

## World Health Organisation

# Neue Bewertung bei den Toxizitätsäquivalenten für Dioxine/Furane und für PCB durch die WHO

## Auswirkungen auf die Emissionen aus der Abfallverbrennung

Bernt Johnke<sup>1</sup>, Doris Menke<sup>2</sup>, Jürgen Böske<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Umweltbundesamt Berlin, Seeckstraße 610, D-13581 Berlin

<sup>2</sup>MVR Hamburg, Rugenberger Damm 1, D-21129 Hamburg

<sup>3</sup>MVA Bielefeld-Herford, Schelpmilser Weg 30, D-33609 Bielefeld

Korrespondenzautor: Dipl.-Ing. Bernt Johnke; e-mail: [bernt.johnke@uba.de](mailto:bernt.johnke@uba.de)

DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/uwsf2001.05.055>

**Zusammenfassung.** Während bei den PCDD/PCDF aufgrund der guten Datenlage eine Aussage zu den Auswirkungen der WHO-TEF-Neubewertung auf die Einhaltung des Dioxin-Emissionswertes für Abfallverbrennungsanlagen möglich ist, konnte dies bei den coplanaren WHO-PCBs wegen der bisher nur begrenzt vorliegenden Messdaten nicht vollständig und eher abschätzend geschehen. Dank der nun vorliegenden aktuellen Messergebnisse aus der MVA in Bielefeld-Herford und der MVR Hamburg kann jetzt auch ein direkter Bezug zwischen niedrigen PCDD/PCDF-Werten und den 12 WHO PCBs hergestellt werden.

Wie diese Untersuchungsergebnisse zeigen, wird die Aussage in Kapitel 2 bestätigt, dass aufgrund des sehr niedrigen Emissionsniveaus, dass bei den PCDD/PCDF Emissionen aus Abfallverbrennungsanlagen i.d.R. vorliegt, die zusätzlichen 12 WHO-PCBs und die Anwendung der WHO-TEFs zu keiner relevanten Erhöhung bei der Bewertung/Berechnung der tatsächlichen Emissionswerte beitragen und damit auch zu keiner Überschreitung des Dioxin-(I-TEQ)-Grenzwertes der 17. BImSchV führen. Eine dominierende Rolle bei den WHO-PCB-TEQ's kommt dem PCB-126 zu. Es könnte bei Abgasmessungen in Abfallverbrennungsanlagen deshalb ggf. schon ausreichen, wenn von den dioxinähnlichen, coplanaren PCB lediglich das PCB-126 in die Berechnung des Dioxin-I-TEQ mit aufgenommen werden würde.

**Schlagwörter:** 17. BImSchV; Abfallverbrennungsanlagen; PCDD; PCDF; polychlorierte Dibenzofurane (PCDF); polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD); Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEFs); WHO-TEF-Neubewertung; WHO; World Health Organisation

**Abstract. New Appraisals of the Toxicity Equivalences for Dioxins/Furans and also for PCBs as made by the WHO, and their Consequences on the Emissions from Waste Incineration**

While the large amount of data available makes it possible to provide a statement concerning the effects of PCDD/PCDF on the WHO TEF-reappraisal regarding the observance of dioxin emission values from waste incineration, similar values for PCBs could not be determined accurately or could only be estimated roughly for the WHO, because only limited measurement values are available for these substances. Thanks to the present availability of such measurement values from the MVA in Bielefeld-Herford, Germany and the MVR in Hamburg, Germany, it is now possible to determine a direct relationship between the low PCDD/PCDF values and the 12 different PCBs which are taken into consideration by the WHO.

As the results of these investigations have shown, the statement in Section 2 claiming that there are generally only very low levels of PCDD/PCDF emissions stemming from waste incineration plants, and that the 12 additional PCBs considered by the WHO as well as the WHO TEFs lead to no relevant increase in the evaluation/calculation of the actual emission values nor to a value above the dioxin (I-TEQ) threshold value as established in the 17th BImSchV (Germany Federal regulations responsible for protecting the population from emissions), can be confirmed. A dominant role of the WHO PCB-TEQs is seen to be played by the PCB-126. The exhaust gas measurements in waste incineration plants might therefore already be sufficient if merely the dioxin-like PCB-126 values were to be used in the calculation of the dioxin I-TEQ.

**Keywords:** 17. BImSchV; PCDD; PCDF; polychlorinated dibenzofuranes (PCDF); polychlorinated dibenzo-p-dioxines (PCDD); toxicity equivalence factors (TEFs); waste incineration plants; WHO; WHO-TEF-reappraisal; World Health Organisation

### Einleitung

Die toxikologische Bewertung der Substanzgruppe der polychlorierten Dibenzo-p-dioxine (PCDD) und polychlorierten Dibenzofurane (PCDF), die zusammen eine Verbindungsklasse von 210 Einzelverbindungen (75 PCDD und 135 PCDF) bilden, findet üblicherweise unter Zuhilfenahme einer begrenzten Anzahl von PCDD/PCDF-Kongeneren statt. In den 80er Jahren wurden dafür von mehreren Institutionen bzw. Forschergruppen (z.B. WHO, Nordic, USEPA, NATO/CCMS)

verschiedene Bewertungsmodelle entwickelt. Allen Modellen ist gleich, dass einer ausgewählten Kongenerenzahl sog. Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEFs) zugeordnet werden, die eine dem 2,3,7,8-TCDD (Seveso-Dioxin) äquivalente Belastung ausdrücken sollen. Die gemessenen Konzentrationen dieser Kongenere werden jeweils mit einem kongenerenspezifischen Äquivalenzfaktor multipliziert und dann aus den errechneten Kongenerprodukten ein Summenwert gebildet, das sogenannte Toxizitätsäquivalent (TEQ).

Allen Bewertungsmodellen ist gemeinsam, dass den Kongeneren mit Chlorsubstitution in den Positionen 2,3,7 und 8 TEFs zugeordnet wurden. Diese Kongenere sind am stärksten toxisch und persistent und akkumulieren in der Nahrungskette. Insgesamt sind sieben Verbindungen bei den polychlorierten Dibenzodioxinen und zehn Verbindungen bei den polychlorierten Dibenzofuranen. Im Jahr 1990 wurden die TEFs der NATO/CCMS Methode, die sog. internationalen toxischen Äquivalenzfaktoren (I-TEFs), erstmals für die 17 toxischen PCDD/PCDF-Kongenere in ein deutsches Regelwerk übernommen (bei der Festlegung des Grenzwertes von 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> für Dioxine und Furane in der Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe – 17. BImSchV). Auf europäischer Ebene hat die Bewertungsmethode nach NATO/CCMS Berücksichtigung in der EU-Richtlinie zur Abfallverbrennung gefunden (Zitat EC Directive 2000/96/EC Incineration of Waste).

Zwischenzeitlich wurde im Jahre 1997 von der WHO-ECEH (World Health Organisation – European Center for Environment and Health, Regionalbüro) zusammen mit IPCS (International Programme on Chemical Safety, WHO Genf, Schweiz) eine revidierte und erweiterte Liste mit teilweise veränderten TEFs für Dioxine und Furane und neuen TEFs für dioxinähnliche Substanzen unter Einschluß von zwölf polychlorierten Biphenylen veröffentlicht. Bei den Dioxinen wurde das 1,2,3,7,8-PeCDD mit einem TEF von 1 (bei NATO/CCMS: 0,5) neu bewertet. Die TEFs von OCDD und OCDF wurden dagegen beide um den Faktor 10 auf 0,001 abgesenkt (bei NATO/CCMS: 0,001). Diese neuen WHO-TEFs wurden wirkungsseitig für drei Gruppen von Lebewesen bestimmt: für den Menschen einschließlich Säuger, für Fische und für Vögel. Für die Substanzauswahl und die Festlegung der neuen WHO-TEFs haben insbesondere die strukturelle Verwandtschaft der untersuchten Substanzen zu 2,3,7,8-TCDD, die Bindung an den Ah-Rezeptor, die TCDD-artige Wirkung im Tierexperiment und die Persistenz in Umwelt und Organismen eine entscheidende Rolle gespielt.

Darüber hinaus wurde im Mai 1998 von der WHO-ECEH zusammen mit IPCS in einer internationalen Expertengruppe ein neuer TDI-Wert von 1-4 pg TEQ/kg Körpergewicht und Tag als tolerierbare tägliche Aufnahme für PCDD/PCDF und dioxinähnliche PCBs festgelegt. Zur Errechnung der täglichen Aufnahme sollen die 1997 festgelegten neuen WHO-TEFs verwendet werden. Aufgrund der Neubewertung durch die WHO muß für Deutschland geklärt werden, inwieweit sich ein Handlungsbedarf für den bisher für eine PCDD/PCDF-Belastung verwendeten Begriff des Vorsorgewertes von 1 pg I-TEQ/kg Körpergewicht und Tag ergibt, und dieser ggf. neu definiert werden muß.

Da sich dieser Beitrag schwerpunktmäßig mit den Auswirkungen der WHO-Entscheidungen auf die I-TEF-bewerteten PCDD/PCDF-Emissionen aus der Abfallverbrennung und nicht mit den wirkungsseitigen Gesundheitsaspekten beschäftigt, wird auf die möglichen Konsequenzen, die sich aus der Neufestsetzung des TDI-Wertes durch die WHO ergeben, hier nicht weiter eingegangen. Dies muss an anderer Stelle aus Sicht des Gesundheitsschutzes u.a. von den Toxikologen geklärt werden.

#### 1 Abschätzung der Auswirkungen der neuen WHO-TEFs auf die I-TEF-bewerteten PCDD/PCDF-Emissionen aus der Abfallverbrennung

Die Überprüfung der Einhaltung des im Abgas von Abfallverbrennungsanlagen (als Reingas-Konzentration) ermittelten Dioxin-Emissionswertes mit dem in der 17. BImSchV festgelegten Grenzwert von 0,1 ng/m<sup>3</sup> erfolgt nach den Vorgaben im Anhang der 17. BImSchV. Dort heißt es: "Für den nach §5 Abs. 1 Nr. 4 zu bildenden Summenwert sind die im Abgas ermittelten Konzentrationen der nachstehenden Dioxine und Furane mit den angegebenen Äquivalenzfaktoren zu multiplizieren und zu summieren."

Ein Berechnungsbeispiel für eine Abfallverbrennungsanlage, die den Anforderungen der 17. BImSchV entspricht, wird in Tabelle 1 durchgeführt.

Tabelle 1: Berechnungsbeispiel für einen Abfallverbrennungsanlage gemäß 17. BImSchV

Kongenere nach 17. BImSchV Anhang (I-TEFs nach NATO/CCMS)	I-TEF	Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )
2,3,7,8 - Tetrachlordibenzodioxin (TCDD)	1	0,001	0,001
1,2,3,7,8 - Pentachlordibenzodioxin (PeCDD)	0,5	0,001	0,0005
1,2,3,4,7,8 – Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1	0,002	0,0002
1,2,3,7,8,9 – Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1	0,004	0,0004
1,2,3,6,7,8 – Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1	0,002	0,0002
1,2,3,4,6,7,8 – Heptachlordibenzodioxin (HpCDD)	0,01	0,022	0,00022
Oktachlordibenzodioxin (OCDD)	0,001	0,039	0,000039
2,3,7,8 – Tetrachlordibenzofuran (TCDF)	0,1	0,009	0,0009
2,3,4,7,8 – Pentachlordibenzofuran (PeCDF)	0,5	0,011	0,0055
1,2,3,7,8 – Pentachlordibenzofuran (PeCDF)	0,05	0,012	0,0006
1,2,3,4,7,8 – Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1	0,010	0,001
1,2,3,7,8,9 – Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1	0,008	0,0008
1,2,3,6,7,8 – Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1	0,001	0,0001
2,3,4,6,7,8 – Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1	0,006	0,0006
1,2,3,4,6,7,8 – Heptachlordibenzofuran (HpCDF)	0,01	0,016	0,00016
1,2,3,4,7,8,9 – Heptachlordibenzofuran (HpCDF)	0,01	0,002	0,00002
Oktachlordibenzofuran (OCDF) 0,001		0,007	0,000007
Summe		0,153	0,012246

Tabelle 2: Bewertung der Reingas-Konzentration

Kongenerer nach WHO-Bewertung (Änderungen gegenüber NATO/CCMS I-TEFs sind fett gedruckt)	WHO-TEFneu	Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng TEQ/m <sup>3</sup> )
2,3,7,8 - Tetrachlordibenzodioxin (TCDD)	1	0,001	0,001
<b>1,2,3,7,8 - Pentachlordibenzodioxin (PeCDD)</b>	<b>1</b>	0,001	0,001
1,2,3,4,7,8 – Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1	0,002	0,0002
1,2,3,7,8,9 – Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1	0,004	0,0004
1,2,3,6,7,8 – Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1	0,002	0,0002
1,2,3,4,6,7,8 – Heptachlordibenzodioxin (HpCDD)	0,01	0,022	0,00022
<b>Octachlordibenzodioxin (OCDD)</b>	<b>0,0001</b>	0,039	0,0000039
2,3,7,8 – Tetrachlordibenzofuran (TCDF)	0,1	0,009	0,0009
2,3,4,7,8 – Pentachlordibenzofuran (PeCDF)	0,5	0,011	0,0055
1,2,3,7,8 – Pentachlordibenzofuran (PeCDF)	0,05	0,012	0,0006
1,2,3,4,7,8 – Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1	0,010	0,001
1,2,3,7,8,9 – Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1	0,008	0,0008
1,2,3,6,7,8 – Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1	0,001	0,0001
2,3,4,6,7,8 – Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1	0,006	0,0006
1,2,3,4,6,7,8 – Heptachlordibenzofuran (HpCDF)	0,01	0,016	0,00016
1,2,3,4,7,8,9 – Heptachlordibenzofuran (HpCDF)	0,01	0,002	0,00002
<b>Octachlordibenzofuran (OCDF)</b>	<b>0,0001</b>	0,007	0,0000007
Summe		0,153	0,0127046

Ergänzend wird in Tabelle 2 auch eine Bewertung der Reingas-Konzentrationen unter Verwendung der WHO-TEFs durchgeführt. Aus dem Vergleich der nach den beiden Bewertungsverfahren berechneten Emissionswerte in ng TEQ/m<sup>3</sup> ist ersichtlich, dass sich der durch die WHO-Neubewertung errechnete Wert erst in der vierten Stelle hinter dem Komma von dem Wert nach NATO/CCMS unterscheidet. Der Vergleich zeigt damit, dass auf dem vorhandenen niedrigen Emissionsniveau bei Dioxinen und Furanen im Abgas von Abfallverbrennungsanlagen, die neue WHO-Bewertung keinen entscheidenden Einfluß auf die Höhe des Emissionswertes für PCDD/PCDF ausübt. Der strenge Dioxin-Grenzwert der 17. BImSchV kann unabhängig von dem Bewertungsverfahren in beiden Fällen sicher eingehalten werden.

## 2 Abschätzung der Auswirkungen durch die Zunahme von coplanaren PCBs durch die WHO auf den Dioxinemissionswert (I-TE) bei der Abfallverbrennung

Für die Abschätzung der Auswirkungen unter Einbeziehung der 12 dioxin-ähnlichen (nicht ortho-substituierten = coplanaren und mono-ortho-substituierten) WHO-PCBs auf den Dioxin-TEQ-Emissionswert von Abfallverbrennungsanlagen besteht das Problem, dass die Datenlage hier unzureichend ist. PCBs wurden bisher im wesentlichen in kommerziellen PCB-Produkten und in Altölen bestimmt. Dafür werden von den insgesamt 209 PCB-Kongeneren in der Regel die sechs (DIN 51527)-PCBs (Nr.28/52/101/138/153/180) herangezogen. Für diese PCBs gibt es entsprechende Eichstandards und es liegen sowohl für Altöl und kommerzielle PCB-Produkte als auch für den Bereich der Ermittlung von PCB-Reingas-Konzentrationen im Abgas von Abfallverbrennungsanlagen Mess- und Analyseerfahrungen vor. Diese in Deutschland üblichen 6 PCB-Einzelverbindungen dienen auch zur Bestimmung des Summenwertes von PCB im Abgas von Abfallverbrennungsanlagen. Eine weitere Möglichkeit die Gesamtemission von PCB zu ermitteln liegt in der Bestimmung der PCB Homologensummen. Auch diese Angaben finden sich in der Literatur.

Aus PCB-Messungen in Abfallverbrennungsanlagen, die den Anforderungen der 17. BImSchV entsprechen, ist bekannt, dass die Summe der aus den Konzentrationswerten von 6 PCBs gebildeten Gesamtemission an PCB im Bereich von 1-10 ng/m<sup>3</sup> liegt. In Anlagen, die den Anforderungen der 17. BImSchV hinsichtlich der Einhaltung des Dioxingrenzwertes von 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> entsprechen, liegen die Gesamtemission an PCB eher im Bereich von 1-2 ng/m<sup>3</sup>. Es sind aber auch frühere Messergebnisse aus einer Abfallverbrennungsanlage bekannt (Wilken et al. 1994), die von PCB-Gesamtemissionen im Bereich von 50 bis 110 ng/m<sup>3</sup> sprechen. Die Abschätzung der Bandbreite der Gesamt-PCB-Emission aus dieser Literaturquelle ergab sich aus der Multiplikation der Summe der gemessenen 6 DIN-Kongenerer (8,4 ng/m<sup>3</sup> bis 22,1 ng/m<sup>3</sup>) mit dem Faktor 5, so dass die Summe der 6 PCBs für den Vergleich mit den vorgenannten Messergebnissen aus anderen Anlagen nur etwa 1/5 dieser Gesamt-PCB-Emissionen ausmachen.

In Tabelle 3 und 4 sind die zusätzlich von der WHO mit aufgenommenen 12 PCB-Kongenerer und die dazugehörigen WHO-TEFs dargestellt. Wie aus der Aufstellung deutlich wird, hat die WHO keine der 6 (DIN) PCB-Kongenerer, die in Deutschland üblicherweise bestimmt werden, in ihre Neubewertung mit aufgenommen. Für die Berechnungsbeispiele in den beiden Tabellen wurde auf die Literaturquelle (6) zurückgegriffen, in der Abgasmessungen in Abfallverbrennungsanlagen zu Emissionen von PCDD/PCDF und PCB durchgeführt wurden und 11 der 12 WHO-PCB-Kongenerer dokumentiert sind. Diese Untersuchungen erfolgten bei den Abfallverbrennungsanlagen zu einem Zeitpunkt, als diese noch nicht den Anforderungen zur Einhaltung des Dioxingrenzwertes von 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> entsprachen bzw. entsprechen mussten. Für eine Abschätzung der Auswirkungen auf die Einhaltung des Dioxin-(I-TEQ)-Grenzwertes und die Größenordnung, die sich aus der Bewertung der 12 PCB bei der Abfallverbrennung ergibt, können die Messergebnisse aus dieser Literaturquelle jedoch dienen. In den beiden Berechnungsbeispielen werden zwei in einer Anlage durch-

Tabelle 3: 12 PCB-Kongenere und WHO-TEFs

WHO-Neubewertung für 12 PCBs	WHO-TEF	Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng TEQ/m <sup>3</sup> )
3,4,4',5 - TCB (81)	0,0001	n.b.	-
3,3',4,4' - TCB (77)	0,0001	0,46	0,000046
3,3',4,4',5 - PeCB (126)	0,1	0,34	0,034
3,3',4,4',5,5' - HxCB (169)	0,01	0,18	0,0018
2,3,3',4,4' - PeCB (105)	0,0001	<0,4	0,00004
2,3,4,4',5 - PeCB (114)	0,0005	<0,4	0,0002
2,3',4,4',5 - PeCB (118)	0,0001	0,44	0,000044
2',3,4,4',5 - PeCB (123)	0,0001	0,44	0,000044
2,3,3',4,4',5 - HxCB (156)	0,0005	0,36	0,00018
2,3,3',4,4',5' - HxCB (157)	0,0005	<0,3	0,00015
2,3',4,4',5,5' - HxCB (167)	0,00001	0,13	0,0000013
2,3,3',4,4',5,5' - HpCB (189)	0,0001	0,10	0,00001
Summe		3,55	0,036
Summe 6 DIN PCBs	(ng/m <sup>3</sup> )	6,89	
PCDD/PCDF NATO/CCMS	(ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )	1,26	

n.b. nicht bestimmt

Tabelle 4: WHO-Neubewertung für 12 PCBs

WHO-Neubewertung für 12 PCBs	TEFneu	Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng TEQ/m <sup>3</sup> )
3,4,4',5 - TCB (81)	0,0001	n.b.	-
3,3',4,4' - TCB (77)	0,0001	4,58	0,000458
3,3',4,4',5 - PeCB (126)	0,1	2,90	0,29
3,3',4,4',5,5' - HxCB (169)	0,01	0,84	0,0084
2,3,3',4,4' - PeCB (105)	0,0001	1,42	0,000142
2,3,4,4',5 - PeCB (114)	0,0005	0,68	0,00034
2,3',4,4',5 - PeCB (118)	0,0001	2,38	0,000238
2',3,4,4',5 - PeCB (123)	0,0001	2,38	0,000238
2,3,3',4,4',5 - HxCB (156)	0,0005	1,64	0,00082
2,3,3',4,4',5' - HxCB (157)	0,0005	0,60	0,0003
2,3',4,4',5,5' - HxCB (167)	0,00001	0,94	0,0000094
2,3,3',4,4',5,5' - HpCB (189)	0,0001	0,98	0,000098
Summe		19,34	0,301
Summe 6 DIN PCBs	(ng/m <sup>3</sup> )	14,0	
PCDD/PCDF NATO/CCMS	(ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )	4,53	

geführte Messreihen miteinander verglichen. Es stehen aus diesen Messungen sowohl die PCB Gesamtemission der 6 DIN-PCBs, 11 von 12 WHO PCBs als auch der PCDD/PCDF-(I-TEQ)-Wert zur Verfügung.

Aus dem Vergleich der beiden vorgenannten Berechnungsbeispiele wird deutlich, dass mit dem Absinken des Dioxin-(I-TEQ)-Emissionswertes auch die bewertete Gesamtemission der WHO-PCBs zurückgeht. In der Literaturstelle [6] wird der Anteil der WHO-PCB am Dioxin-I-TEQ, der aus allen Messungen in einer Anlagen ermittelt wurde, im Mittel mit ~ 3,1% angegeben. Dominierend bei den PCB-TEQ's ist das PCB-126. Es wird daraus gefolgert, dass es bei Abgasmessungen in Abfallverbrennungsanlagen ausreichen würde, wenn von den dioxinähnlichen coplanaren PCB lediglich das PCB-126 in die Berechnung des Gesamt-Dioxin-I-TEQ mit aufgenommen werden würde.

Zur Einschätzung der Größenordnung des möglichen zusätzlichen Potentials an WHO-PCB-Emissionen aus einer Abfallverbrennungsanlage, in der der Dioxingrenzwert eingehalten bzw. deutlich unterschritten wird, soll noch die folgende Berechnung dienen:

In [3] wird der Anteil von coplanaren PCBs an einem Gesamt-TEQ-Wert (PCDD/PCDF und PCB) mit 1,5% bis 3,5% angegeben. Wenn der in Kapitel 2 ermittelte, nach neuen WHO-TEF bewertete Dioxin-Gesamtemissionswert von 0,0127 ng TEQ/m<sup>3</sup> als 96,5%-Wert zu Grunde gelegt wird, dann würden, ausgehend von einem 100%-TEQ-Gesamtwert von 0,0131606 ng TEQ/m<sup>3</sup>, die coplanaren 12 WHO-PCBs etwa in der Größenordnung von 0,00046 ng TEQ/m<sup>3</sup> liegen. Auf dem vorhandenen niedrigen Dioxin-Emissionsniveau von Abfallverbrennungsanlagen würden die zusätzlichen coplanaren PCBs also zu keiner Überschreitung des 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> Grenzwertes beitragen. In der Literaturquelle wird ferner darauf hingewiesen, dass es einen engen Zusammenhang zwischen den im Abgas ermittelten Emissionen von coplanaren PCBs und Dioxinen/Furanen gibt. Je niedriger die Emissionen bei den Dioxinen/Furanen liegen, um so niedriger waren auch die Emissionen bei den coplanaren PCBs. Dieser Effekt wird den simultan wirkenden Maßnahmen zur Minderung der Dioxin/Furan-Emissionen zugeschrieben.

### 3 Aktuelle Messergebnisse aus zwei Abfallverbrennungsanlagen

#### 3.1 MVA Bielefeld-Herford

Dank der Bereitschaft des Betreibers der MVA Bielefeld-Herford wurden im Dezember 1999 an drei Messtagen die WHO PCB's zusätzlich zu den PCDD/PCDF ermittelt. Damit stehen jetzt auch aktuelle Messergebnisse aus einer Anlage zur Verfügung, die den PCDD/PCDF-Emissionsgrenzwert von 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> sicher einhält. In dieser

Abfallverbrennungsanlage mit Rostfeuerung werden jährlich ca. 316.000 Mg Rest-Siedlungsabfälle thermisch behandelt. Die Abgasreinigung der Anlage ist mit einem E-Filter, Sprühtrockner, E-Filter, Vor- und Hauptwäscher in Verbindung mit einem Aerosolabscheider, DENOx-SCR-Kat mit Oxi-Kat und Flugstromverfahren ausgestattet.

In **Tabelle 5** sind die Ergebnisse aus den drei Messreihen dargestellt. Die Bandbreite der Summe der 12 WHO PCB's liegt zwischen 0,00113 ng TEQ/m<sup>3</sup> und 0,00235 ng TEQ/m<sup>3</sup>. Die Aussage, dass mit niedrigen PCDD/PCDF Emissionswerten

**Tabelle 5:** Messergebnisse der MVA Bielefeld-Herford, Dezember 1999

WHO-Neubewertung für 12 PCBs (1. Messung)	TEFneu	Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng TEQ/m <sup>3</sup> )
3,4,4',5 - TCB (81)	0,0001	< 0,01	0,000001
3,3',4,4' - TCB (77)	0,0001	< 0,02	0,000002
3,3',4,4',5 - PeCB (126)	0,1	< 0,02	0,002
3,3',4,4',5,5' - HxCB (169)	0,01	< 0,03	0,0003
2,3,3',4,4' - PeCB (105)	0,0001	< 0,03	0,000003
2,3,4,4',5 - PeCB (114)	0,0005	< 0,02	0,00001
2,3',4,4',5 - PeCB (118)	0,0001	< 0,08	0,000008
2',3,4,4',5 - PeCB (123/106)	0,0001	< 0,02	0,000002
2,3,3',4,4',5 - HxCB (156)	0,0005	< 0,03	0,000015
2,3,3',4,4',5' - HxCB (157)	0,0005	< 0,02	0,00001
2,3',4,4',5,5' - HxCB (167)	0,00001	< 0,02	0,0000002
2,3,3',4,4',5,5' - HpCB (189)	0,0001	< 0,02	0,000002
Summe 12 PCB's nach WHO		< 0,32	0,00235
PCDD/PCDF NATO/CCMS (ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )		0,0006	
PCDD/PCDF NATO/CCMS (ng I-TEQ/m <sup>3</sup> ) m.NWG		0,0009	
Cges. (mg/m <sup>3</sup> )		0,09	
CO (mg/m <sup>3</sup> )		7,3	
m.NWG einschließlich Nachweisgrenze			
WHO-Neubewertung für 12 PCBs (2. Messung)		Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng TEQ/m <sup>3</sup> )
Summe 12 PCB's nach WHO		< 0,28	0,00215
PCDD/PCDF NATO/CCMS (ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )		0,0007	
PCDD/PCDF NATO/CCMS (ng I-TEQ/m <sup>3</sup> ) m.NWG		0,0009	
Cges. (mg/m <sup>3</sup> )		0,2	
CO (mg/m <sup>3</sup> )		10,4	
m.NWG einschließlich Nachweisgrenze			
WHO-Neubewertung für 12 PCBs (3. Messung)		Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng TEQ/m <sup>3</sup> )
Summe 12 PCB's nach WHO		< 0,19	0,00113
PCDD/PCDF NATO/CCMS (ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )		0,0005	
PCDD/PCDF NATO/CCMS (ng I-TEQ/m <sup>3</sup> ) m.NWG		0,0008	
Cges. (mg/m <sup>3</sup> )		0,16	
CO (mg/m <sup>3</sup> )		6,0	
m.NWG einschließlich Nachweisgrenze			

Tabelle 6: Messergebnisse der Anlage MVR Hamburg, Mai 2000

WHO-Neubewertung für 12 PCBs (Linie 1)	TEFneu	Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng TEQ/m <sup>3</sup> )
3,4,4',5 - TCB (81)	0,0001	< 0,01	0,000001
3,3',4,4' - TCB (77)	0,0001	< 0,2	0,00002
3,3',4,4',5 - PeCB (126)	0,1	< 0,005	0,0005
3,3',4,4',5,5' - HxCB (169)	0,01	< 0,005	0,00005
2,3,3',4,4' - PeCB (105)	0,0001	< 0,3	0,00003
2,3,4,4',5 - PeCB (114)	0,0005	< 0,03	0,000015
2,3',4,4',5 - PeCB (118)	0,0001	< 0,9	0,00009
2',3,4,4',5 - PeCB (123/106)	0,0001	< 0,09	0,000009
2,3,3',4,4',5 - HxCB (156)	0,0005	< 0,05	0,000025
2,3,3',4,4',5' - HxCB (157)	0,0005	< 0,01	0,000005
2,3',4,4',5,5' - HxCB (167)	0,00001	< 0,03	0,0000003
2,3,3',4,4',5,5' - HpCB (189)	0,0001	< 0,01	0,000001
Summe 12 PCB's nach WHO		< 1,64	0,0007463
PCDD/PCDF NATO/CCMS	(ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )	0,00101	
Cges.	(mg/m <sup>3</sup> )	0,07	
CO	(mg/m <sup>3</sup> )	4,998	
WHO-Neubewertung für 12 PCBs (Linie 2)		Gemessene Konzentration (ng/m <sup>3</sup> )	Bewerteter Emissionswert (ng TEQ/m <sup>3</sup> )
Summe 12 PCB's nach WHO		< 1,6	0,0007
PCDD/PCDF NATO/CCMS	(ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )	0,00052	
Cges.	(mg/m <sup>3</sup> )	0,34	
CO	(mg/m <sup>3</sup> )	7,95	

auch niedrige PCB Emissionswerte einhergehen, konnte durch diese Messungen nochmals bestätigt werden.

### 3.2 MVR Hamburg

Ebenfalls in der MVR Hamburg wurden im Mai 2000 Dank der Bereitschaft des Betreibers an zwei Messtagen die WHO PCB's zusätzlich zu den PCDD/PCDF ermittelt. Damit stehen weitere aktuelle Messergebnisse aus einer zweiten Anlage zur Verfügung, die den PCDD/PCDF-Emissionsgrenzwert von 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> sicher einhält. Diese Abfallverbrennungsanlage mit Rostfeuerung ist ausgelegt jährlich ca. 320.000 Mg Rest-Siedlungsabfälle thermisch zu behandeln. Die Abgasreinigung der Anlage ist ausgestattet mit SNCR, Gewebefilter mit HOK-Zugabe, HCl-Wäscher, SO<sub>2</sub>-Wäscher und Flugstromreaktor.

Nachfolgend sind die Ergebnisse aus den zwei Messreihen dargestellt. Die Summe der 12 WHO PCB's liegt bei beiden Messungen im Bereich von 0,0007 bis 0,00075 ng TEQ/m<sup>3</sup>. Die Aussage, dass mit niedrigen PCDD/PCDF Emissionswerten auch niedrige PCB Emissionswerte einhergehen, konnte auch durch diese Messungen bestätigt werden.

### Literatur

- [1] Leeuwen van FXR, Younes M (1998): WHO revises the Tolerable Daily Intake (TDI) for dioxins, Risk Assessment and Management, Organohalogen Compounds 38, 295-298
- [2] DeVito M (1998): TEF's: Alternatives and Future Directions, Risk Assessment and Management, Organohalogen Compounds 38, 299-298
- [3] Tejima H, Shibakawa S, Osumi K, Kawashima M (1998): Dioxin Emission Behavior in MSW Incinerator Designed after Japanese Guidelines for Controlling Dioxin, Chemosphere 37, Nos 9-12, pp. 2309-2314
- [4] Van den Berg M, et al (1998): Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife. Environmental Health Perspectives 106, No. 12, December 1998
- [5] Wilken M, Böske J, Jäger J, Zeschmar-Lahl L (????): PCDD/PCDF, PCB, Chlorobenzene, and Chlorophenol emissions of a municipal solid waste incineration plant (MSWI), Chemosphere 29, 2039-2050
- [6] Behnisch P A (1997): Nicht-, mono- und di-ortho-chlorierte Biphenyle (PCB). Dissertation der Fakultät für Chemie und Pharmazie der Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Band 321, UFO Atelier für Gestaltung & Verlag Allensbach, ISBN 3-930803-20-8

Eingegangen: 05.01.2001  
Akzeptiert: 23.04.2001  
Online-First: 16.05.2001