraCDF	0,727	0,173	3,66	0,051
12378-PentaCDF	0,199	0,06	1,13	0,024
23478-PentaCDF	0,169	0,069	1,05	0,026
123478-HexaCDF	0,099	< 0,035	0,482	< 0,020
123678-HexaCDF	< 0,054	< 0,031	0,083	< 0,018
123789-HexaCDF	< 0,069	< 0,022	< 0,020	< 0,017
234678-HexaCDF	< 0,049	< 0,021	0,113	< 0,018
1234678-HeptaCDF	0,235	< 0,141	0,372	0,121
1234789-HeptaCDF	< 0,230	< 0,141	< 0,131	< 0,103
PCDD				
Summe TetraCDD	0,57	0,19	ND	ND
Summe PentaCDD	1,56	0,14	ND	ND
Summe HexaCDD	0,18	0,14	ND	ND
Summe HeptaCDD	ND	0,31	0,91	0,42
OctaCDD	0,788	0,389	1,61	0,568
Summe Tetra- bis OctaCDD	3,10	1,16	2,53	0,99
2378-TetraCDD	< 0,028	< 0,01	< 0,016	< 0,013
12378-PentaCDD	< 0,047	< 0,011	< 0,013	< 0,014
123478-HexaCDD	< 0,038	< 0,064	< 0,036	< 0,037
123678-HexaCDD	< 0,037	< 0,061	< 0,035	< 0,034
123789-HexaCDD	< 0,041	< 0,068	< 0,039	< 0,038
1234678-HeptaCDD	< 0,230	0,156	0,588	0,25
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	18,5	5,34	61,4	2,16
TEQ (WHO) exkl. BG [a]	0,179	0,0567	1,02	0,0229
TEQ (WHO) inkl. BG [b]	0,287	0,11	1,07	0,0692
I-TEQ (NATO/CCMS) exkl. BG [a]	0,18	0,057	1,03	0,0234
I-TEQ (NATO/CCMS) inkl. BG [b]	0,265	0,105	1,06	0,0628

< : Nicht quantifiziert, Wert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)

[a] : Berechnung der TE-Werte unter Einbeziehung nur der quantifizierten Kongenere (exkl. Bestimmungsgrenze)

[b] : Berechnung der TE-Werte unter Einbeziehung auch der nicht quantifizierten Kongenere mit dem vollen Wert ihrer Bestimmungsgrenze

Tab. A.24: Korrelation von Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten mit den TEQ der 12 WHO-PCB

PCB-Kongener	dominierende PCB-Primärquelle				Mittelwert	Standardabweichung (σ)
	Deckenplatten	Boden- und Wandanstriche	Dichtungsmassen	Dichtungsmassen		
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 - 13	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26	(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45	(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62	(PCB-Typen: Clophen A60, A50, A40) Proben-Nr.: 01 - 62	
Korrelationskoeffizient (ρ_{jk}) zu TEQ 12 WHO-PCB ^a						
6 Indikator PCB						
PCB 28	0,165	0,382	0,580	0,780	0,477	0,228
PCB 52	0,663	0,488	0,878	0,813	0,711	0,150
PCB 101	0,954	0,816	0,959	0,972	0,925	0,063
PCB 153	0,969	0,967	0,962	0,838	0,934	0,055
PCB 138	0,976	0,970	0,970	0,835	0,938	0,060
PCB 180	0,927	0,897	0,989	0,838	0,913	0,054
Hauptkomponenten						
PCB 17	0,372	0,425	0,380	0,767	0,486	0,163
PCB 18	0,309	0,440	0,382	0,759	0,473	0,172
PCB 20	0,198	0,391	0,636	0,789	0,504	0,226
PCB 31	0,233	0,384	0,594	0,781	0,498	0,207
PCB 32	0,241	0,409	0,399	0,763	0,453	0,191
PCB 44	0,343	0,330	0,879	0,825	0,594	0,258
PCB 49	0,322	0,317	0,799	0,810	0,562	0,243
PCB 63	0,973	0,736	0,984	0,889	0,895	0,099
PCB 70	0,462	0,327	0,972	0,907	0,667	0,277
PCB 110	0,965	0,895	0,965	0,970	0,949	0,031
PCB 149	0,929	0,942	0,963	0,830	0,916	0,051
PCB 151	0,929	0,874	0,959	0,816	0,894	0,055
PCB 170	0,902	0,852	0,987	0,828	0,892	0,061
PCB 174	0,896	0,945	0,983	0,823	0,912	0,060
PCB 187	0,924	0,950	0,977	0,839	0,923	0,052
Summenwerte						
6 DIN-PCB exkl. BG	0,984	0,825	0,825	0,824	0,865	0,069
6 DIN-PCB inkl. BG	0,984	0,825	0,825	0,824	0,865	0,069
6 DIN-PCB exkl. BG x 5	0,985	0,825	0,825	0,825	0,865	0,069
6 DIN-PCB inkl. BG x 5	0,985	0,825	0,825	0,825	0,865	0,069

a Fettdruck: maximale Korrelation zu den TEQ-Werten der 12 WHO-PCB für die jeweils dominierende PCB-Primärquelle

a Fettdruck sowie grau hinterlegt: maximale Korrelation zu den TEQ der 12 WHO-PCB als Mittelwert für alle untersuchten Primärquellen

$$\rho_{jk} = \frac{\text{cov}(X_j, X_k)}{\sigma_j \sigma_k}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}}$$

Tab. A.25: Hochkorrelierte PCB-Kongenere sowie Korrelation der PCB-Summenwerte zu den TEQ der 12 WHO-PCB

PCB-Kongener	dominierende PCB-Primärquelle				Mittelwert
	Deckenplatten	Boden- und Wandanstriche	Dichtungsmassen	Dichtungsmassen	
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 - 13	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26	(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45	(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62	
Korrelationskoeffizient (ρ_{jk}) zu TEQ 12 WHO-PCB ^a					
6 Indikator PCB					
PCB 101				0,972	
PCB 138	0,976	0,970			0,938
PCB 180			0,989		
Hauptkomponenten					
PCB 63	0,973				
PCB 110				0,970	0,949
PCB 170			0,987		
PCB 187		0,950			
Summenwerte					
6 DIN-PCB inkl. BG x 5	0,985	0,825	0,825	0,825	0,865

a Fettdruck: maximale Korrelation

$$\rho_{jk} = \frac{\text{cov}(X_j, X_k)}{\sigma_j \sigma_k}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}}$$

Tab. A.26: Faktoren zur Abschätzung des TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten von Leitparametern mit maximaler Korrelation gemäß Tabelle A.24 und A.25

Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus Analysenwerten eines Leitparameters				
	dominierende PCB-Primärquelle			
	Deckenplatten	Boden- und Wandanstriche	Dichtungsmassen	Dichtungsmassen
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26	(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45	(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62
	Leitparameter mit maximaler Korrelation (s. Tabelle 24) zu den TEQ der 12 WHO-PCB			
	Summe 6 DIN-PCB inkl. BG x 5	PCB # 138	PCB # 180	PCB # 101
	Steigung (m) der Ausgleichgeraden: TEQ 12WHO-PCB / Konzentration des Leitparameters			
m = y/x	2,7E-06	1,1E-04	6,3E-03	5,5E-05
	Vorschlag für einen zusätzlichen Korrekturfaktor ^a			
1-fache Standardabweichung	1,25	1,68	1,53	1,44
2-fache Standardabweichung	1,51	2,37	2,06	1,89
3-fache Standardabweichung	1,76	3,05	2,59	2,33
	Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der o. g. Leitparameter ^b			
1-fache Standardabweichung	3,41E-06	1,77E-04	9,63E-03	7,97E-05
2-fache Standardabweichung	4,10E-06	2,49E-04	1,30E-02	1,04E-04
3-fache Standardabweichung	4,79E-06	3,21E-04	1,63E-02	1,29E-04

a Faktor berücksichtigt die prozentuale Standardabweichung vom Mittelwert der berechneten Quotienten (TEQ 12 WHO-PCB / PCB-Leitparameter) für Probenmatrices mit jeweils gleichen dominierenden PCB-Primärquellen

b Faktor als Produkt: Steigung x zusätzlicher Korrekturfaktor unter Berücksichtigung der jeweils angegebenen Standardabweichung

Tab. A.27: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten von Leitparametern mit maximaler Korrelation gemäß Tabelle A.24 (Korrekturfaktoren mit 1-facher Standardabweichung s. Tabelle A.26)

Faktor ^a	dominierende PCB-Primärquelle							
	Deckenplatten		Boden- und Wandanstriche		Dichtungsmassen		Dichtungsmassen	
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13		(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26		(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45		(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62	
	Leitparameter mit maximaler Korrelation zu den TEQ der 12 WHO-PCB							
	Summe 6 DIN-PCB inkl. BG x 5		PCB # 138		PCB # 180		PCB # 101	
	3,41E-06		1,77E-04		9,63E-03		7,97E-05	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): < 500 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,66	1,35	0,07	0,48	0,32	1,30	0,10	0,31
Mittelwert	1,00		0,28		0,66		0,24	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,60	1,10	0,20	0,30	0,07	0,20	0,20	0,40
Mittelwert	0,85		0,25		0,13		0,25	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	110%	123%	33%	160%	197%	867%	51%	148%
Mittelwert	116%		104%		545%		98%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): Bereich 500 ng/m ³ - 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	4,23	7,71	3,13	28,16	4,56	8,80	0,34	4,57
Mittelwert	5,85		11,26		6,08		1,33	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	1,10	5,50	4,20	15,60	2,00	6,40	0,20	4,40
Mittelwert	3,80		7,87		3,30		1,19	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	111%	385%	54%	180%	137%	289%	59%	247%
Mittelwert	189%		130%		203%		133%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): > 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	19,96	29,55	15,78	21,60	7,65	27,55	3,40	8,93
Mittelwert	25,17		18,69		14,62		5,96	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	18,00	22,90	9,30	11,90	4,90	18,20	2,10	5,50
Mittelwert	20,48		10,60		9,76		3,90	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	101%	142%	170%	182%	121%	196%	143%	162%
Mittelwert	123%		176%		153%		153%	

^a Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der o. g. Leitparameter (s. Tabelle A.26)

Tab. A.28: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten von Leitparametern mit maximaler Korrelation gemäß Tabelle A.24 (Korrekturfaktoren mit 2-facher Standardabweichung s. Tabelle A.26)

	dominierende PCB-Primärquelle							
	Deckenplatten		Boden- und Wandanstriche		Dichtungsmassen		Dichtungsmassen	
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13		(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26		(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45		(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62	
	Leitparameter mit maximaler Korrelation (s. Tabelle A.24) zu den TEQ der 12 WHO-PCB							
	Summe 6 DIN-PCB inkl. BG x 5		PCB # 138		PCB # 180		PCB # 101	
Faktor ^a	4,10E-06		2,49E-04		1,30E-02		1,04E-04	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): < 500 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,79	1,62	0,09	0,67	0,43	1,75	0,13	0,41
Mittelwert	1,21		0,39		0,88		0,31	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,60	1,10	0,20	0,30	0,07	0,20	0,20	0,40
Mittelwert	0,85		0,25		0,13		0,25	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	132%	148%	46%	225%	266%	1167%	66%	194%
Mittelwert	140%		146%		733%		128%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): Bereich 500 ng/m ³ - 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	5,09	9,27	4,41	39,60	6,13	11,84	0,44	5,98
Mittelwert	7,04		15,84		8,19		1,73	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	1,10	5,50	4,20	15,60	2,00	6,40	0,20	4,40
Mittelwert	3,80		7,87		3,30		6,40	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	134%	463%	76%	254%	185%	389%	77%	324%
Mittelwert	228%		183%		273%		173%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): > 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	24,00	35,53	22,19	30,38	10,30	37,09	4,45	11,68
Mittelwert	30,26		26,29		19,69		5,96	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	18,00	22,90	9,30	11,90	4,90	18,20	2,10	5,50
Mittelwert	20,48		10,60		9,76		3,90	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	122%	170%	239%	255%	162%	264%	187%	212%
Mittelwert	148%		274%		206%		200%	

^a Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der o. g. Leitparameter (s. Tabelle A.26)

Tab. A.29: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten von Leitparametern mit maximaler Korrelation gemäß Tabelle A.24 (Korrekturfaktoren mit 3-facher Standardabweichung s. Tabelle A.26)

	dominierende PCB-Primärquelle							
	Deckenplatten		Boden- und Wandanstriche		Dichtungsmassen		Dichtungsmassen	
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13		(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26		(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45		(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62	
	Leitparameter mit maximaler Korrelation (s. Tabelle A.24) zu den TEQ der 12 WHO-PCB							
	Summe 6 DIN-PCB inkl. BG x 5		PCB # 138		PCB # 180		PCB # 101	
Faktor ^a	4,79E-06		3,21E-04		1,63E-02		1,29E-04	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): < 500 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,93	1,90	0,12	0,87	0,54	2,20	0,16	0,51
Mittelwert	1,41		0,51		1,11		0,38	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,60	1,10	0,20	0,30	0,07	0,20	0,20	0,40
Mittelwert	0,85		0,25		0,13		0,25	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	154%	173%	60%	290%	334%	1467%	82%	240%
Mittelwert	163%		188%		922%		159%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): Bereich 500 ng/m ³ - 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	5,94	10,83	5,68	51,04	7,71	14,88	0,54	7,38
Mittelwert	8,22		20,42		10,30		2,14	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	1,10	5,50	4,20	15,60	2,00	6,40	0,20	4,40
Mittelwert	3,80		7,87		3,30		1,19	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	157%	540%	98%	327%	233%	489%	95%	400%
Mittelwert	266%		236%		344%		214%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): > 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	28,04	41,51	28,60	39,16	12,94	46,63	5,50	14,43
Mittelwert	35,36		33,88		24,75		9,63	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	18,00	22,90	9,30	11,90	4,90	18,20	2,10	5,50
Mittelwert	20,48		10,60		9,76		3,90	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	Bis	von	bis	von	bis	von	bis
	142%	199%	308%	329%	204%	332%	231%	262%
Mittelwert	173%		318%		259%		247%	

^a Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der o. g. Leitparameter (s. Tabelle A.26)

Tab. 30: Faktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB inkl. BG x 5)

Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus Analysenwerten eines Leitparameters				
	dominierende PCB-Primärquelle			
	Deckenplatten	Boden- und Wand-anstriche	Dichtungsmassen	Dichtungsmassen
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26	(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45	(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62
	Steigung (m) der Ausgleichgeraden: TEQ 12WHO-PCB / Konzentration des Leitparameters			
m = y/x	2,72E-06	2,09E-06	6,76E-07	4,52E-07
	Vorschlag für einen zusätzlichen Korrekturfaktor ^a zur Abschätzung eines Maximalwertes:			
1-fache Standardabweichung	1,25	1,59	1,42	1,57
2-fache Standardabweichung	1,51	2,19	1,83	2,13
3-fache Standardabweichung	1,76	2,78	2,25	2,70
	Faktoren zur Abschätzung des TEQ-Wertes 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der o. g. Leitparameter ^b			
1-fache Standardabweichung	3,41E-06	3,34E-06	9,58E-07	7,09E-07
2-fache Standardabweichung	4,10E-06	4,58E-06	1,24E-06	9,65E-07
3-fache Standardabweichung	4,79E-06	5,83E-06	1,52E-06	1,22E-06

a Faktor berücksichtigt die prozentuale Standardabweichung vom Mittelwert der berechneten Quotienten (TEQ 12 WHO-PCB / Summe 6 DIN-PCB inkl. BG x 5) für Probenmatrices mit jeweils gleichen dominierenden PCB-Primärquellen

b Faktor als Produkt: Steigung x zusätzlicher Korrekturfaktor unter Berücksichtigung der jeweils angegebenen Standardabweichung

Tab. A.31: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB inkl. BG x 5), Korrekturfaktoren mit 1-facher Standardabweichung s. Tabelle A.30)

	dominierende PCB-Primärquelle							
	Deckenplatten		Boden- und Wandanstriche		Dichtungsmassen		Dichtungsmassen	
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13		(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26		(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45		(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62	
Faktor ^a	3,41E-06		3,34E-06		9,58E-07		7,09E-07	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): < 500 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,66	1,35	0,40	0,80	0,09	0,38	0,07	0,34
Mittelwert	1,00		0,58		0,17		0,23	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,60	1,10	0,20	0,30	0,07	0,20	0,20	0,40
Mittelwert	0,85		0,25		0,13		0,25	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	110%	123%	188%	269%	63%	192%	34%	155%
Mittelwert	116%		231%		137%		94%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): Bereich 500 ng/m ³ - 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	4,23	7,71	2,20	15,26	2,14	4,58	0,36	3,01
Mittelwert	5,85		10,08		3,49		1,09	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	1,10	5,50	4,20	15,60	2,00	6,40	0,20	4,40
Mittelwert	3,80		7,87		3,30		1,19	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	111%	385%	52%	203%	72%	159%	60%	180%
Mittelwert	189%		135%		116%		111%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): > 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	19,96	29,55	17,30	23,04	11,87	16,28	4,22	8,79
Mittelwert	25,17		20,17		14,15		6,19	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	18,00	22,90	9,30	11,90	4,90	18,20	2,10	5,50
Mittelwert	20,48		10,60		9,76		3,90	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	101%	142%	186%	194%	82%	259%	77%	216%
Mittelwert	123%		190%		186%		173%	

^a Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der o. g. Leitparameter (s. Tabelle A.30)

Tab. A.32: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB inkl. BG x 5), Korrekturfaktoren mit 2-facher Standardabweichung s. Tabelle A.30)

	dominierende PCB-Primärquelle							
	Deckenplatten		Boden- und Wandanstriche		Dichtungsmassen		Dichtungsmassen	
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13		(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26		(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45		(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62	
Faktor ^a	4,10E-06		4,58E-06		1,24E-06		9,65E-07	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): < 500 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,79	1,62	0,55	1,10	0,11	0,50	0,09	0,46
Mittelwert	1,21		0,79		0,22		0,31	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,60	1,10	0,20	0,30	0,07	0,20	0,20	0,40
Mittelwert	0,85		0,25		0,13		0,25	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	132%	148%	258%	369%	81%	248%	47%	211%
Mittelwert	140%		317%		177%		129%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): Bereich 500 ng/m ³ - 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	5,09	9,27	3,03	20,95	2,76	5,92	0,49	4,10
Mittelwert	7,04		13,84		4,51		1,48	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	1,10	5,50	4,20	15,60	2,00	6,40	0,20	4,40
Mittelwert	3,80		7,87		3,30		1,19	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	134%	463%	72%	279%	93%	206%	81%	246%
Mittelwert	228%		186%		150%		152%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): > 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	24,00	35,53	23,75	31,63	15,36	21,06	5,74	11,97
Mittelwert	30,26		27,69		18,31		8,43	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	18,00	22,90	9,30	11,90	4,90	18,20	2,10	5,50
Mittelwert	20,48		10,60		9,76		3,90	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	122%	170%	255%	266%	106%	336%	104%	294%
Mittelwert	148%		261%		240%		236%	

^a Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der o. g. Leitparameter (s. Tabelle A.30)

Tab. A.33: Analysenergebnisse und Abschätzung der TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB inkl. BG x 5), Korrekturfaktoren mit 3-facher Standardabweichung s. Tabelle A.30)

	dominierende PCB-Primärquelle							
	Deckenplatten		Boden- und Wandanstriche		Dichtungsmassen		Dichtungsmassen	
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13		(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26		(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45		(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62	
Faktor ^a	4,79E-06		5,83E-06		1,52E-06		1,22E-06	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): < 500 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,93	1,90	0,70	1,39	0,14	0,61	0,12	0,58
Mittelwert	1,41		1,00		0,27		0,40	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	0,60	1,10	0,20	0,30	0,07	0,20	0,20	0,40
Mittelwert	0,85		0,25		0,13		0,25	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	154%	173%	328%	469%	100%	305%	59%	267%
Mittelwert	163%		403%		218%		163%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): Bereich 500 ng/m ³ - 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	5,94	10,83	3,85	26,64	3,39	7,27	0,62	5,19
Mittelwert	8,22		17,60		5,54		1,88	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	1,10	5,50	4,20	15,60	2,00	6,40	0,20	4,40
Mittelwert	3,80		7,87		3,30		1,19	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	157%	540%	92%	355%	114%	253%	103%	311%
Mittelwert	266%		237%		184%		192%	
PCB-Raumluftkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5): > 5.000 ng/m ³								
berechneter TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	28,04	41,51	30,20	40,22	18,85	25,84	7,27	15,15
Mittelwert	35,36		35,21		22,47		10,67	
gemessener TEQ-Wert der 12 WHO-PCB [pg/m ³]								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	18,00	22,90	9,30	11,90	4,90	18,20	2,10	5,50
Mittelwert	20,48		10,60		9,76		3,90	
Verhältnis des berechneten TEQ-Wertes zum gemessenen TEQ-Wert (Angabe in Prozent)								
Bereich	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	142%	199%	325%	338%	129%	412%	132%	372%
Mittelwert	173%		331%		295%		299%	

^a Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten der o. g. Leitparameter (s. Tabelle A.30)

Tab. A.34: Anhand des Leitparameters PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5) berechnete Korrelationen zwischen TEQ-Werten und PCB-Gesamtkonzentration

TEQ	PCB-Typ: Clophen A60 (Deckenplatten)		PCB-Typ: Clophen A60 (Anstriche)		PCB-Typ: Clophen A50 (Dichtungsmassen)		PCB-Typ: Clophen A40 (Dichtungsmassen)	
	berechnete Summe der 6 DIN-PCB x 5		berechnete Summe der 6 DIN-PCB x 5		berechnete Summe der 6 DIN-PCB x 5		berechnete Summe der 6 DIN-PCB x 5	
[pg/m ³]	[ng/m ³] ^a	[ng/m ³] ^b	[ng/m ³] ^a	[ng/m ³] ^b	[ng/m ³] ^a	[ng/m ³] ^b	[ng/m ³] ^a	[ng/m ³] ^b
0,5	184	± 47	239	± 142	739	± 307	1.106	± 627
1	367	± 93	478	± 284	1.479	± 615	2.212	± 1.255
1,5	551	± 140	717	± 426	2.218	± 922	3.318	± 1.882
2	735	± 186	955	± 568	2.957	± 1.230	4.424	± 2.509
2,5	918	± 233	1.194	± 710	3.697	± 1.537	5.530	± 3.136
3	1.102	± 280	1.433	± 852	4.436	± 1.845	6.636	± 3.764
3,5	1.286	± 326	1.672	± 995	5.175	± 2.152	7.742	± 4.391
4	1.470	± 373	1.911	± 1.137	5.915	± 2.460	8.847	± 5.018
4,5	1.653	± 419	2.150	± 1.279	6.654	± 2.767	9.953	± 5.645
5	1.837	± 466	2.388	± 1.421	7.393	± 3.075	11.059	± 6.273

a Berechnung durch Multiplikation des TEQ-Wertes mit der Steigung der berechneten Ausgleichgeraden der Analysenwerte (TEQ 12 WHO-PCB / Summe 6 DIN-PCB inkl. BG x 5) für Probenmatrices mit jeweils gleichen dominierenden PCB-Primärquellen

b einfache prozentuale Standardabweichung vom Mittelwert der berechneten Quotienten (TEQ 12 WHO-PCB / Summe 6 DIN-PCB inkl. BG x 5) für Probenmatrices mit jeweils gleichen dominierenden PCB-Primärquellen

Tab. A.35: Faktoren zur Abschätzung des TEQ der 12 WHO-PCB aus Analysenwerten des Leitparameters PCB#118

Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus Analysenwerten eines Leitparameters (alle Konzentrationsangaben in ng/m ³)				
	dominierende PCB-Primärquelle			
	Deckenplatten	Boden- und Wandanstriche	Dichtungsmassen	Dichtungsmassen
	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 01 – 13	(PCB-Typ: Clophen A60) Proben-Nr.: 14 - 26	(PCB-Typ: Clophen A50) Proben-Nr.: 27 - 45	(PCB-Typ: Clophen A40) Proben-Nr.: 46 - 62
	PCB#118			
Steigung (m) der Ausgleichgeraden: TEQ 12WHO-PCB / Konzentration des Leitparameters				
m = y/x	2,08E-04	2,55E-04	2,05E-04	2,78E-04
Vorschlag für einen zusätzlichen Korrekturfaktor ^a				
1-fache Standardabweichung	1,12	1,20	1,18	1,23
2-fache Standardabweichung	1,25	1,41	1,36	1,45
3-fache Standardabweichung	1,37	1,61	1,55	1,68
4-fache Standardabweichung	1,50	1,82	1,73	1,91
5-fache Standardabweichung	1,62	2,02	1,91	2,14
Faktoren zur Abschätzung des TEQ 12 WHO-PCB aus den Analysenwerten des o. g. Leitparameters ^b (bei Verwendung der u. g. Faktoren werden sämtliche TEQ-Analysenwerte durch die berechneten TEQ-Werte überschätzt)				
n-fache Standardabweichung	2,86E-04 (3)	3,59E-04 (2)	3,91E-04 (5)	4,68E-04 (3)
Vorschlag für einen „universellen“ Korrekturfaktor	5,00E-04 ^d			

a Faktor berücksichtigt die prozentuale Standardabweichung vom Mittelwert der berechneten Quotienten (TEQ 12 WHO-PCB / Summe 6 DIN-PCB inkl. BG x 5) für Probenmatrices mit jeweils gleichen dominierenden PCB-Primärquellen

b Faktor als Produkt: Steigung x zusätzlicher Korrekturfaktor unter Berücksichtigung der jeweils angegebenen Standardabweichung

c Faktor beinhaltet die als Klammerwert angegebene n-fache Standardabweichung

d S.a. Anmerkung in der Fußnote der Tabelle 08, S. 28 (d. Redakt.)

Anhang B
(Abbildungen)

Abb. B.01: Schematische Darstellung der Analysenmethode zur Bestimmung der PCB in den Raumluftproben

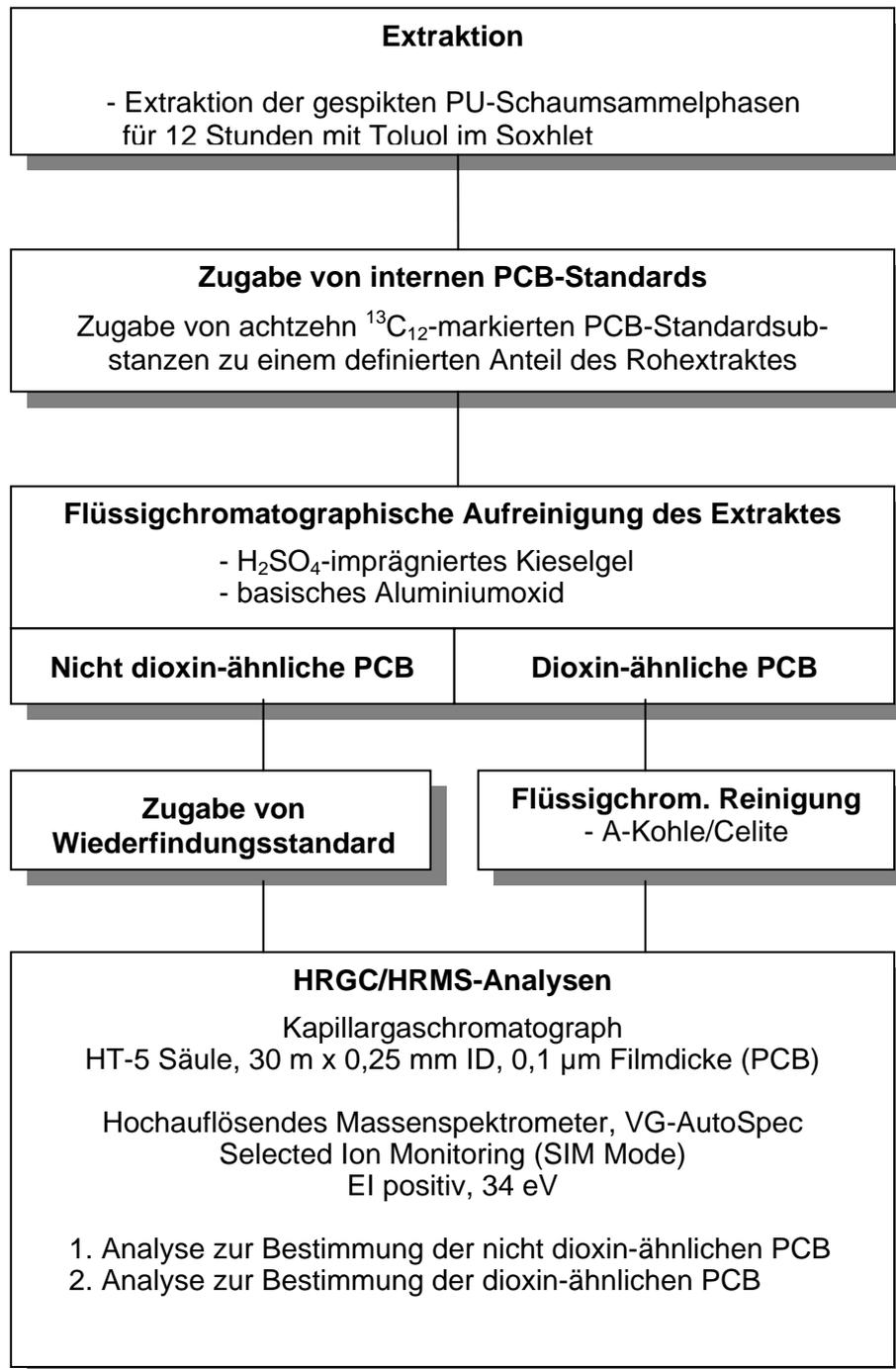


Abb. B.02: Schematische Darstellung der Analysenmethode zur Bestimmung der PCDD/F in Raumlufthproben

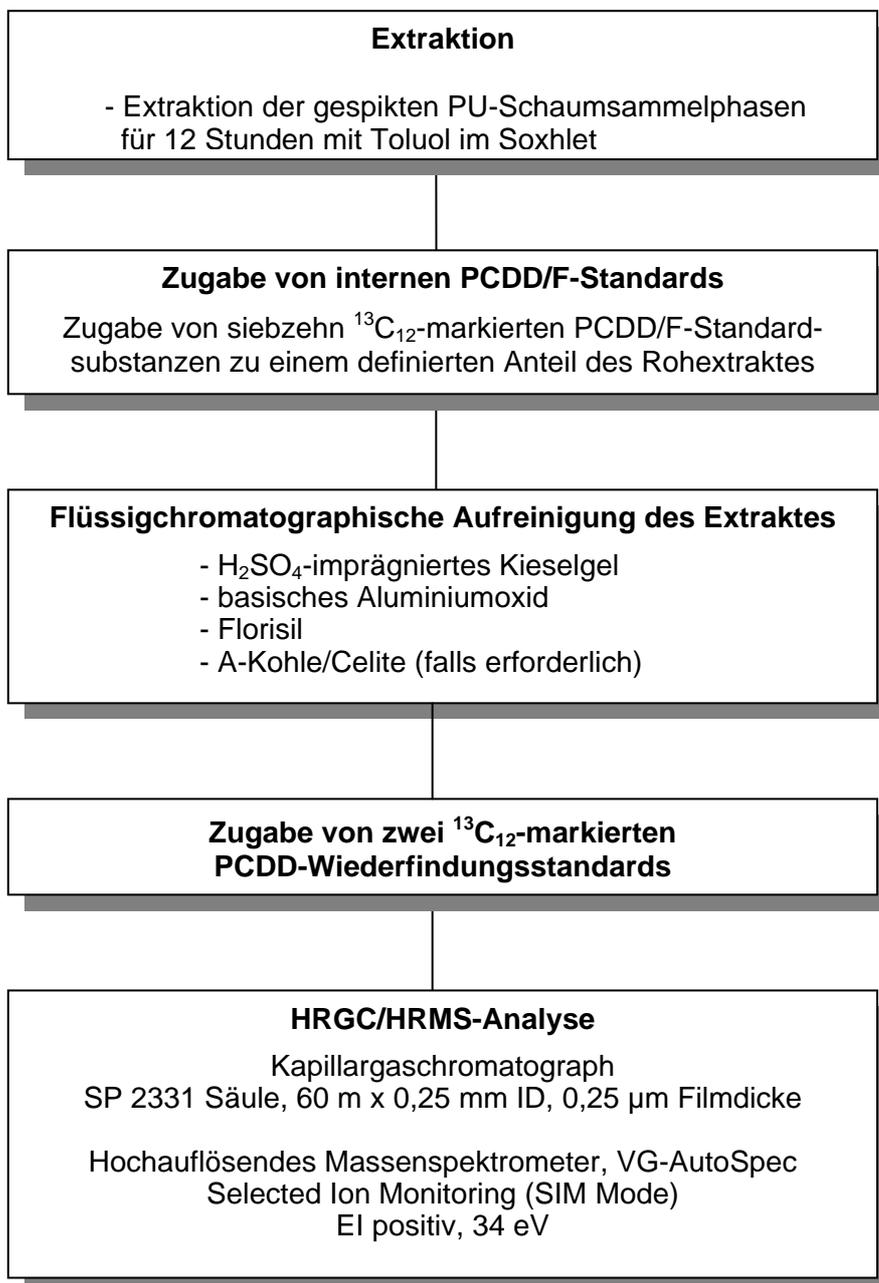


Abb. B.03: Mittelwerte der PCB-Doppelbestimmungen 1 - 3 sowie Standardabweichungen

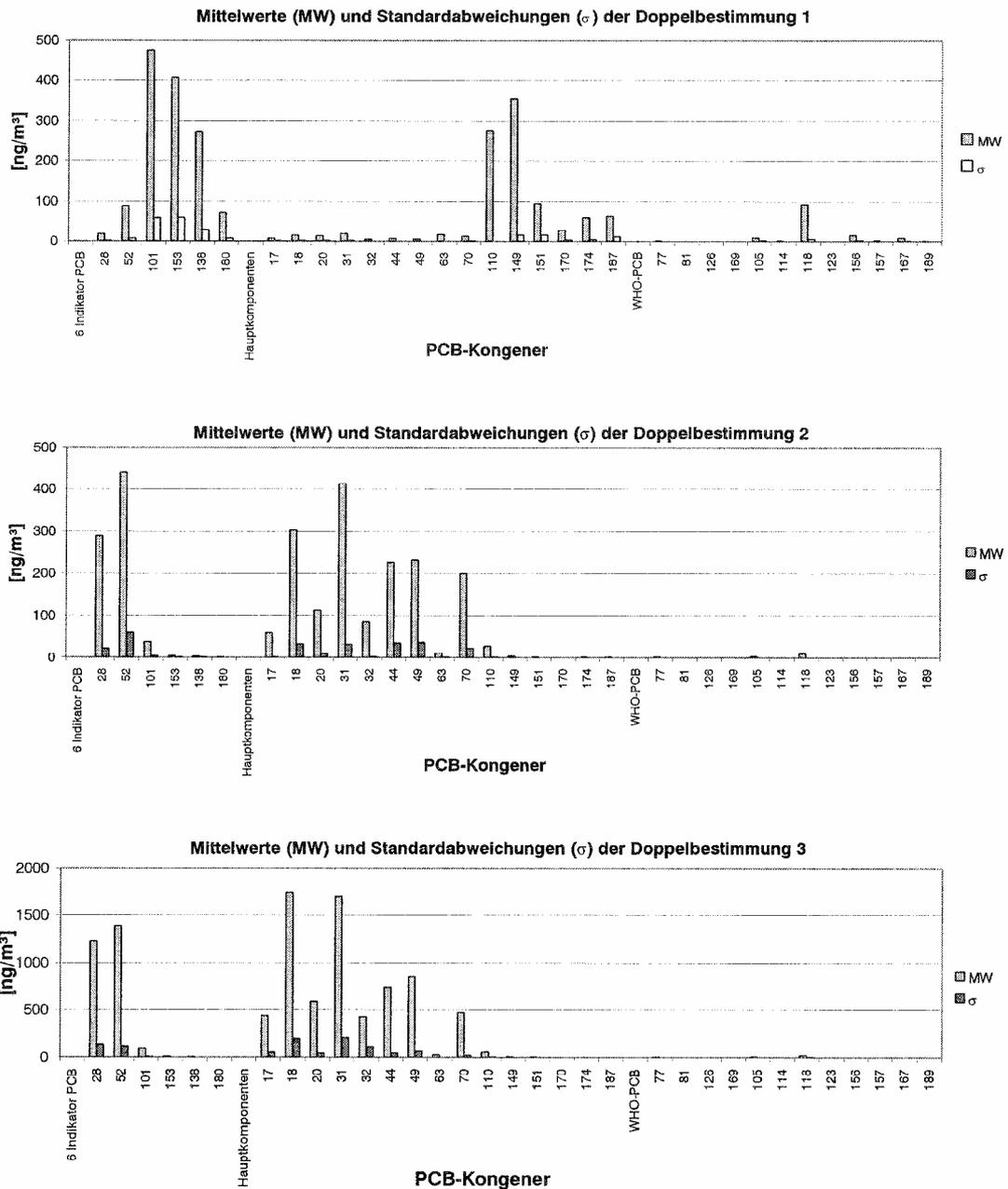


Abb. B.04: Mittelwerte der PCB-Doppelbestimmungen 4 - 6 sowie Standardabweichungen

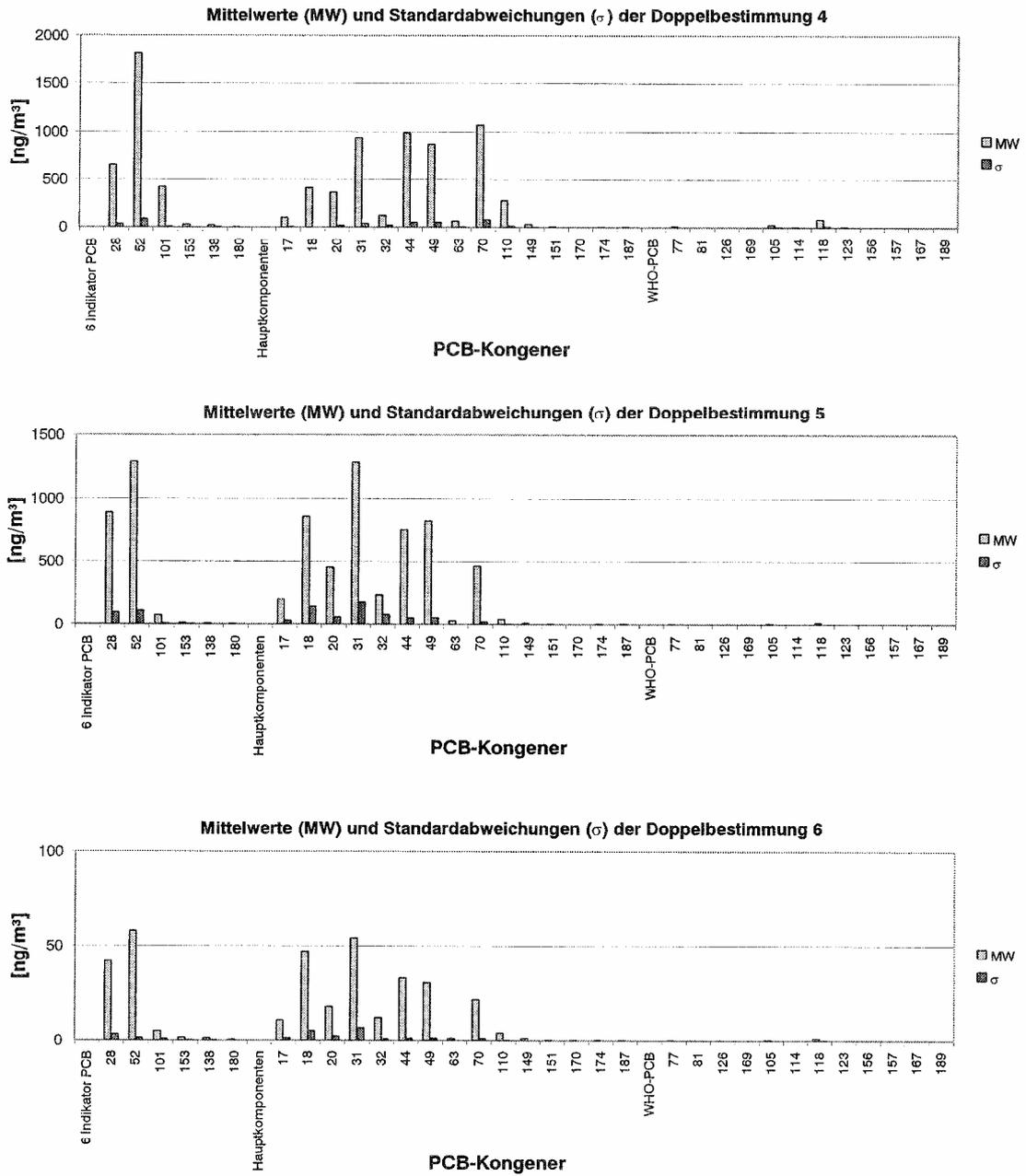


Abb. B.05: Korrelation von Indikator-PCB sowie der PCB-Hauptkomponenten und den TEQ der 12 WHO-PCB; getrennte Darstellung für die der Proben mit den dominierenden PCB-Primärquellen vom Typ Clophen A60 (Deckenplatten, Boden- und Wandanstriche), Typ Clophen A50 (Dichtungsmassen) sowie Typ Clophen A40 (Dichtungsmassen) (Zahlenwerte s. Anhang A, Tabelle A.24)

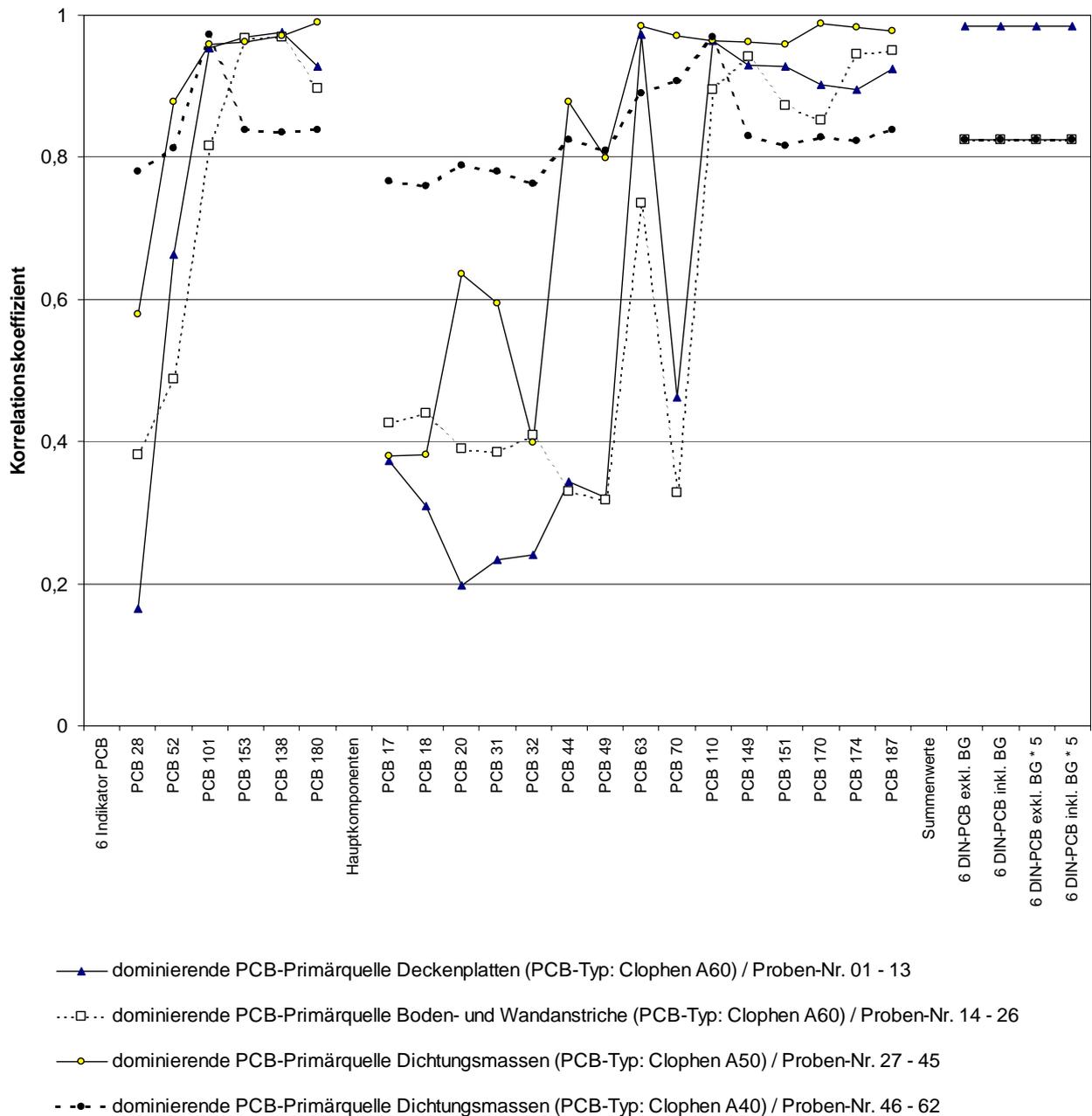


Abb. B.06: Korrelation von Indikator-PCB sowie der PCB-Hauptkomponenten und den TEQ der 12 WHO-PCB; Darstellung der Mittelwerte sowie der resultierenden Standardabweichung aller 62 Proben (Zahlenwerte s. Anhang A, Tabelle A.24)

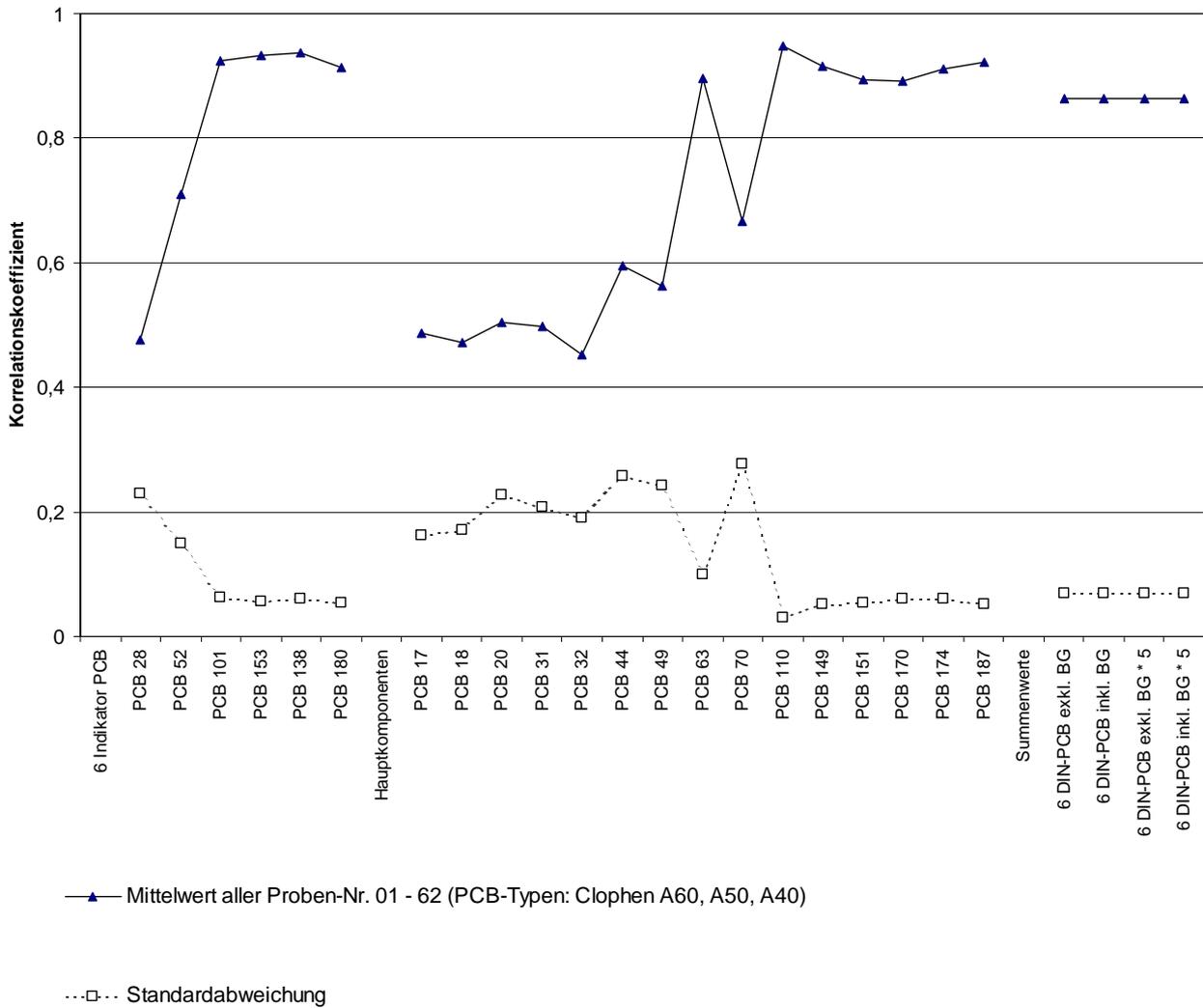
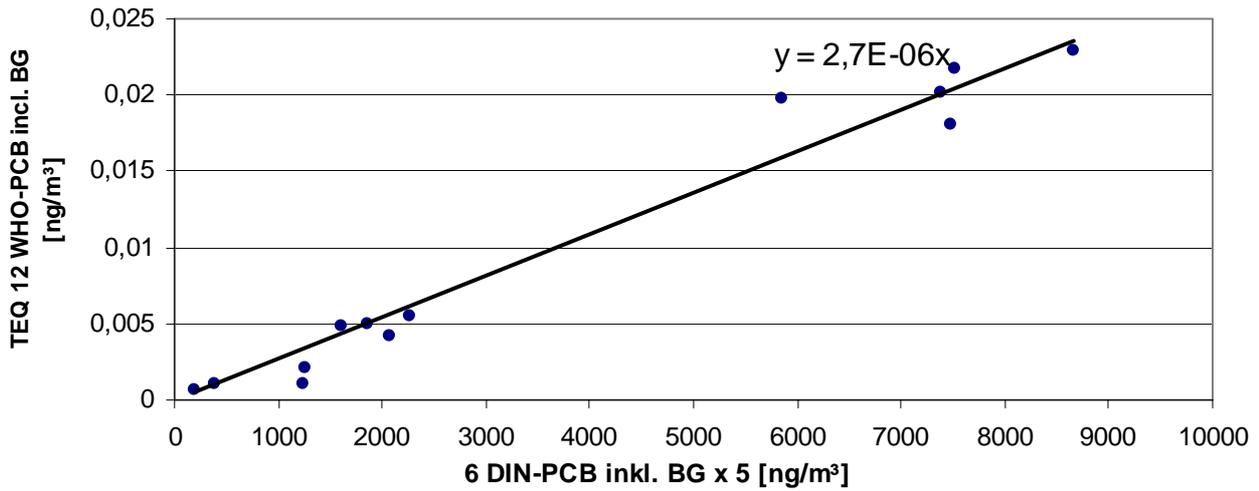


Abb. B.07: TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur PCB-Gesamtkonzentration
(Σ 6 Indikator-PCB x 5)

**dominierende PCB-Primärquelle Deckenplatten
(PCB-Typ: Clophen A60) / Proben-Nr. 01 - 13**



**dominierende PCB-Primärquelle Boden- und Wandanstriche
(PCB-Typ: Clophen A60) / Proben-Nr. 14 - 26**

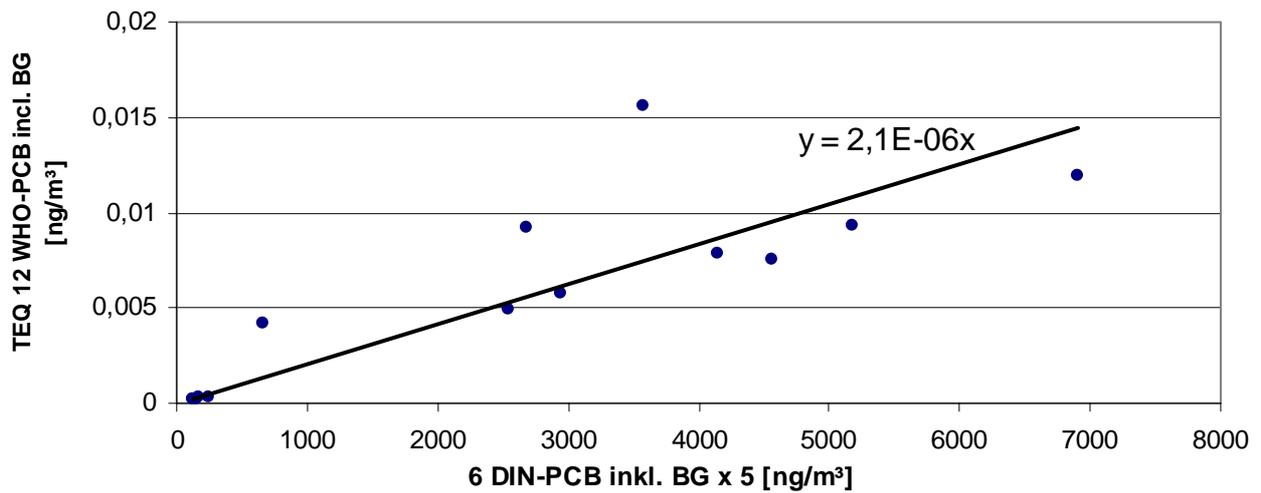


Abb. B.07 (Forts.): TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur PCB-Gesamtkonzentration (Σ 6 Indikator-PCB x 5)

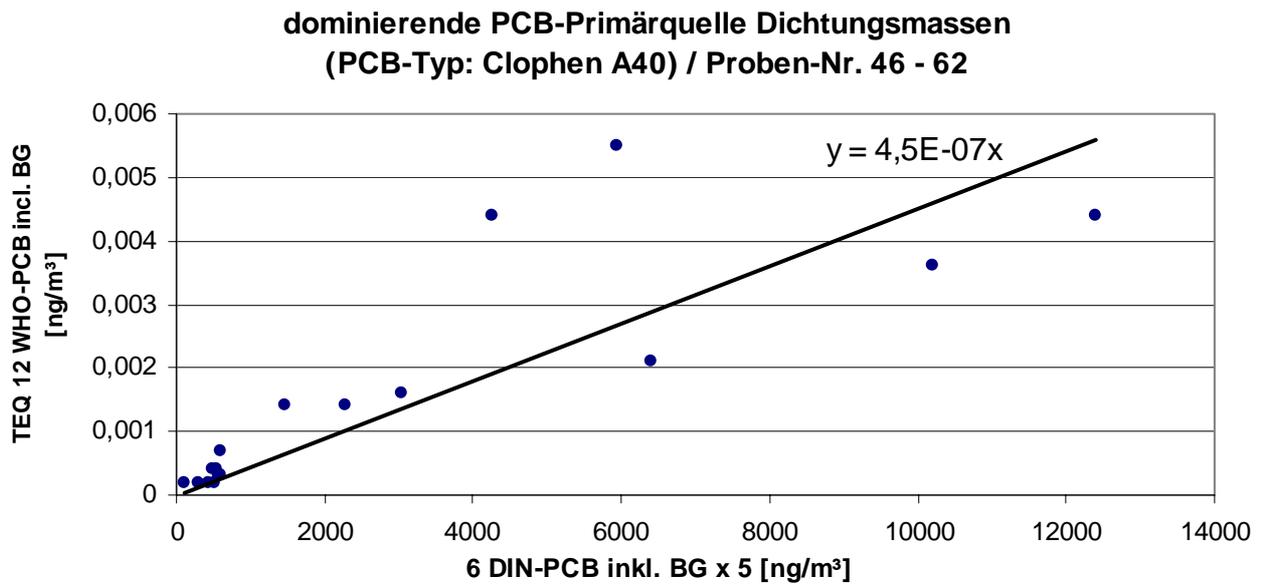
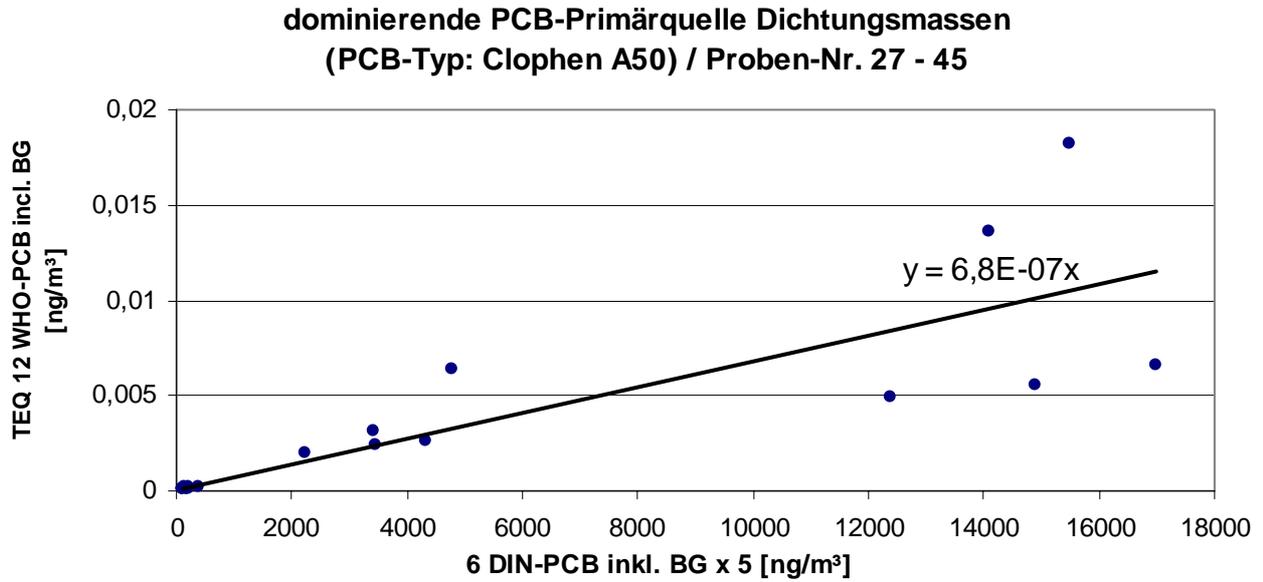


Abb. B.08: TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur Raumluftkonzentration des Indikator-PCB #138

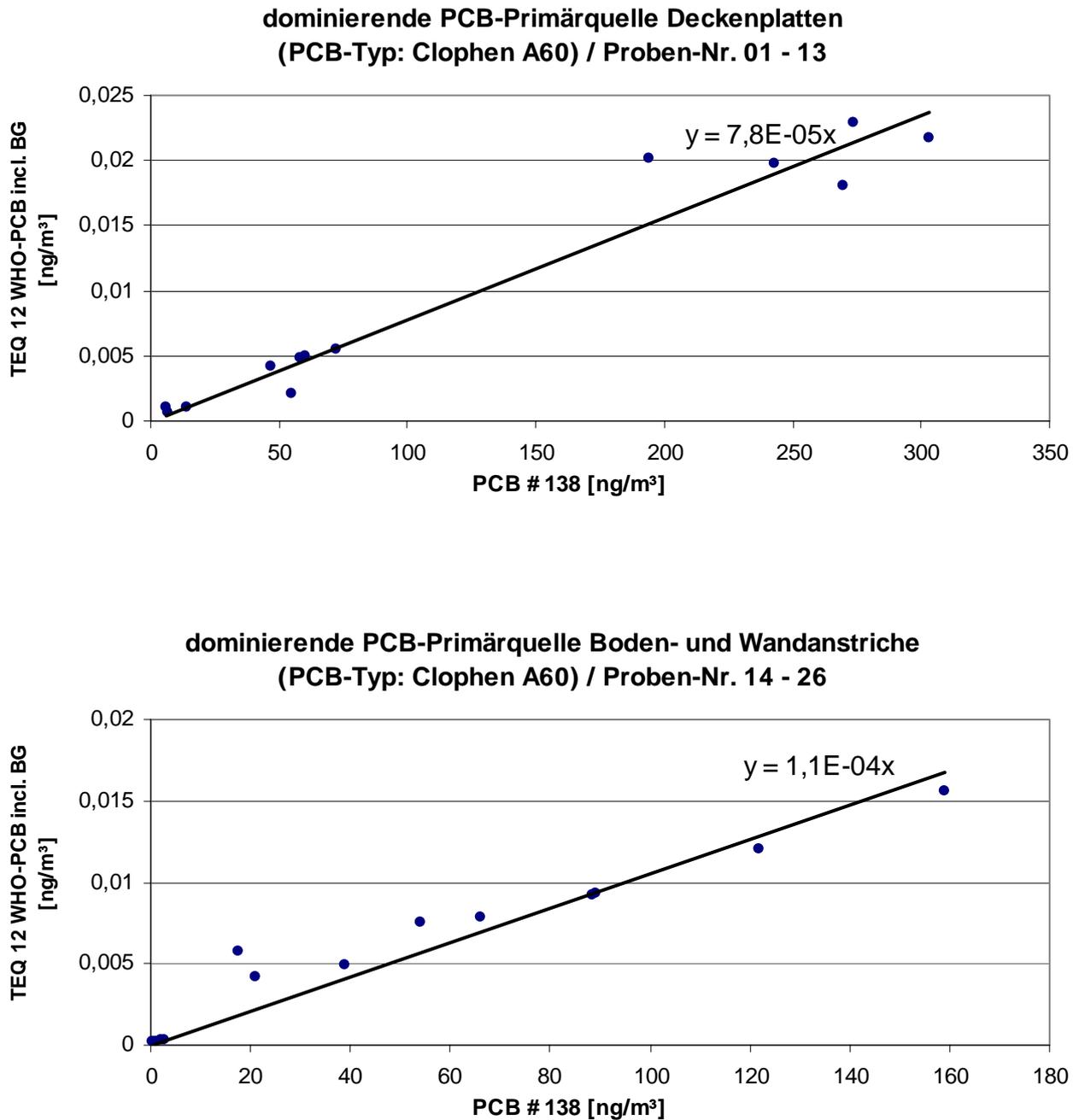


Abb. B.08 (Forts.): TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur Raumluftkonzentration des Indikator-PCB #138

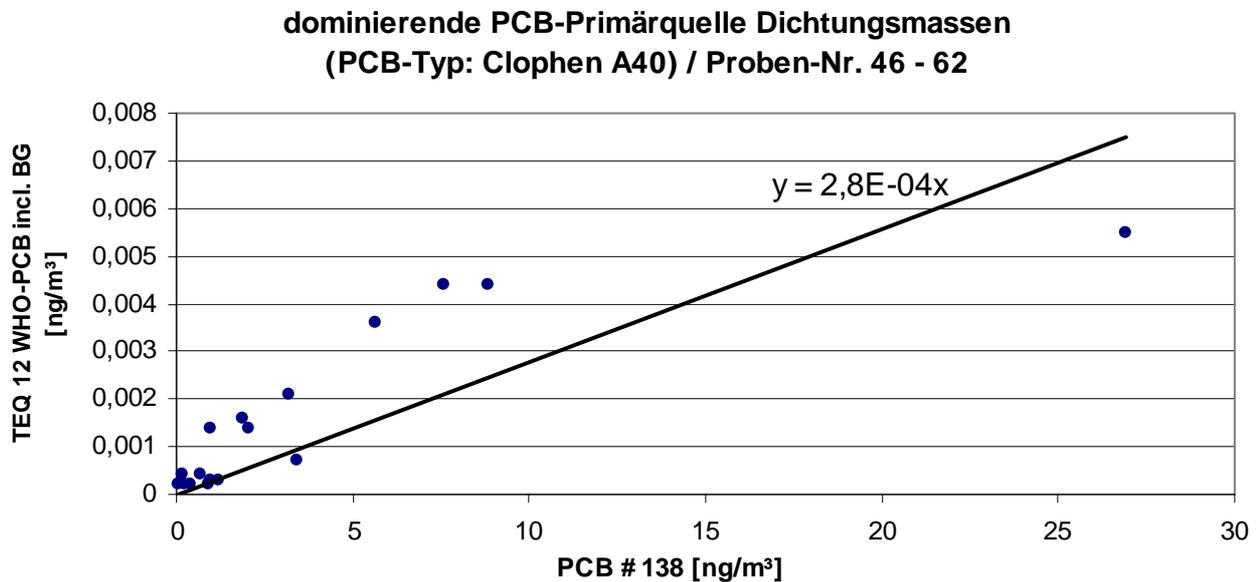
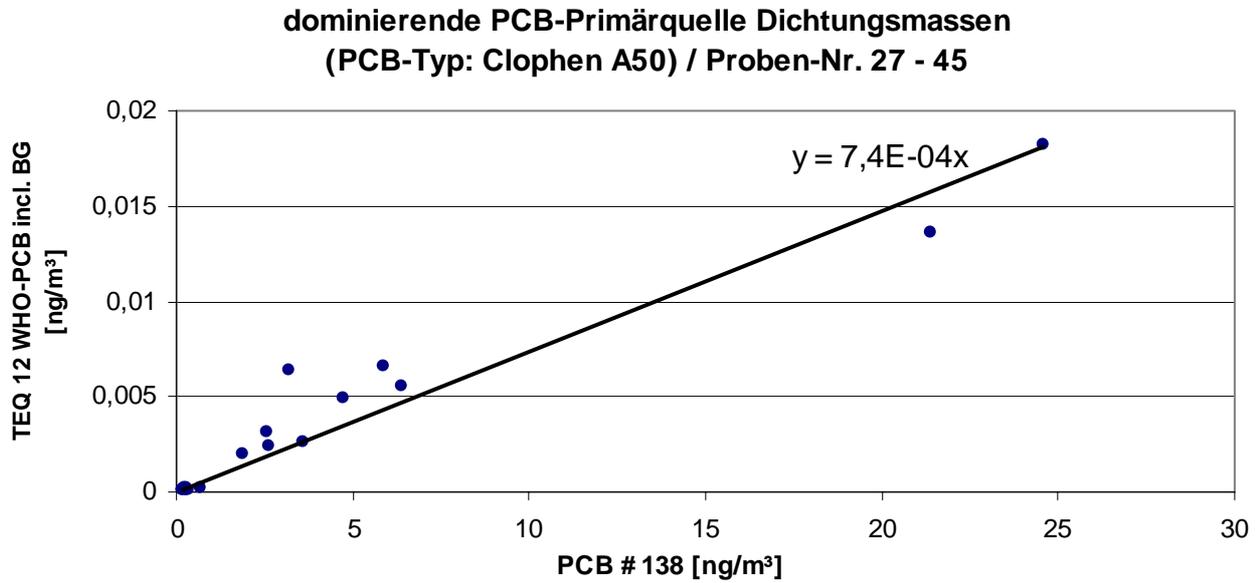


Abb. B.09: TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur Raumluftkonzentration der Hauptkomponente PCB #110

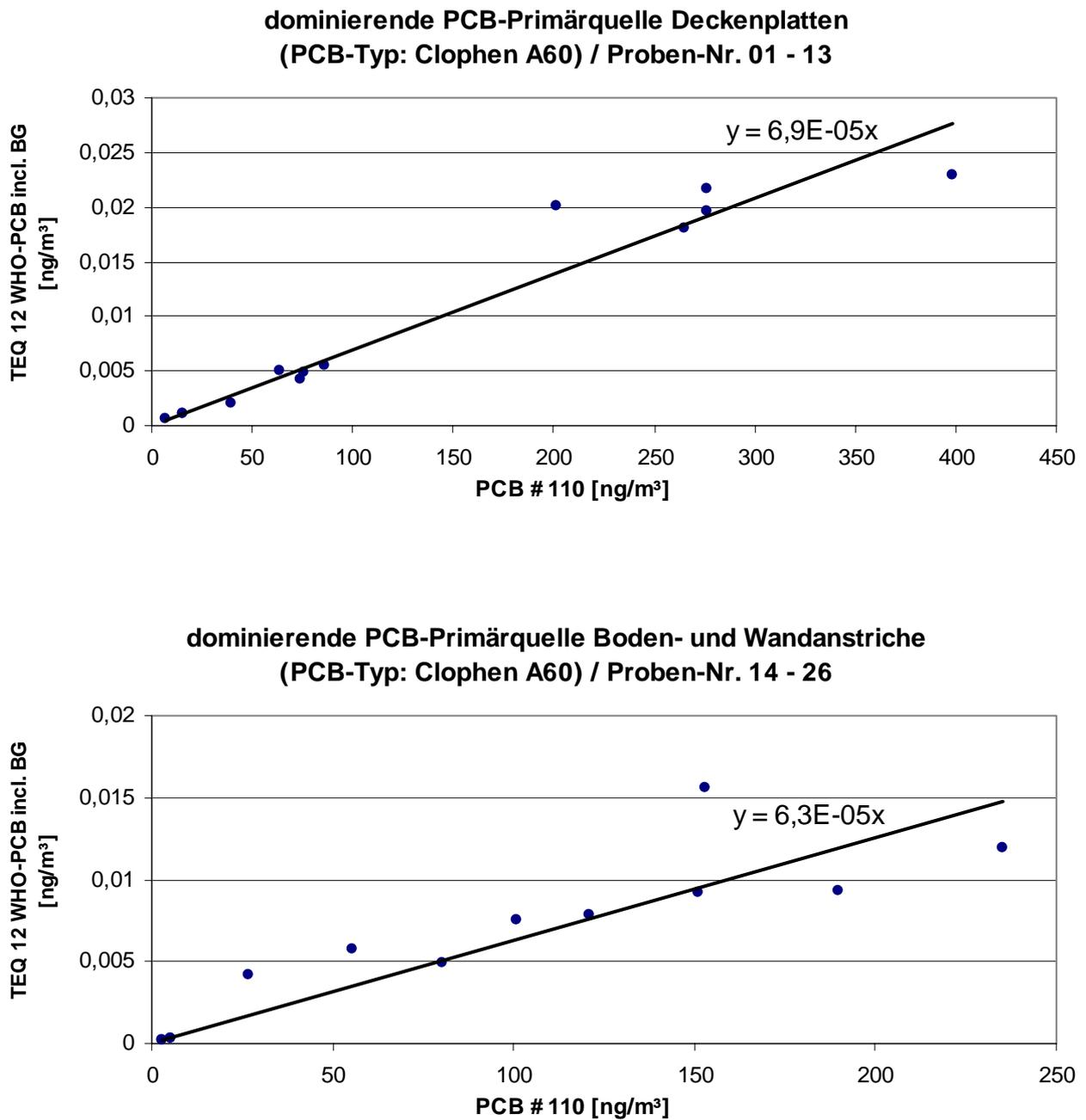


Abb. B.09 (Forts.): TEQ der 12 WHO-PCB in Relation zur Raumluftkonzentration der Hauptkomponente PCB #110

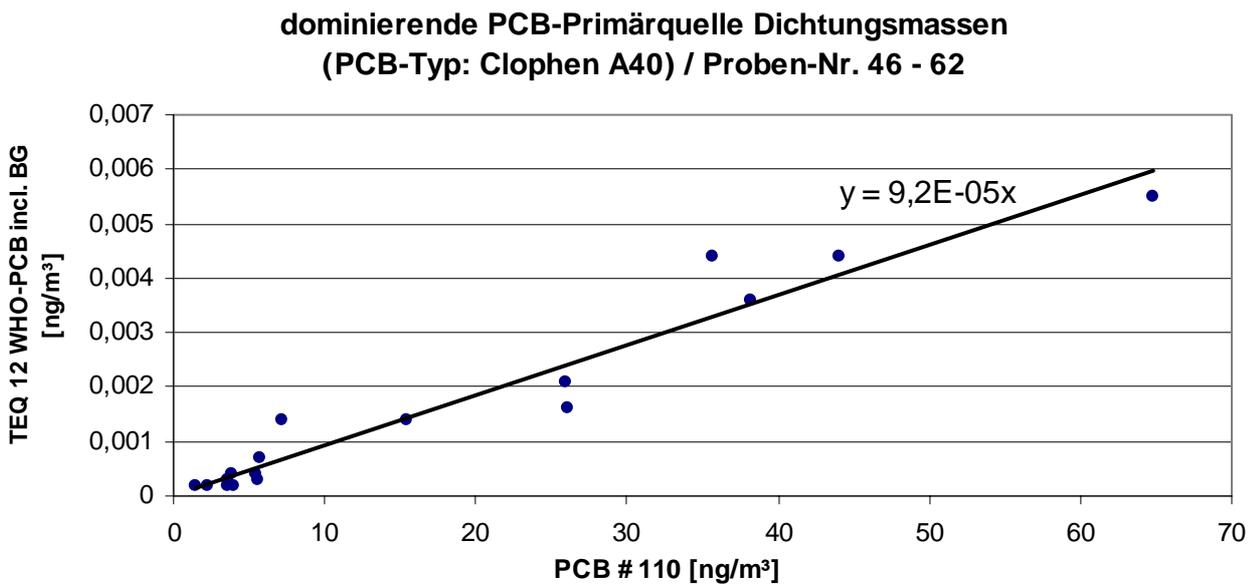
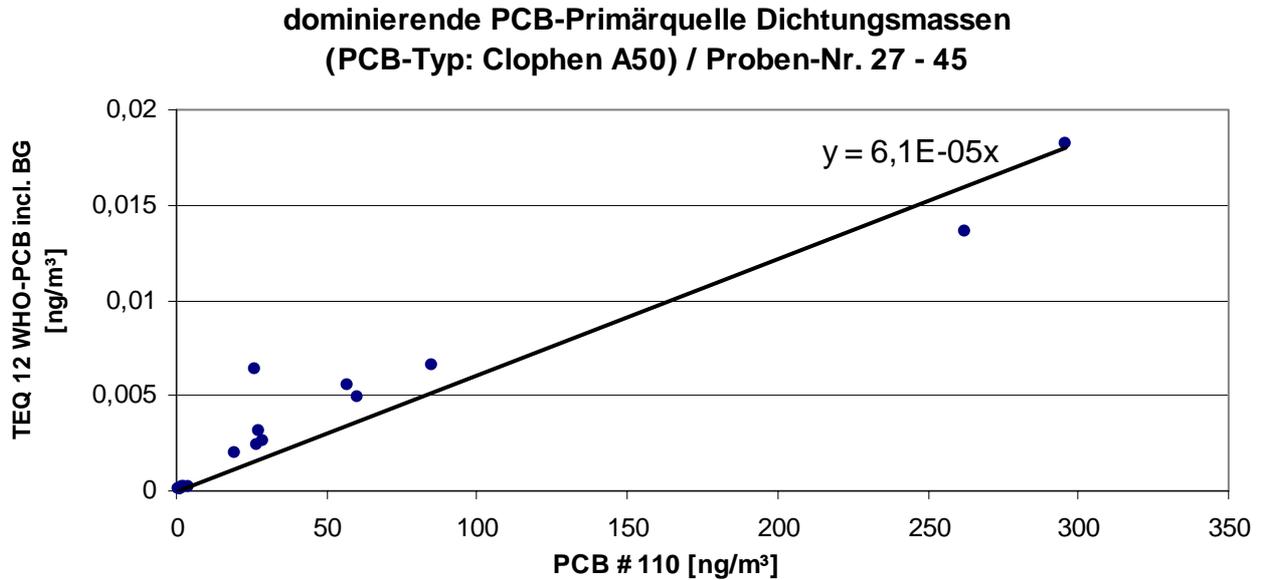


Abb. B.10: Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten

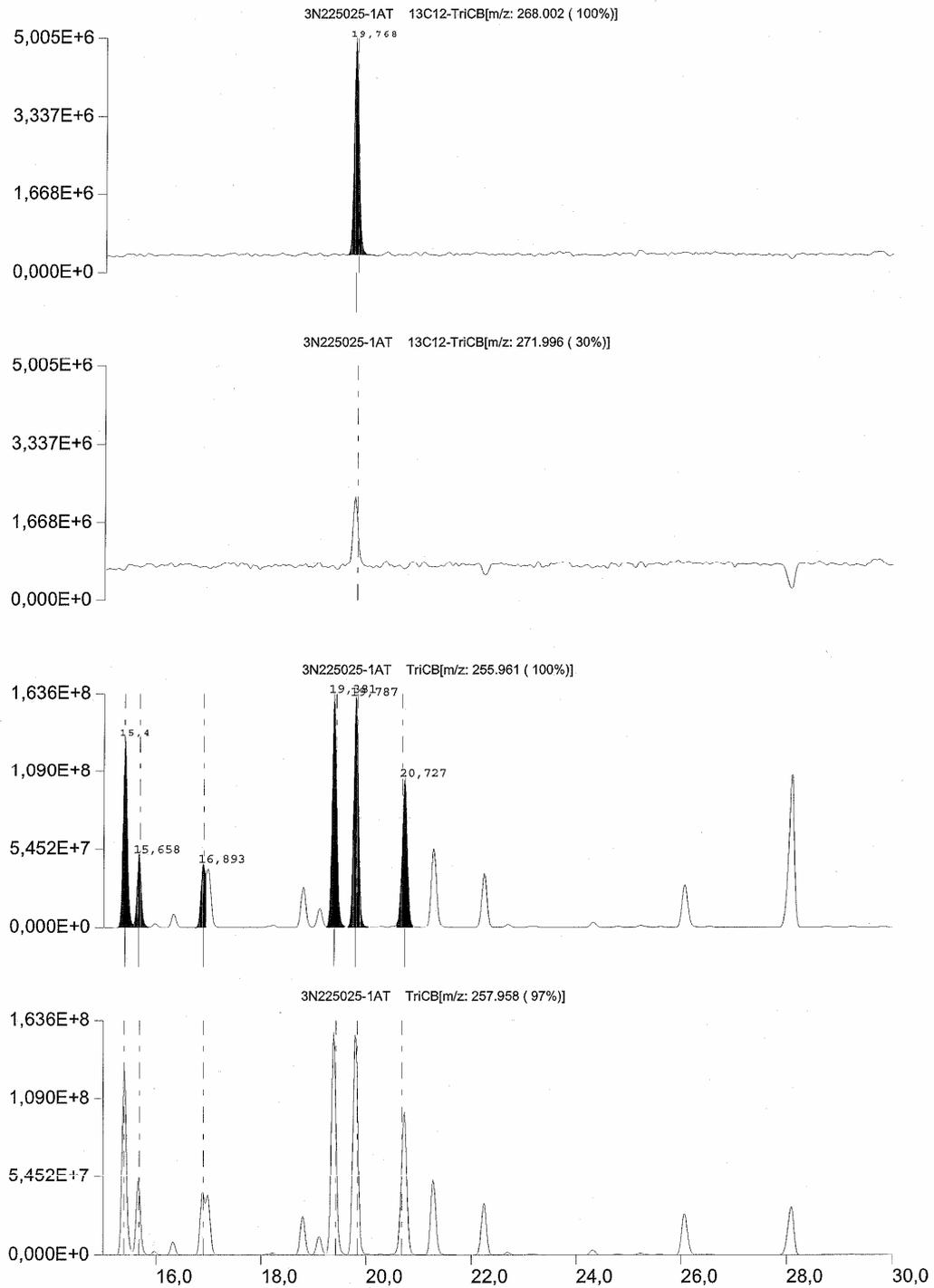


Abb. B.10 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten

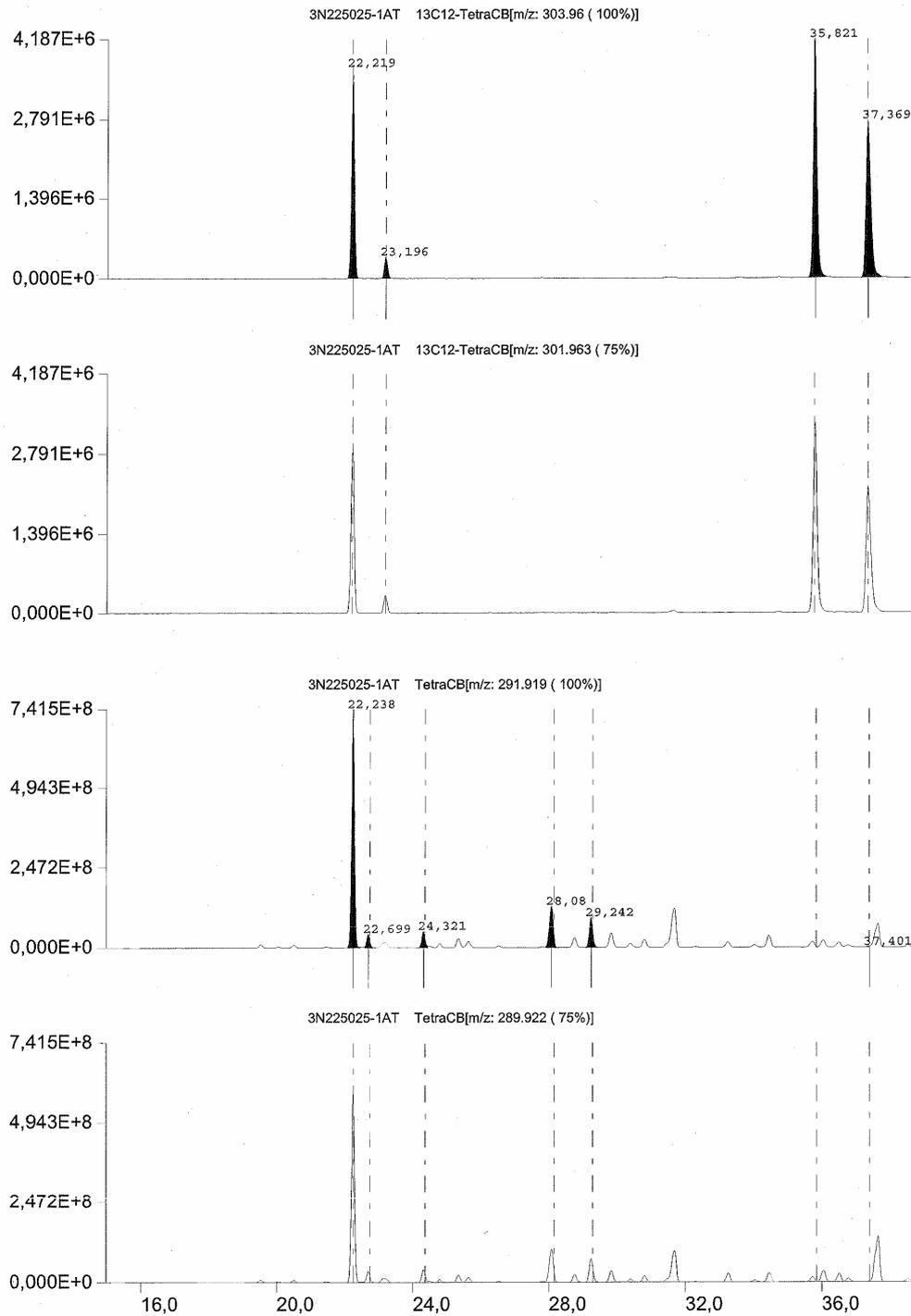


Abb. B.10 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten

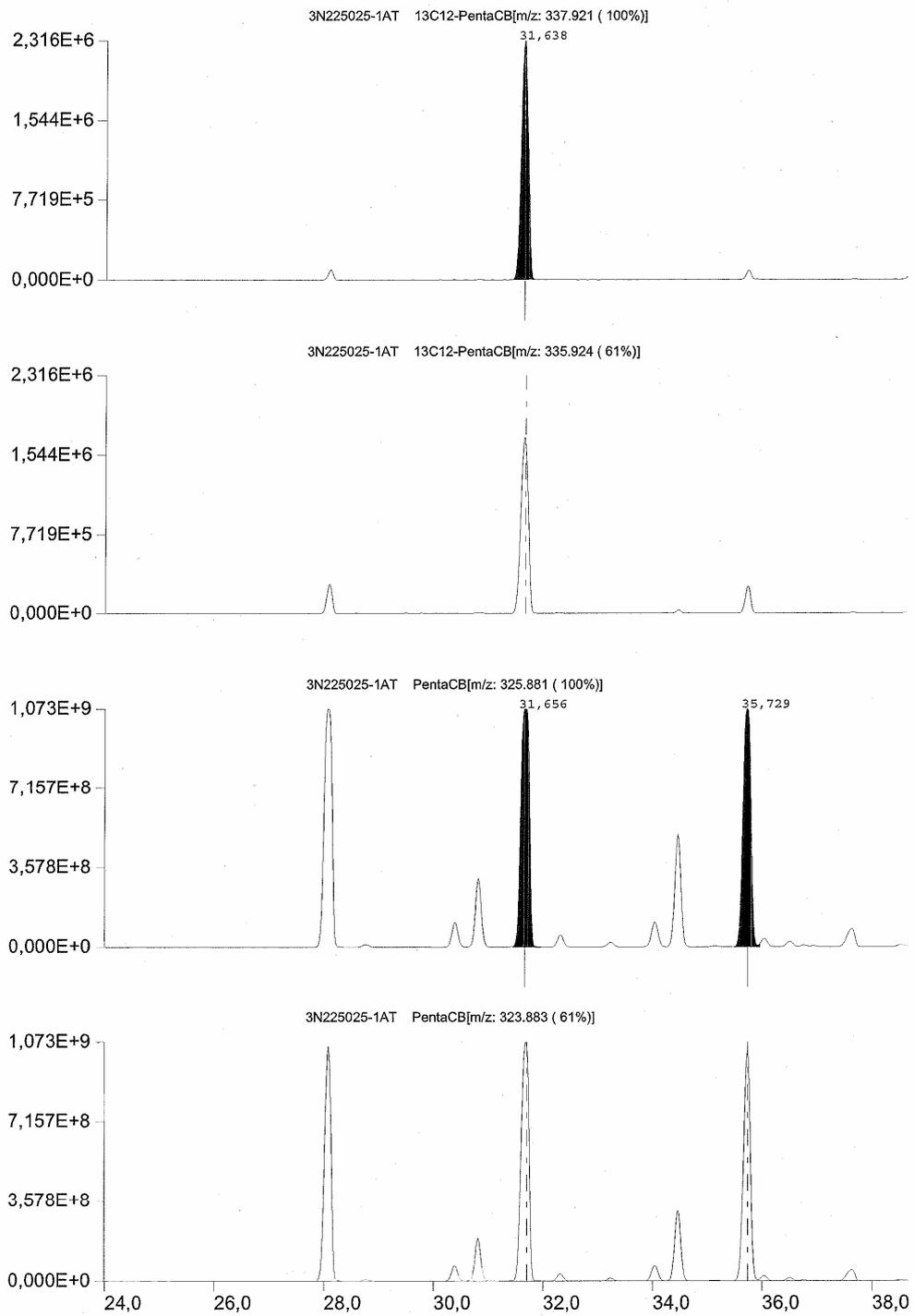


Abb. B.10 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten

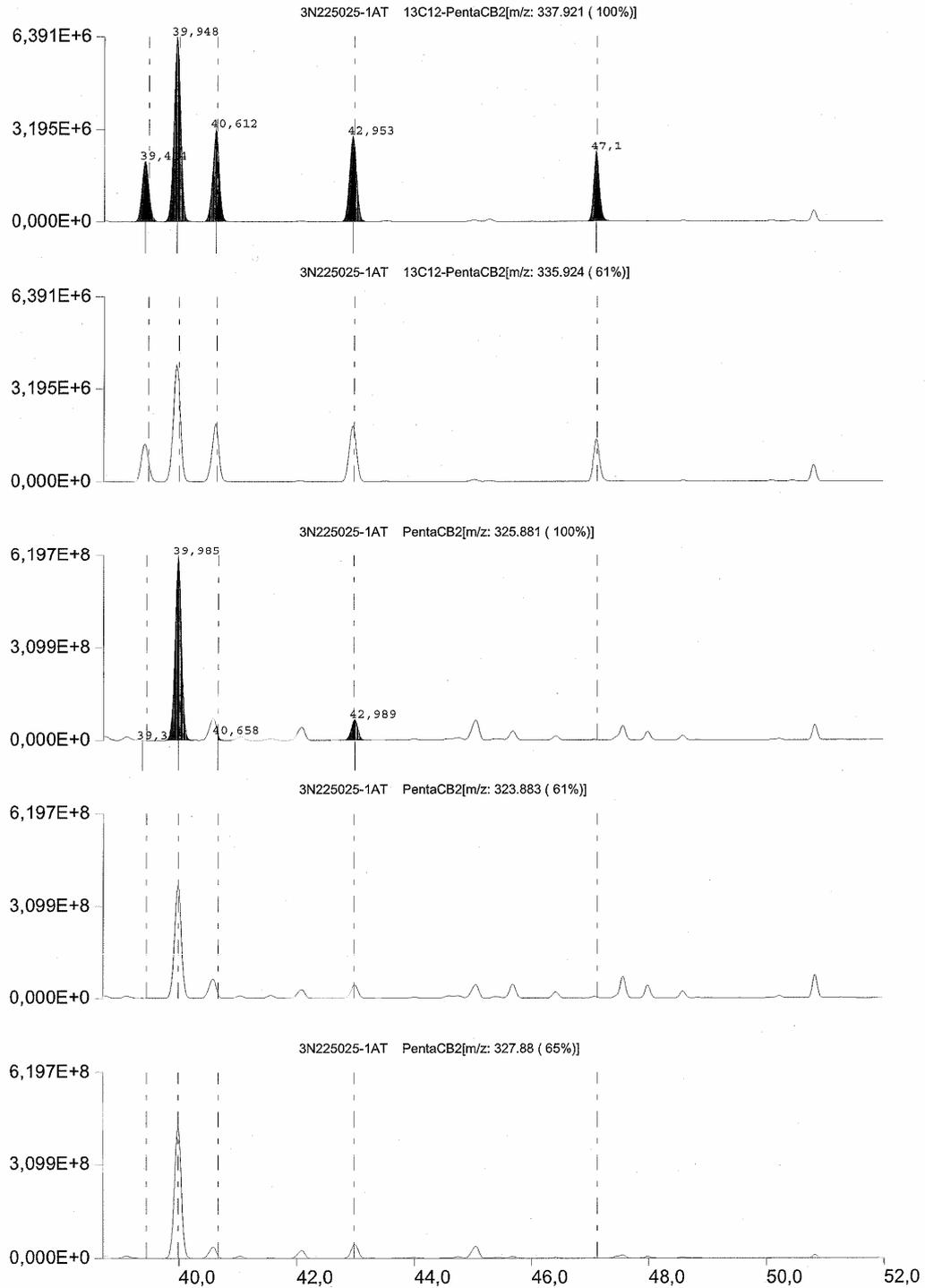


Abb. B.10 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten

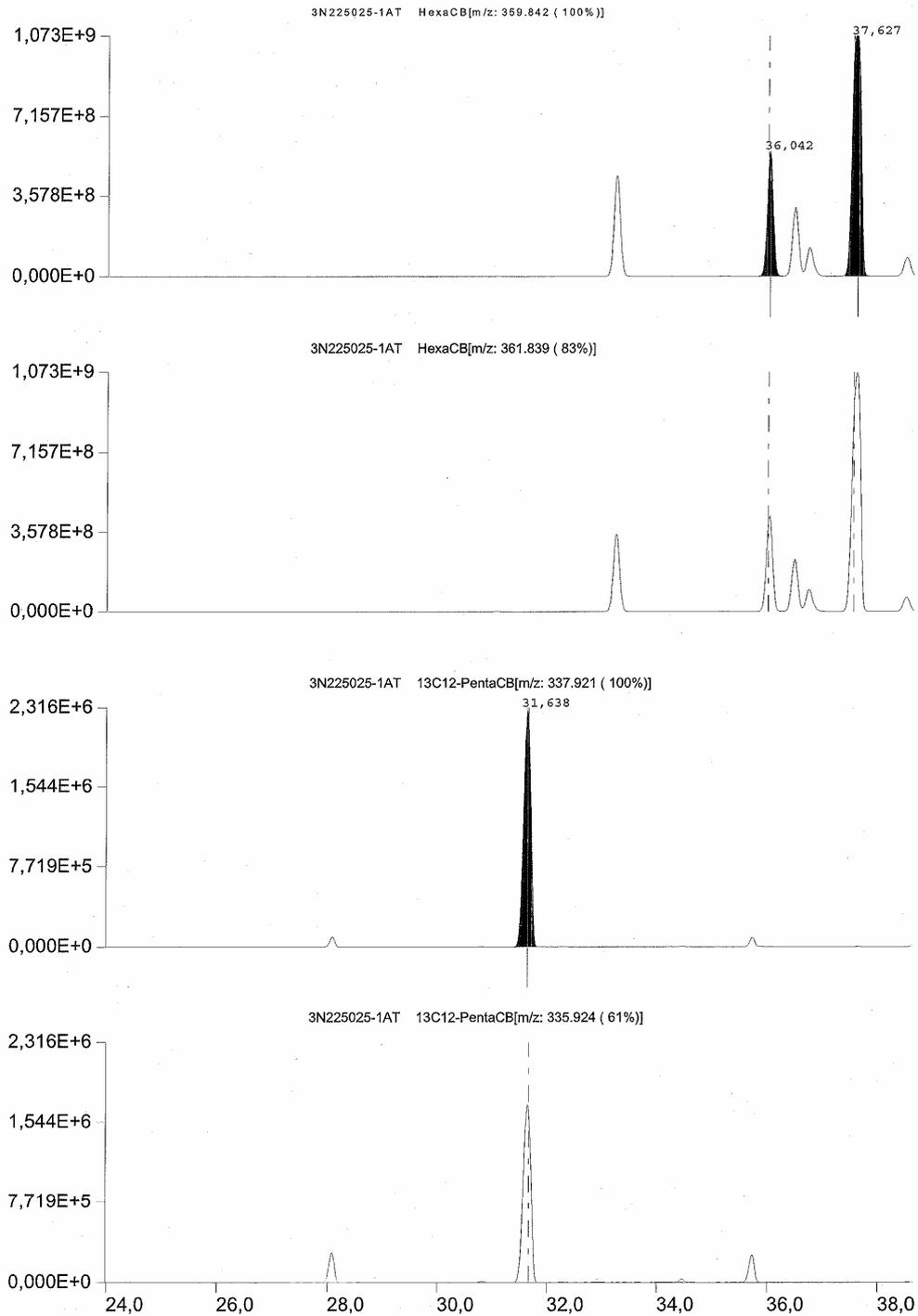


Abb. B.10 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten

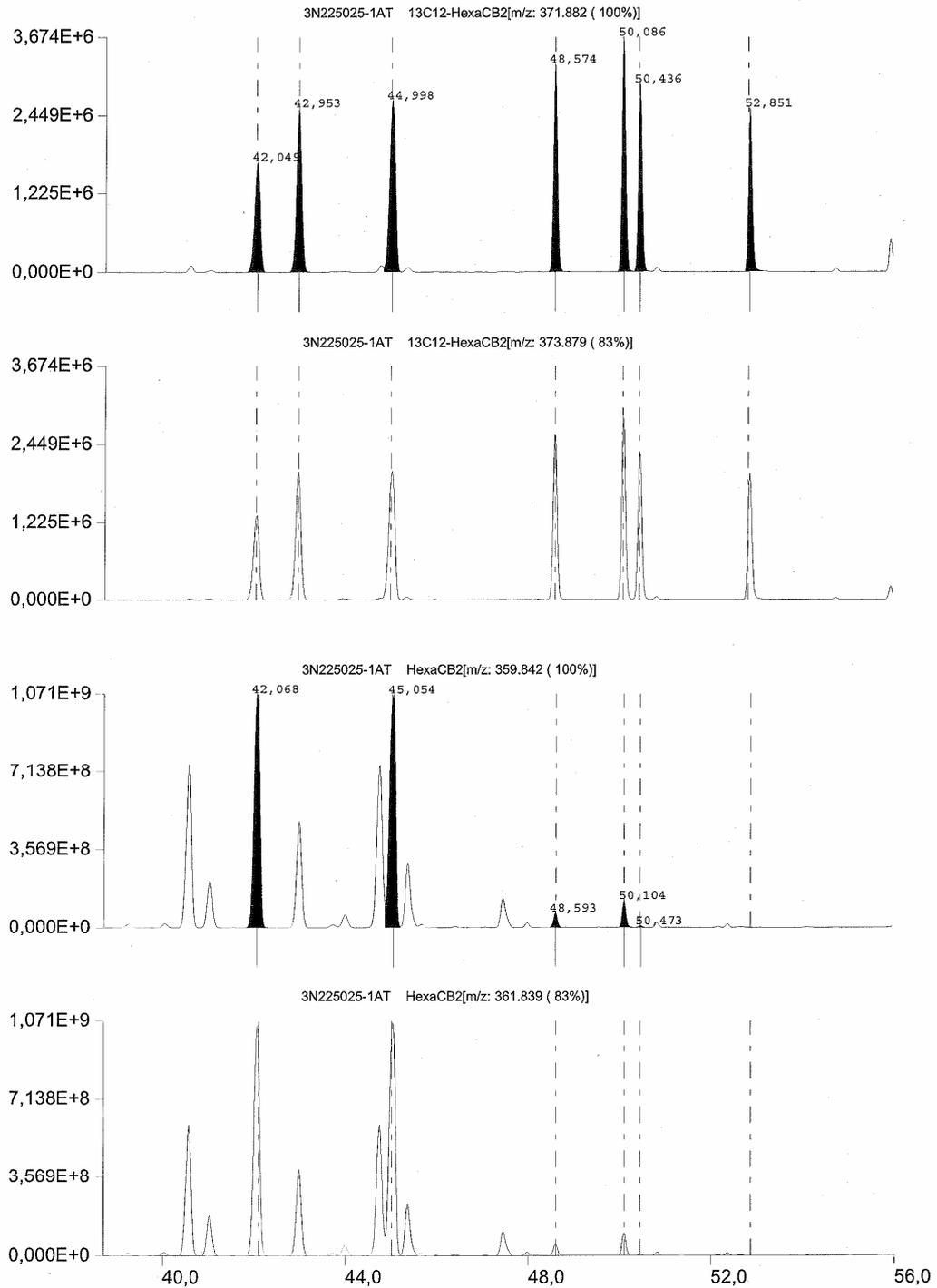


Abb. B.10 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der Indikator-PCB und PCB-Hauptkomponenten

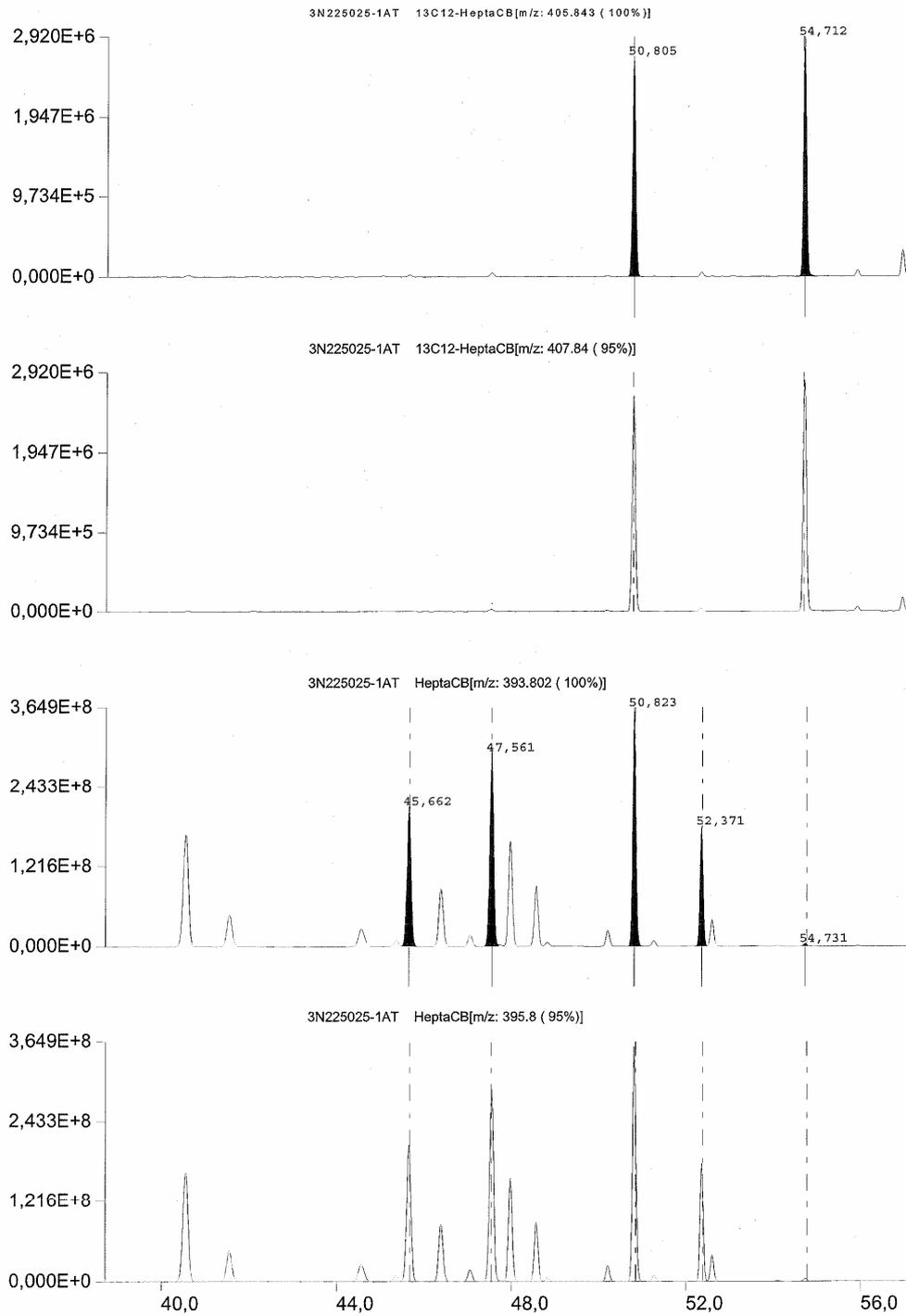


Abb. B.11: Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der dioxinähnlichen WHO-PCB

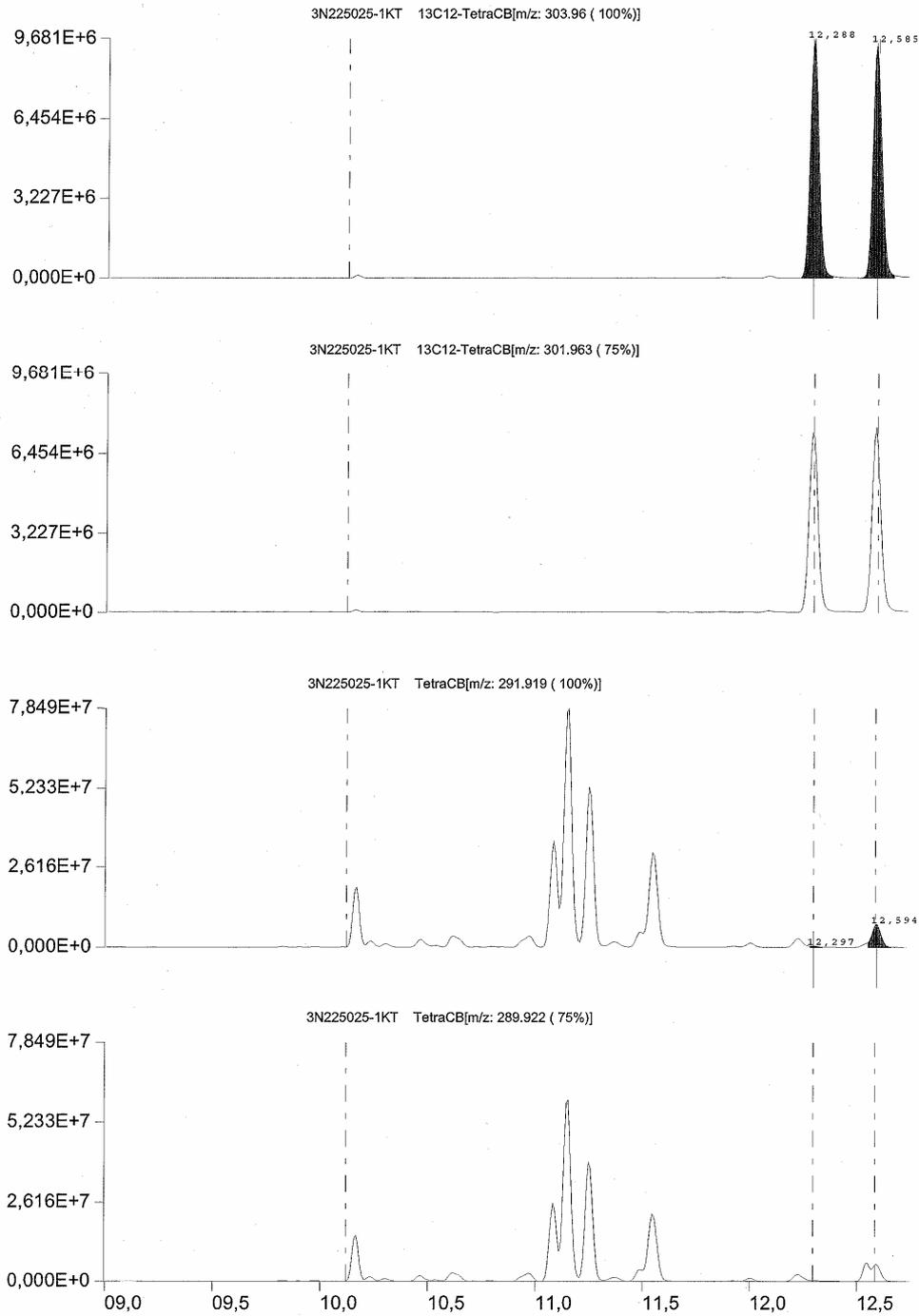


Abb. B.11 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der dioxinähnlichen WHO-PCB

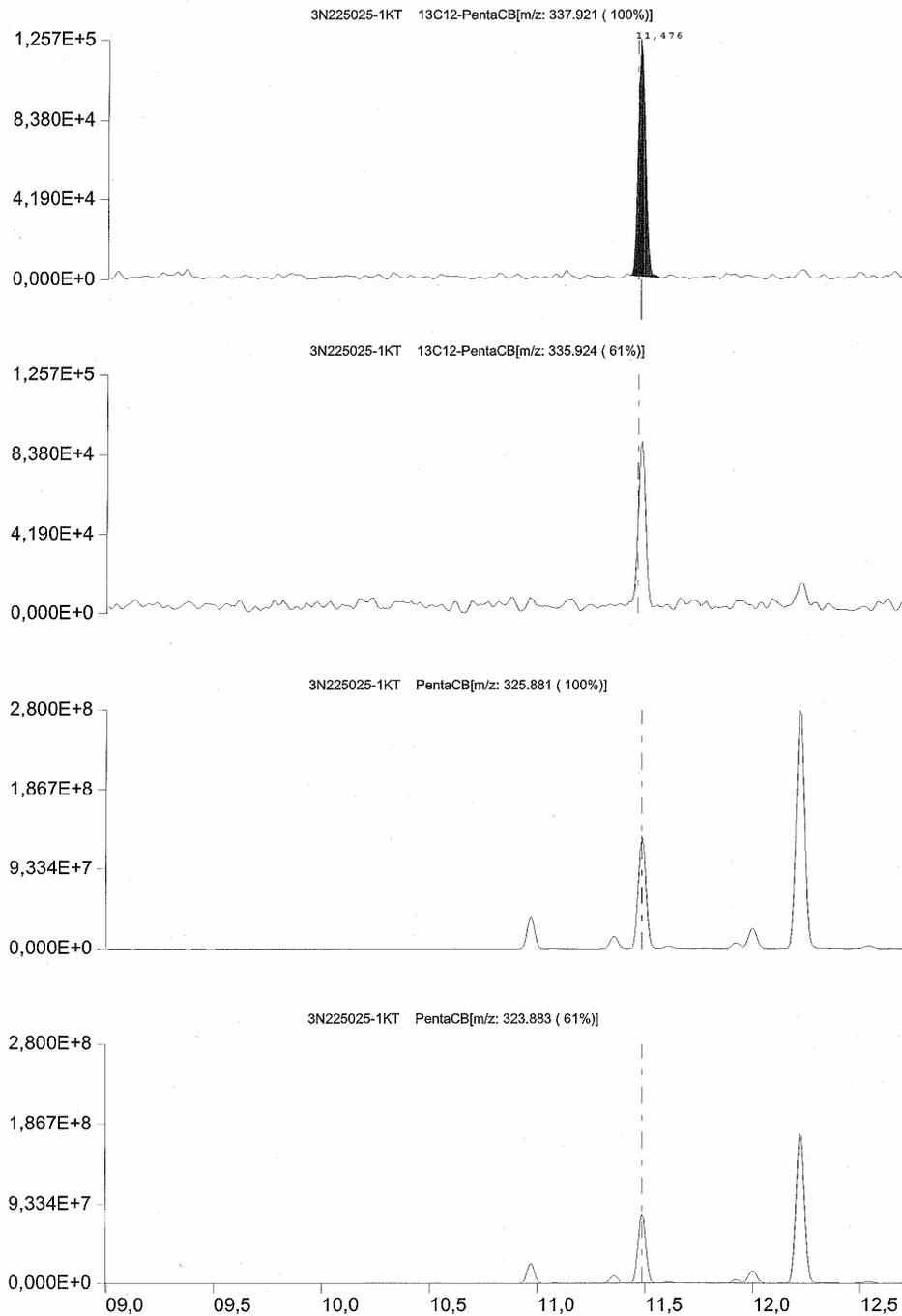


Abb. B.11 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der dioxinähnlichen WHO-PCB

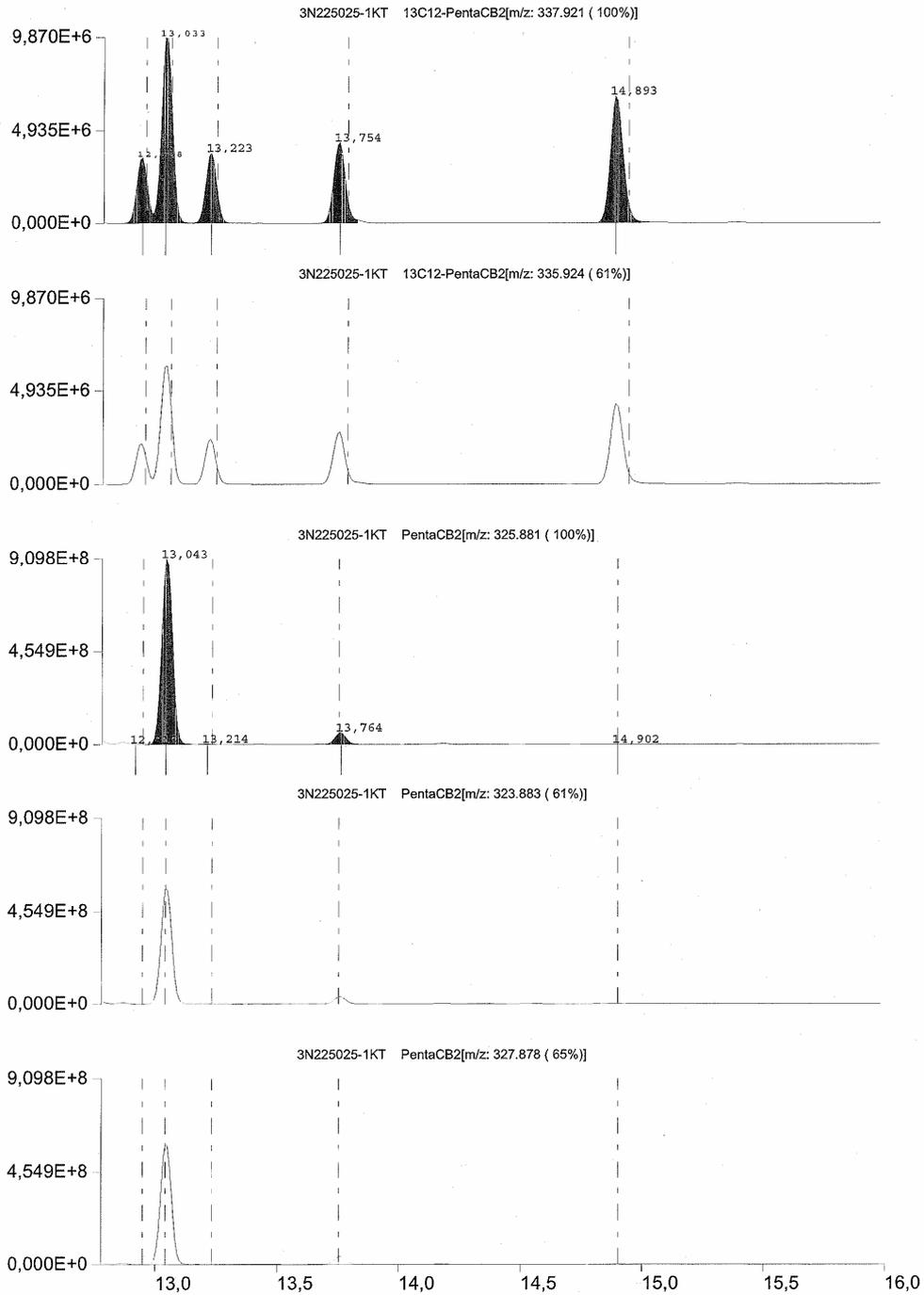


Abb. B.11 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der dioxinähnlichen WHO-PCB

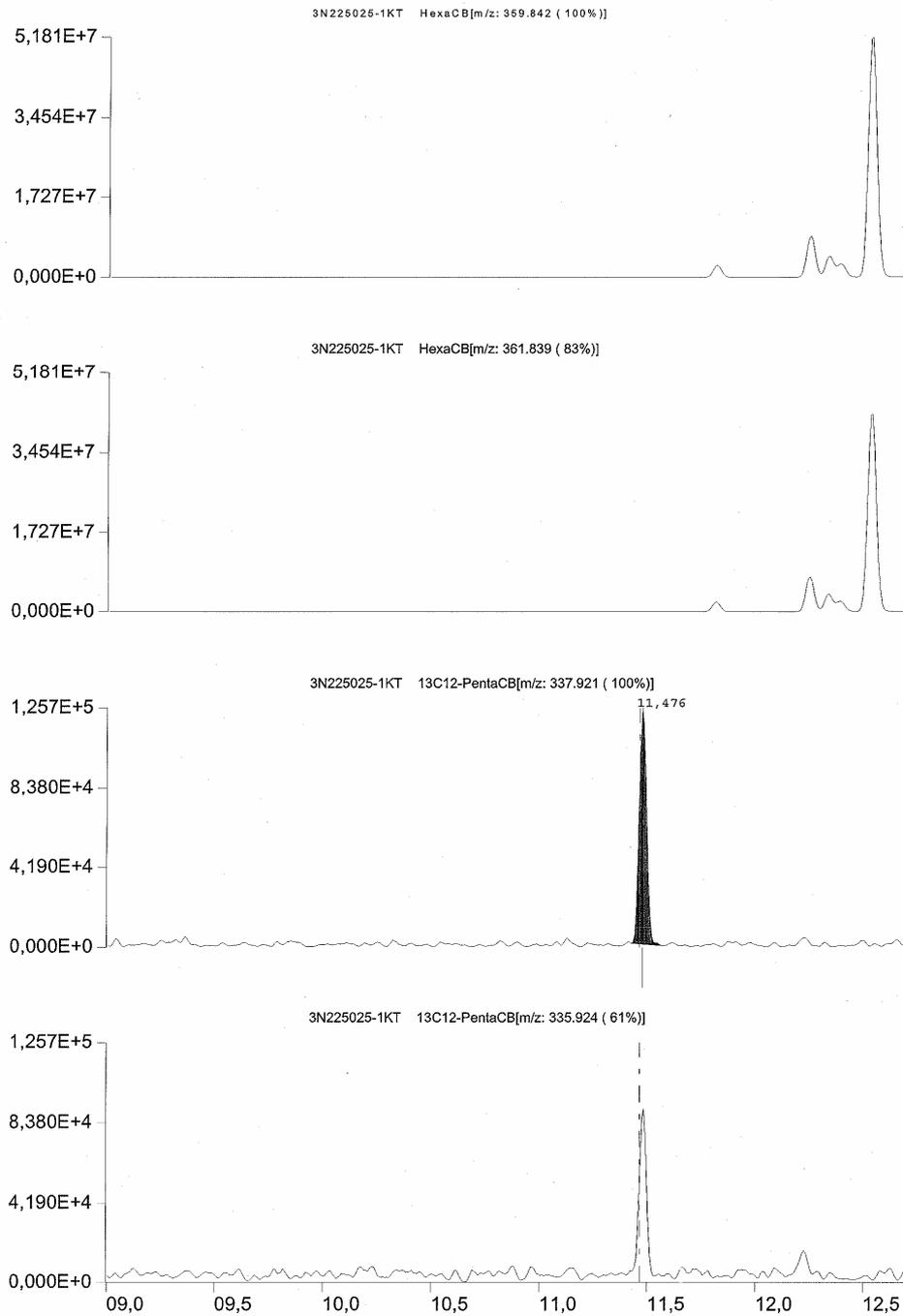


Abb. B.11 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der dioxinähnlichen WHO-PCB

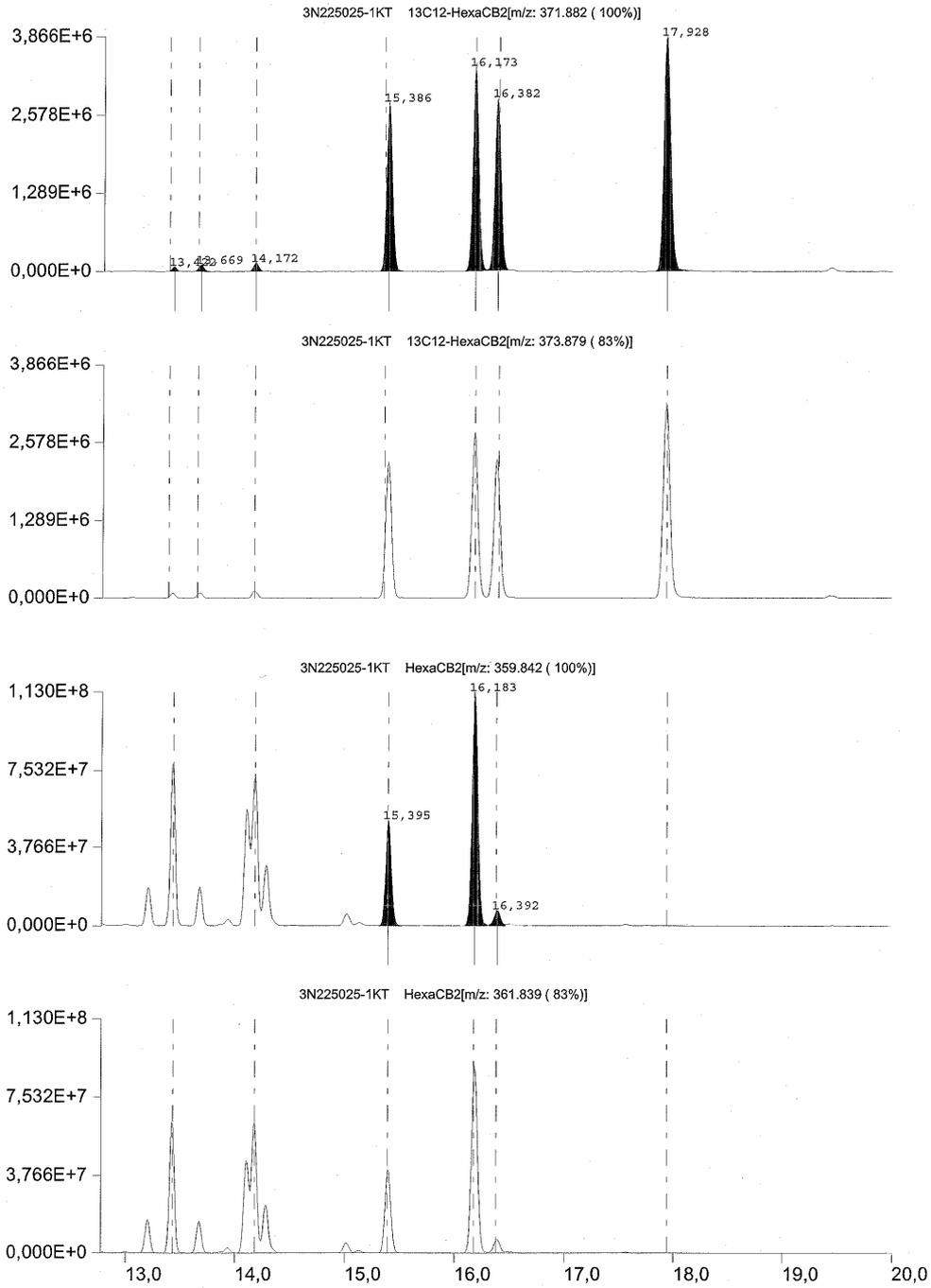
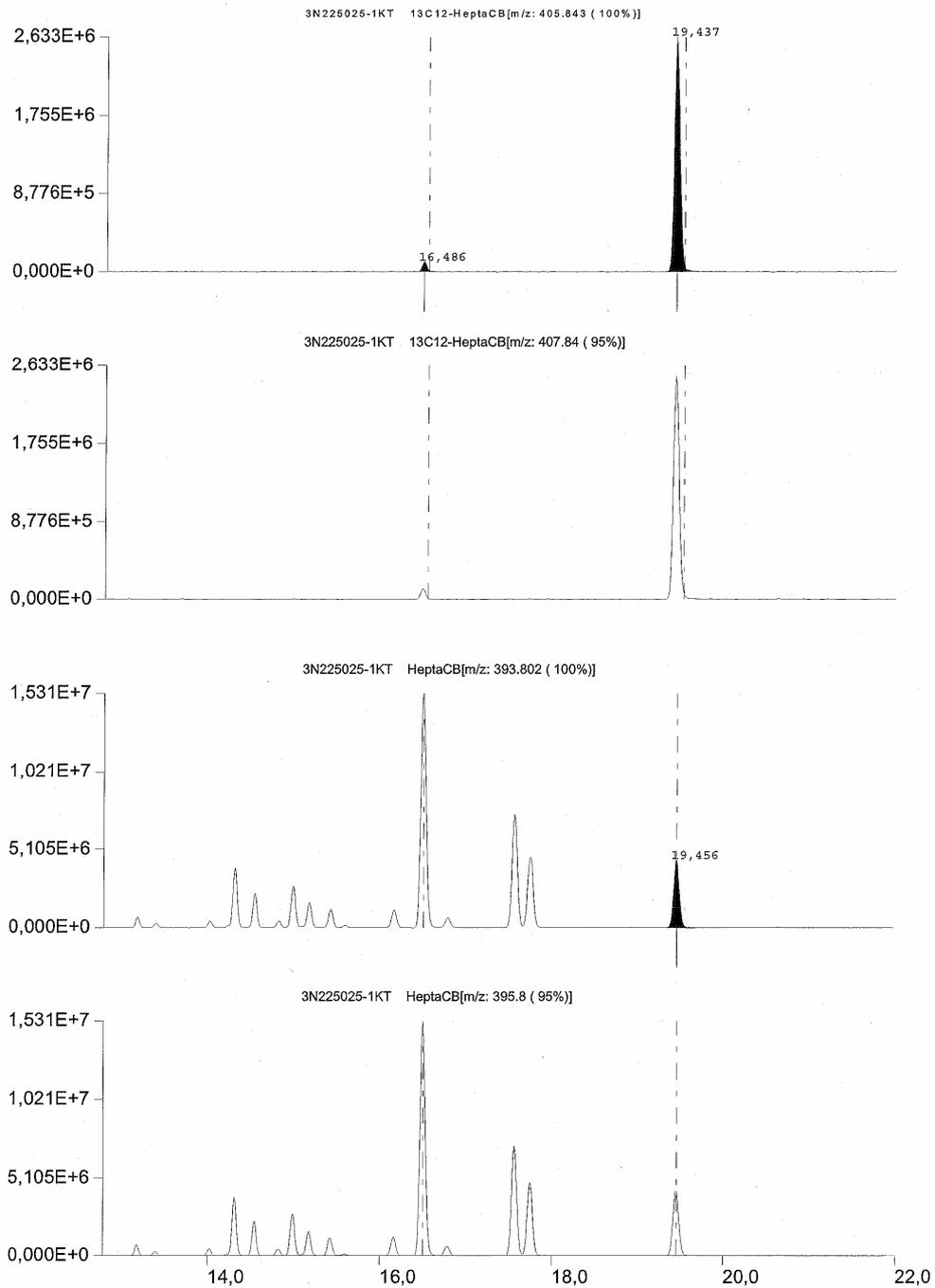


Abb. B.11 (Forts.): Massenfragmentogramme der Probe P05, Bestimmung der dioxinähnlichen WHO-PCB



Literaturverzeichnis

- ¹ Lorenz, H., Neumeier, G.: Polychlorierte Biphenyle; bga Schriften 4/83 (1983) S. 1 - 201
- ² Burkhardt, U., Bork, M., Balfanz, E., Leidel, J.: Innenraumbelastung durch polychlorierte Biphenyle (PCB). *Öff. Gesundheitswes.* 52 (1990) S. 567 - 574
- ³ Benthe, C., Heinzow, B., Jessen, H., Mohr, S., Rotard, W.: Polychlorinated Biphenyls. Indoor air contamination due to thiokol-rubber sealants in an office building. *Chemosphere* 25 (1993) S. 1481 – 1486.
- ⁴ Balfanz, E., Fuchs, J., Kieper, H.: Sampling and analysis of polychlorinated biphenyls in indoor air due to permanently elastic sealants. *Chemosphere* 26 (1993) S. 871 - 879
- ⁵ Balfanz, E., Fuchs, J., Kieper, H.: Polychlorinated biphenyls (PCB) and polychlorinated dibenzofurans and dibenzo(p)dioxins (PCDF/D) in indoor air due to elastic sealants and coated particle boards. *Organohalogen Compounds* 13 (1993) S. 115 - 118.
- ⁶ Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile (PCB-Richtlinie). DIBt Mitteilungen 2/1995, S. 50 - 59
- ⁷ Roßkamp, E.: Polychlorierte Biphenyle in der Innenraumluft – Sachstand. *Bundesgesundheitsbl.* 9 (1992) S. 434
- ⁸ AUH/AGLMB: Toxikologische Bewertung polychlorierter Biphenyle in der Innenraumluft. Ergebnisniederschrift der Sitzung des Ausschusses für Umwelthygiene (AUH) der Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten (AGLMB) der Länder am 14./15.06.1993
- ⁹ DIN 51527: Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB). 1987
- ¹⁰ M. Van den Berg et al.: Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environmental Health Perspectives*, 106 (1998) No. 12, 775 - 792
- ¹¹ Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes: Abschätzung der zusätzlichen Aufnahme von PCB in Innenräumen durch die Bestimmung der PCB-Konzentrationen in Plasma bzw. Vollblut. *Bundesgesundheitsbl., Gesundheitsforsch., Gesundheitsschutz* 10 (2003) S. 923 – 927.

- ¹² Kalberlah, F., Schulze, J., Hassauer, M., Oltmanns, J.: Toxokologische Bewertung polychlorierter Biphenyle (PCB) bei inhalativer Aufnahme. LUA-Materialien Nr. 62 (2002).
- ¹³ TEF Vorschlag des WHO Zentrums für Umwelt und Gesundheit (WHO-ECEH) in Zusammenarbeit mit dem internationalen Programm zur Chemikaliensicherheit (IPCS) aus dem Jahre 1998
- ¹⁴ VDI-Richtlinie 2464, Blatt 1: Messen von Immissionen, Messen von Innenraumluft, Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB).
- ¹⁵ Guide to the expression of uncertainty in measurement, International Organisation for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 1993, (ISBN 92-67-10188-9), amended in 1995 by ISO; deutsche Version DIN EN 13005:1999-06
- ¹⁶ Ellison, L.S.R., Rosslein, M., Williams, A. (Editors): Quantifying uncertainty in analytical measurement, EURACHEM/CITAC Guide, 2nd Edition, EURACHEM Laboratory of the Government Chemist, London, 2000
- ¹⁷ Fürst, P., Schrenk, D.: Der belgische Dioxinskandal – Ursachen und gesundheitliche Relevanz. Umweltmed Forsch Prax 4 (1999) S. 317 – 322.
- ¹⁸ Volland, G., Neuwirth, A.: Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Dioxine/Furane (PCDD/F) im Innenraum – Modelluntersuchungen zum Einfluss PCB-belasteter Bauteile und Baustoffe auf die Innenraumluft in Abhängigkeit von baulichen Einrichtungen und klimatischen Bedingungen, Abschlussbericht, Förderkennzeichen BW-Plus ZO3W23002, MPA-Otto-Graf-Institut, März 2005