

# LIS - Berichte

## Nr. 62

Immissionsmessungen  
polychlorierter Dibenzop-  
Dioxine und Dibenzofurane  
in Nordrhein-Westfalen

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Straße 6

D-4300 Essen 1

1986

ISSN 0720-8499

Immissionsmessungen  
polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine  
und Dibenzofurane  
in Nordrhein-Westfalen

Dr. Manfred Buck und Dr. Paul Kirschmer

IMMISSIONSMESSUNGEN POLYCHLORIRTER DIBENZO-P-DIOXINE UND DIBENZOFURANE IN  
NORDRHEIN-WESTFALEN

Dr. Manfred Buck und Dr. Paul Kirschmer

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wird ein erster Überblick der Polychlordibenzo-p-dioxin (PCDD)- und Polychlordibenzofuran (PCDF) -Immission in Nordrhein-Westfalen gegeben. Über das Land verteilt wurden an verschiedenen Meßstellen insgesamt 56 Immissionsproben auf PCDD/PCDF untersucht. Die Meßstellen lagen in Gebieten mit unterschiedlicher Flächennutzung und Emissionsstruktur. Mit einem speziell darauf abgestimmten Filtersystem wurde sowohl die Gasphase wie auch die Partikelphase untersucht. Dabei zeigte sich, daß die PCDD/PCDF mit geringerem Dampfdruck (7 und 8 Chloratome pro Molekül) auf dem Glasfaserfilter zurückgehalten werden und die PCDD/PCDF mit höherem Dampfdruck (4 und 5 Chloratome pro Molekül) durch das Polyurethanschaumfilter absorbiert werden. Es wurden die in 2,3,7,8-Stellung chlorierten PCDD/PCDF, OCDD, OCDF, die Summen von TCDD, PeCDD, HxCDD, HpCDD, TCDF, PeCDF, HxCDF und HpCDF sowie die Gesamtsummen von PCDD (4-8) und PCDF (4-8) bestimmt. 2,3,7,8-TCDD konnte nicht nachgewiesen werden. 2,3,7,8-TCDF dagegen konnte an 15 Meßstellen bestimmt werden. Die mittlere Konzentration im Rhein-Ruhr-Gebiet betrug für die Summe der PCDD (4-8) 3,2 pg/m<sup>3</sup> und für die Summe der PCDF (4-8) 5,5 pg/m<sup>3</sup>. Die Nachweisgrenze für TCDD lag bei 0,1-0,2 pg/m<sup>3</sup> und für die höher chlorierten PCDD/PCDF (5-8) bei 0,005-0,015 pg/m<sup>3</sup>. Die Meßergebnisse lassen keinen bevorzugten Abbau der in 2,3,7,8-Stellung chloresubstituierten Isomere im Vergleich zu den anderen Isomere erkennen.

S u m m a r y

Measurements of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and dibenzofurans (PCDF) in outdoor air survey the situation in Nordrhein-Westphalia. 56 samples were taken at different sites in areas of different land use and emission structures. A special filter system allowed to analyze the gasphase and the particle phase separately. It was found, that higher chlorinated PCDD/PCDF (7 or 8 chlorine atoms) are collected on glass fiber filter and lower chlorinated PCDD/PCDF (Tetra- and Penta-CDD/CDF) are absorbed on polyurethane foam. Following isomers were determined: OCDD, OCDF and 11 isomers with chlorine substitution in 2,3,7,8-position as well as the sum of TCDD, PeCDD, HxCDD, HpCDD, TCDF, PeCDF, HxCDF, HpCDF and the sum of PCDD (4-8) and PCDF (4-8). No 2,3,7,8-TCDD could be detected but 2,3,7,8-TCDF was found at 15 sites. Mean concentration in the Rhine-Ruhr-District for the sum of PCDD (4-8) and PCDF (4-8) was 3,2 pg/m<sup>3</sup> and 5,5 pg/m<sup>3</sup> respectively. Detection limit for TCDD and PCDD/PCDF (5-8) was 0,1-0,2 pg/m<sup>3</sup> and 0,005-0,015 pg/m<sup>3</sup> respectively. There is no indication that 2,3,7,8-chlorinated isomers of PCDD/PCDF are predominantly decomposed by photochemical reactions in outdoor air.

## 1. Einleitung

Unter der Bezeichnung "Dioxine" sind in den letzten Jahren zwei Stoffklassen aromatischer Äther, nämlich die polychlorierten Dibenzop-Dioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF) in das Blickfeld der Umweltschutz-Fachleute und der Öffentlichkeit gekommen. Von der Stoffklasse der PCDD existieren 75 einzelne Verbindungen, von der Stoffklasse der PCDF 135 Verbindungen, die alle sehr ähnliche physikalische und chemische Eigenschaften haben. Von den insgesamt 210 möglichen chlorierten PCDD und PCDF sind bislang nur wenige bezüglich ihrer Toxizität für den Menschen untersucht worden. Von den tierexperimentell getesteten Verbindungen hat sich das 2,3,7,8-TCDD als das am meisten toxische erwiesen. Hierbei handelt es sich um denjenigen Stoff, der im Zusammenhang mit dem industriellen Störfall in Seveso bei Mailand zu erheblichen Beeinträchtigungen der Umwelt geführt hat. Daneben liegen toxikologische Daten über PCDD und PCDF aus Untersuchungen einer Reihe von anderen industriellen Unglücksfällen und teilweise auch aus dem arbeitsmedizinischen Bereich vor [1]. Nach der Position, die die Bundesärztekammer einnimmt, bestehen bisher für den Menschen keine wissenschaftlich fundierten Hinweise darauf, daß 2,3,7,8-TCDD mutagen, kanzerogen oder teratogen wirkt [1].

Bevor 1977 und 1978 PCDD in Flugstäuben aus Hausmüllverbrennungsanlagen nachgewiesen wurden [2, 3], nahm man an, daß das Auftreten der Dibenzodioxine und Dibenzofurane in der Umwelt nur von lokaler Bedeutung sei. In dem Maße aber, wie durch Steigerung der Nachweisstärke der analytischen Verfahren und durch Verbesserung der Probenahme einerseits, und durch Intensivierung der Emissionsmessungen an Müllverbrennungsanlagen in den Folgejahren nach 1978 andererseits, die Ergebnisse über das Vorliegen der PCDD und PCDF in den Emissionen von Müllverbrennungsanlagen bestätigt wurden, veränderte sich die Einschätzung der Verbreitung dieser Stoffe in der Außenluft. Man hatte Anlaß zu vermuten, daß die PCDD und PCDF bei Verbrennungsprozessen schlechthin gebildet werden und dadurch als Spurenbestandteile der Außenluft anzusehen sind. Für die Größenordnung der zu erwartenden Konzentrationen ergaben sich Anhaltspunkte aus Immissionssimulationen, die auf der Basis gemessener Emissionskonzentrationen in der Umgebung von Müllverbrennungsanlagen von der LIS durchgeführt worden sind [22]. Die auf diese Weise abgeschätzten Konzentrationen bewegen sich in einer Größenordnung von  $10^{-2}$  bis  $10^{-3}$   $\text{pg}/\text{m}^3$  für das 2,3,7,8-TCDD.\*

Da diese Angaben einerseits nur auf Immissionsschätzungen beruhen und zum anderen in einem relativ großen Bereich variieren, erschien es notwendig, mit Hilfe von Immissionsmessungen zu versuchen, weitere Einblicke dahingehend zu gewinnen, wie sich die Verbreitung der PCDD und PCDF in der Außenluft darstellt und wie sich eine evtl. vorhandene Immissionsbelastung durch diese Stoffe im Vergleich zu dem gegenwärtig in Nordrhein-Westfalen praktizierten Richtwert

\* Während der Drucklegung dieses Berichtes sind Meßergebnisse über PCDD und PCDF aus Hamburg bekannt geworden, die in der Größenordnung gut mit den von uns gefundenen Daten übereinstimmen [21].

von 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für das 2,3,7,8-TCDD verhält. Dieser Richtwert wurde ausgehend von einem ADI-Wert von 1  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{d}$  von der Arbeitsgruppe "Dioxin in Müllverbrennungsanlagen beim BMI" als zulässige Konzentration von 2,3,7,8-TCDD für einen Menschen mit einem Körpergewicht von 60 kg und einem Atemvolumen von 20  $\text{m}^3/\text{d}$  festgelegt.

Bevor die Planung, die Durchführung und die Ergebnisse der Messungen behandelt werden, soll zunächst auf den Chemismus der PCDD und PCDF, sowie auf die Entstehung dieser Stoffe und ihr Auftreten in der Umwelt eingegangen werden.

## 2. Entstehung und Chemie der polychlorierten Dibenzodioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF)

### 2.1. Chemische Struktur der PCDD und PCDF

Die Polychlordibenzo-p-dioxine (PCDD) und die Polychlordibenzofurane (PCDF) sind Verbindungsklassen aromatischer Äther, d.h. mit zwei bzw. einem Sauerstoff verbrückte Phenylringe. Die Anzahl der Chloratome wird durch das Präfix Mono- (1) bis Octa- (8) ausgedrückt. Durch die unterschiedliche Stellung der Chloratome im Molekül erhält man insgesamt 75 verschiedene Isomere für die PCDD und 135 verschiedene Isomere für die PCDF. Die systematische Bezifferung der Chloratome im Molekül erfolgt nach dem abgebildeten Schema.

Polychlordibenzo-p-dioxine (PCDD)

Polychlordibenzofurane (PCDF)

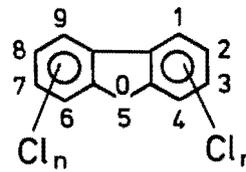
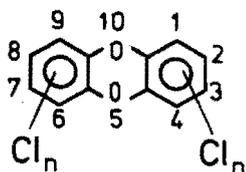


Abb. 1: Systematische Bezifferung der PCDD und PCDF

Bei einer bestimmten Anzahl von Chloratomen im Molekül erhält man unterschiedlich viele Isomere (Tab. 1).

Tabelle 1: Anzahl der Isomere PCDD und PCDF

Chloratome im Molekül	Verbindung	Anzahl der Isomere	
		Dioxine	Furane
1	Monochlor - DD(F)	2	4
2	Dichlor - DD(F)	10	16
3	Trichlor - DD(F)	14	28
4	Tetrachlor - DD(F)	22	38
5	Pentachlor - DD(F)	14	28
6	Hexachlor - DD(F)	10	16
7	Heptachlor - DD(F)	2	4
8	Oktachlor - DD(F)	1	1
	PCDD(F)	75	135

Das am stärksten toxische Isomere dieser beiden Verbindungsklassen ist das 2,3,7,8-TCDD, das im allgemeinen Sprachgebrauch auch als "Dioxin" oder "Seveso TCDD" bezeichnet wird. Die Struktur ist in Abb. 2 dargestellt.

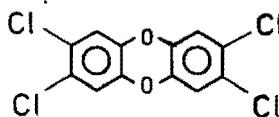


Abb. 2: 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin

## 2.2. Eigenschaften von 2,3,7,8-TCDD

Molekulargewicht	: 321,8 ame (atom. Masseneinheit)
Schmelzpunkt	: 303 - 305°C
Dampfdruck	: $4,5 \cdot 10^{-6}$ Pascal (25°C) [extrapoliert]
Wasserlöslichkeit	: 0,2 µg/l

### Verteilungskoeffizienten:

n-Octanol/Wasser	: ca. $1,4 \cdot 10^7$
Boden/Wasser $K_{OC}$	: ca. $10^6$
Biota/Wasser	: 2000 - 30000

TCDD ist weitgehend inert gegen Säuren, Basen, oxidative Prozesse und reduktive Prozesse. Es ist stabil bei hohen Temperaturen. Bei Temperaturen von 600°C wird es nur sehr langsam zerstört. Erst bei Temperaturen über 1000°C kann es voll-

ständig verbrannt werden. Ein wirkungsvoller Abbau in der Umwelt findet nur durch UV-Strahlung statt [4]. Die Dechlorierung von PCDD durch UV-Licht erfolgt bevorzugt in 2,3,7,8-Stellung [5] und führt somit zu einem relativ schnelleren Abbau von toxischen PCDD Isomeren.

### 2.3. Die Bildung von PCDD und PCDF

Die "klassische" Bildungsweise der PCDD und PCDF ist die Kondensation zweier Moleküle o-Chlorphenol oder o-Chlorphenolat [3, 6] sowie die Kondensation mit intramolekularem Ringschluß von o-Hydroxypolychlordiphenylethern und o-Hydroxypolychlorbiphenylen (Abb. 3). Die Kondensationsreaktion ist bei Anwesenheit von Sauerstoff auch bei nicht o-Chlor substituierten Phenolen und Polychlorbiphenylen möglich (Abb. 3).

Auch Substitutionsreaktionen können zur Bildung von PCDD und PCDF führen. Aus nicht- oder einfachhalogenierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen können durch nucleophile aromatische Substitution von Wasserstoffatomen durch Chloratome die mehrfach halogenierten Verbindungen gebildet werden (Abb. 4). Dabei erfolgt bei der Chlorierung in Gegenwart von Metallchlorid-Katalysatoren die Substitution bevorzugt in 2,3,7,8-Stellung. Es werden also überwiegend toxische PCDD und PCDF Isomere gebildet.

Aus höher chlorierten PCDD und PCDF können durch Dechlorierung mit Hilfe von UV-Licht die niedriger chlorierten PCDD und PCDF gebildet werden (Abb. 4). Diese Dechlorierung durch UV-Licht erfolgt bevorzugt in 2,3,7,8-Stellung [5], so daß durch diesen Abbau die weniger toxischen Isomere gebildet werden.

Die Dechlorierung von höher chlorierten PCDD und PCDF erfolgt auch bei höheren Temperaturen in Gegenwart von Metall-Katalysatoren. HAGENMAIER konnte zeigen, daß auf diese Weise aus OCDD bei Anwesenheit von Kupfer TCDD mit ähnlicher Isomeren-Verteilung wie bei der Verbrennung gebildet werden [23].

Ein weiterer wichtiger Reaktionsweg, der zur Bildung von PCDD und PCDF führt, sind Radikalreaktionen. Dieser Bildungsweg hat Bedeutung bei der Verbrennung von organischer Materie unter Anwesenheit von organischen (anorganischen) Chlorverbindungen bei Temperaturen von 300 - 600°C.

Betrachtet man die Reaktionsprodukte von Verbrennungen, so fällt auf, daß neben den Hauptverbrennungsprodukten: CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, HCl ..... insbesondere aromatische Kohlenwasserstoffe, wie z.B.: Benzol, Toluol, Xylol, Naphthalin, Biphenyl, Phenathren usw., welche bekanntlich eine hohe thermische Stabilität besitzen, gebildet werden.

Aus dieser Tatsache läßt sich leicht erklären, daß sich bei Verbrennungsprozessen auch Phenole, Dibenzofurane, Dibenzodioxine und weitere aromatische Kohlenwasserstoffe, welche Sauerstoffatome enthalten, bilden (Abb. 5).

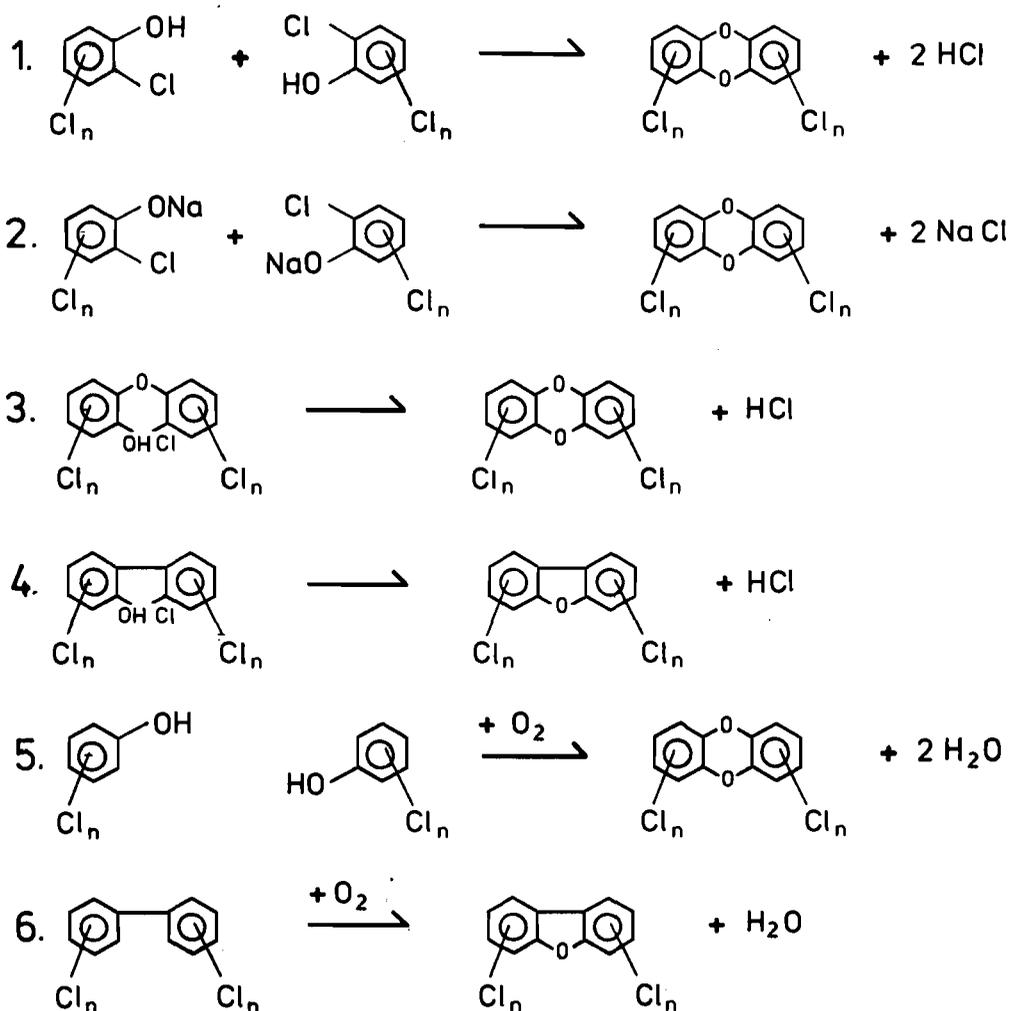


Abb. 3: Bildung von PCDD und PCDF durch Kondensationsreaktionen

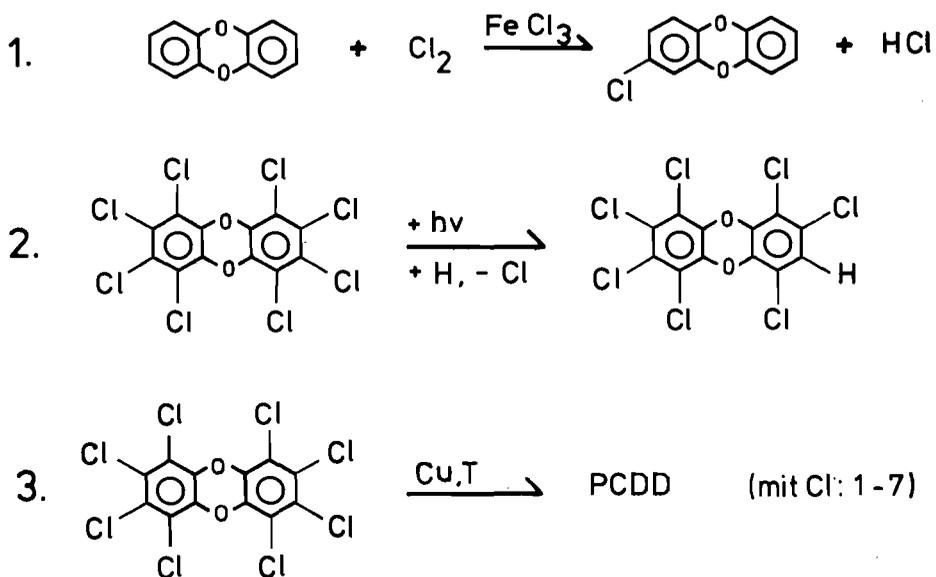


Abb. 4: Bildung von PCDD und PCDF durch Substitutionsreaktionen

Bei Anwesenheit von Prädioxinen sowie bei Anwesenheit von Chlor und den zuvor genannten aromatischen Kohlenwasserstoffen können also durch Verbrennungsprozesse PCDD und PCDF gebildet werden.

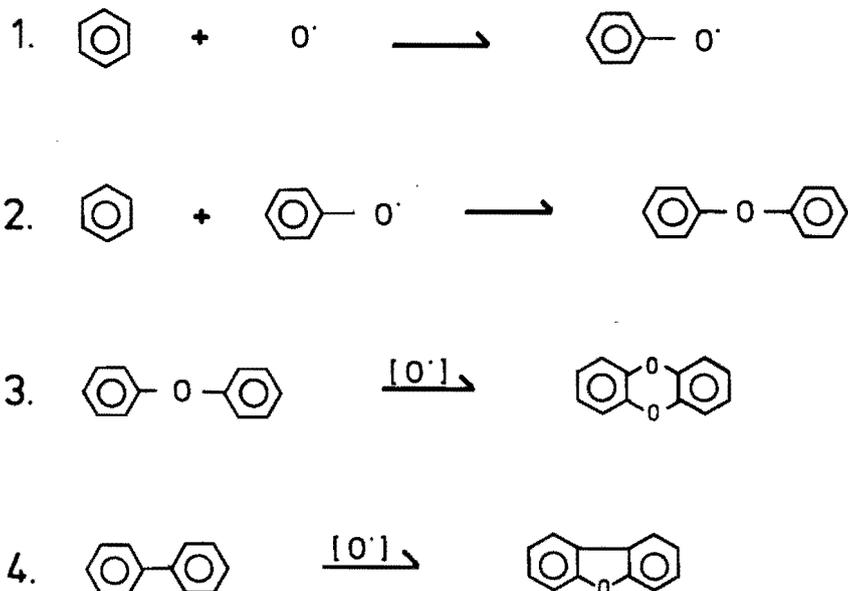


Abb. 5: Radikalische Oxidation von aromatischen Kohlenwasserstoffen bei Verbrennungsprozessen zu Phenolen, Dibenzofuranen bzw. Dibenzodioxinen [7, 8]

#### 2.4. Chemische Produkte, die PCDD und PCDF enthalten oder enthalten können

Mit Verunreinigungen von PCDD und PCDF in chemischen Produkten ist immer dann zu rechnen, wenn bei dem Produktionsverfahren hohe Temperaturen (ab ca. 150°C), alkalische Reaktionsmedien und freies Halogen angewandt werden. Die Bildung von Dioxinen und Furanen ist jedoch auch möglich, wenn nicht alle drei oben genannten Bedingungen erfüllt sind. So entstehen bei der thermischen Zersetzung von  $\alpha$ - und  $\beta$ -HCH-Isomeren zu Trichlorbenzol und Salzsäure bei 260°C mit Aktivkohle als Katalysator erhebliche Mengen an PCDD und PCDF. Auch Produkte, die aus dioxinhaltigen Ausgangsprodukten hergestellt werden, können PCDD und PCDF enthalten.

Die Environmental Protection Agency (Umweltschutzbehörde der USA) -EPA- hat 1980 eine Liste von organischen Chemikalien herausgebracht, bei deren Herstellung PCDD gebildet werden oder werden können. Auszüge aus dieser Liste zeigt Tabelle 2. Die Tabelle 3 führt Biozide auf, die in einer weiteren Liste der EPA enthalten sind (US EPA-600/2-80-197, November 1980).

Tabelle 2: Organische Chemikalien, bei deren Herstellung polyhalogenierte Dibenzodioxine gebildet werden oder gebildet werden können

Polychlorierte Phenole  
 Polybromierte Phenole  
 Dekabromphenoxybenzol  
 2-Chlor-1,4-diethoxy-5-nitrobenzol  
 5-Chlor-2,4-dimethoxyanilin  
 Chlorhydrochinon  
 3,5-Dichlorsalicylsäure

---

Benzaldehyd  
 Fumarsäure  
 Maleinsäure  
 o-Nitrophenol  
 Phthalsäureanhydrid  
 Chlorbenzole

Tabelle 3: Biozide, in denen PCDD enthalten sind

2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D)  
 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure (2,4,5-T)  
 Pentachlorphenol (PCP)  
 Hexachlorophen  
 Chloranil  
 Dichlofenthion  
 2,3,4,6-Tetrachlorphenol  
 2,4,5-Trichlorphenol

## 2.5. Unfälle, bei denen PCDD und PCDF entstanden und in die Umwelt gelangten

In den letzten 35 Jahren gelangten durch mehrere Unfälle verschiedener Art und durch die Anwendung PCDD-haltiger Chemikalien diese Substanzen in die Umwelt und in Nahrungsmittel. 1968 gab es Vergiftungen in Japan durch den Konsum eines PCB kontaminierten Reisöls (Yusho Öl) [9a]. Das Öl enthielt 1000 ppm PCB und 5 ppm PCDF. In einem ähnlichen Fall 1979 in Taiwan [9a] enthielt das Öl 2 ppm PCDF. Im Vietnamkrieg wurden nach Schätzungen mit den Entlaubungsmitteln "Agent Orange" und "Agent Purple" als Verunreinigung ca. 110 kg 2,3,7,8-TCDD in die Umwelt gebracht [10]. In den 70er Jahren wurden in Missouri (USA) Pferdearenen und Sandwege mit Altöl besprüht, um Staubeentwicklung zu verhindern [10]. Der so behandelte Boden enthielt bis zu 32 ppm PCDD und 540 ppb TCDD. Bei dem Unfall 1976 in Seveso, Italien, gelangten bei der Herstellung von 2,4,5-Trichlorphenol [9b] ca. 2,5 kg des 2,3,7,8-TCDD in die Umwelt. In den letzten Jahren wurden mehrere Transformatorenbrände bekannt, durch welche PCDD und PCDF in die Umwelt gelangten. Ein Beispiel davon ist die Transforma-

torexplosion in einem Bürogebäude in Binghampton, New York. Nach diesem Störfall wurden in Rußproben 20 ppm PCDD und 2160 ppm PCDF analysiert [11].

## 2.6. Entstehung von PCDD und PCDF bei Verbrennungsvorgängen

Am besten untersucht ist das Auftreten von PCDD und PCDF im Abgas von Müllverbrennungsanlagen [12, 13]. Aber auch bei anderen Verbrennungsprozessen wurde die Bildung von PCDD und PCDF nachgewiesen (Tab. 4). Da in diesen Fällen OCDD in wesentlich höherer Konzentration gefunden wurde als die niedriger chlorierten PCDD, stellt sich die Frage, ob diese bei der Probenahme von Ruß voll erfaßt wurden.

Untersuchungen von Straßenstaub (Tab. 5) konnten zeigen, daß auch dort PCDD und PCDF nachzuweisen sind.

Tabelle 4: Dioxine im Ruß von Autoauspufftöpfen (USA), Wohnzimmerkaminen und Zigarettenrauch [14]

Probe	N	Konzentrationen in pg/g (ppt)			
		2,3,7,8-TCDD	T <sub>4</sub> CDD	H <sub>7</sub> CDD	OCDD
Diesel (LKW)	2	3	23	100	260
Ottomotor (PKW)	4	< 1-4	< 1-8	3-10	20-70
Kamin	2	< 1-100	< 1-400	700-1600	900-2500
Zigaretten	20 Stk	< 1	< 1	< 1	30

Tabelle 5: PCDD im Straßenstaub [15]

	St. Louis, MO	Washington, DC
2,3,7,8-TCDD	47 pg/g	6,7 pg/g
TCDD	530 pg/g	170 pg/g
H <sub>6</sub> CDD	4 ng/g	4,4 ng/g
H <sub>7</sub> CDD	32,1 ng/g	36,5 ng/g
OCDD	149 ng/g	173 ng/g

### 3. Planung der Immissionsmessungen

#### 3.1. Meßverfahren

Wie aus den schon in der Einleitung erwähnten Ergebnissen der Immissionssimulationen zu entnehmen war, mußte ein zur Erfassung der PCDD und PCDF im Immissionsbereich brauchbares Verfahren eine Nachweisgrenze aufweisen, die in der Größenordnung von  $10^{-1}$  bis  $10^{-2}$  pg/m<sup>3</sup> liegt.

Da aufgrund der zu erwartenden geringen Konzentrationen und der bekannten Sättigungsdampfdrucke für TCDD im ppt-Bereich zu erwarten ist, daß die üblicherweise bei der Probenahme partikelförmiger Luftverunreinigungen benutzten Glasfaser-, Cellulose- oder Membranfilter die PCDD und PCDF nicht vollständig erfassen, sollten diese eventuell durchgelassenen PCDD- und PCDF-Anteile in einem speziellen Sorptionssystem erfaßt werden.

Darüber hinaus sollte eine isomerenpezifische Analyse der vermutlich am meisten toxischen 2,3,7,8-chlorsubstituierten PCDD und PCDF erfolgen. Letzteres schien nicht nur wegen der besonderen Toxizität dieser Isomere erforderlich, sondern auch um Hinweise darüber zu erhalten, ob die 2,3,7,8-substituierten PCDD und PCDF stärker durch die UV-Einstrahlung der Sonne abgebaut werden als die nicht in diesen Positionen substituierten Verbindungen, was durch Vergleich der Konzentrationen der verschiedenen Isomere möglich sein sollte.

Am besten geeignet zum Erreichen der angegebenen Ziele erschien eine Probenahmeapparatur, in der ein Glasfaserfilter einem Polyurethanschaumfilter (PU-Schaum) vorgeschaltet ist. Der Vorteil des PU-Schaumfilters liegt darin, daß ein großer Probeluft-Durchsatz bei der Probenahme möglich ist und eine einfache Abtrennung des Wassergehaltes der Luftprobe erfolgt.

Diese Probenahmetechnik wurde bereits erfolgreich bei der Bestimmung von DDT, HCH und HCB in arktischer Luft eingesetzt [16].

Vorversuche hatten gezeigt, daß es mit diesem Probenahmesystem möglich ist, im Verlaufe von 3 Tagen ein Probevolumen von 1.000 m<sup>3</sup> durchzusetzen. Mit der hierdurch erzielten hohen Substanzanreicherung konnte eine Nachweisgrenze für 2,3,7,8-TCDD von 0,1 pg/m<sup>3</sup> und für höher chlorierte PCDD bzw. PCDF zwischen 0,015 pg/m<sup>3</sup> und 0,005 pg/m<sup>3</sup> erreicht werden.

Von der angewandten chemischen Analytik war ebenfalls durch anderweitige, bereits vorgenommene Untersuchungen bekannt, daß sie für den verfolgten Zweck geeignet war [16].

#### 3.2. Meßstellen, Meßhäufigkeit, Meßstellendichte

Von vornherein mußte als stark einengende Randbedingung der hohe Kostenaufwand für die Analytik bei der Meßplanung berücksichtigt werden, der die Zahl der

durchzuführenden Analysen stark limitierte. Die Praktizierung der Meßplanung der TA-Luft mit den für die "klassischen" Stoffe wie z.B. SO<sub>2</sub> oder Schwebstoffe vorgeschriebenen Meßstellendichten und Meßhäufigkeiten hätte jeden möglichen Rahmen gesprengt. Die LIS lehnte sich daher an eine Meßplanung an, die bereits bei der Durchführung von Benzol-Messungen und sonstigen Kohlenwasserstoff-Messungen im Lande Nordrhein-Westfalen praktiziert worden ist. Hierbei ging es um die Erfassung von Kohlenwasserstoff- bzw. Benzol-Belastungen der Luft durch die Entnahme geschichteter Stichproben aus der Außenluft im Verlaufe eines Jahres in verschiedenen Meßgebieten, die in unterschiedlicher Weise durch Flächennutzung und Emissionsstruktur gekennzeichnet waren, und von denen daher angenommen werden konnte, daß diese Strukturunterschiede sich in einer unterschiedlichen Immissionsbelastung ausprägen würden [17, 18, 19].

Nach diesem Grundmuster einer räumlich-zeitlichen Stichprobenmessung wurden die Probenahmestellen wie folgt gewählt (vgl. Tabellen 6 und 7):

Tabelle 6: Übersicht über die Meßstellen

Lfd. Nr.	Meßstelle	Ortsbeschreibung	Bemerkungen
1	Egge, Eifel	TEMES-Meßstationen. Flächennutzung Egge: Forstwirtschaft, Station wird durch Ferntransport von Luftverunreinigungen aus der DDR und CSSR beaufschlagt; keine lokalen Emissionsquellen. Flächennutzung Eifel: Landwirtschaftliche Nutzung; geringe Immissions-Belastung; keine lokalen Emissionsquellen.	
2	Selm	Südliches Münsterland, landwirtschaftliche Nutzung, Randlage des Ruhrgebietes, Emissionseinflüsse aus dem gesamten Ballungsraum des Ruhrgebietes entsprechend der vorherrschenden Windrichtung Südwest.	
3	St. Augustin	St. Augustin: Hausmülldeponie	Probenahmestelle: a) über Deponiegasbrunnen und b) in 50 m Abstand von der Fackel des Deponiegases in Gegenwindrichtung
	Schwalmtal-Niederkrüchten	Schwalmtal-Niederkrüchten: Sondermülldeponie	Probenahmestelle: a) über Deponiegasbrunnen, b) in 50 m Abstand von der Fackel des Deponiegases in Gegenwindrichtung c) über dem Sickerwasserbrunnen

Tabelle 6: Fortsetzung

4	Essen-Mitte	Nahbereich der Kfz-Verkehrsmmissionen; sonstige Emissionseinflüsse des urbanen industrialisierten Ballungsraums Essen
5	Solingen, Essen-Katernberg, Leverkusen	Nahbereich von Müllverbrennungsanlagen
6	Dortmund-Derne	Nahbereich einer Kokerei
7	Bottrop, Oberhausen, Köln-Vogelsang, Duisburg-Walsum, Bochum-Gerthe, Essen-Altendorf	Die Meßstellen befinden sich in den Belastungsgebieten des Rhein-Ruhr-Gebietes. Sie sind den gemeinschaftlichen Emissionseinflüssen vieler Emissionsquellen ausgesetzt, ohne daß auf einzelne lokale Quellen als Hauptemittent für die Beaufschlagung der jeweiligen Stationen geschlossen werden könnte.
8	Duisburg-Meiderich	Nahbereich einer Altölwiederaufarbeitungsanlage

Im Zeitraum vom 28.05.1985 bis 30.03.1986 wurden an insgesamt 127 Tagen, d.h. während eines Zeitraumes, der ca. 35 % des Jahres entspricht, an den beschriebenen Probenahmestellen Proben entnommen.

Tabelle 7: Lage der Meßstellen und Meßzeiträume

Meßstelle	Lage der Meßstelle		Meßzeitraum
	Rechts-	Hochwert	
Egge	3496,6	5744,1	28.05.-31.05.1985 31.05.-03.06.1985 18.06.-21.06.1985
Eifel	2519,9	5613,1	06.08.-09.08.1985 09.08.-12.08.1985 12.08.-15.08.1985
Selm	2601,5	5731,5	07.06.-10.06.1985 10.06.-13.06.1985 13.06.-16.06.1985
St. Augustin	2587,5	5627,0	25.08.-28.08.1985 29.08.-01.09.1985 02.09.-05.09.1985
Schwalmtal Niederkrüchten	2517,0	5675,0	09.09.-12.09.1985/12.09.-16.09.1985 16.09.-19.09.1985/19.09.-22.09.1985 23.09.-26.09.1985/26.09.-29.09.1985
Essen-Mitte	2570,0	5702,0	12.07.-15.07.1985 15.07.-18.07.1985 19.07.-22.07.1985
Solingen	2575,0	5672,5	09.08.-12.08.1985 12.08.-15.08.1985 19.08.-22.08.1985
Essen- Katernberg	2573,0	5706,5	08.08.-09.08. und 16.08.-18.08.1985 22.08.-25.08.1985/25.08.-28.08.1985
Leverkusen	2570,8	5656,4	01.07.-05.07.1985 05.07.-08.07.1985 08.07.-11.07.1985
Bottrop	2567,8	5710,6	21.06.-24.06.1985 24.06.-27.06.1985 28.06.-01.07.1985
Dortmund- Derne	2604,0	5716,5	25.07.-29.07.1985 29.07.-01.08.1985 05.08.-08.08.1985
Oberhausen- Osterfeld	2561,5	5708,0	16.08.-19.08.1985 19.08.-22.08.1985 29.08.-01.09.1985
Duisburg- Walsum	2552,0	5710,2	02.09.-05.09.1985 05.09.-08.09.1985 09.09.-12.09.1985
Bochum-Gerthe	2589,5	5710,0	27.09.-30.09.1985 30.09.-03.10.1985 03.10.-06.10.1985
Köln- Vogelsang	2561,9	5647,0	04.10.-07.10.1985 07.10.-10.10.1985 10.10.-13.10.1985
Essen- Altendorf	2567,2	5703,1	07.10.-10.10.1985 10.10.-13.10.1985
Duisburg- Meiderich	2554,7	5703,7	11.02.-14.02.1986/05.03.-08.03.1986 17.03.-20.03.1986/20.03.-23.03.1986 24.03.-27.03.1986/27.03.-30.03.1986

## 4. Durchführung der Messungen

### 4.1. Probenahme

Die Proben wurden mit dem in Abb. 6 im Anhang dargestellten Probenahmesystem unter Benutzung der Pumpeneinheit des LIB-Filtergerätes entnommen. An jedem Probenahmeort wurden zeitlich hintereinander (s. Tab. 7 und Abb. 7 im Anhang) im Verlauf von insgesamt 9 Tagen 3 Proben genommen. Die Proben wurden wie üblich in ca. 3,50 m Höhe über Boden gezogen.

Das Glasfaserfilter (Gelman, Typ 61635, Ann Arbor, MI, USA) wurde bei 400°C in einem Muffelofen aufgeheizt. Der Polyurethanschaum war hergestellt aus Toluoldiisocyanat und Polyoxypropylentriol (Caradol 42-2, Shell Ltd.) mit einer Dichte von 25 kg/m<sup>3</sup>. Zur Reinigung wurde der PU-Schaum bei 100°C in Toluol ausgepreßt und anschließend 12 h in einer Soxhlet-Apparatur zuerst mit Aceton und dann mit Toluol extrahiert. Die so gereinigten PU-Schäume wurden 48 Stunden bei 70°C im Vakuum getrocknet und in Aluminiumfolie gelagert.

### 4.2. Analyse der Proben auf PCDD und PCDF

Die Analysen wurden durchgeführt vom Norsk Institutt for Luftforskning (NILU), Lillestrøm, Norwegen.

Einzelheiten des Analysenverfahrens sind in [20] beschrieben. Im nachfolgenden wird der Analysengang nur kurz skizziert: Die Glasfaserfilter und die PU-Schäume wurden mit Toluol extrahiert. Der Extrakt wurde auf 500 µl eingeeengt und in zwei Schritten gereinigt. Im ersten Schritt wurden die PCDD/PCDF mit Toluol/Diethylether (9 : 1) von einer Florisil PR/Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Säule eluiert.

Der zweite Reinigungsschritt erfolgte mit HPLC (Trennsäule: Nucleosil 5 µm, NO<sub>2</sub>, Chrompack). Der gereinigte Extrakt wurde dann auf 20...50 µl eingeeengt.

Die Identifizierung und Quantifizierung erfolgte gaschromatographisch auf einer SP 2330 Trennkapillare und massenspektrometrisch mit Elektronenstoß-Ionisation (EI) und mit Negativ-Ionen Chemischer Ionisation (NICI).

Bestimmt wurden als Einzelverbindungen:

5 PCDD mit Chlorsubstitution in 2,3,7,8-Stellung (2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD) und OCDD;

6 PCDF mit Chlorsubstitution in 2,3,7,8-Stellung (2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF) und OCDF.

Jeweils als Summe wurden bestimmt: TCDD, PeCDD, HxCDD, HpCDD und TCDF, PeCDF, HxCDF und HpCDF.

#### 4.3. Sammeleffektivität des PU-Schaumes

Bei den angewandten Probenahmebedingungen wurden die PCDD/PCDF auf dem 1. PU-Schaum-Pfropfen erwartungsgemäß vollständig absorbiert. Die Konzentrationen auf dem 2. PU-Schaum-Pfropfen lagen unter den jeweiligen Nachweisgrenzen (s. Anhang Abb.8).

#### 4.4. Verteilung der einzelnen Isomere bzw. Isomerengruppen zwischen Partikelfilter und PU-Schaum-Filter

Es hat sich gezeigt, daß es unbedingt erforderlich war, eine Filterkombination bei der Probenahme anzuwenden. Wir konnten feststellen, daß die Hepta-CDD/CDF und OCDD/OCDF sich überwiegend auf dem Partikelfilter befanden. Bei starker Filterbelegung der Probe durch partikelförmige Stoffe nimmt der Anteil der Tetra- und Penta-CDD/CDF in der Partikelphase zu. Letztere waren in den meisten Proben überwiegend im PU-Schaum-Filter nachzuweisen und nur zu einem geringen Teil im Partikelfilter. Die Hexa-CDD/CDF sind sowohl im Partikelfilter als auch im PU-Schaum zu finden (s. Anhang Abb. 9).

Ob diese Isomeren-Verteilung so zu interpretieren ist, daß die PCDD und PCDF sowohl partikelförmig als auch gasförmig in der Atmosphäre vorliegen, muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, da nicht auszuschließen ist, daß bei Sammelzeiten von 3 Tagen zunächst auf dem Glasfaserfilter abgeschiedene PCDD und PCDF verflüchtigt und in dem nachgeschalteten PU-Schaum wieder sorbiert werden.

### 5. M e ß e r g e b n i s s e

Die Meßergebnisse sind in der Tabelle 8 und Abb. 10-12 dargestellt (s. Anhang). Die Meßwerte sind dabei den einzelnen Meßstellen zugeordnet worden. Als Meßwert gilt die Summe aus den zunächst getrennt bestimmten PCDD- und PCDF-Anteilen im Partikelfilter und im PU-Schaum-Filter.

Man erkennt, daß in keinem Falle die nach den gegenwärtigen Erkenntnissen am meisten toxische Verbindung: 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (2,3,7,8-TCDD) nachgewiesen werden konnte. Die Nachweisgrenze betrug: 0,1 pg/m<sup>3</sup>.

Von den sonstigen in 2,3,7,8-Position chlorierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen wurden folgende Verbindungen nachgewiesen:

1,2,3,7,8-PeCDD an 4 Meßstellen, und zwar in Bottrop, Oberhausen, Schwalmtal-Niederkrüchten und Essen-Altendorf. HxCDD an 13 Meßstellen. 2,3,7,8-TCDF an 14 Meßstellen. PeCDF und HxCDF an allen Meßstellen. Die Nachweisgrenze für diese 2,3,7,8-substituierten PCDD bzw. PCDF betrug 0,015 bis 0,005 pg/m<sup>3</sup>.

An allen Meßstellen - mit Ausnahme der Meßstelle Schwalmtal-Niederkrüchten (über Sickerwasserbrunnen) und der Meßstelle Bochum-Gerthe (Nähe Holzimprägnierwerk) - sind die Meßwerte für die PCDF höher als für die PCDD. Dies ist eine Beobachtung, die auch bei Abgasuntersuchungen von Müllverbrennungsanlagen gemacht wird [24].

Betrachtet man die Summen der Isomere für die unterschiedlichen Chlorierungsgrade der PCDD und PCDF, so ergibt sich ein uneinheitliches Bild an den einzelnen Meßstellen.

Bei den PCDD sind die Meßwerte für OCDD und die Summe HpCDD an den meisten Meßstellen in vergleichbarer Höhe. Die Meßwerte für die Summe der PeCDD dagegen unterscheiden sich an den einzelnen Meßstellen sehr stark. An den Meßstellen Egge, St. Augustin, Solingen, Essen-Katernberg, Bochum und Köln sind sie verglichen mit OCDD sehr gering, während sie an der Meßstelle Oberhausen-Osterfeld sehr hoch sind.

Bei den PCDF liegen die Meßwerte für OCDF an den meisten Meßstellen deutlich unter den Meßwerten für die Summen der Isomere der übrigen Chlorierungsgrade (4-7) - Ausnahme Duisburg-Meiderich -, welche an vielen Meßstellen von vergleichbarer Größenordnung sind - Ausnahmen hiervon sind die Meßstellen Oberhausen-Osterfeld und Essen-Altendorf, mit wesentlich höheren Konzentrationen für TCDF und PeCDF.

Zur Ermittlung der Ursachen dieser erhöhten TCDF- und PeCDF-Immissionen sind intensivere Messungen erforderlich.

Da an jeder einzelnen Meßstelle nur an insgesamt 9 Meßtagen (Duisburg-Meiderich: 18 Tage) gemessen wurde, wobei die Meßtage nicht gleichmäßig über das gesamte Jahr verteilt waren, muß man die Meßergebnisse jeder einzelnen Meßstelle, für sich allein betrachtet, als eine Art von "Momentaufnahme" der Immissionsbelastung ansehen.

Faßt man jedoch die Meßdaten der an den 11 im Rhein-Ruhr-Gebiet gelegenen Meßstellen vorgenommenen Messungen zusammen - wie es von vorherein der Absicht des Meßprogrammes entspricht -, so ergibt sich eine räumlich-zeitliche Stichprobe, die mit 99 Tagen immerhin einen Zeitraum von 27 % eines Jahreszeitraumes abdeckt und schon als repräsentativ für die Jahresbelastung angesehen werden kann (Meßzeitraum: 21.06.1985 bis 30.03.1986).

In Tabelle 9 sind die Mittelwerte und die Spannbreiten der Meßwerte aller bei dieser Untersuchung bestimmten Einzelverbindungen und Isomeren-Summen für die im Rhein-Ruhr-Gebiet gelegenen 11 Meßstellen angegeben.

Aus der Tabelle 8 ist zu entnehmen, daß in dem urbanen, industrialisierten Rhein-Ruhr-Gebiet die PCDD- und PCDF-Immissionen um ein Vielfaches höher liegen als in den quellenfernen Gebieten des Egge-Gebirges und der Eifel. Ähnliches hatte die LIS in früheren Untersuchungen bereits für die Immissionskomponenten aus den Gruppen der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, wie z.B.

Tabelle 9: Mittelwerte und Bereiche der PCDD/PCDF-Immissionskonzentrationen im Rhein-Ruhr-Gebiet [ $\text{pg}/\text{m}^3$ ] gemessen an 11 Meßstellen in der Zeit vom 21.06.1985 - 30.03.1986

PCDD	Mittelwerte	Bereich	PCDF	Mittelwerte	Bereich
2,3,7,8-	*	*	2,3,7,8-	0,09	* - 0,20
1,2,3,7,8-	0,02	* - 0,13	1,2,3,7,8-)		
			1,2,3,4,8-)	0,14	0,04 - 0,35
1,2,3,4,7,8-	0,03	* - 0,08	2,3,4,7,8-	0,10	0,02 - 0,31
1,2,3,6,7,8-	0,06	* - 0,28	1,2,3,4,7,8-	0,13	0,02 - 0,48
1,2,3,7,8,9-	0,03	* - 0,08	1,2,3,6,7,8-	0,08	0,01 - 0,25
			2,3,4,6,7,8-	0,14	0,02 - 0,50
$\Sigma$ TCDD	*	*	$\Sigma$ TCDF	1,63	* - 4,42
$\Sigma$ PeCDD	0,51	* - 1,66	$\Sigma$ PeCDF	1,55	0,43 - 5,13
$\Sigma$ HxCDD	0,61	0,15 - 2,16	$\Sigma$ HxCDF	0,79	0,14 - 2,24
$\Sigma$ HpCDD	1,14	* - 4,61	$\Sigma$ HpCDF	1,02	0,16 - 2,66
OCDD	0,98	* - 4,53	OCDF	0,49	* - 6,13
PCDD	3,23	0,15 - 10,09	PCDF	5,48	1,50 - 14,15

\* =  $\leq$  Nachweisgrenze

Benzo(a)pyren und aus der Gruppe der sonstigen aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffe, wie z.B. Benzol, festgestellt. In diesen Fällen waren die Benzo(a)pyren- bzw. die Benzol-Belastungen um das 10- bis 30fache höher als in den quellenfernen Gebieten. Damit sind die Relationen ähnlich wie bei den PCDD und PCDF. Unterschiedlich ist allerdings das Konzentrationsniveau, das bei Benzol im  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -Bereich, bei Benzo(a)pyren im  $\text{ng}/\text{m}^3$ -Bereich und bei den PCDD bzw. PCDF im  $\text{pg}/\text{m}^3$ -Bereich liegt. Das Auftreten der sehr geringen PCDD- und PCDF-Konzentrationen in den quellenfernen Gebieten dürfte in erster Linie die Folge von Transporten aus industriellen oder urbanen Ballungsgebieten sein. Es ist davon auszugehen, daß in anderen Ballungsgebieten sowie auch in quellenfernen Gebieten im In- und Ausland ähnliche Belastungsverhältnisse herrschen.

Es erscheint plausibel, daß die erhöhten PCDD- und PCDF-Immissionen im Ballungsgebiet in erster Linie auf Verbrennungsvorgänge, die in solchen Gebieten in vielfältigster Form in stationären und mobilen Emissionsquellen ablaufen, zurückzuführen sind. Darauf weisen auch die sehr guten Übereinstimmungen zwischen den Isomeren-Verteilungen von Emissionsproben aus Verbrennungsanlagen und den von uns in der Außenluft entnommenen Proben hin (s. Anhang Abb. 13). Uns liegen derzeit keine ausreichenden Informationen darüber vor, ob für die PCDD- und PCDF-Belastung der Außenluft noch andere Quellen von Bedeutung sind, wie etwa mit PCDD und PCDF verunreinigte technische und chemische Produkte,

Biozide u.a., die unter anderem zu erhöhten Innenraum-Belastungen, Anreicherungen in tierischem Gewebe, Milch, usw. geführt haben.

Der Befund, daß auch in den quellenfernen Gebieten - wenn auch geringe - PCDD- und PCDF-Immissionen (insbesondere PCDF-Konzentrationen) vorliegen, ist natürlich auch darauf zurückzuführen, daß die Nachweisgrenzen der neuerdings eingesetzten Analysenverfahren extrem niedrig sind. Gleichwohl kann nicht mehr ernsthaft in Frage gestellt werden, daß die PCDD und PCDF, je nach Emissionsstruktur, Flächennutzung, Besiedlungs- und Kfz-Dichte, in unterschiedlicher Konzentration und Isomeren-Zahl als weitverbreitete Immissionen vorliegen.

Um Fehlinterpretationen von vornherein vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, daß bei Schlußfolgerungen aus diesen Befunden im Hinblick auf die Umweltrelevanz der PCDD und PCDF unbedingt zu beachten ist, daß die Nachweisgrenze eines Meßverfahrens einerseits und die toxikologische Wirkungsschwelle des gemessenen Stoffes andererseits zwei grundverschiedene Dinge sind: Schadstoff-Konzentrationen, die die Nachweisgrenze eines Meßverfahrens überschreiten, stellen nicht schon deshalb - auch wenn großräumige Überschreitungen der Nachweisgrenze vorliegen - ein Umweltproblem dar. Ob ein Umweltrisiko vorliegt bzw. ob unzulässige Immissionsbelastungen vorhanden sind, ergibt sich nur durch den Vergleich der Immissionsmeßergebnisse mit den Beurteilungsmaßstäben, also mit Schwellenwerten, MIK-Werten, Richtwerten oder letztlich Immissionsgrenzwerten.

Die Beurteilung der gefundenen Meßergebnisse ist im Falle der PCDD und PCDF dadurch erschwert, daß die einzige Verbindung, für die ein Richtwert existiert, nämlich das 2,3,7,8-TCDD, bei einer Nachweisgrenze von 0,1 pg/m<sup>3</sup> bei keiner Messung nachgewiesen werden konnte.

Nimmt man im Sinne einer pessimalen Schätzung an, daß in der Luft reale 2,3,7,8-TCDD-Konzentrationen unterhalb, jedoch in unmittelbarer Nähe der Nachweisgrenze vorliegen würden, so beträgt der Abstand zu dem in Nordrhein-Westfalen praktizierten Richtwert von 3 pg/m<sup>3</sup> nach den hier vorgelegten Meßergebnissen 1/30 dieses Wertes. Dieser Abstand kann aber tatsächlich noch größer sein.

Da für andere Verbindungen der PCDD und PCDF keine Richtwerte existieren und eine Beurteilung von Isomeren-Summen wegen der sehr unterschiedlichen Toxizität der Einzelverbindungen nicht in Frage kommt, wäre allenfalls die Bewertung einzelner Verbindungen mit Hilfe von Wirkungsäquivalenten unter Bezugnahme auf die Wirkung des 2,3,7,8-TCDD denkbar. Dies Vorgehen ist aber problematisch und wird von maßgebenden Toxikologen der Bundesrepublik Deutschland als reine Spekulation abgelehnt [1].

Immerhin ist aber festzustellen, daß die Konzentrationen aller gefundenen, in 2,3,7,8-Position chlorierten Dibenzodioxine und Dibenzofurane (von denen anzunehmen ist, daß ihre Toxizität - jeweils einzeln betrachtet - geringer ist als die des 2,3,7,8-TCDD, jedoch höher als die anderweitig chlorierten PCDD und PCDF) unterhalb des für die letztgenannte Verbindung vorgeschlagenen Richtwertes liegen.

Gegenwärtig kann nicht abschließend beurteilt werden, welchen Stellwert die PCDD- und PCDF-Immissionen im Vergleich zu den Gehalten dieser Stoffe in anderen Umweltmedien haben und welche Bedeutung den über die Luft verlaufenden Wirkungspfaden im Vergleich zu den Wirkungswegen, die über die Nahrung, das Wasser oder den Boden verlaufen, zuzumessen ist. Aus der Situation der Meßtechnik und Luftqualitätsüberwachung und auch im Hinblick darauf, daß es sich bei den PCDD und PCDF um relativ persistente Stoffe handelt, ist daher zu fordern, baldmöglichst MIK-Werte und Immissionsgrenzwerte aufzustellen, um eine objektive und rationale Beurteilung der PCDD- und PCDF-Immissionen auch in der Öffentlichkeit zu gewährleisten.

## S c h r i f t t u m

- [1] Polychlorierte Dibenzodioxine und polychlorierte Dibenzofurane.  
Stellungnahme des wissenschaftlichen Beirates der Bundesärztekammer.  
Deutsches Ärzteblatt (44), Heft 4 (1986) Ausgabe C, S. 192 - 193.
- [2] OLIE, L., P.L. VERMEULEN und O. HUTZINGER:  
Chlorodibenzo-p-dioxins and Chlorodibenzofurans are Trace Components  
of Fly Ash and Flue Gas of some Municipal Incinerators in the  
Netherlands.  
Chemosphere, 6 (1977), S. 455.
- [3] BUSER, H.R., H.-P. BOSSHARDT und C. RAPPE:  
Identification of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin Isomeres Found  
in Fly Ash.  
Chemosphere, 7 (1978), S. 165.
- [4] NESTRICK, T.J., L.L. LAMPARSKI und D.J. TOWNSEND:  
Identification of Tetrachlorodibenzo-p-dioxin Isomeres at the 1-ng  
Level by Photolytic Degradation and Pattern Recognition Techniques.  
Anal. Chem., 52 (1980), S. 1865.
- [5] BUSER, H.R. und C. RAPPE:  
Identification of Substitution Patterns in Polychlorinated Dibenzo-  
p-dioxins (PCDDs) by Mass Spectrometry.  
Chemosphere, 7 (1978), S. 199.
- [6] NESTRICK, T.J., L.L. LAMPARSKI und R.H. STEHL:  
Synthesis and Identification of the 22 Tetrachlordibenzo-p-dioxin  
Isomers by High Performance Liquid Chromatography and Gas Chromato-  
graphy.  
Anal. Chem., 51 (1979), S. 2273.
- [7] BALLSCHMITER, K.W., W. ZOLLER, CH. SCHOLZ and A. NOTTRODT:  
Occurrence and Absence of Polychlorodibenzofurans and Polychloro-  
dibenzodioxins in Fly Ash from Municipal Incinerators.  
Chemosphere, 12 (1983), S. 585.

- [ 8 ] BALLSCHMITER, K., W. ZOLLER, H. BUCHERT und TH. CLASS:  
Correlation between Substitution Pattern and Reaction Pathway in the  
Formation of Polychlorodibenzofurans.  
Fres. Z. Anal. Chem., 322 (1985), S. 587.
- [ 9 ] a) RAPPE, C., M. NYGREN, H. BUSER, Y. MASUDA, H. KUROKI and  
P.H. CHEN:  
Identification of Polychlorinated Dioxins (PCDDs) and Dibenzofurans  
(PCDFs) in Human Samples, Occupational Exposure and Yusho Patients.  
S. 241.
- b) WIPF, H.K. and J. SCHMID:  
Seveso - An Environmental Assessment. S. 255.  
In: R.E. TUCKER, A.L. YOUNG, A.P. GRAY, ed.,  
"Human and Environmental Risks of Chlorinated Dioxins and Related  
Compounds", Plenum Press, New York, 1983.
- [10] Bericht "Sachstand Dioxine".  
Umweltbundesamt, Berlin 1983.
- [11] SCHECTER, A.:  
Contamination of an Office Building in Binghamton, New York by PCBs,  
Dioxins, Furans and Biphenylenes after an Electrical Panel and  
Electrical Transformer Incident.  
Chemosphere, 12 (1983), S. 669.
- [12] NOTTRODT, A., K.D. SLADEK, W. ZOLLER, H. BUCHERT, TH. CLASS,  
W. KRÄMER, S. KOHNLE, H. MAGG, P. MAYER, W. SCHÄFER, M. SWEREV und  
K. BALLSCHMITER:  
Emissionen von polychlorierten Dibenzodioxinen und polychlorierten  
Dibenzofuranen aus Abfallverbrennungsanlagen.  
Müll und Abfall, 16 (1984), S. 313.
- [13] HARLESS, R.L., E.O. OSWALD, R.G. LEWIS, A.E. DUPUY, D.D. Mc DANIEL  
und HAN TAI:  
Determination of 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin in Fresh Water  
Fish.  
Chemosphere, 11 (1982), S. 193.
- [14] CRUMMETT, W.B.:  
Dow Chemical Co. (1981).  
Zitiert nach BALLSCHMITER, K.: persönl. Mitteilung.

- [15] NESTRICK, T.J., L.L. LAMPARSKI und W.B. CRUMMETT (1983):  
Zitiert nach BALLSCHMITER, K.: persönl. Mitteilung.
- [16] OEHME, M. und S. MANØ:  
The Long-Range Transport of Organic Pollutants of the Arctic.  
Fres. Z. Anal. Chem., 319 (1984), S. 141.
- [17] BUCK, M, H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen.  
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW,  
Nr. 36 (1983), 59 S.
- [18] BEIER, R. und P. BRUCKMANN:  
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhr-  
Gebiet.  
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW,  
Nr. 32 (1983), 57 S.
- [19] BUCK, M.:  
Immissionsmessungen von Benzol- und Benzo(a)pyren im Einwirkungs-  
bereich stationärer und mobiler Emissionsquellen.  
In: Luftverunreinigung durch Kraftfahrzeuge in der Bundesrepublik  
Deutschland, Stand und Trend.  
Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene,  
Heft 67 (1986), 16 S.
- [20] OEHME, M., S. MANØ, A. MIKALSEN und P. KIRSCHMER:  
Quantitative Method for the Determination of Femtogram Amounts of  
Polychlorinated Dibenzop-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor Air.  
Chemosphere, 15 (1986), S. 607.
- [21] BRUCKMANN, P. und K.H. HACKHE:  
Immissionsmessungen von Dioxinen und Dibenzofuranen in Hamburg an  
Orten mit unterschiedlicher Luftqualität.  
Vortrag auf dem 21. Meßtechnischen Kolloquium der Ländereinrichtun-  
gen für Immissionsschutz vom 05. bis 07. Mai 1986 in Wiesbaden.

- [22] BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Polychlorierte Dibenz-Dioxine und -Furane in den Filterstäuben und Schlacken der zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger Sondermüllverbrennungsanlagen.  
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, Nr. 54 (1985), 57 S.
- [23] HAGENMAIER, H.:  
PCDD/PCDF-Bestimmung an Abfallverbrennungsanlagen.  
Vortrag bei der Dioxin Tagung: "Vorkommen - Bestimmung - Bewertung - Entsorgung" am 22./23. April 1986 in Essen.
- [24] HAGENMAIER, H.:  
Vergleichende Untersuchungen von Probenahmetechniken für polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane im Abgas von Müllverbrennungsanlagen.  
Abschlußbericht zum F+E-Vorhaben 143 0379/1, Teil I (1985), Tübingen.

T a b e l l e n - u n d B i l d a n h a n g

Tabelle 8: Immissionskonzentrationen der PCDD und PCDF in  $\text{pg}/\text{m}^3$  an den Meßstellen gemäß Tabelle 7 ( $1 \text{ pg}/\text{m}^3 = 1 \text{ Picogramm}/\text{m}^3 = 10^{-12} \text{ g}/\text{m}^3$ )

Meßzeit: 28.05.1985 - 30.03.1986

Es bedeuten:

TCDD = Tetrachlordibenzo-p-dioxin  
 PeCDD = Pentachlordibenzo-p-dioxin  
 HxCDD = Hexachlordibenzo-p-dioxin  
 HpCDD = Heptachlordibenzo-p-dioxin  
 OCDD = Oktachlordibenzo-p-dioxin  
 PCDD = Polychlordibenzo-p-dioxin  
 (Summe aller Tetra- bis Oktachlor-  
 dibenzo-p-dioxine)

TCDF = Tetrachlordibenzofuran  
 PeCDF = Pentachlordibenzofuran  
 HxCDF = Hexachlordibenzofuran  
 HpCDF = Heptachlordibenzofuran  
 OCDF = Oktachlordibenzofuran  
 PCDF = Polychlordibenzofuran  
 (Summe aller Tetra- bis Oktachlor-  
 dibenzofurane)

PU-Schaum = Polyurethanschaum

Die Ergebnisse der Messungen sind in den nachfolgenden Seiten 31 - 40 aufgeführt.

Tabelle 8:

E g g e

	28.05.-31.05.			31.05.-03.06.			18.06.-21.06.			Mittelwert
	Filter	PU-Schaum	F+PU	Filter	PU-Schaum	F+PU	Filter	PU-Schaum	F+PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,4,7,8 HxCDD	*	*	*	*	0,07	0,07	*	*	*	0,03
1,2,3,6,7,8 HxCDD	*	*	*	*			*	*	*	
1,2,3,7,8,9 HxCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ HxCDD	*	*	*	*	0,14	0,14	*	*	*	0,05
Σ HpCDD	*	*	*	*	0,46	0,46	0,18	*	0,18	0,21
OCDD	*	*	*	*	1,03	1,03	0,28	*	0,28	0,44
PCDD	*	*	*	*	1,63	1,63	0,46	*	0,46	0,70
2,3,7,8 TCDF	*	*	*	*	i	i	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDF 1,2,3,4,8 "	*	*	*	*	0,06	0,06	*	*	*	0,02
2,3,4,7,8 PeCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	*	*	*	*	0,06 <sup>2)</sup>	0,06 <sup>2)</sup>	0,02 <sup>2)</sup>	*	0,02 <sup>2)</sup>	0,03 <sup>2)</sup>
1,2,3,6,7,8 HxCDF	*	*	*	*	0,04	0,04	0,02	*	0,02	0,02
2,3,4,6,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ TCDF	*	*	*	*	0,30	0,30	*	*	*	0,11
Σ PeCDF	*	*	*	*	0,46	0,46 <sup>1)</sup>	*	*	*	0,16 <sup>1)</sup>
Σ HxCDF	*	*	*	*	0,46	0,46	0,11	*	0,11	0,19
Σ HpCDF	*	*	*	*	0,21	0,49	0,70	0,14	0,14	0,28
OCDF	*	*	*	*	0,07	0,30	0,37	0,07	0,11	0,18
PCDF	*	*	*	*	0,28	2,01	2,29	0,32	0,11	0,43

\* : ≙ Nachweisgrenze  
 i : identifiziert (korrekte Quantifizierung wegen Quersensitivität nicht möglich)  
 - : nicht untersucht

1) Summe von 1,3,4,6,8- bis 2,3,4,6,8 PeCDF  
 2) mit 1,2,3,4,7,9 HxCDF  
 7) mit 1,2,3,4,7,9 HxCDF  
 F + PU : Filter plus PU-Schaum

E i f e l

	06.08.-09.08.			09.08.-12.08.			12.08.-15.08.			Mittelwert
	Filter	PU-Schaum	F+PU	Filter	PU-Schaum	F+PU	Filter	PU-Schaum	F+PU	
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	0,14	0,14	*	*	*	0,05
	*	*	*	*	0,07	0,07	*	*	*	0,03
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	0,21	0,21	*	*	*	0,08
	*	*	*	*			*	*	*	
	*	*	*	*	0,02	0,02	*	*	*	0,01
	*	*	*	*	0,04	0,04	*	0,04	0,04	0,03
	-	-	-	-	-	-	*	0,02	0,02	0,02
	*	*	*	*	0,02 <sup>2)</sup>	0,02 <sup>2)</sup>	*	*	*	0,01 <sup>2)</sup>
	*	*	*	*	0,02	0,02	*	*	*	0,01
	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*
	*	*	*	*	0,30	0,30	*	*	*	0,11
	*	*	*	*	0,32 <sup>1)</sup>	0,32 <sup>1)</sup>	*	0,29	0,29	0,21
	*	*	*	*	0,14	0,14	*	*	*	0,05
	*	*	*	*	0,07	0,07	*	*	*	0,03
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	0,83	0,83	*	0,29	0,29	0,40

Tabelle 8:

S e l m

	07.06.-10.06.			10.06.-13.06.			13.06.-16.06.			Mittelwert
	Filter	PU-Schaum	F+ PU	Filter	PU-Schaum	F+ PU	Filter	PU-Schaum	F+ PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,4,7,8 HxCDD	*	*	*	0,02	*	0,02	0,02	*	0,02	0,02
1,2,3,6,7,8 HxCDD	*	*	*	0,02	*	0,02	0,02	*	0,02	0,02
1,2,3,7,8,9 HxCDD	*	*	*	*	*	*	i.	*	i.	*
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ PeCDD	*	*	*	*	0,36	0,36	*	*	*	0,13
Σ HxCDD	*	*	*	0,16	*	0,16	0,21	*	0,21	0,13
Σ HpCDD	*	*	*	0,18	*	0,18	0,39	*	0,39	0,19
OCDD	*	*	*	0,14	*	0,14	0,32	*	0,32	0,16
PCDD	*	*	*	0,48	0,36	0,84	0,92	*	0,92	0,61
2,3,7,8 TCDF	*	0,04	0,04	*	0,07	0,07	*	*	*	0,04
1,2,3,7,8 PeCDF 1,2,3,4,8 "	*	0,02	0,02	0,02	0,09	0,11	*	*	*	0,05
2,3,4,7,8 PeCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	0,11 <sup>2)</sup>	*	0,11 <sup>2)</sup>	0,02 <sup>2)</sup>	0,07 <sup>2)</sup>	0,09 <sup>2)</sup>	0,04 <sup>2)</sup>	*	0,04 <sup>2)</sup>	0,08 <sup>2)</sup>
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,06	*	0,06	0,02	0,06	0,08	0,04	*	0,04	0,06
2,3,4,6,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ TCDF	*	1,03	1,03	*	1,24	1,24	*	*	*	0,76
Σ PeCDF	*	0,34 <sup>1)</sup>	0,34 <sup>1)</sup>	0,14 <sup>1)</sup>	1,03 <sup>1)</sup>	1,17 <sup>1)</sup>	*	*	*	0,51 <sup>1)</sup>
Σ HxCDF	0,74	*	0,74	0,18	0,50	0,68	0,28	*	0,28	0,57
Σ HpCDF	0,81	*	0,81	0,13	*	0,13	0,28	*	0,28	0,41
OCDF	0,27	*	0,27	0,04	*	0,04	0,07	*	0,07	0,13
PCDF	1,82	1,37	3,19	0,49	2,77	3,26	0,63	*	0,63	2,38

S t . A u g u s t i n

	25.08.-28.08.			29.08.-01.09.			02.09.-05.09.			Mittelwert
	Filter	PU-Schaum	F+ PU	Filter	PU-Schaum	F+ PU	Filter	PU-Schaum	F+ PU	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0,21	*	0,21	*	*	*	*	*	*	*	0,08
0,46	*	0,46	*	*	*	*	*	*	*	0,16
0,67	*	0,67	*	*	*	*	*	*	*	0,24
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	0,02	0,02	*	*	*	*	*	*	*	0,01
*	0,02	0,02	*	*	*	*	*	*	*	0,01
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	0,30	0,30	*	*	*	*	*	*	*	0,11
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0,14	*	0,14	0,20	*	0,20	0,30	*	0,30	*	0,21
*	*	*	0,09	*	0,09	0,13	*	0,13	*	0,08
0,14	0,30	0,44	0,29	*	0,29	0,43	*	0,43	*	0,40

Tabelle 8: Schwalmtal - Niederkrüchten  
(über Deponiegasbrunnen gemessen)

	09.09.-12.09.			12.09.-16.09. <sup>3)</sup>			Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU				
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	-	*					
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	-	*					
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,05	*	0,05	-	*					
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,08	*	0,08	-	*					
1,2,3,7,8,9 HxCDD	*	*	*	-	*					
Σ TCDD	*	*	*	-	*					
Σ PeCDD	*	*	*	-	0,16					
Σ HxCDD	0,50	*	0,50	-	*					
Σ HpCDD	1,11	*	1,11	-	*					
OCDD	2,25	*	2,25	-	*					
PCDD	3,86	*	3,86	-	0,16					
2,3,7,8 TCDF	*	*	*	-	0,02					
1,2,3,7,8 PeCDF										
1,2,3,4,8 "	0,05	*	0,05	-	0,02					
2,3,4,7,8 PeCDF	0,05	*	0,05	-	0,02					
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	0,12	*	0,12	-	0,01					
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,06	*	0,06	-	0,005					
2,3,4,6,7,8 HxCDF	0,09	*	0,09	-	0,005					
Σ TCDF	*	*	*	-	0,33					
Σ PeCDF	0,64	*	0,64	-	0,24					
Σ HxCDF	0,47	*	0,47	-	0,10					
Σ HpCDF	0,91	*	0,91	-	0,06					
OCDF	0,26	*	0,26	-	*					
PCDF	2,28	*	2,28	-	0,73					

3) nur PU-Schaum

Schwalmtal - Niederkrüchten  
(an Fackel gemessen)

	16.09.-19.09.			19.09.-22.09.			Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Mittelwert <sup>4)</sup>
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU				
*	*	*	*	*	*	*				*
*	0,03	0,03	*	0,02	0,02					0,03
0,02	*	0,02	0,02	0,02	0,04					0,03
0,03	*	0,03	0,05	0,02	0,07					0,05
0,02	*	0,02	*	*	*					0,01
*	*	*	*	*	*					*
*	0,25	0,25	*	1,22	1,22					0,74
0,34	*	0,34	0,72	0,47	1,19					0,77
1,25	*	1,25	1,87	*	1,87					1,56
2,62	*	2,62	1,42	*	1,42					2,02
4,21	0,25	4,46	4,01	1,69	5,70					5,09
*	0,03	0,03	*	0,04	0,04					0,04
0,005	0,04	0,05	0,03	0,12	0,15					0,10
0,01	0,03	0,04	0,02	0,07	0,09					0,07
0,03	0,05	0,08	0,08	0,15	0,23					0,16
0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,12					0,08
0,03	0,04	0,07	0,12	0,11	0,23					0,15
*	0,54	0,54	*	0,80	0,80					0,67
0,03	0,36	0,39	0,21	1,25	1,46					0,93
0,08	0,14	0,22	0,56	0,81	1,37					0,80
0,22	*	0,22	3,89	0,74	4,63					2,43
0,30	*	0,30	2,54	0,03	2,57					1,44
0,63	1,04	1,67	7,20	3,63	10,83					6,27

4) Mittelwert aus 2 Messungen

Tabelle 8: Schwalmtal - Niederkrüchten  
(über Sickerwasserbrunnen gemessen)

	23.09.-26.09.			26.09.-29.09.						Mittelwert <sup>4)</sup>
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*				*
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	*	*	*				*
1,2,3,4,7,8 HxCDD	*	*	*	*	*	*				*
1,2,3,6,7,8 HxCDD	*	*	*	0,10	*	0,10				0,05
1,2,3,7,8,9 HxCDD	*	*	*	0,13	*	0,13				0,07
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*				*
Σ PeCDD	*	*	*	*	*	*				*
Σ HxCDD	*	*	*	1,49	*	1,49				0,75
Σ HpCDD	1,19	*	1,19	1,09	*	1,09				1,14
OCDD	1,34	*	1,34	1,36	*	1,36				1,35
PCDD	2,53	*	2,53	3,94	*	3,94				3,24
2,3,7,8 TCDF	*	*	*	*	0,03	0,03				0,02
1,2,3,7,8 PeCDF	*	0,02	0,02	0,03	0,04	0,07				0,05
1,2,3,4,8 "	*	0,02	0,02	0,05	*	0,05				0,04
2,3,4,7,8 PeCDF	*	0,02	0,02	0,05	*	0,05				0,04
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	0,04	0,02	0,06	0,10	0,02	0,12				0,09
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,04	0,01	0,05	0,06	0,01	0,07				0,06
2,3,4,6,7,8 HxCDF	*	0,02	0,02	0,03	*	0,03				0,03
Σ TCDF	0,11	0,35	0,46	*	0,65	0,65				0,56
Σ PeCDF	*	0,10	0,10	0,36	0,47	0,83				0,47
Σ HxCDF	0,10	0,12	0,22	0,52	0,11	0,63				0,43
Σ HpCDF	0,55	*	0,55	1,43	*	1,43				0,99
OCDF	0,25	*	0,25	0,59	*	0,59				0,42
PCDF	1,01	0,57	1,58	2,90	1,23	4,13				2,87

Essen - Mitte

	12.07.-15.07.			15.07.-18.07.			19.07.-22.07.			Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	0,02	*	0,02	*	*	*	*	0,01
*	0,02	0,02	0,07	*	0,07	0,04	*	0,04	0,04	0,04
*	*	*	0,06	*	0,06	0,04	*	0,04	0,04	0,04
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	0,27	0,27	*	0,28	0,28	0,50	*	0,50	0,35	0,35
0,30	0,14	0,44	0,70	*	0,70	0,36	*	0,36	0,50	0,50
0,46	*	0,46	1,27	*	1,27	0,57	*	0,57	0,77	0,77
*	*	*	1,24	*	1,24	*	*	*	*	0,42
0,76	0,41	1,17	3,21	0,28	3,49	1,43	*	1,43	2,04	2,04
*	0,07	0,07	*	0,04	0,04	*	0,06	0,06	0,06	0,06
0,06	0,11	0,17	0,04	0,04	0,08	0,06	0,07	0,13	0,13	0,13
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,04 <sup>2)</sup>	0,06 <sup>2)</sup>	0,10 <sup>2)</sup>	0,07 <sup>2)</sup>	*	0,07 <sup>2)</sup>	0,09 <sup>2)</sup>	*	0,09 <sup>2)</sup>	0,09 <sup>2)</sup>	0,09 <sup>2)</sup>
0,04	0,04	0,08	0,07	*	0,07	0,07	*	0,07	0,07	0,07
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*	0,81	0,81	*	0,57	0,57	*	1,41	1,41	0,93	0,93
0,30 <sup>1)</sup>	0,92 <sup>1)</sup>	1,22 <sup>1)</sup>	0,30 <sup>1)</sup>	0,43 <sup>1)</sup>	0,73 <sup>1)</sup>	0,60 <sup>1)</sup>	0,85 <sup>1)</sup>	1,45 <sup>1)</sup>	1,13 <sup>1)</sup>	1,13 <sup>1)</sup>
0,36	0,36	0,72	0,64	0,06	0,70	0,64	*	0,64	0,69	0,69
0,36	0,11	0,47	0,96	*	0,96	0,67	*	0,67	0,70	0,70
*	*	*	0,11	*	0,11	0,14	*	0,14	0,09	0,09
1,02	2,20	3,22	2,01	1,06	3,07	2,05	2,26	4,31	3,54	3,54

Tabelle 8:

S o l i n g e n

	09.08.-12.08.			12.08.-15.08.			19.08.-22.08.			Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,4,7,8 HxCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,6,7,8 HxCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8,9 HxCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ HxCDD	*	*	*	0,13	*	0,13	*	*	*	0,05
Σ HpCDD	*	*	*	0,85	*	0,85	1,59	*	1,59	0,82
OCDD	*	*	*	0,57	*	0,57	1,27	*	1,27	0,62
PCDD	*	*	*	1,55	*	1,55	2,86	*	2,86	1,49
2,3,7,8 TCDF	*	0,07	0,07	*	0,02	0,02	*	0,04	0,04	0,04
1,2,3,7,8 PeCDF 1,2,3,4,8 "	*	0,13	0,13	0,02	0,04	0,06	*	0,06	0,06	0,08
2,3,4,7,8 PeCDF	-	-	-	0,02	0,02	0,04	*	0,04	0,04	0,04
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	*	0,13 <sup>2)</sup>	0,13 <sup>2)</sup>	0,04	0,04	0,08	0,06	0,04	0,10	0,10
1,2,3,6,7,8 HxCDF	*	0,07	0,07	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,08	0,06
2,3,4,6,7,8 HxCDF	-	-	-	0,07	0,02	0,09	0,07	0,04	0,11	0,10
Σ TCDF	*	1,50	1,50	*	i	i	*	0,71	0,71	1,11 <sup>4)</sup>
Σ PeCDF	*	1,17 <sup>1)</sup>	1,17 <sup>1)</sup>	0,16	0,57	0,73	*	1,03	1,03	0,98
Σ HxCDF	*	0,78	0,78	0,25	0,16	0,41	0,28	0,36	0,64	0,61
Σ HpCDF	1,27	0,39	1,66	0,89	*	0,89	1,24	*	1,24	1,26
OCDF	0,39	0,13	0,52	0,43	*	0,43	0,57	*	0,57	0,51
PCDF	1,66	3,97	5,63	1,73	0,73	2,46	2,09	2,10	4,19	4,47

E s s e n - R a t e r n b e r g

	08.08.-09.08.+ 16.08.-18.08.			22.08.-25.08.			25.08.-28.08.			Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0,02	*	0,02	0,04	*	0,04	0,02	*	0,02	0,03	
*	*	*	0,11	*	0,11	0,04	*	0,04	0,05	
0,06	*	0,06	*	*	*	i	*	i	0,03 <sup>4)</sup>	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
i	*	i	*	*	*	*	*	*	*	*
0,81	*	0,81	0,85	*	0,85	0,46	*	0,46	0,71	
1,03	*	1,03	1,59	*	1,59	0,67	*	0,67	1,10	
0,67	*	0,67	1,94	*	1,94	0,43	*	0,43	1,01	
2,51	*	2,51	4,38	*	4,38	1,56	*	1,56	2,82	
*	0,13	0,13	*	0,06	0,06	*	0,14	0,14	0,11	
0,13	0,09	0,22	0,06	0,06	0,12	0,04	0,09	0,13	0,16	
0,09	0,06	0,15	0,06	0,04	0,10	0,06	0,06	0,12	0,12	
0,11	*	0,11	0,09	*	0,09	0,06	0,04	0,10	0,10	
0,07	*	0,07	0,06	*	0,06	0,04	0,02	0,06	0,06	
0,09	*	0,09	0,07	*	0,07	0,04	0,04	0,08	0,08	
*	2,44	2,44	*	1,03	1,03	*	2,05	2,05	1,84	
1,20	1,27	2,47	0,64	0,60	1,24	0,50	1,17	1,67	1,79	
0,74	*	0,74	0,60	*	0,60	0,36	0,23	0,59	0,64	
0,99	*	0,99	1,17	*	1,17	0,57	0,71	1,28	1,15	
0,27	*	0,27	0,36	*	0,36	0,14	*	0,14	0,26	
3,20	3,71	6,91	2,77	1,63	4,40	1,57	4,16	5,73	5,68	

Tabelle 8:

Leverkusen

	01.07.-05.07.			05.07.-08.07.			08.07.-11.07.			Mittelwert
	Filter	PU-Schaum	F+PU	Filter	PU-Schaum	F+PU	Filter	PU-Schaum	F+PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,02	*	0,02	*	*	*	0,06	*	0,06	0,03
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,04	*	0,04	*	0,02	0,02	0,09	*	0,09	0,05
1,2,3,7,8,9 HxCDD	0,02	*	0,02	*	*	*	0,07	*	0,07	0,03
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ PeCDD	*	0,60	0,60	*	0,46	0,46	0,46	0,43	0,89	0,65
Σ HxCDD	0,21	*	0,21	*	0,32	0,32	0,99	0,06	1,05	0,53
Σ HpCDD	0,92	*	0,92	0,77	*	0,77	1,27	*	1,27	0,99
OCDD	0,67	*	0,67	*	*	*	1,06	*	1,06	0,58
PCDD	1,80	0,60	2,40	0,77	0,78	1,55	3,78	0,49	4,27	2,75
2,3,7,8 TCDF	*	0,06	0,06	*	0,06	0,06	*	0,04	0,04	0,05
1,2,3,7,8 PeCDF	*	0,09	0,09	*	0,07	0,07	0,07	0,06	0,13	0,10
1,2,3,4,8 "	*	0,09	0,09	*	0,07	0,07	0,07	0,06	0,13	0,10
2,3,4,7,8 PeCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	0,02 <sup>2)</sup>	0,04 <sup>2)</sup>	0,06 <sup>2)</sup>	0,07 <sup>2)</sup>	0,04 <sup>2)</sup>	0,11 <sup>2)</sup>	0,11 <sup>2)</sup>	0,02 <sup>2)</sup>	0,13 <sup>2)</sup>	0,10 <sup>2)</sup>
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,02	0,04	0,06	0,04	0,04	0,08	0,11	*	0,11	0,08
2,3,4,6,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ TCDF	*	0,99	0,99	*	1,10	1,10	*	0,78	0,78	0,96
Σ PeCDF	*	0,92 <sup>1)</sup>	0,92 <sup>1)</sup>	*	0,85 <sup>1)</sup>	0,85 <sup>1)</sup>	0,46 <sup>1)</sup>	0,74 <sup>1)</sup>	1,20 <sup>1)</sup>	0,99 <sup>1)</sup>
Σ HxCDF	0,11	0,39	0,50	0,50	0,32	0,82	0,81	0,13	0,94	0,75
Σ HpCDF	0,20	*	0,20	0,74	0,27	1,01	1,10	0,04	1,14	0,78
OCDF	*	*	*	0,39	0,07	0,46	0,71	*	0,71	0,39
PCDF	0,31	2,30	2,61	1,63	2,60	4,24	3,08	1,69	4,77	3,87

Boitrop

	21.06.-24.06.			24.06.-27.06.			28.06.-01.07.			Mittelwert
	Filter	PU-Schaum	F+PU	Filter	PU-Schaum	F+PU	Filter	PU-Schaum	F+PU	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	0,02	*	0,02	*	*	*	*	0,01
0,04	*	0,04	0,04	*	0,04	0,04	*	0,04	*	0,04
0,06	*	0,06	0,09	*	0,09	0,07	*	0,07	*	0,07
0,06	*	0,06	0,06	*	0,06	0,07	*	0,07	*	0,06
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	0,85	0,28	1,13	*	0,78	0,78	*	0,64
0,71	*	0,71	0,99	*	0,99	0,53	0,14	0,67	*	0,79
0,89	*	0,89	1,41	*	1,41	1,41	*	1,41	*	1,24
*	*	*	1,34	*	1,34	0,74	*	0,74	*	0,70
1,60	*	1,60	4,59	0,28	4,87	2,68	0,92	3,60	*	3,37
*	*	*	0,06	0,07	0,13	*	0,07	0,07	*	0,07
0,04	*	0,04	0,16	0,09	0,25	0,07	0,14	0,21	*	0,17
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,09 <sup>2)</sup>	*	0,09 <sup>2)</sup>	0,18 <sup>2)</sup>	*	0,18 <sup>2)</sup>	0,09 <sup>2)</sup>	0,04 <sup>2)</sup>	0,13 <sup>2)</sup>	*	0,13 <sup>2)</sup>
0,07	*	0,07	0,16	*	0,16	0,09	0,04	0,13	*	0,12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*	*	*	0,60	1,20	1,80	*	1,45	1,45	*	1,09
0,46 <sup>1)</sup>	*	0,46 <sup>1)</sup>	1,31 <sup>1)</sup>	0,92 <sup>1)</sup>	2,23 <sup>1)</sup>	0,50 <sup>1)</sup>	1,52 <sup>1)</sup>	2,02 <sup>1)</sup>	*	1,57 <sup>1)</sup>
0,57	*	0,57	1,38	*	1,38	0,60	0,36	0,96	*	0,97
0,78	*	0,78	1,77	*	1,77	1,03	*	1,03	*	1,19
0,25	*	0,25	0,60	*	0,60	0,32	*	0,32	*	0,39
2,06	*	2,06	5,66	2,12	7,78	2,45	3,33	5,78	*	5,21

Tabelle 8:

Dortmund - Derne

	25.07.-29.07.			29.07.-01.08.			05.08.-08.08.			Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,02	*	0,02	0,04	*	0,04	0,04	*	0,04	0,03
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,04	*	0,04	0,04	*	0,04	0,06	*	0,06	0,05
1,2,3,7,8,9 HxCDD	0,04	*	0,04	0,02	*	0,02	i	*	i	0,03 <sup>4)</sup>
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ PeCDD	0,13	*	0,13	0,23	0,43	0,66	0,43	0,16	0,59	0,46
Σ HxCDD	0,20	*	0,20	0,43	*	0,43	0,34	*	0,34	0,32
Σ HpCDD	0,32	*	0,32	0,81	*	0,81	0,53	*	0,53	0,55
OCDD	*	*	*	*	*	*	0,39	*	0,39	0,14
PCDD	0,65	*	0,65	1,47	0,43	1,90	1,69	0,16	1,85	1,47
2,3,7,8 TCDF	0,02	0,07	0,09	0,04	0,06	0,10	0,02	0,04	0,06	0,08
1,2,3,7,8 PeCDF 1,2,3,4,8 "	0,06	0,09	0,15	0,09	0,11	0,20	0,07	0,06	0,13	0,16
2,3,4,7,8 PeCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	0,06 <sup>2)</sup>	*	0,06 <sup>2)</sup>	0,09 <sup>2)</sup>	0,04 <sup>2)</sup>	0,13 <sup>2)</sup>	0,11 <sup>2)</sup>	*	0,11 <sup>2)</sup>	0,10 <sup>2)</sup>
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,04	*	0,04	0,07	0,04	0,11	0,09	*	0,09	0,08
2,3,4,6,7,8 HxCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ TCDF	0,11	1,49	1,60	0,27	1,20	1,47	0,21	0,64	0,85	1,31
Σ PeCDF	0,36 <sup>1)</sup>	1,13 <sup>1)</sup>	1,49 <sup>1)</sup>	0,78 <sup>1)</sup>	0,89 <sup>1)</sup>	1,67 <sup>1)</sup>	0,60 <sup>1)</sup>	0,57 <sup>1)</sup>	1,17 <sup>1)</sup>	1,44 <sup>1)</sup>
Σ HxCDF	0,36	*	0,36	0,71	0,34	1,05	1,03	0,06	1,09	0,83
Σ HpCDF	0,39	*	0,39	0,74	0,21	0,95	1,20	*	1,20	0,85
OCDF	*	*	*	0,09	*	0,09	0,34	*	0,34	0,15
PCDF	1,22	2,62	3,84	2,59	2,64	5,23	3,38	1,27	4,65	4,58

Oberhausen - Osterfeld

	16.08.-19.08.			19.08.-22.08.			29.08.-01.09.			Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	i		*	0,06	0,06	*	*	*	0,03 <sup>4)</sup>
	*	i		i	0,06	0,06	0,02	*	0,02	0,04 <sup>4)</sup>
	0,06	i		i	0,06	0,06	0,02	*	0,02	≥ 0,05 <sup>4)</sup>
	0,06	i		i	*	i	*	*	*	≥ 0,03 <sup>4)</sup>
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	*	i	i	*	1,17	1,17	*	1,41	1,41	1,29 <sup>4)</sup>
	0,74	i		i	i	i	0,18	*	0,18	≥ 0,46 <sup>4)</sup>
	0,57	*	0,57	0,43	*	0,43	0,39	*	0,39	0,46
	0,50	*	0,50	*	*	*	0,53	*	0,53	0,27
	1,81			0,43	1,17	1,60	1,10	1,41	2,51	≈ 2,48
	*	i	i	*	0,13	0,13	*	0,18	0,18	0,16 <sup>4)</sup>
	0,02	i		0,02	0,13	0,15	0,02	0,16	0,18	0,17 <sup>4)</sup>
	0,02	i		0,02	0,11	0,13	0,04	0,09	0,13	0,13 <sup>4)</sup>
	0,06	i		0,06	0,14	0,20	0,04	0,06	0,10	0,15 <sup>4)</sup>
	0,04	i		0,02	0,06	0,08	0,02	0,04	0,06	0,07 <sup>4)</sup>
	0,06	i		0,06	0,07	0,13	0,07	0,04	0,11	0,12 <sup>4)</sup>
	*	i	i	*	2,79	2,79	*	4,42	4,42	3,61 <sup>4)</sup>
	0,36	i		0,39	1,56	1,95	0,18	2,40	2,58	2,27 <sup>4)</sup>
	0,30	i		0,36	0,39	0,75	0,25	0,43	0,68	0,72 <sup>4)</sup>
	0,43	*	0,43	0,78	0,09	0,87	0,50	*	0,50	0,60
	0,16	*	0,16	0,39	0,20	0,59	0,39	*	0,39	0,38
	1,25			1,92	5,03	6,95	1,32	7,25	8,57	7,58

Tabelle 8:

Duisburg - Walsum

	02.09.-05.09.			05.09.-08.09.			09.09.-12.09.			Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,4,7,8 HxCDD	*	*	*	*	*	*	0,05	*	0,05	0,02
1,2,3,6,7,8 HxCDD	*	*	*	*	*	*	0,14	*	0,14	0,05
1,2,3,7,8,9 HxCDD	*	*	*	*	*	*	0,13	*	0,13	0,05
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ PeCDD	*	*	*	*	*	*	0,61	0,13	0,74	0,25
Σ HxCDD	0,18	*	0,18	0,08	*	0,08	2,16	*	2,16	0,81
Σ HpCDD	0,85	*	0,85	0,31	*	0,31	3,05	*	3,05	1,40
OCDD	0,89	*	0,89	0,17	*	0,17	3,03	*	3,03	1,36
PCDD	1,92	*	1,92	0,56	*	0,56	8,85	0,13	8,98	3,82
2,3,7,8 TCDF	*	0,13	0,13	*	0,08	0,08	*	0,05	0,05	0,09
1,2,3,7,8 PeCDF 1,2,3,4,8 *	*	0,13	0,13	0,005	0,05	0,06	0,12	0,02	0,14	0,11
2,3,4,7,8 PeCDF	*	0,09	0,09	0,005	0,05	0,06	0,16	0,02	0,18	0,11
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	0,09	0,06	0,15	0,01	0,03	0,04	0,21	*	0,21	0,13
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,06	0,02	0,08	0,005	0,02	0,03	0,16	*	0,16	0,09
2,3,4,6,7,8 HxCDF	0,11	0,02	0,13	0,02	0,01	0,03	0,34	*	0,34	0,17
Σ TCDF	*	2,16	2,16	*	0,92	0,92	*	0,48	0,48	1,19
Σ PeCDF	*	1,63	1,63	0,04	0,68	0,72	1,27	0,31	1,58	1,31
Σ HxCDF	0,43	0,23	0,66	0,06	0,15	0,21	1,59	*	1,59	0,82
Σ HpCDF	1,13	*	1,13	0,18	*	0,18	2,62	*	2,62	1,31
OCDF	0,50	*	0,50	0,06	*	0,06	0,88	*	0,88	0,48
PCDF	2,06	4,02	6,08	0,34	1,75	2,09	6,36	0,78	7,15	5,11

Bochum - Gerthe

	27.09.-30.09.			30.09.-03.10.			03.10.-06.10.			Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0,04	*	0,04	0,01	*	0,01	*	*	*	*	0,03
0,28	*	0,28	0,02	*	0,02	*	*	*	*	0,10
0,08	*	0,08	*	*	*	*	*	*	*	0,03
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	0,12	0,12	*	*	*	*	*	*	*	0,05
1,63	*	1,63	0,13	*	0,13	*	*	*	*	0,59
4,63	*	4,63	0,39	*	0,39	0,58	*	0,58	*	1,87
3,71	*	3,71	0,41	*	0,41	0,62	*	0,62	*	1,58
9,97	0,12	10,09	0,93	*	0,93	1,20	*	1,20	*	4,09
*	0,04	0,04	*	0,03	0,03	*	0,11	0,11	*	0,06
0,07	0,05	0,12	0,01	0,03	0,04	*	0,09	0,09	*	0,08
0,08	0,02	0,10	0,02	0,02	0,04	*	0,05	0,05	*	0,06
0,17	0,01	0,18	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04	0,06	*	0,09
0,11	0,005	0,12	0,02	0,005	0,03	0,02	0,02	0,04	*	0,06
0,08	0,005	0,09	0,03	0,09	0,12	0,04	0,01	0,05	*	0,09
*	0,88	0,88	*	0,59	0,59	*	1,90	1,90	*	1,12
0,55	0,41	0,96	0,10	0,34	0,44	*	1,21	1,21	*	0,87
0,84	0,06	0,90	0,17	0,15	0,32	i	0,29	0,29	*	0,61 <sup>4)</sup>
1,97	*	1,97	0,33	*	0,33	0,48	*	0,48	*	0,93
0,53	*	0,53	0,15	*	0,15	0,23	*	0,23	*	0,30
3,89	1,35	5,24	0,75	1,08	1,83	0,71	3,40	4,11	*	3,83

Tabelle 8:

## Köln - Vogelsang

	04.10.-07.10.			07.10.-10.10.			10.10.-13.10.			Mittelwert
	Filter	PU-Schaum	F+ PU	Filter	PU-Schaum	F+ PU	Filter	PU-Schaum	F+ PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,4,7,8 HxCDD	*	*	*	*	*	*	0,02	*	0,02	0,01
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,08	*	0,08	*	*	*	0,10	*	0,10	0,06
1,2,3,7,8,9 HxCDD	*	*	*	*	*	*	i	*	i	*
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ PeCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ HxCDD	0,57	*	0,57	0,15	*	0,15	0,64	*	0,64	0,45
Σ HpCDD	1,48	*	1,48	*	*	*	1,96	*	1,96	1,15
OCDD	0,81	*	0,81	*	*	*	1,76	*	1,76	0,86
PCDD	2,86	*	2,86	0,15	*	0,15	4,36	*	4,36	2,46
2,3,7,8 TCDF	*	0,01	0,01	*	*	*	*	0,01	0,01	0,01
1,2,3,7,8 PeCDF	0,02	0,08	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,10	0,10
1,2,3,4,8 "	0,03	0,05	0,08	0,03	0,05	0,08	0,05	0,02	0,07	0,08
2,3,4,7,8 PeCDF	0,03	0,05	0,08	0,03	0,05	0,08	0,05	0,02	0,07	0,08
1,2,3,4,7,8 HxCDF	0,05	0,07	0,12	0,04	*	0,04	0,07	*	0,07	0,08
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,03	0,03	0,06	0,02	*	0,02	0,04	*	0,04	0,04
2,3,4,6,7,8 HxCDF	0,05	0,04	0,09	0,03	*	0,03	0,15	*	0,15	0,09
Σ TCDF	*	0,21	0,21	*	*	*	*	0,24	0,24	0,15
Σ PeCDF	0,25	0,76	1,01	0,65	0,54	1,19	0,66	0,44	1,10	1,07
Σ HxCDF	0,22	0,23	0,45	0,15	*	0,15	0,58	*	0,58	0,39
Σ HpCDF	0,78	*	0,78	0,16	*	0,16	1,06	*	1,06	0,67
OCDF	0,23	*	0,23	*	*	*	0,59	*	0,59	0,27
PCDF	1,48	1,20	2,68	0,96	0,54	1,50	2,89	0,66	3,57	2,55

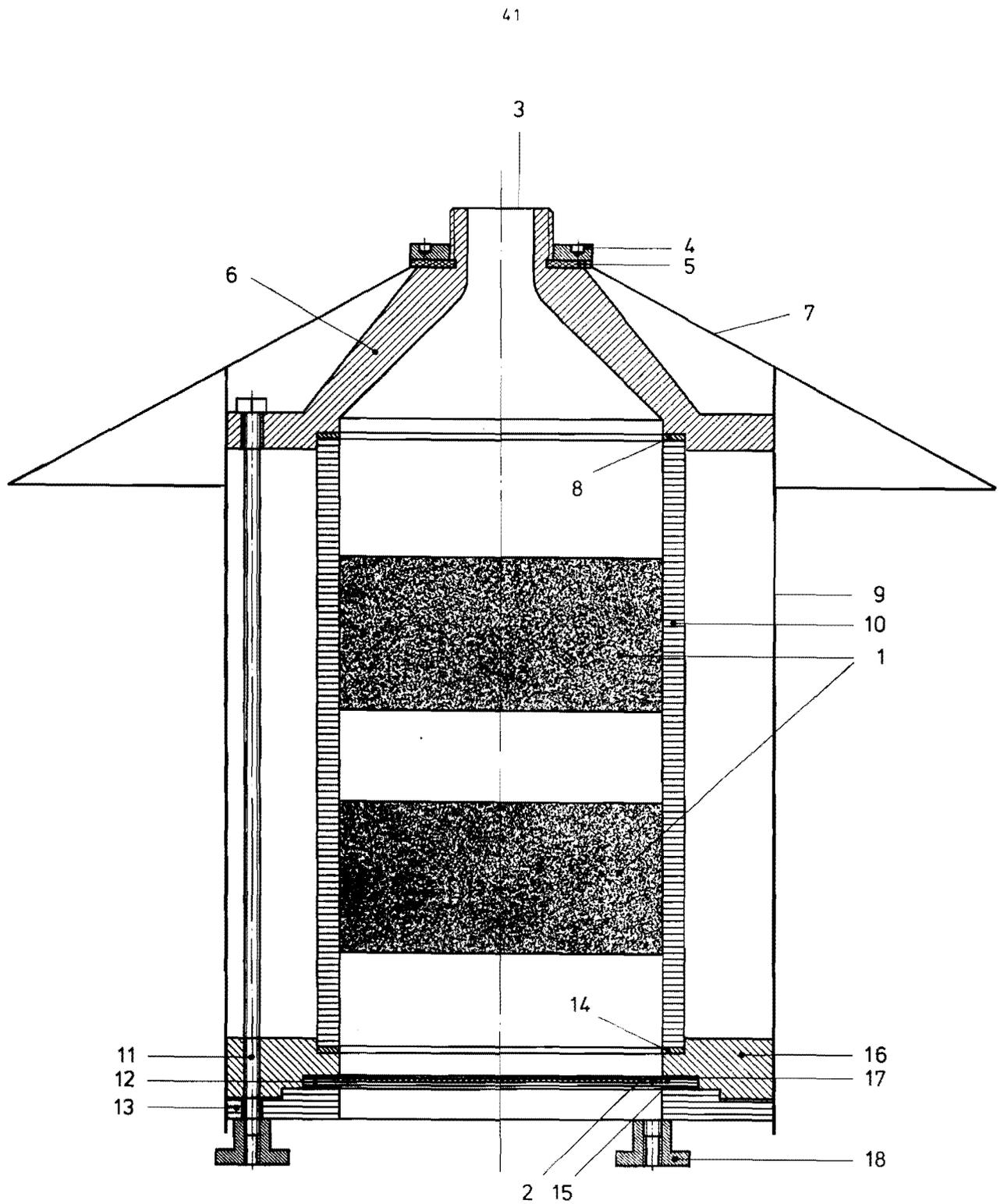
## Essen - Altendorf

	07.10.-10.10.			10.10.-13.10.			Filter	PU-Schaum	F+ PU	Mittelwert <sup>4)</sup>
	Filter	PU-Schaum	F+ PU	Filter	PU-Schaum	F+ PU				
*	*	*	*	*	*	*				*
0,06	*	0,06	0,05	*	0,05					0,06
0,08	*	0,08	0,03	*	0,03					0,06
0,13	*	0,13	0,10	*	0,10					0,12
0,06	*	0,06	0,03	*	0,03					0,05
*	*	*	*	*	*					*
1,66	*	1,66	0,88	*	0,88					1,27
1,32	*	1,32	0,84	*	0,84					1,08
2,31	*	2,31	1,79	*	1,79					2,05
2,08	*	2,08	1,79	*	1,79					1,94
7,37	*	7,37	5,30	*	5,30					6,34
0,09	0,08	0,17	0,07	0,13	0,20					0,19
0,20	0,15	0,35	0,07	0,11	0,18					0,27
0,24	0,07	0,31	0,09	0,06	0,15					0,23
0,45	0,03	0,48	0,10	0,03	0,13					0,31
0,23	0,02	0,25	0,05	0,02	0,07					0,16
0,49	0,01	0,50	0,10	*	0,10					0,30
1,53	2,64	4,17	0,70	2,49	3,19					3,68
1,96	1,57	3,53	0,94	1,27	2,21					2,87
2,04	0,20	2,24	0,47	0,16	0,63					1,44
2,66	*	2,66	0,76	*	0,76					1,71
1,23	*	1,23	0,42	*	0,42					0,83
9,42	4,41	13,83	3,29	3,92	7,21					10,53

Tabelle 8: Duisburg - Meiderich

	11.02.86-14.02.86			05.03.86-08.03.86			17.03.86-20.03.86			20.03.86-23.03.86			24.03.86-27.03.86			27.03.86-30.03.86			Mittelwert
	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	Fil-ter	PU-Schaum	F+PU	
2,3,7,8 TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,2,3,7,8 PeCDD	0,13	*	0,13	0,005	*	0,005	<0,05	*	<0,05	0,09	*	0,09	i	i	i	*	0,03	0,03	0,07 <sup>6)</sup>
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,07	*	0,07	*	*	*	0,03	*	0,03	0,02	*	0,02	0,01	0,02	0,03	0,005	0,01	0,02	0,03
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,11	*	0,11	0,005	*	0,005	0,11	*	0,11	0,07	*	0,07	0,06	0,04	0,10	0,04	0,04	0,08	0,09
1,2,3,7,8,9 HxCDD	*	*	*	*	*	*	0,04	*	0,04	0,02	*	0,02	0,02	0,01	0,03	*	0,005	0,005	0,03
Σ TCDD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Σ PeCDD	1,44	*	1,44	0,06	*	0,06	0,42	*	0,42	0,64	*	0,64	0,37	0,17	0,54	*	0,54	0,54	0,61
Σ HxCDD	0,83	*	0,83	0,04	*	0,04	0,73	*	0,73	0,33	*	0,33	0,36	0,25	0,61	0,20	0,17	0,37	0,49
Σ HpCDD	1,45	*	1,45	1,46	*	1,46	0,21	*	0,21	0,83	*	0,83	0,66	0,43	1,09	0,36	0,18	0,54	0,93
OCDD	1,59	*	1,59	2,25	*	2,25	4,53	*	4,53	1,16	*	1,16	0,91	0,37	1,28	0,48	*	0,48	1,88
PCDD	5,31	*	5,31	3,81	*	3,81	5,89	*	5,89	2,96	*	2,96	2,30	1,22	3,52	1,04	0,89	1,93	3,90
2,3,7,8 TCDF	0,17	0,02	0,19	0,01	0,06	0,07	0,06	0,14 <sup>5)</sup>	0,20 <sup>5)</sup>	*	0,06	0,06	0,12	0,06	0,18	0,02	0,07	0,09	0,12 <sup>6)</sup>
1,2,3,7,8 PeCDF	0,16	*	0,16	0,05	0,02	0,07	0,09	0,03	0,12	0,06	0,03	0,09	0,07	0,04	0,11	0,03	0,08	0,11	0,11
1,2,3,4,8 "	0,12	*	0,12	0,01	0,005	0,02	0,17	0,01	0,18	0,08	0,01	0,09	0,08	0,04	0,12	0,04	0,005	0,05	0,10
2,3,4,7,8 PeCDF	0,27	*	0,27	0,01	0,005	0,02	0,12	0,005	0,13	0,09	*	0,09	0,10	0,06	0,16	0,04	0,06	0,10	0,13
1,2,3,4,7,8 HxCDF <sup>7)</sup>	0,15	*	0,15	0,005	0,005	0,01	0,09	0,005	0,10	0,06	*	0,06	0,06	0,04	0,10	0,03	0,04	0,07	0,08
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,18	*	0,18	0,005	0,01	0,02	0,32	*	0,32	0,08	*	0,08	0,11	0,07	0,18	0,04	0,05	0,09	0,15
2,3,4,6,7,8 HxCDF	2,88	0,74	3,62	0,12	1,61	1,73	1,24	1,15	2,39	*	0,92	0,92	0,67	1,29	1,96	0,19	1,26	1,45	2,01
Σ TCDF	1,65	*	1,65	0,10	0,33	0,43	1,50	0,30	1,80	0,54	0,22	0,76	0,73	0,38	1,11	> 0,28	4,85	>5,13	1,81
Σ PeCDF	0,94	*	0,94	0,06	0,08	0,14	1,36	0,04	1,40	0,58	*	0,58	0,59	0,31	0,90	0,25	0,34	0,59	0,76
Σ HxCDF	0,98	*	0,98	1,42	*	1,42	2,43	*	2,43	0,76	*	0,76	0,87	0,51	1,38	0,42	0,31	0,73	1,28
Σ HpCDF	0,86	*	0,86	1,98	*	1,98	6,13	*	6,13	0,78	*	0,78	0,90	0,25	1,15	0,39	0,06	0,45	1,89
OCDF	7,31	0,74	8,05	3,68	2,02	5,70	12,66	1,49	14,15	2,66	1,14	3,80	3,76	2,74	6,50	> 1,53	6,82	>8,35	7,76
PCDF																			

5) 2,3,7,8/2,3,4,8 - TCDF  
 6) Mittelwert aus 5 Einzelwerten



- 1. PU - Schaum
- 2. Glasfaserfilter
- 3. Ansaugluft
- 4. Verschraubung
- 5. Dichtung
- 6. Ansaugkopf
- 7. Regenschutz
- 8. Dichtring ( Mipolon )
- 9. Lichtschutz

- 10. Glaszylinder
- 11. Verschraubung
- 12. Filterhalter (Sieb)
- 13. Al - Flansch
- 14. Dichtring (Mipolon)
- 15. Dichtring (Teflon)
- 16. Al - Flansch
- 17. Dichtring (Teflon)
- 18. Verschraubung

Abb. 6: Probenahmesystem

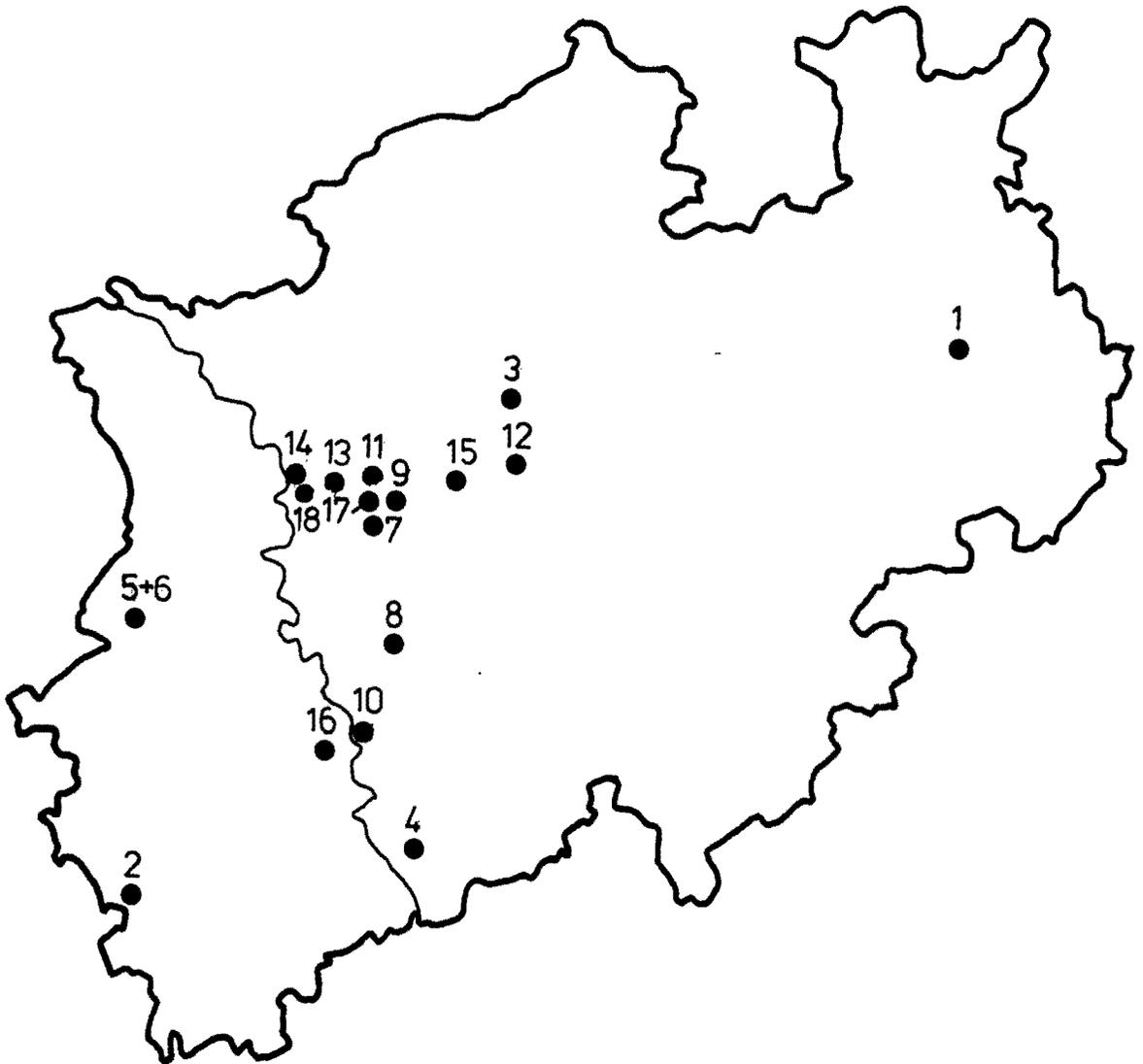


Abb. 7: Meßstellen in NRW

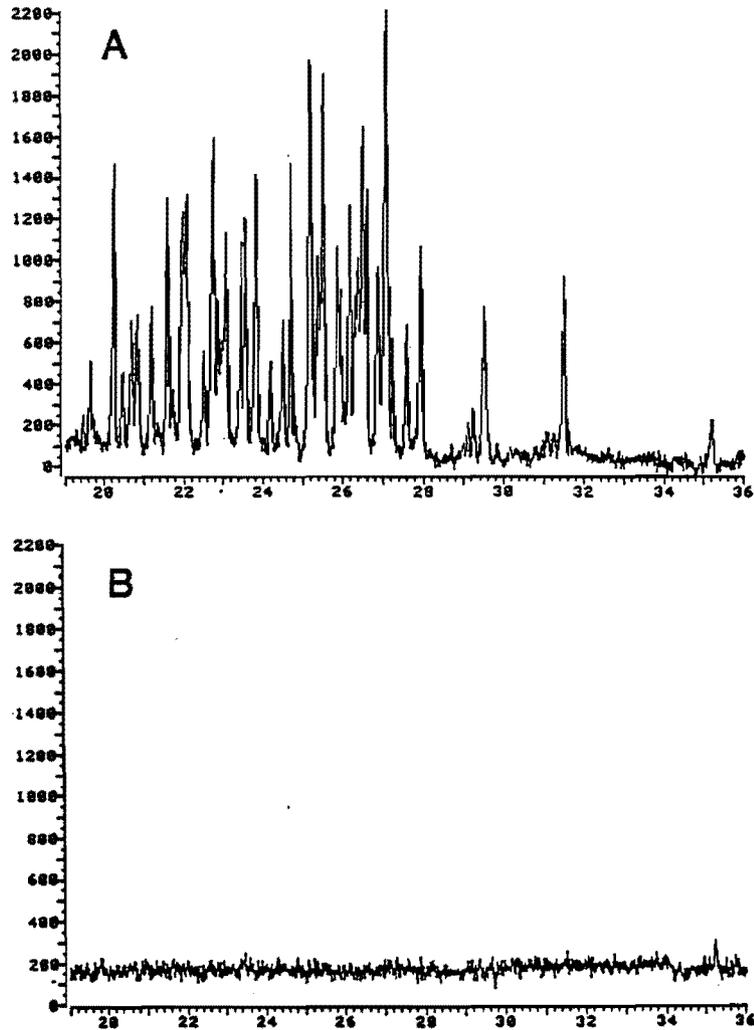


Abb. 8: Absorptionseffektivität des Polyurethanschaumes für PCDD/PCDF; A : 1. PU-Schaum; B : 2. PU-Schaum, Meßvolumen 1014 m<sup>3</sup>

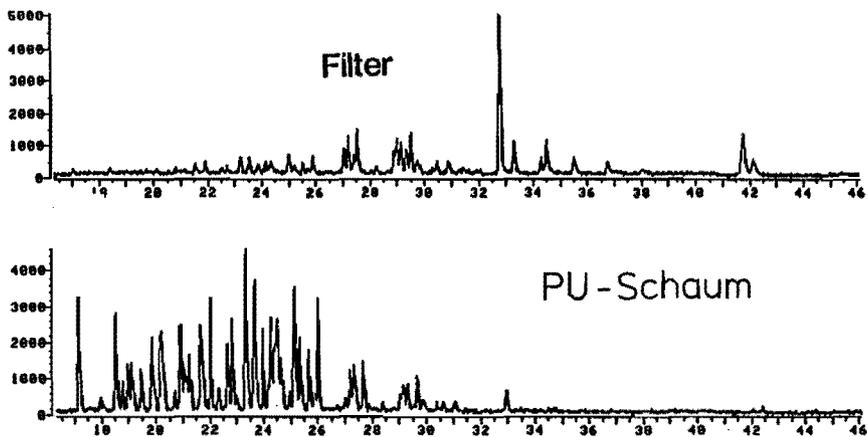


Abb. 9: Verteilung der PCDD/PCDF zwischen Glasfaserfilter (Partikelphase) und Polyurethanschaum (Gasphase)

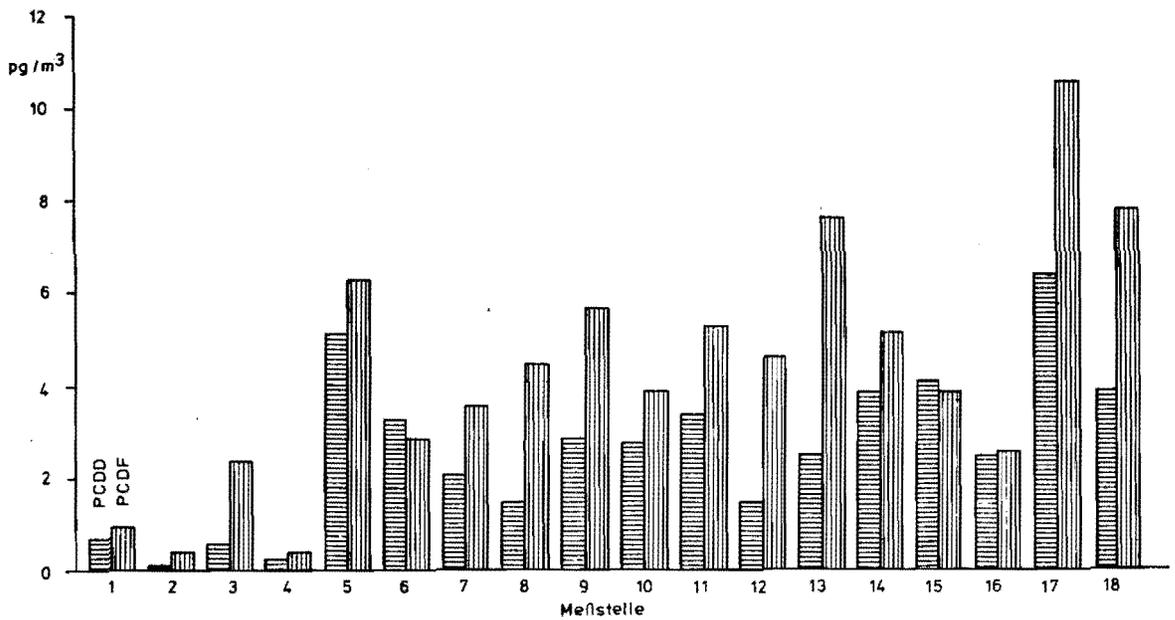


Abb. 10: Vergleich der Summe PCDD mit der Summe PCDF an den einzelnen Meßstellen

Meßstellen: 1 = Egge; 2 = Eifel; 3 = Selm; 4 = St. Augustin; 5 = Schwalmtal (Fackel);  
 6 = Schwalmtal (Sickerwasserbrunnen); 7 = Essen-Mitte; 8 = Solingen;  
 9 = Essen-Katernberg; 10 = Leverkusen; 11 = Bottrop; 12 = Dortmund-Derne;  
 13 = Oberhausen-Osterfeld; 14 = Duisburg-Walsum; 15 = Bochum-Gerthe;  
 16 = Köln-Vogelsang; 17 = Essen-Altendorf; 18 = Duisburg-Meiderich

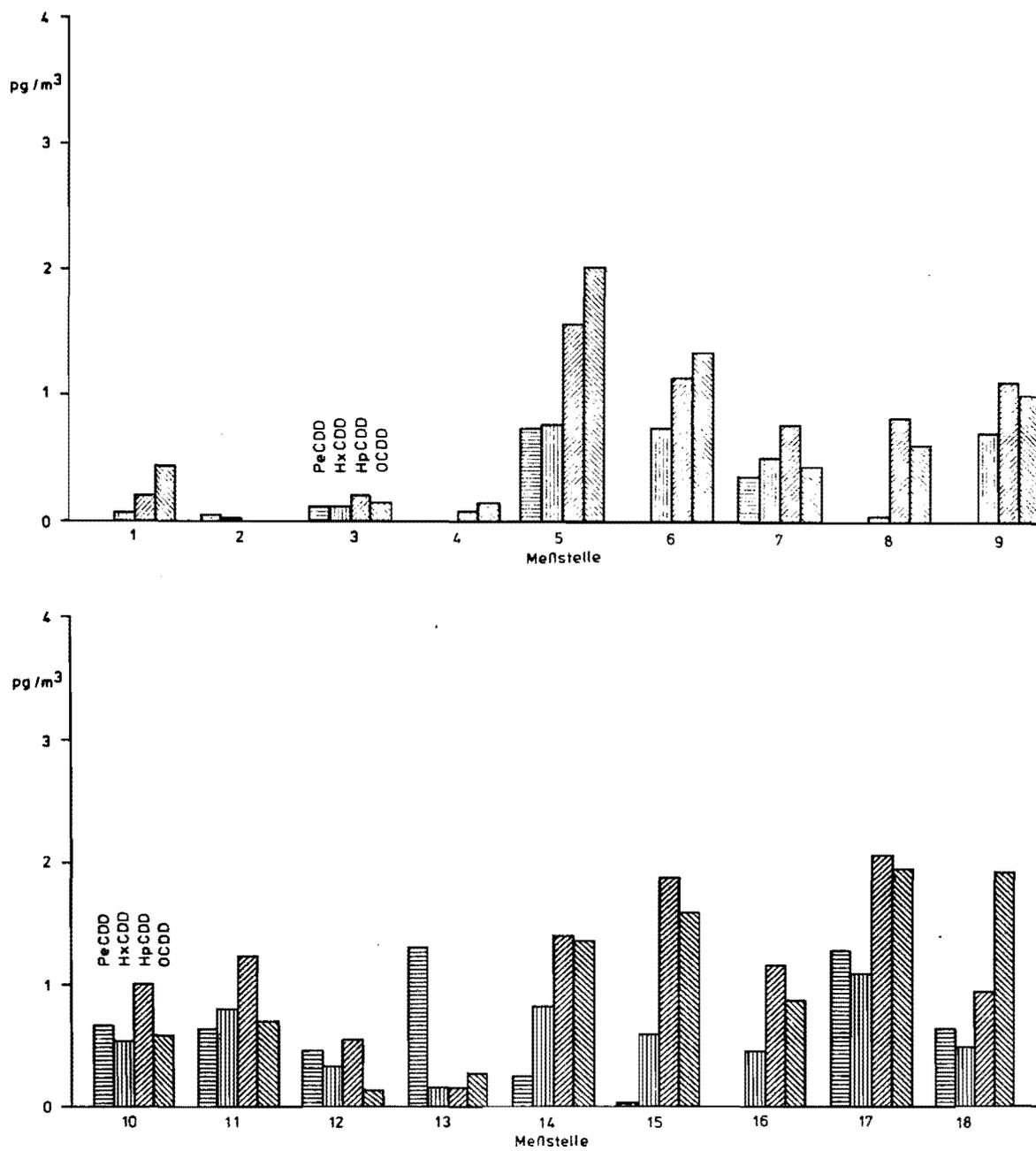


Abb. 11: Vergleich der Konzentrationen für die unterschiedlichen Chlorierungsgrade (5-8) für PCDD an den einzelnen Meßstellen. Numerierung der Meßstellen siehe Abb. 10

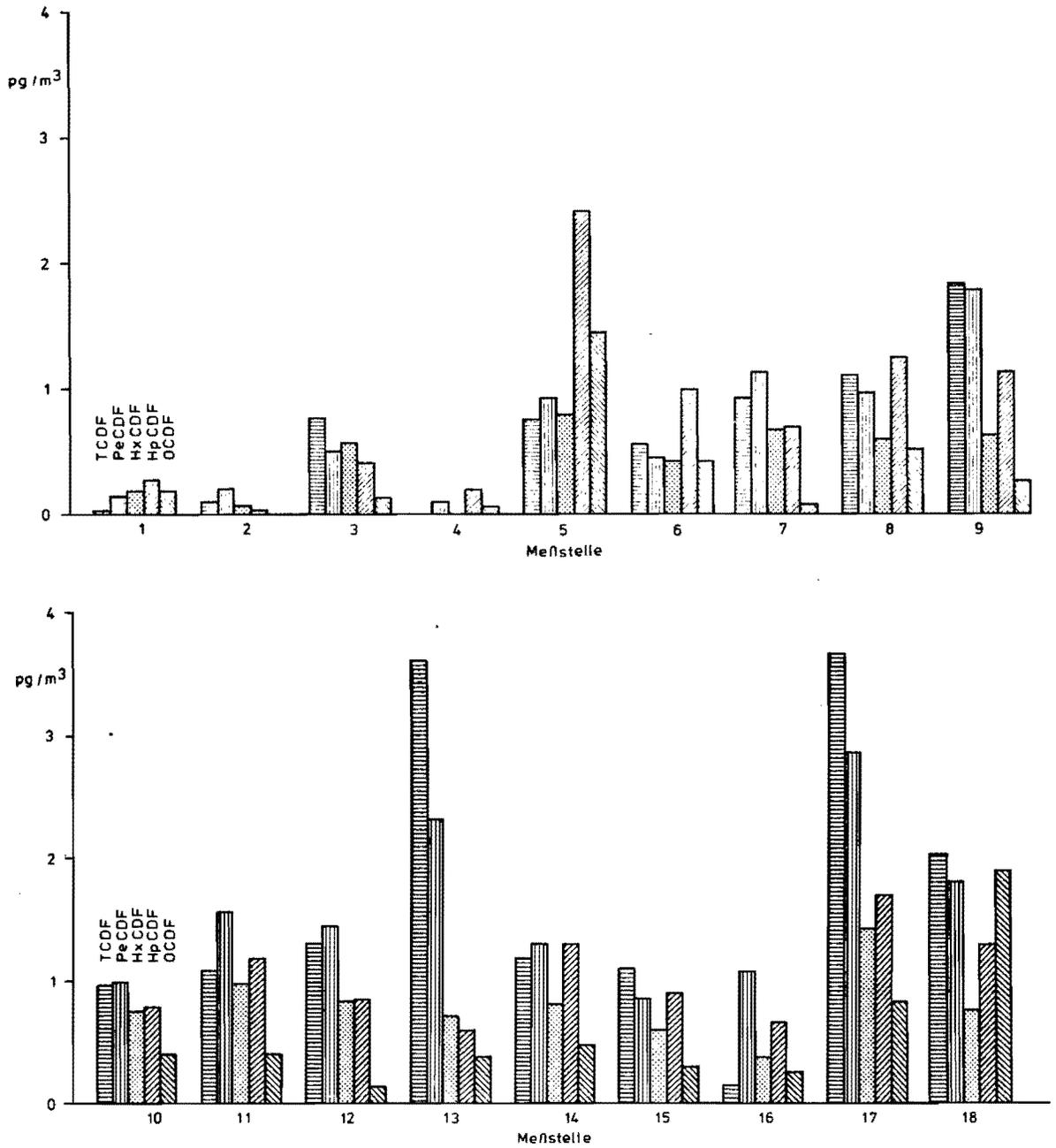


Abb. 12: Vergleich der Konzentrationen für die unterschiedlichen Chlorierungsgrade (4-8) für PCDF an den einzelnen Meßstellen. Numerierung der Meßstellen siehe Abb. 10

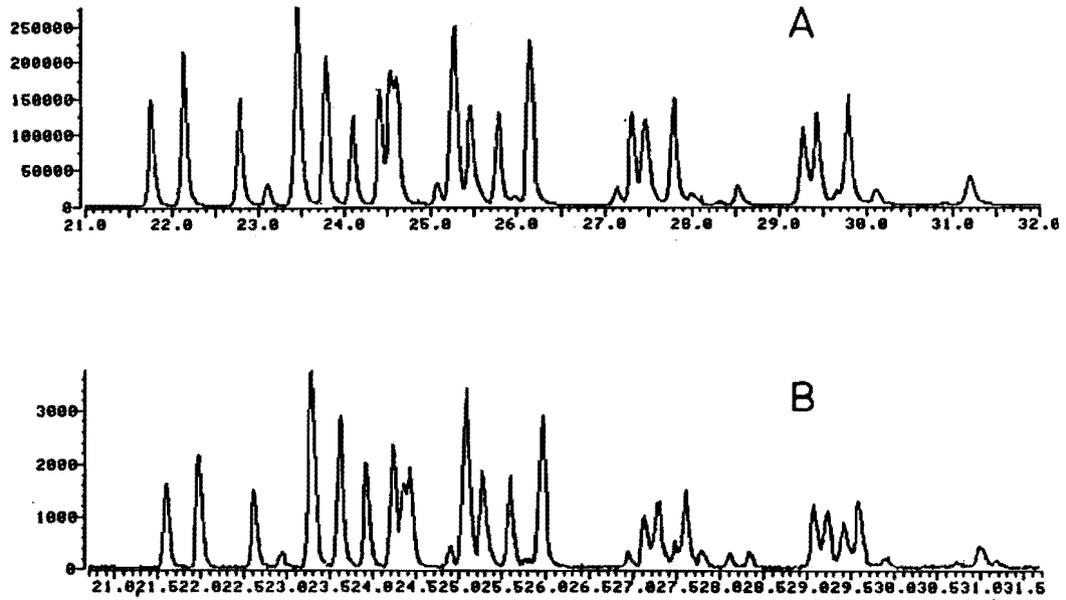


Abb. 13: Vergleich von PeCDF im Abgas einer Hausmüllverbrennungsanlage (A) und einer Immissionsmessung im Rhein-Ruhr-Gebiet (B)

## Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

## - LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Str. 6  
4300 E s s e n 1

- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:  
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.  
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:  
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:  
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:  
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:  
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:  
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:  
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:  
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:  
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:  
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes PH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GUJWA und E. MEURISCH:  
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:  
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohfen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:  
Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:  
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:  
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:  
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:  
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:  
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:  
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:  
(vergriffen) Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:  
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:  
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:  
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:  
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft (1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:  
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:  
Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen  
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:  
(vergriffen) Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:  
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
(vergriffen) Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:  
(vergriffen) Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahme- und Abgabe von IRMA-Geräten bei verschiedenen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:  
Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:  
Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:  
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:  
(vergriffen) Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:  
Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:  
(vergriffen) Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr. Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen. (1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:  
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:  
Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:  
Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:  
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse -. (1984)
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:  
Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet  
Rheinschiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990. (1984)
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:  
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.  
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-  
Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der  
neuartigen Waldschäden. (1984)
- Berichte-Nr. 50: GOLDBERG, K.H.:  
Untersuchungen zu Schießlärmminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: HERPERTZ, E., J. ASSMANN, D. KRANE, E. HARTMANN, B. STECK, E. BREWIG und J.  
KROCHMANN:  
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:  
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.  
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions- Meß- und Erhebungsstellen in der  
Bundesrepublik Deutschland (STIMES).  
Ergebnisse für die Komponenten SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:  
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Polychlorierte Dibenz-Dioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der  
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger  
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:  
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.  
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).  
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITTGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:  
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von  
Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: PRINZ, B., J. HRADETZKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖTTL und H.-K. LICHTENTHALER:  
Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:  
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers Cospec V zur  
Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:  
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von  
Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).