

Leitfaden für die  
Vorgehensweise bei akuten  
Dioxin-Schadensfällen



## Leitfaden für die Vorgehensweise bei akuten Dioxin-Schadensfällen

Leitfaden in der Fassung vom Mai 1995

---

Essen 1995

---

Dieser Leitfaden wurde von einer Arbeitsgruppe unter Federführung des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen erarbeitet.

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Herr Dr. Bruckmann  
Frau Dr. Hein  
Herr Dr. Stock  
Herr Dr. Mentfewitz  
**Herr Dr. Hiester**  
Herr Dr. Prinz  
Herr Dr. Krause  
Herr Dr. Suchenwirth

Landesumweltamt NRW  
Landesumweltamt NRW  
Landesumweltamt NRW  
Landesumweltamt NRW  
Landesumweltamt NRW  
Landesumweltamt NRW  
Landesumweltamt NRW  
Landesumweltamt NRW

Herr Dr. Fürst

Chemisches Landes- und Staatliches  
Veterinäruntersuchungsamt, Münster  
Ministerium für Umwelt, Raumordnung und  
Landwirtschaft des Landes NRW

Herr Dr. König

IMPRESSUM:

Herausgegeben vom  
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen • Telefon (02 01) 79 95 - 0

ISSN 0947-5788

Gedruckt auf 100 % Altpapier ohne Chlorbleiche

# Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung	5
1. Beispielhafte Darstellung von Schadensfällen	5
1.1 Schadensfälle unter Einbeziehung von Dioxin-Vorläuferstoffen	6
1.1.1 Brand oder Kurzschluß eines Transformators bzw. Kondensators, sofern als Dielektrikum PCB verwandt wurde	6
1.1.2 Leckage eines PCB-gefüllten Transformators bzw. Kondensators ohne vorherige Brandbelastung	6
1.1.3 Brand unter Einbeziehung flammgeschützter Produkte	6
1.1.4 Brand unter Einbeziehung von Chlorphenolen und Chlorphenoxyessigsäuren	7
1.2 Brand unter Einbeziehung von PVC, Chloropren oder sonstigen halogenhaltigen Stoffen	7
2. Zuständigkeit der Umweltbehörden im Umweltschutz	8
2.1 Bei gewerblichen und industriellen Anlagen	8
2.1.1 Immissionsschutz	8
2.1.2 Gewässerschutz	8
2.1.3 Beseitigung von Brandrückständen	8
2.2 Bei nicht gewerblichen Anlagen	9
2.2.1 Immissionsschutz	9
2.2.2 Gewässerschutz	9
2.2.3 Beseitigung von Brandrückständen	9
3. Probenahme und Analysentechnik	9
3.1 Rußablagerungen (Wischprobe)	10
3.2 Rauchproben	10
3.3 Brandreste	10
3.4 Pflanzenproben	10
3.5 Wasser, Löschwasser, Sediment	13
3.6 Sonstige Lebensmittel	13
3.7 Bodenproben	13
3.8 Angabe von Untersuchungsergebnissen	13
4. Bewertung und Maßnahmen	14
4.1 Sofortmaßnahmen	15
4.2 Generelle Beurteilungshinweise	15
4.3 Belastung des Menschen	16
4.4 Darstellung von Transferbeziehungen	17

4.5	Hintergrundbelastung der relevanten Umweltkomponenten _____	18
4.6	Beispielhafte Einzelfallbewertungen _____	20
4.6.1	Akutes Schadensereignis: Brandfall Lengerich _____	20
4.6.2	Belastung durch PCDD/PCDF am Industriestandort Duisburg _____	22
5.	Beseitigung von Rückständen wie Bauschutt oder Löschwasser unter Beachtung besonderer Schutzmaßnahmen _____	24
Anlage 1:	Richt- und Grenzwert für PCDD/PCDF-Kontaminationen als Summe I-TE _____	26
Anlage 2:	Grundbelastung durch polyhalogenierte Dibenzodioxine und -furane als Summe I-TE _____	29
Anlage 3:	Beispielhafte Kontamination _____	31
	A. PCDD/PCDF in Luftproben _____	31
	B. PCDD/PCDF in Futterpflanzen _____	32
	C. PCDD/PCDF in Hofsammeilmilch _____	33
	D. PCDD/PCDF in Pflanzen und Böden _____	34
	E. PCDD/PCDF in verschiedenen Materialien nach Brandfällen _____	35
Anlage 4:	TE-Faktoren BGA und NATO/CCMS _____	36
Anlage 5:	Adressenliste der Meldebehörden _____	37
Anlage 6:	Adressenliste von analytischen Laboratorien zur PCDD/PCDF-Analyse _____	40
Anlage 7:	Bestimmungsgrenzen für Umweltproben _____	42
Anlage 8:	Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen _____	43

# Leitfaden für die Vorgehensweise bei akuten Dioxin-Schadensfällen

## Einleitung

Der Leitfaden richtet sich in erster Linie an alle im Umweltschutz zuständigen Behörden, und darüber hinaus kann er allen Verantwortlichen vor Ort Hilfestellung geben bei der Entscheidung und Beurteilung von akuten Schadensfällen, in denen die Entstehung und Ausbreitung von halogenierten Dibenzo-p-Dioxinen und Dibenzofuranen (PXDD/PXDF/, X = Cl, Br) nicht ausgeschlossen werden kann.

Der Leitfaden besitzt orientierenden Charakter und kann im Einzelfall die Einschaltung von Experten nicht ersetzen. Die angesprochenen Ereignisse sind in ihrem Ausmaß unterhalb des Katastrophenfalls anzusiedeln.

In akuten Schadensfällen wie Bränden, Explosionen, Verpuffungen oder unkontrollierten chemischen Reaktionen bei erhöhten Temperaturen ist unter Einbeziehung organischer Stoffe und halogenhaltiger Verbindungen mit der Entstehung von halogenierten Dibenzo-p-Dioxinen und -Furanen zu rechnen.

Die Aussagen in diesem Leitfaden beziehen sich, wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt, auf die chlorierten Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF). Bromierte- und gemischt bromiert-chlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane haben nur beim Vorliegen von bromhaltigen Vorläuferstoffen eine Relevanz.

## 1. Beispielhafte Darstellung von Schadensfällen

Mit einer Entstehung von polychlorierten bzw. polyhalogenierten Dibenzo-p-Dioxinen und Dibenzofuranen (PXDD/PXDF) ist immer dann zu rechnen, wenn chlor- bzw. halogenhaltige organische Stoffe in Brände bzw. Schwelprozesse einbezogen sind.

In bezug auf das Ausmaß der Dioxin- und Furanbildung sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- A: Die halogenhaltigen Stoffe (1.1) liegen als sogenannte Vorläuferstoffe (Precursoren) von Dioxinen und Furanen vor (Beispiel: PCB, Chlorphenole, bromierte Diphenylether, etc.). In diesem Fall kann die Bildung von halogenierten Dioxinen und Furanen besonders effektiv ablaufen, und bereits Verpuffungen und elektrische Entladungen können zu nennenswerten Bildungsraten führen. Sind Vorläuferstoffe in den Schadensfall verwickelt, ist mit dem Entstehen von Dioxinen und Furanen in besonderem Umfang und in hohen Konzentrationen zu rechnen, so daß Wirkungen auf Menschen nicht auszuschließen sind.
- B: Die halogenierten Stoffe liegen als sonstige chlorhaltige organische Verbindungen (1.2) vor (z.B. PVC, Chloropren, CKW-Lösemittel, chlorhaltige Isolier- und Korrosionsschutzmaterialien), unter Umständen (z.B. bei Metallkatalyse) auch als anorganische Chloride (z.B. Kochsalz) zusammen mit anderen organischen Verbindungen. In diesen Fällen muß ebenfalls mit der Entstehung von PCDD/PCDF gerechnet werden.

## **1.1 Schadensfälle unter Einbeziehung von Dioxin-Vorläuferstoffen**

### **1.1.1 Brand oder Kurzschluß eines Transformators bzw. Kondensators, sofern als Dielektrikum PCB verwandt wurde**

Entgegen der ursprünglichen Annahme entstehen PCDD und PCDF nicht nur, wenn diese elektrischen Betriebsmittel in einen äußeren Brand einbezogen werden [1,2], sondern auch, wenn es aufgrund eines Kurzschlußlichtbogens innerhalb des Kondensators bzw. Transformators zu einer entsprechenden thermischen Belastung des PCB-Inhaltes gekommen ist.

In aller Regel führt diese thermische Belastung auch zur Zerstörung der äußeren Umhüllung und damit zur Freisetzung des verunreinigten Inhalts. Die Notwendigkeit zu weiteren Prüfungen in den o.g. Fällen besteht dann, wenn:

ein Leck aufgetreten und PCB ausgelaufen ist bzw. wenn in der Umgebung Brandruß erkennbar ist, da die PCDD und PCDF hauptsächlich an diese Partikel angelagert auftreten.

Nach neueren Erkenntnissen ist damit zu rechnen, daß bei Transformatoren und Kondensatoren, die als Dielektrikum monomethylierte tetrachlorierte Diphenylmethane enthalten, vergleichbare Kontaminationen auftreten [3].

### **1.1.2 Leckage eines PCB-gefüllten Transformators bzw. Kondensators ohne vorherige Brandbelastung**

Da in PCB-haltigen Askarelen auch unter normalen Betriebsbedingungen PCDD und PCDF gebildet werden [4] bzw. schon herstellungsbedingt vorhanden sein können, muß auch bei Leckagen von sonst nicht in ein Unfallgeschehen einbezogenen Transformatoren bzw. Kondensatoren mit der Freisetzung von PCDD und PCDF gerechnet werden.

Die Notwendigkeit zu weiteren Prüfungen in den o.g. Fällen besteht dann, wenn:

PCB in die Umgebung gelangt ist.

### **1.1.3 Brand unter Einbeziehung flammgeschützter Produkte**

Kunststoffe, die im Wohn- und Arbeitsbereich eingesetzt werden, wie kunststoffbeschichtete Zwischenwände, Schaumstoffe, Möbelüberzüge, Lacke, Fußböden, Automobilteile etc., aber auch Kunststoffgehäuse von elektrischen Geräten wie Fernseher, Videorecorder und darin enthaltene Platinen etc. sind in der Regel mit Flammenschutzmitteln versetzt. Dabei handelt es sich häufig um halogenhaltige Substanzen wie bromierte Diphenylether in Kombination mit Antimontrioxid, aber auch organische Phosphorverbindungen aus der Klasse der Phosphate, Phosphite und Phosphonate. Durch thermische Belastung im Brand- oder Schwelfall zersetzen sich polybromierte Diphenylether, und es können die entsprechenden Dioxine und Furane entstehen.

Über die Verwendung von polybromierten Diphenylethern in der Textilindustrie liegen nur bruchstückhafte Informationen vor.

Detaillierte Untersuchungen nach Bränden wurden bisher noch nicht veröffentlicht, lediglich, daß neben PCDD/PCDF und den gemischt halogenierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen auch PBrDD/PBrDF entstehen, deren toxische Wirkungen als vergleichbar denen der PCDD/F eingestuft werden [6, 7].

Die Notwendigkeit zu weiteren Prüfungen in den o.g. Fällen besteht dann, wenn:

flammgeschützte Kunststoffe oder Textilien in erheblichem Umfang in einen Brand einbezogen wurden, insbesondere wenn in der Umgebung Brandruß festzustellen ist.

#### **1.1.4 Brand unter Einbeziehung von Chlorphenolen und Chlorphenoxyessigsäuren**

Chlorphenole sind Zwischenprodukte in der Arzneimittel- und Farbstoffsynthese. Chlorphenoxyessigsäuren (2,4,5-T.-Säure, 2,4-D.-Säure) wurden als Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Ebenso wurden Chlorphenole (z.B. PCP) und Hexachlorcyclohexan (Lindan) als Holzschutzmittel eingesetzt. Bei Bränden oder Schwelprozessen in Chemikalien- und Pflanzenschutzmittellägern, aber auch bei Bränden behandelter Hölzer ist mit der Bildung von Dioxinen und Furanen zu rechnen.

Die Notwendigkeit zu weiteren Prüfungen besteht, wenn:

die PCDD/F-Vorläuferstoffe in den Brand einbezogen wurden, insbesondere wenn das Brandumfeld mit Ruß beaufschlagt ist.

#### **1.2 Brand unter Einbeziehung von PVC, Chloropren oder sonstigen chlorhaltigen Kunststoffen und Materialien**

Entgegen früheren Veröffentlichungen, z.B. des VKE [5], in denen PVC als Ursache für die Bildung von PCDD/PCDF im Zusammenhang mit Bränden ausgeschlossen wurde, hat man erkennen müssen, daß bei allen Bränden, bei welchen chlorhaltige Kunststoffmaterialien, z.B. PVC, Chloropren, CKW-Lösemittel, chlorhaltige Isolier- und Korrosionsschutzmaterialien beteiligt sind, mit der Entstehung von PCDD/PCDF gerechnet werden muß.

In Abhängigkeit vom Schadensereignis sind entsprechende Maßnahmen und Untersuchungen einzuleiten.

Die Notwendigkeit zu weiteren Prüfungen in den o.g. Fällen besteht dann, wenn:

PVC oder sonstige chlorhaltige Stoffe in erheblichem Maße in einen Brand einbezogen wurden, insbesondere wenn in der Umgebung Brandruß festzustellen ist.



## **2. Zuständigkeit der Umweltbehörden im Umweltschutz**

(Anlage 5: Adressenliste der Umweltbehörden des Landes NRW)

### **2.1 Bei gewerblichen und industriellen Anlagen**

#### **2.1.1 Immissionsschutz**

Staatliches Umweltamt

- Überwachung von Betreiberpflichten; bei genehmigungsbedürftigen Anlagen insbesondere im Hinblick auf Betreiberpflichten hinsichtlich der Abwehr sonstiger Gefahren.
- Beratung/Amtshilfe gegenüber den Behörden und Einsatzkräften der allgemeinen Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes.

Landesumweltamt

- Beratung/Amtshilfe gegenüber den vorgenannten Behörden und Einsatzkräften.

#### **2.1.2 Gewässerschutz**

Die untere Wasserbehörde beurteilt den Unfall und beteiligt je nach Lage:

- Kreispolizei-/ordnungsbehörde
- Staatliches Umweltamt
- Wasserverbände
- Wasserwerke/Talsperreneigentümer
- Bahn, Post, Bundeswehr
- Bergamt
- Wasser- und Schiffsamt
- Straßen- und Tiefbauamt
- Fernleitungsgesellschaften
- Nachbarkreise oder -gemeinden.

Bei Bedarf beteiligt die Untere Wasserbehörde das Staatliche Umweltamt und informiert unter Abwägung nach den Meldekriterien die obere (Bezirksregierung) bzw. oberste Wasserbehörde (MURL); ggf. wird das Landesumweltamt über die Bezirksregierung hinzugezogen. Die jeweils vor Ort tätigen Fachbehörden beurteilen den Fall, damit über Folgemaßnahmen entschieden werden kann. Auf den Runderlaß des MELF vom 31.01.1981, MBl. NW. Nr. 35 - "Öl- und Giftalarm-Richtlinien" - wird verwiesen.

#### **2.1.3 Beseitigung von Brandrückständen**

Kreisfreie Stadt/Kreis

- Überwachung der Entsorgerpflichten, soweit nicht selbst entsorgungspflichtig

Staatliches Umweltamt

- Beratung in Entsorgungsfragen

## **2.2 Bei nicht gewerblichen Anlagen**

### **2.2.1 Immissionsschutz**

Örtliche Ordnungsbehörde

- Beratung/Amtshilfe durch Staatliches Umweltamt und Landesumweltamt

### **2.2.2 Gewässerschutz**

Siehe 2.1.2

### **2.2.3 Beseitigung von Brandrückständen**

Kreisfreie Stadt/Kreis

- generelle Entsorgungspflicht, soweit nicht von der Entsorgung ausgeschlossen

Staatliches Umweltamt

- Beratung, Amtshilfe bei der Entsorgung

Landesumweltamt

- Beratung, Amtshilfe bei der Entsorgung

## **3. Probenahme und Analysentechnik**

(Anlage 6: Adressenliste von analytischen Laboratorien zur PCDD/PCDF-Analyse.)

An die Probenahme für die Untersuchung von Luft, Ruß, Pflanzen, Milch, Böden, Brandschutt, Klärschlamm und Löschwasser ist generell die Anforderung zu stellen, daß sie repräsentativ für die zu untersuchenden Kompartimente durchgeführt wird. Die Probenahme hat im relevanten Ausbreitungsgebiet zu erfolgen. Der Ort der Probenahme ist hinsichtlich der Entfernung zum Brandgeschehen sowie bezüglich der Ausbreitungsbedingungen zu charakterisieren. Zur Abgrenzung von der Umgebungssituation und anderen Belastungsursachen sind von verschiedenen Medien Kontrollproben im Luv des Brandherdes zu nehmen. Insbesondere die Entnahme von Pflanzenproben sollte möglichst benachbart zu den Orten erfolgen, an denen auch Wischproben entnommen wurden, um untereinander Bezüge herstellen zu können.

Die Probenahme erfordert umfangreiche Kenntnisse und spezifischen Sachverstand und kann hier nur kurz skizziert werden.

### **3.1 Rußablagerungen (Wischprobe)**

Wischproben sind von glatten Oberflächen (Glasscheiben, Kühlerhaube, Autodach etc.) mit einem dioxinfreien Papier- oder Baumwolltuch unter Feststellung der beprobten Fläche zu nehmen. Unbeaufschlagte Tücher derselben Chargen sind zur Blindwertbestimmung an das analysierende Labor mitzuliefern.

### **3.2 Rauchproben (Brandgase)**

Die Luftprobenahme erfolgt in Anlehnung an die VDI/DIN-Vorschrift 3498 unter Verwendung eines Partikelfilters mit nachgeschalteten Polyurethanschäumen.

Die Probenahmen in der Brandfahne erfolgt zur Erkennung einer möglichen Dioxinfracht und im Immissionsgebiet zur Erfassung der Immissionsbelastung.

### **3.3 Brandreste**

Aus den Bereichen, in denen vermutlich PVC oder halogenhaltige Stoffe gelagert wurden, ist von den obersten inkrustierten und stark verkohlten Teilen eine Stichprobe hinsichtlich der maximal zu erwartenden Dioxinbelastung zu entnehmen. Weitere Proben sind als Mischproben aus den stark bis mäßig verkohlten Bereichen zu entnehmen. Die Probemenge sollte 1000 g betragen.

Analyse 1: Bestimmung des Gesamthalogens sowie des extrahierbaren organisch gebundenen Halogens (EOX).

Analyse 2: Je nach Probenanzahl und Gesamthalogen-Gehalt: Analyse der PCDD/F entsprechend der Klärschlammverordnung.

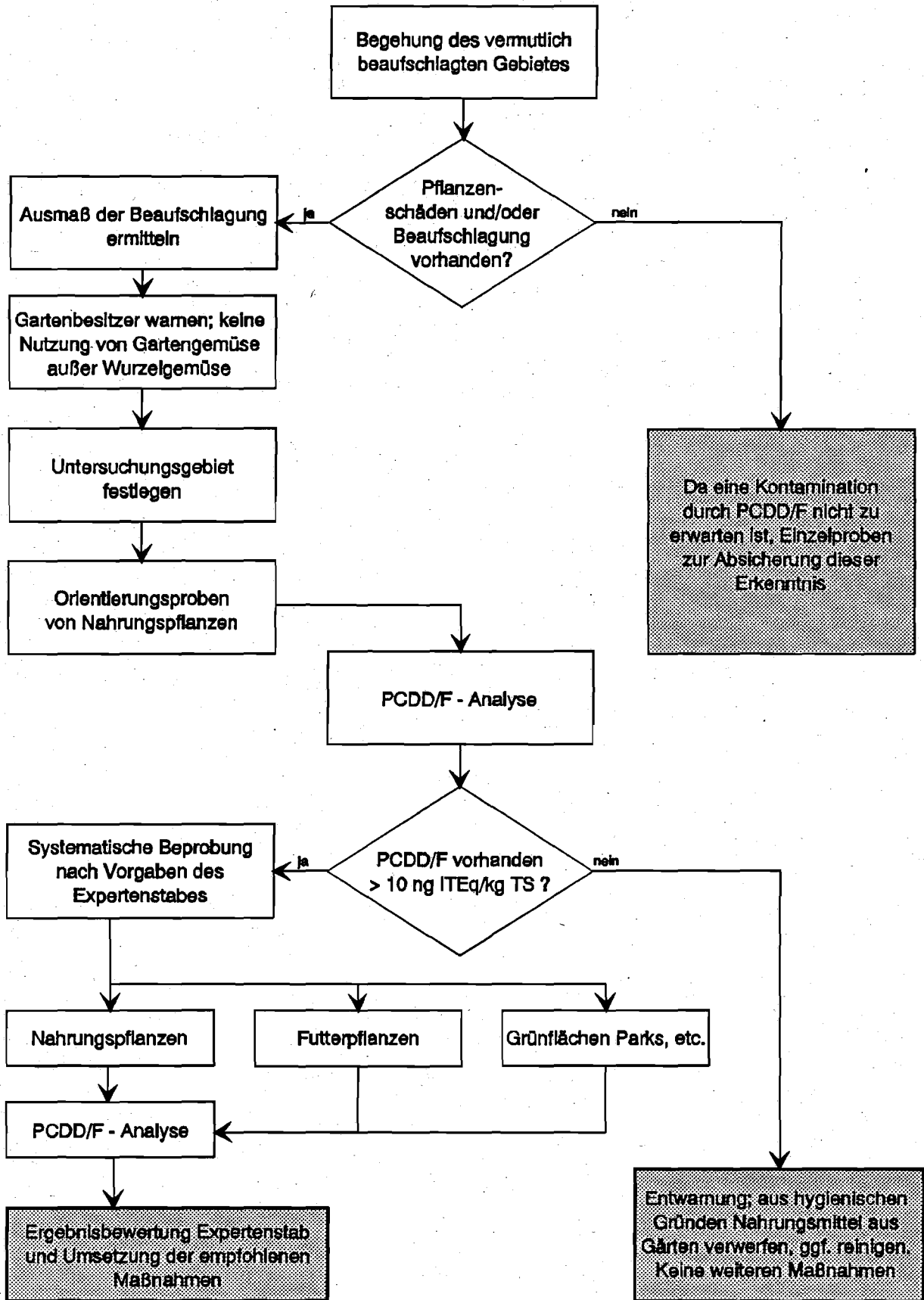
### **3.4 Pflanzenproben**

Zur Klärung der Frage, in welcher Größenordnung und bis zu welcher Entfernung die Vegetation (einschließlich Nahrungs- und Futterpflanzen) kontaminiert ist, bieten sich verschiedene Indikatorpflanzen an. Die Auswahl richtet sich sowohl nach dem jahreszeitlichen Angebot, als auch nach ihrer Relevanz für die menschliche Ernährung. Als pflanzliche Lebensmittel aus Haus- und Kleingärten sowie Erwerbsgartenbauflächen sind, wenn vorhanden, bevorzugt Grünkohl, Salat und andere Blattgemüsearten zu entnehmen. Wurzelgemüsearten wie z.B. Möhren, Schwarzwurzel, Kartoffeln usw. sind durch die Beaufschlagung i.d.R. nicht betroffen und brauchen daher zunächst nicht in die Untersuchung einbezogen zu werden. Bei Beaufschlagung von landwirtschaftlichen Flächen sind oberirdische Teile relevanter Futterpflanzen zu entnehmen. Der Ort der Probenahme ist insbesondere hinsichtlich der Entfernung zum Brandgeschehen sowie der Anströmbarkeit der Pflanzen genau zu charakterisieren und dokumentieren. Die Orte der Probenahmen sollten auf einem Trajektorium in Hauptwindrichtung liegen und die Proben in abnehmender Entfernung zum Brandherd genommen werden. Ferner sollten auch im Luv des Brandes in einiger Entfernung Referenzproben gezogen werden.

Die einzelnen Schritte bei der Vegetationsuntersuchung werden in dem folgenden Ablaufschema wiedergegeben. Zum besseren Verständnis ist das Kapitel 4, Bewertung und Maßnahmen, heranzuziehen.

Bei pflanzlichen Lebens- und Futtermitteln sollten die Probemengen jeweils 1 kg nicht unterschreiten. Während die pflanzlichen Lebensmittel vor der Aufarbeitung küchenfertig vorbereitet werden, erfolgt die Aufarbeitung der Futtermittel ohne vorheriges Waschen. Die kongenenspezifischen Analyseangaben sind sowohl auf Trocken- als auch auf Frischgewicht bezogen anzugeben.

# Ablaufschema Vegetation



### **3.5 Wasser, Löschwasser, Sediment**

Die Probenahme und Untersuchung von Klärschlamm erfolgen gemäß Anhang 1 der Klärschlammverordnung. Bei Löschwasser sollte das Probevolumen mindestens 2 Liter betragen. Abwasseruntersuchungen von Kläranlagen nach biologischer Behandlung von Löschwasser sind nur dann erforderlich, wenn die Klärschlammkonzentrationen  $100 \text{ ng I-TE} \cdot \text{kg}^{-1}$ , bezogen auf TS übersteigt.

### **3.6 Sonstige Lebensmittel**

Sofern im Schadensgebiet Milchviehwirtschaft betrieben wird, sollten Hofsammmilchproben von Kühen untersucht werden, die auf Weiden grasen, die durch das Schadensereignis möglicherweise beeinflusst worden sind. Darüber hinaus sollte auch die Tankwagensammelmilch aus dem betroffenen Gebiet analysiert werden, um eventuelle Fälle höherer Dioxinkontaminationen frühzeitig zu erkennen.

### **3.7 Bodenproben**

Zur Beweissicherung eines eventuellen PCDD/PCDF-Eintrages erfolgt aus dem Bereich der vermuteten maximalen Belastung die Entnahme von Bodenproben aus den oberen 0 - 2 cm mit Hilfe eines Spatels oder einer kleinen Schaufel. Darüber hinaus ist für die Beurteilung der dort nachgewiesenen Schadstoffgehalte eine Referenzprobe von einem durch den Schadensfall unbeeinflussten Standort gleicher Nutzung im Nahbereich der untersuchten Fläche in gleicher Tiefe zu entnehmen. Wird eine Kontamination durch das Schadensereignis festgestellt, so sind weitere Untersuchungen angezeigt. Hierzu sind Bodenproben bis zur Bearbeitungstiefe zu entnehmen, d.h. bei Ackerflächen und Gärten aus 0 - 30 cm, bei Grünland und Brachen aus 0 - 10 cm und bei Spielplätzen 0 - 35 cm Tiefe (ggf. nach dem vorhandenen Schichtaufbau differenziert). Die Probenmenge sollte jeweils ca. 100 g betragen.

### **3.8 Angabe von Untersuchungsergebnissen**

Die analytische Bestimmung soll kongenerenspezifisch nach validierten Methoden bevorzugt unter Einsatz der hochauflösenden Kapillargaschromatographie/hochauflösenden Massenspektrometrie (HRGC/HRMS) oder, wenn möglich, mit dem massenselektiven Detektor (HRGC/MSD) erfolgen. Die in der Anlage 7 aufgeführten Bestimmungsgrenzen sind in jedem Fall dabei einzuhalten.

Die Angaben der Toxizitätsäquivalente sollen sowohl mit den Faktoren nach BGA (1984) als auch nach NATO/CCMS (1988) (Anlage 4) erfolgen. Die Bewertung der PCDD/F nach NATO/CCMS ist für eine wirkungsbezogene Beurteilung unverzichtbar. Die Bewertung nach BGA dient insbesondere der Ursachenanalyse

## **Literatur**

- [1] Gem. RdErl. des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales - III A 3 - 8251 - und des Ministers für Landes- und Stadtentwicklung - V A 3 - 180/53.4101 - Polychlorierte Biphenyle (PCB) in elektrischen Betriebsmitteln vom 17.08.1984

- [2] Erlaß des Innenministers - V B 4 - 4.203 - 4 - Transformatoren mit polychlorierten Biphenylen (PCB) als Kühlmittel, vom 30.12.1982
- [3] J. Theisen, et al.: Entstehung von polychlorierten Dibenzofuranen und Dibenzodioxinen durch Pyrolyse von Ugilec 141, VDI Berichte 634, S. 265 ff.
- [4] K. Solner, G. Gollmer: Probleme mit PCB-gefüllten Transformatoren, Elektrizitätswirtschaft 17/18, August 1982
- [5] VKE: PVC - Ursache für Dioxinbildung?, Juni 1985
- [6] UBA: Sachstand            Polybromierte Dibenzodioxine (PBDD)  
                                 Polybromierte Dibenzofurane (PBDF)  
Februar 1989
- [7] K.F. Appel: Bundesgesundheitsblatt 10/91  
Polybromierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane - Toxikologische Beurteilung

#### **4.        Bewertungen und Maßnahmen**

Dioxine und Furane (PCDD/PCDF) sind eine Substanzgruppe, deren Giftigkeit i.d.R. nur zum Tragen kommen kann, wenn im Laufe der Lebenszeit eine ausreichend hohe Schadstoffmenge im Fettgewebe und den anderen Körperorganen angereichert worden ist. PCDD/PCDF sind keine im eigentlichen Sinne akut toxisch wirkenden Substanzen wie etwa Kohlenmonoxid oder Blausäure, deren Wirkung bereits bei Aufnahme einer einmaligen Dosis akut tödlich sein kann.

Die alltägliche Belastung mit PCDD/PCDF erfolgt zu ca. 95 % über die Nahrung, während die Aufnahme mit der Atmung nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Aufgrund der genannten Eigenschaften sind alle bisher abgeleiteten Bewertungsmaßstäbe darauf ausgerichtet, die lebenslange Aufnahme dieser Schadstoffe so niedrig wie möglich zu halten. Beurteilungsmaßstäbe für Kurzzeit-Expositionen, wie sie im akuten Schadensfall auftreten, sind dementsprechend bisher nicht abgeleitet worden.

Wie zuvor erwähnt, werden PCDD/PCDF im Alltag im wesentlichen über Nahrungsmittel aufgenommen. Von Bedeutung ist dabei aber nicht nur der Grad der Kontamination der einzelnen Lebensmittel (z.B. Gartengemüse, Obst etc.), sondern auch, wie sich die PCDD/PCDF in der biologischen Nahrungskette anreichern, beispielsweise über den Pfad Gras → Kuh → Milch. Neben der Bewertung solcher Transferbeziehungen, die eine Risikoabschätzung erlauben, sind ferner auch mögliche Schadstoffaufnahmen über andere Pfade zu beurteilen. Dazu zählt beispielsweise auch die Nutzung von Hausgärten mit Rasenflächen, die als Spielflächen für Kinder dienen.

Nachfolgend werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie sich akute Belastungssituationen einschätzen lassen und welche Maßnahmen (auch im Sinne einer umfassenden Vorsorge) zu treffen sind. Diese Hinweise können aber die Prüfung und Beurteilung der besonderen Umstände des akuten Einzelfalles von Expertenseite nicht ersetzen.

Die Anforderung des Expertenstabes kann über den Sondereinsatz des LUA, bzw. die Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA erfolgen.

#### **4.1 Sofortmaßnahmen**

Sofortmaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung können durch die Freisetzung von toxischen Brandgasen erforderlich werden. Bei der toxikologischen Beurteilung von PCDD/PCDF steht die Langzeitwirkung im Vordergrund, da im Gegensatz zur akuten Wirkung von bestimmten Bestandteilen von Brandrauch bzw. -gasen die Wirkungen der PCDD/PCDF-Konzentrationen in der Luft nicht akut lebensbedrohlich sind. Bei diesen Schadstoffen ist jedoch die Aufnahme und Speicherung im Körper zu berücksichtigen, durch die theoretisch - bei Aufnahme größerer Mengen PCDD/PCDF - langfristig eine Schädigung der Betroffenen denkbar ist. Nach den bisherigen Erfahrungen ist es jedoch nicht vorstellbar, daß derartige Mengen während eines Brandes über die Atemwege aufgenommen werden können.

Sofortmaßnahmen müssen sich daher in erster Linie an den toxischen Eigenschaften der herkömmlichen Brandrauche und Brandgase orientieren, die erfahrungsgemäß akuttoxische Substanzen wie z.B. CO, NO<sub>x</sub> und in Abhängigkeit von den Ausgangsstoffen (Precursoren) auch HCl, HCN, SO<sub>2</sub> usw. enthalten können. Neben den, von der Einsatzleitung vor Ort ggf. bereits angeordneten Maßnahmen (Warnung der Bevölkerung, Absperrungen etc.), ist bei Einbeziehung der entsprechenden Precursoren (s. Kap. 1) in den Schadensfall die Anordnung weitergehender Vorsorgemaßnahmen zu prüfen (z.B. Aussprechen von Verzehrbeschränkungen).

#### **4.2 Generelle Beurteilungshinweise zur Begrenzung der Dioxinaufnahme über die Nahrung**

Wie die Zusammenstellung über die Transferbeziehungen im folgenden deutlich macht, sind bei der Beurteilung eine Vielzahl von Randbedingungen zu beachten. Auch die Beurteilung der Meßgrößen Dioxingehalt in Nahrungs- bzw. Futter-Pflanzen sowie Kuhmilch ist im konkreten Schadensfall i.d.R. komplex und sollte daher durch den Expertenstab vorgenommen werden.

Im einzelnen gilt es beispielsweise zu beachten:

1. Die Zusammensetzung, Dauer und die Menge der Aufnahme kontaminierter Nahrung (oder des Futters) ist im Einzelfall sehr unterschiedlich. Da häufig nur ein Teil der Nahrung (oder des Futters) am Belastungsort selbst gewonnen wird, ist eine Aussage über den dadurch entstehenden Beitrag zur Gesamtbelastung eines Organismus im Einzelfall erforderlich.
2. Bei den PCDD/PCDF handelt es sich um persistente Umweltschadstoffe mit einer langen, mehrere Jahre bis Dekaden umfassenden biologischen Halbwertszeit im Boden oder im tierischen bzw. menschlichen Organismus. Daher ist eine Betrachtung der zusätzlichen einmaligen Belastung auf die Gesamt-Lebenszeit zu beziehen.

Allgemeingültig kann daher nur der folgende Hinweis gegeben werden:

Alle Nahrungs- oder Futterpflanzen, die im Einflußbereich der Rauchfahne durch brandbedingte Einträge sichtbar beeinträchtigt wurden, sind im Hinblick auf die gesundheitliche Vor-



sorge wegen der darin enthaltenen Stoffvielfalt (zu der auch die Dioxine gehören) aus hygienischen Gründen zu verwerfen.

Da jedoch auch visuell nicht wahrnehmbare Belastungen auftreten können, sind orientierende Messungen von Proben verschiedener Medien (Pflanze, Boden) erforderlich. Deren Ergebnisse sind dann - in Ermangelung rechtsverbindlicher Regelungen - mit den Werten für die jeweilige Hintergrundbelastungen zu vergleichen und dienen zur Festlegung von Maßnahmen.

Die Einbindung des Expertenstabes ermöglicht die Prüfung und Beurteilung der besonderen Umstände des Einzelfalles, sowie die Einbeziehung des aktuellen Standes der wissenschaftlichen Erkenntnisse.

### **4.3 Hintergrundbelastung des Menschen**

Auch unter alltäglichen Bedingungen nimmt der Mensch geringe Mengen an PCDD/PCDF zu sich. Nach Schätzungen des vormaligen Bundesgesundheitsamtes (BGA) beträgt die Aufnahme ca. 2 pg I-TE pro kg Körpergewicht (KG) und Tag (d). Als TDI-Wert (Tolerable Daily Intake, Tolerable tägliche Aufnahmemenge), der nach internationaler Übereinkunft nicht überschritten werden soll, wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein Wert von 10 pg I-TE  $(\text{kg KG} \cdot \text{d})^{-1}$  angesehen. Das vormalige Bundesgesundheitsamt gab daher die Empfehlung, die tägliche Aufnahme des Menschen aus Vorsorgegründen auf unter 1 pg I-TE  $(\text{kg KG} \cdot \text{d})^{-1}$  abzusenken.

Von der alltäglichen PCDD/PCDF-Aufnahme des Menschen werden 95 % über die Nahrungsmittel zugeführt. Die restlichen 5 % setzen sich zum einen aus der Aufnahme mit der Atemluft bzw. von Staub, zum anderen aus der unabsichtlichen Aufnahme von Bodenpartikeln zusammen.

Der jeweilige Beitrag der einzelnen Lebensmittel zur Hintergrundbelastung ist der folgenden Tabelle zu entnehmen (nach: 2. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine 11/93).

Bei einem Körpergewicht von 70 kg errechnet sich derzeit eine tägliche durchschnittliche Belastung von ca. 1,8 pg I-TE  $(\text{kg KG} \cdot \text{d})^{-1}$  über die Aufnahme von Nahrungsmittel.

Lebensmittel	PCDD/PCDF-Gehalt in pg I-TE (g Fett) <sup>-1</sup>	Verzehr von Fett in g (pro Tag)	PCDD/PCDF-Aufnahme in pg I-TE
Milch	1,8	8,9	16,0
Käse	2,2	4,7	10,3
Butter	1,1	14,0	15,4
<b>Summe Milch und Milchprodukte</b>		<b>27,6</b>	<b>41,7</b>
Schwein	0,3	23,2	7,0
Rind	2,7	8,3	22,4
Huhn	2,2	1,7	3,7
Eier	1,5	3,9	5,9
<b>Summe Fleisch und Eier</b>		<b>37,1</b>	<b>39,0</b>
<b>Summe Fisch und Fischwaren</b>		<b>1,0</b>	<b>33,9</b>
Gemüse	0,015	-	3,7
Obst	0,015	-	2,0
Pflanzenöl	0,02	28,0	0,6
<b>Summe pflanzliche Lebensmittel</b>		<b>28,0</b>	<b>6,3</b>
<b>Summe Brot und Backwaren</b>		<b>6,0</b>	<b>5,5</b>
<b>Summe Fertiggerichte</b>		<b>0,9</b>	<b>0,9</b>
<b>Gesamtaufnahme</b>		<b>100,6</b>	<b>127,3</b>

#### 4.4 Darstellung von Transferbeziehungen

Zur Abschätzung der tatsächlichen Belastung des Menschen in einem akuten Schadensfall ist es erforderlich, Kenntnisse zum Übergang von PCDD/PCDF zwischen den einzelnen Kompartimenten wie Luft → Pflanze oder Tier (Milch) → Mensch zu haben.

Die verschiedenen Kompartimente/Medien unserer Umwelt werden i.d.R. im Brandfall über die Deposition von PCDD/PCDF-beladenen Partikeln (zumeist an Ruß gebunden) kontaminiert. In seltenen Fällen kann die Belastung aber auch in Form von feinsten Aerosolen erfolgen, wie z.B. beim Schwelbrand in Lengerich (s. Dokumentation Lengerich [12]). Im Gegensatz zur Deposition von Rußflocken, die im Nahbereich des Brandes erfolgt, breiten sich Aerosole wie Gase aus und können daher über vergleichsweise weite Strecken verfrachtet werden und somit auch die daran gebundenen PCDD/PCDF.

Zur Vorhersage von PCDD/PCDF-Belastungen wurden Untersuchungen über das Transferverhalten zwischen den verschiedenen Umweltmedien durchgeführt, die im nachfolgenden zusammengefaßt sind. Hierbei ist zu beachten, daß im Einzelfall erhebliche Unterschiede zu den hier dargestellten mittleren Verhältnissen eintreten können.

## **Pfad Luft → Pflanze**

Anders als bei der Beurteilung chronisch einwirkender Luftbelastungen ist im akuten Schadensfall eine Transferbetrachtung Luft → Pflanze mit Hilfe experimentell ermittelter Transferfaktoren wenig aussagekräftig, da die Einwirkung nur über einen Bruchteil der Vegetationsperiode erfolgt.

Im Brandfall ist die Abschätzung der auf den einzelnen Akzeptoren abgelagerten Schadstofffraktionen nur sehr ungenau möglich. Daher sollte die Belastung anhand gezielt gezogener Verdachtsproben (s. Kap. 3.4) analytisch bestimmt werden. Diese Analysen bilden die Grundlage der Gefährdungsabschätzung für den Menschen über die Pfade:

- Nahrungspflanze → Mensch
- Futterpflanze → Milchkuh → Milch
- Milch → Mensch.

## **Pfad Futterpflanze → Milch (Milchkuh)**

Die Ergebnisse verschiedener Studien zeigen übereinstimmend, daß dieser Transfer kongenenspezifische Unterschiede aufweist. Die Angabe eines einzigen Transferfaktors ist nicht möglich, da die Faktoren für die einzelnen Kongenere über einen größeren Bereich streuen. Insbesondere die im Zusammenhang mit dem Brand in Lengerich durchgeführten Untersuchungen des vormaligen Chemischen Landesuntersuchungsamtes Münster (CLUA) und der vormaligen LIS haben gezeigt, daß die Transferfaktoren entscheidend davon abhängig sind, welche PCDD/PCDF-Kongenere im Gras vorhanden sind [13]. Gleichwohl erlauben die inzwischen vorliegenden Kenntnisse das Kontaminationsrisiko für die Milch anhand des PCDD/PCDF-Gehaltes in Futtermitteln abzuschätzen.

## **Pfad Boden → Tier**

Es wird vermutet, daß ein Teil der im Milchfett enthaltenen PCDD/PCDF direkt durch Boden-ingestion bei den Milchkuhen verursacht wird. Aus dem CLAM-Programm [4] haben sich aber keine konkreten Anhaltspunkte für eine besondere Bedeutung dieses Aufnahmepfades ergeben. Für freilaufende Hühner ist dieser Transferpfad durch Vergleich des Kongenerenmusters allerdings eindeutig belegt worden.

Die Abschätzungen und Laborexperimente stehen zur Zeit noch im Widerspruch zu den Ergebnissen aus Freilandversuchen. Auch fehlen Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit von bodengebundenen PCDD/PCDF, so daß noch kein Transferfaktor angegeben werden kann [2].

## **4.5 Hintergrundbelastung der relevanten Umweltkompartimente**

Die folgenden Hintergrundwerte der jeweiligen Kompartimente sollen zur orientierenden Einordnung von gewonnenen Analysedaten dienen.

## Boden

Hintergrundbelastung (Oberböden von Acker- und Grünlandflächen sowie Gärten)

ländliche Gebiete	< 10	ng I-TE (kg TS Boden) <sup>-1</sup>
städtische Gebiete	10 - 30	ng I-TE (kg TS Boden) <sup>-1</sup>
industriell geprägte Gebiete	30 - 100	ng I-TE (kg TS Boden) <sup>-1</sup>
Gebiete, emittentennah	> 100	ng I-TE (kg TS Boden) <sup>-1</sup>

Im Vergleich zu benachbarten Böden mit anderer Nutzung enthalten Ackerböden in der Regel etwas niedrigere Werte als Gartenböden. Deutlich höhere PCDD/PCDF-Gehalte wurden bei Waldböden festgestellt [1, 2, 3].

## Pflanzen

Hintergrundbelastung

ländliche Gebiete	< 0,5	ng I-TE (kg TS Pflanze) <sup>-1</sup>
städtische Gebiete	0,5 - 1,0	ng I-TE (kg TS Pflanze) <sup>-1</sup>
industriell geprägte Gebiete	1,0 - 5,0	ng I-TE (kg TS Pflanze) <sup>-1</sup>
Gebiete, emittentennah	> 5,0	ng I-TE (kg TS Pflanze) <sup>-1</sup>

Bei Grünkohl wurden im Durchschnitt deutlich höhere Gehalte gefunden; es ist mit einer etwa doppelt so hohen Belastung zu rechnen. Für Fruchtgemüsearten sowie Obst ist davon auszugehen, daß eine Aufnahme von PCDD/PCDF weder aus dem Boden noch aus der Luft in nennenswertem Umfang erfolgt. Ähnlich wie Fruchtgemüse sind auch Knollengemüse (z.B. Kohlrabi) sowie Kopfkohlarten (z.B. Wirsing) einzuschätzen [1]. Für Wurzelgemüse, wie z.B. Möhren, wurde zwar eine geringe Anreicherung aus belasteten tieferen Bodenschichten in die äußere Schale beschrieben, was jedoch in der hier vorzunehmenden Bewertung einer kurzfristigen Belastung der Bodenoberfläche und von verzehrsfertig geputztem Gemüse vernachlässigt werden kann.

## Milch

Im Rahmen des Chloraromaten-Meßprogramm des Landes NRW [4] wurde 1990 die Konsummilch aus allen Molkereien NRW's untersucht.

PCDD/PCDF in Konsummilch und Milchprodukten; in ng I-TE (kg Milchfett)<sup>-1</sup>

	alle Proben (n= 168)	Milch (n=120)	Sahne/Rahm (n=22)	Butter (n=22)	Käse (n=4)
Mittelwert	1,35	1,38	1,37	1,11	1,83
Minimum	0,76	0,76	0,83	0,80	1,46
Maximum	2,62	2,62	2,24	1,87	2,27

Diese Ergebnisse decken sich in etwa mit den Ergebnissen der Zusammenstellung der Bund/Länder-AG Dioxine ( s. Kap. 4.3).

## **4.6 Beispielhafte Einzelfallbewertungen**

### **4.6.1 Akutes Schadensereignis: Brandfall Lengerich**

Eine zusammenfassende Darstellung über das Brandereignis in Lengerich, die durchgeführten Erhebungen und die getroffenen Bewertungen bzw. Maßnahmen ist in der Dokumentation zum Brandfall Lengerich wiedergegeben [12]. In den Brand waren große Mengen Kunststoffe (gelagerte Menge ca. 2.500 t) wie Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol und Polyvinylchlorid einbezogen, die zunächst offen brannten und später über längere Zeit verschwelten. Neben Chlorwasserstoff wurden während des ca. 48 Stunden währenden Brandes PCDD/PCDF in größerer Menge freigesetzt.

### **Maßnahmen und Risikoabschätzungen zum Schutz des Menschen**

Der Chlorwasserstoffgehalt der Außenluft erreichte während des Brandes Konzentrationen von 5,2 ppm bzw. 7,9 mg HCl/m<sup>3</sup>. Da die Wohnbebauung vergleichsweise nahe am Brandherd lag, Wechselwirkungen mit anderen Brandgasen nicht ausgeschlossen werden und ältere Personen, Schwangere und Kinder betroffen sein konnten, wurde trotz Einhaltung des MAK-Wertes von 5 ppm in der Luft (entspricht 7,6 mg HCl/m<sup>3</sup>) aus Vorsorgegründen eine Evakuierung angeordnet. Die Evakuierung wurde aufgehoben, als die HCl-Werte der Luft auf < 2 mg HCl/m<sup>3</sup> abgesunken waren. Während der Branddauer wurde ferner empfohlen, Türen und Fenster geschlossen zu halten und den durch Rauchgase unmittelbar beaufschlagten Bereich zu meiden. Die PCDD/PCDF-Messungen im Rauch ergaben Gehalte um 5 ng I-TE/m<sup>3</sup>, so daß vorsorglich empfohlen wurde, Kinder nicht im Freien spielen zu lassen, kein Obst und Gemüse aus diesem Bereich zu ernten und zu verzehren und keine Futterpflanzen zu ernten und zu verfüttern, bis eine Risikobewertung vorlag.

Die Bewertung wurde anhand der PCDD/PCDF-Belastung von Innenräumen (Flächen, Raumluft), Außenflächen, Spielplätzen (Boden, Sand, Gras) sowie von Nahrungs- und Futtermitteln, einschließlich Kuhmilch vorgenommen. Die genaue Eingrenzung des betroffenen Areals wurde anhand sichtbarer, durch HCl-Einwirkungen ausgelöster Pflanzenschäden festgelegt, und zwischen einem stärker beaufschlagten Maßnahmengebiet I und einem weniger betroffenen Maßnahmengebiet II unterschieden.

### **Innenräume**

Die Innenraumwischproben aus Wohnräumen und Büros wurden anhand des für bewohnte Innenräume diskutierten Richtwertes von 10 ng I-TE/m<sup>2</sup> beurteilt [6]. Überschreitungen dieses Wertes wurden nicht festgestellt.

Die Innenraumluft wurde anhand des von Rotard [7] abgeleiteten Interventionswert für die Beurteilung von Raumluft nach Brandschäden von 5 pg I-TE/m<sup>3</sup> beurteilt. Die in verschiedenen Innenräumen ermittelten PCDD/PCDF-Gehalte der Raumluft lagen deutlich unter dem angegebenen Richtwert.

## **Boden, Spielplätze, Gartenflächen**

Die Bewertung der Bodenproben von Grünflächen und Spielplätzen erfolgte anhand der Richtwerte der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE [3]. Es konnten keine erhöhten PCDD/PCDF-Gehalte im Boden festgestellt werden, die sich auf das Brandereignis hätten zurückführen lassen. Für Grasaufwuchs, beispielsweise aus Gärten, liegen derzeit in der BRD keine Richt- oder Grenzwerte vor. Im Nahbereich zum Brandherd konnten Gehalte von bis zu 650 ng I-TE (kg Trockensubstanz)<sup>-1</sup> im Gras festgestellt werden. Zur Reduzierung der Belastung wurden aus Vorsorgegründen die betroffenen Flächen mehrfach gemäht und das Schnittgut separat entsorgt. Nach ca. 6 Monaten lagen die PCDD/PCDF-Gehalte im Bereich der Hintergrundwerte.

## **Lebensmittel**

Da die Lebensmittel speziell Gartengemüse im Nahbereich zum Brandherd u.a. durch Brandruß und durch Salzsäureeinwirkungen beaufschlagt bzw. auch sichtbar geschädigt worden waren, wurde aus hygienischen Gründen von einem Verzehr abgeraten. Dies galt auch für Obst. Die PCDD/PCDF-Gehalte lagen in Grünkohl und Salat bei 53 bzw. 52 ng TE BGA (kg TS)<sup>-1</sup> und damit deutlich über den in industriellen Ballungsgebieten üblicherweise gemessenen Werten von 2 bis 10 ng TE BGA (kg TS)<sup>-1</sup> für Grünkohl bzw. 2 bis 5 ng TE BGA (kg TS)<sup>-1</sup> für Salat. Im Bereich dieser Werte lagen die Gehalte in Grünkohl und Salat aus dem Maßnahmenggebiet II, so daß besondere Verzehrsempfehlungen nicht gegeben werden mußten.

Andere Lebensmittel wie Brot, Rindfleisch oder auch Eier aus Bodenhaltung wurden in die Untersuchung mit einbezogen, zeigten aber keine Auffälligkeiten hinsichtlich der Belastung an Dioxinen und Furanen.

Ferner wurde die Milch von Einzelhofgemelken im beaufschlagten Gebiet untersucht. Zwar konnte ein Brandeinfluß hinsichtlich des PCDD/PCDF-Gehaltes in der Milch im Einzelfall festgestellt werden (5,9 ng I-TE (kg Milchfett)<sup>-1</sup>), jedoch führte die Empfehlung kontaminierte Futtermittel (Weideaufwuchs, Feldfrüchte) nicht zu verfüttern, zu einer raschen Reduzierung der PCDD/PCDF-Gehalte im Milchfett. Einvernehmlich abgestimmte Richt- oder Grenzwerte für Milch- und Milchprodukte gibt es in der Bundesrepublik Deutschland nicht.

## **Futtermittel**

Für PCDD/PCDF in Futtermitteln existieren keine verbindlichen Richt- bzw. Grenzwerte. Da aber vergleichsweise hohe Gehalte in Stoppelrüben gefunden wurden (193 ng TE BGA (kg TS)<sup>-1</sup>), wurde empfohlen, die beaufschlagten Blätter nicht zu verfüttern, während die Rübenkörper unbedenklich einer Fütterung zugeführt werden konnten. Weitergehende Einschränkungen über zukünftige Nutzungen der Flächen waren nicht zu besorgen. Ferner wurde empfohlen, kontaminierte Weideflächen vorübergehend nicht mehr für den Weidegang von Kühen zu nutzen.

## **Medizinische Untersuchungen**

Einige Personen, die besonders intensiv dem Brandgeschehen ausgesetzt waren, wurden ausführlich medizinisch untersucht. Hierzu zählte neben einer Vielzahl von klinisch-chemischen

Parametern auch eine Blutuntersuchung auf PCDD/PCDF und andere chlororganische Verbindungen. Es konnten bei dem Probandenkollektiv keine von der Norm abweichenden Befunde festgestellt werden, die sich auf die Einwirkungen von Organochlorverbindungen hätten zurückführen lassen. Dies gilt auch für die im Blutfett gemessenen PCDD/PCDF-Gehalte. Grundlage der Bewertung sind die ermittelten Werte eines Normalkollektives.

#### **4.6.2 Belastung durch PCDD/PCDF am Industriestandort Duisburg**

Der Standort Duisburg ist seit Jahrzehnten durch dichte industrielle Besiedlung selbst in Kernbereichen der Stadt gekennzeichnet. Die Erzeugung von Stahl, sowie die Verarbeitung von Buntmetallen führten zu einer großflächigen Kontamination mit Schwermetallen. Es liegen auch Erkenntnisse über die Freisetzung von PCDD/PCDF bei der Verhüttung oder der Lagerung von Filterstäuben sowie anderen Zuschlagstoffen vor. Auf Veranlassung des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft wurden mit Beginn des Frühjahres 1991 systematische Untersuchungen zur PCDD/PCDF-Belastung von Böden sowie Nahrungs- und Futtermittelpflanzen unter anderem in Kleingärten durchgeführt, die von Eintrags- und Luftkonzentrationsmessungen (Staubniederschlag, Schwebstaub) begleitet waren.

#### **Immissionsbelastung**

Große lokale Unterschiede traten im Staubniederschlag auf (5,7 bis 108,5 pg TE BGA (m<sup>2</sup>d)<sup>-1</sup> auf. Der Schwebstaubgehalt liegt mit 301 fg TE BGA/m<sup>3</sup> im Vergleich zu anderen Städten NRW's hoch [1, 9].

#### **Boden**

Die Bodenbelastungen schwanken ebenfalls sehr deutlich (4 bis 57 ng I-TE (kg TS)<sup>-1</sup>). In 0-30 m Bodentiefe lagen die Werte zwischen 6 bis 47 ng I-TE (kg TS)<sup>-1</sup> und sind auf Einwirkungen aus früheren Jahren zurückzuführen. Eine Bewertung der Untersuchungsergebnisse erfolgte entsprechend dem 2. Bericht der Bund/Länder AG DIOXINE [3].

#### **Nahrungspflanzen**

Da sich Grünkohl (*Brassica oleracea* var. *acephala*) als guter Indikator für eine Belastung chlororganischer Stoffe über den Luftpfad erwiesen hat [10], wurde neben Salat und Endivie vorzugsweise Grünkohl untersucht. Die Gehalte schwankten zwischen 2,6 und 65,6 ng TE BGA (kg Trockensubstanz)<sup>-1</sup>. Aus Vorsorgegründen wurde empfohlen, auf den Anbau von Blattgemüse und Grünkohl zu verzichten, während Wurzel-, Fruchtgemüse und Obst als unbedenklich eingestuft werden konnten.

#### **Medizinische Untersuchungen**

Da zu unterstellen war, daß Kleingartenbesitzer aus den betroffenen Duisburger Gebieten über längere Zeiträume Nahrungspflanzen aus ihren Gärten zu sich genommen hatten, die vergleichsweise höhere Dioxin-/Furangehalte aufwiesen, wurde eine entsprechende Personengruppe medizinisch untersucht. Die Blutfettgehalte lagen entsprechend im Mittel des Kollekti-

ves aus Duisburg bei 44,3 ng I-TE/kg und damit im Bereich der Hintergrundbelastung, wie sich aus anderen Studien ergibt [vgl. 11]. Damit konnte keine spezielle Expositionsquelle ermittelt werden.

## Quellen

- [1] Ableitung von Immissionswerten für die Luftschadstoffe PCDD und PCDF  
Entwurf des Berichtes des UA Wirkungsfragen des Länderausschusses für Immissionsschutz, Essen 1992
- [2] Dioxine und Furane - ihr Einfluß auf Umwelt und Gesundheit  
Bundesgesundheitsblatt Sonderheft 1993
- [3] 2. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE  
Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit,  
Bonn 1993
- [4] NRW-Meßprogramm Chloraromaten - Herkunft und Transfer  
Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW,  
Düsseldorf 1991
- [5] Prinz, B., Krause, G.H.M. und Radermacher, L.:  
Untersuchungen der Landesanstalt für Immissionsschutz zur Belastung von Gartenböden  
und Nahrungspflanzen durch polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane  
Aus der Tätigkeit der LIS 1989  
Hrsg.: Landesanstalt für Immissionsschutz NRW, Essen 1990
- [6] PCB-haltige Kondensatoren in Leuchten  
Erlaß vom 01.März 1989, Az. A2-64b 16/99-8/89  
Hessisches Ministerium des Inneren
- [7] Rotard, W.:  
PCDD und PCDF in Brandrückständen - Bewertung der gesundheitlichen Risiken und  
Sanierung der Schadensfälle  
Technische Überwachung 33 (1992) 185-191
- [8] Kieselrot-Studie: Humanmedizinische Untersuchungen.  
Bericht des Hygiene-Instituts des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen  
Hrsg.: Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales NRW, Düsseldorf 1991
- [9] Kirschmer, P.:  
Die Dioxin-Immissionsbelastung in Nordrhein-Westfalen  
Aus der Tätigkeit der LIS 1989  
Hrsg.: Landesanstalt für Immissionsschutz NRW, Essen 1990.
- [10] Prinz, B., Krause, G.H.M. und Radermacher, L.:  
Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane. Untersuchungen zur Belastung von  
Gartenböden und Nahrungspflanzen  
Staub-Reinhalt. Luft 50 (1990) 377-381.



- [11] Holzapfel, C., Heise P. und Müller A.:  
Duisburger Umweltthemen 2 - Dioxine  
Hrsg.: Stadt Duisburg, Umweltdezernat, Duisburg 1993
- [12] Großbrand eines Kunststofflagers in Lengerich im Oktober 1992 -Dokumentation -  
Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, Innenministerium NRW, Stadt Lengerich, Düsseldorf 1994
- [13] Fürst, P., Krause, G.H.M., Hein, D., Delschen, T. und Wilmers, K.:  
PCDD/PCDF in cow's milk in relation to their levels in grass and soil  
Chemosphere 27 (1993) 1349-1357

## **5. Beseitigung von Rückständen wie Brandschutt oder Löschwasser unter Beachtung besonderer Schutzmaßnahmen**

Hier sind die jeweils gültigen Bestimmungen des Abfallrechtes zu beachten. In Innenräumen sollten die Empfehlungen des BGA "Empfehlungen zur Reinigung von Gebäuden nach Bränden", 1990 berücksichtigt werden.

Nach den Empfehlungen des ehemaligen Landesamtes für Wasser und Abfall anlässlich des Großbrandes eines Kunststofflagers in Lengerich können Dioxin/Furan-belastete Abfälle bis zu 1.000 ng I-TE/kg auf einer Hausmülldeponie ohne besondere Vorkehrungen entsorgt werden. Bei Dioxingehalten anorganischer Abfälle von 1.000 - 10.000 ng I-TE/kg sollten diese in Sonderbereichen von Hausmülldeponien abgelagert werden (gemäß Erlass des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft von 17. Juni 1991, Az.: IV A 4-551.42). Die Sonderbereiche sind so herzurichten, daß ein Kontakt der abzulagernden dioxinhaltigen Abfälle mit organisch belastetem Sickerwasser sowie mit Deponiegas sicher auszuschließen ist, um eine Mobilisierung der Schadstoffe zu vermeiden. Auf einer Hausmülldeponie kann dieser Bereich auch durch Ablagerung von Abfällen in der letzten oberen Schicht geschaffen werden. Eine Vermischung mit Hausmüll oder eine weitere Überlagerung muß sicher ausgeschlossen werden. Es ist eine wasser- und gasdichte Einkapselung der abgelagerten Brandrückstände vorzusehen. Auf Deponien, die die Anforderungen der TA-Siedlungsabfall erfüllen, können Dioxin/Furanbelastete Abfälle bis 1.000 ng I-TE/kg auf der Deponieklasse I abgelagert werden, sofern die Zuordnungswerte im Anhang B eingehalten werden. Dioxin/Furan-belastete Abfälle mit einem Gehalt von 1.000 - 10.000 ng/kg I-TE sollten in einem Monobereich der Deponieklasse II abgelagert werden. Die Zuordnungswerte nach Anhang B müssen ebenfalls eingehalten werden. Abfälle mit Dioxingehalten über 10.000 ng I-TE/kg sollten einer Sonderabfalldeponie, die den Anforderungen der TA-Abfall, Teil 1 entspricht, oder im Falle organischer Abfälle bzw. extrem hoher Belastung an Dioxin einer Sonderabfallverbrennung zugeführt werden.

Brandrückstände sollten grundsätzlich in brennbare und nicht brennbare Anteile getrennt werden. Die brennbare Fraktion bzw. die Fraktion mit extrem hoher Dioxin/Furan-Belastung sollte wie o.g. der Sonderabfallverbrennung zugeführt werden. In Abhängigkeit von den Dioxingehalten und den Materialeigenschaften des Abfalles sowie den Möglichkeiten einer separaten dosierten Zugabe ist gegebenenfalls die Entsorgung auch in einer dem Stand der Technik entsprechenden Hausmüllverbrennungsanlage möglich. Dies sollte im Einzelfall entschieden werden. Des weiteren sollte auch ein Recycling von geeigneten Materialien erfolgen (z.B. von Stahlteilen). Bei Mischung von anorganischen und organischen dioxinhaltigen Abfällen kann

von einer Verbrennung der Abfälle abgesehen werden, wenn nur geringe Dioxinbelastungen vorliegen und der organische Anteil nicht reaktiv und/oder mobil ist oder mobilisierend wirkt.

Um den Analysenaufwand in bezug auf die Parameter für Dioxine und Furane in einem angemessenen Rahmen zu halten, sollten die Brandrückstände in 2 Gruppen eingeteilt werden:

1. Gruppe: Rückstände aus Bränden in Wohnbereichen, in Büros, öffentlichen Gebäuden, Läden, Praxen und ähnlichen Bereichen.
2. Gruppe: Rückstände der Brände von Industrie- und Gewerbebetrieben.

Bei Brandrückständen der Gruppe 1 sollte in der Regel auf Dioxin/Furan-Untersuchungen verzichtet werden. Nach hiesigen Erkenntnissen ist mit Dioxin/Furan-Gehalten niedriger als 1.000 ng/kg I-TE zu rechnen. Wo sichtbar größere Mengen PVC oder andere chlororganische Stoffe enthaltende Materialien verbrannt bzw. verschwelt sind, ist eine Untersuchung auf Dioxine/Furane angezeigt. Der Entsorgungsweg sollte dann im Einzelfall anhand der Analysen festgelegt werden.

Bei Bränden im industriellen und gewerblichen Bereich (Gruppe 2) werden häufig größere Mengen an Dioxin und Furan gebildet. In solchen Fällen erscheinen die Untersuchungen auf Dioxine und Furane angemessen. Hier sollte ebenfalls über den Entsorgungsweg im Einzelfall entschieden werden. Im übrigen wird auf die "Empfehlungen zur Reinigung von Gebäuden nach Bränden" des Bundesgesundheitsamtes von 1990 verwiesen, wo auch die Thematik der Entsorgung besprochen wird.

Im LAGA-Abfallartenkatalog von 1990 - für NRW eingeführt durch MURL - Erlaß vom 17.12.1990 - sind Brandrückstände nicht gesondert aufgeführt. Sie sind nach hiesiger Auffassung den folgenden Abfallschlüsseln zuzuordnen:

- |        |   |
|--------|---|
| 314 09 | "Bauschutt",  |
| 314 41 | "Bauschutt und Erdaushub mit schädlichen Verunreinigungen", |

bzw. bei Abfällen, die durch andere Abfallschlüssel spezifiziert werden können, sind diese den entsprechenden stoffspezifischeren Abfallschlüsseln zuzuweisen.

**Anlage 1: Richt und Grenzwerte für PCCD/PCDF-Kontaminationen als Summe I-TE**

**Nachbarschutz**

Vorläufig duldbare tägliche Aufnahme	nach BGA	1-10 pg/kg*d	1)
	Interventionswert	10 pg/kg*d	
Luft	Interventionswert Innenräume	5 pg/m <sup>3</sup>	2)
	Innenräume von Kindergärten	0,5 pg/m <sup>3</sup>	3)
Boden, landwirtschaftliche Nutzung	uneingeschränkt	< 5 ng/kg	4)
	Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen im Sinne der Vorsorge	5-40 ng/kg	5)
	Einschränkung bestimmter landwirtschaftlicher und gärtnerischer Nutzung	> 40 ng/kg	5)
Kinderspielplätze		100 ng/kg	8) 5)
Wohngebiete		1000 ng/kg	6) 5)
Interventionswert außerhalb von Wohngebieten		1000 ng/kg	7) 5)
Interventionswert		10000 ng/kg	1) 5)
Klärschlamm (Grenzwert der Klärschlammverordnung für die landwirtschaftliche Verwertung)		100 ng/kg	2)
Reinigungsrichtwert für Innenräume		10 ng/m <sup>2</sup>	9)

**Entsorgung**

Deponiefähiger Bauschutt, soweit TA-Siedlungsabfall erfüllt wird, auf Deponieklasse I (Anhang B der TA-Siedlungsabfall erfüllt) oder auf Hausmülldeponie	< 1000 ng/kg	10)
- Abfall, auf Sonderbereiche von Hausmülldeponien; Monobereich der Deponieklasse II	< 10000 ng/kg	
- Abfall auf Sonderabfalldeponie nach TA-Abfall Teil 1	> 10000 ng/kg	
- Organische Abfälle zur Hochtemperaturabfallverbrennung	> 10000 ng/kg	

**Arbeitsschutz**

Reinigungsrichtwert für Wohnungen, Büros	10 ng/m <sup>2</sup>	9)
Produktionsräume	50 ng/m <sup>2</sup>	11)
selten begangene Räume	100 ng/m <sup>2</sup>	11)

**Emissionen**

Müllverbrennungsanlagen	0,1 ng/m <sup>2</sup>	13)
-------------------------	-----------------------	-----

## Anlage 1 (Fortsetzung)

### Verbot des Inverkehrbringens

Stoffe/Zubereitungen Abschnitt 4: Dioxine und Furane	Verbote	
<p>1. a) 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin b) 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin c) 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran d) 2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran</p> <p>2. a) 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin b) 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin c) 1,2,3,6,7,8,-Hexachlordibenzo-p-dioxin d) 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran e) 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran f) 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran g) 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran h) 2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran</p> <p>3. a) 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin b) 1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzo-p-dioxin c) 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran d) 1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran e) 1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran</p> <p>4. a) 2,3,7,8-Tetrabromdibenzo-p-dioxin b) 1,2,3,7,8-Pentabromdibenzo-p-dioxin c) 2,3,7,8-Tetrabromdibenzofuran d) 2,3,4,7,8-Pentabromdibenzofuran</p> <p>5. a) 1,2,3,4,7,8-Hexabromdibenzo-p-dioxin b) 1,2,3,7,8,9-Hexabromdibenzo-p-dioxin c) 1,2,3,6,7,8-Hexabromdibenzo-p-dioxin d) 1,2,3,7,8-Pentabromdibenzofuran</p>	<p>Stoffe Zubereitungen und Erzeugnisse dürfen nicht in Verkehr gebracht werden, wenn die Summe der Gehalte</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. der in der Spalte 1 Nr. 1 genannten chemischen Verbindungen den Wert von <b>1 µg/kg</b>,</li> <li>2. der in Spalte 1 Nr. 1 und 2 genannten chemischen Verbindungen den Wert von <b>5 µg/kg</b>,</li> <li>3. der in Spalte 1 Nr. 1, 2 und 3 genannten chemischen Verbindungen den Wert von <b>100 µg/kg</b></li> <li>4. der in Spalte 1 Nr. 4 genannten chemischen Verbindungen den Wert von <b>1 µg/kg</b> oder</li> <li>5. der in Spalte 1 Nr. 4 und 5 genannten chemischen Verbindungen den Wert von <b>5 µg/kg</b></li> </ol> <p>überschreitet. Die in Satz 1 Nr. 2, 3 und 5 genannten Grenzwerte gelten nur dann als eingehalten, wenn auch der in den jeweils vorhergehenden Nummern festgesetzte Grenzwert für die dort genannten Kongenerengruppen nicht überschritten wird.</p>	12)

## Quellen:

- 1) BGA 1989
- 2) Rotard, BGA, 05.1992
- 3) Drucksache 12 (02.10.1987) Freie Hansestadt Hamburg
- 4) R-Zone in SEVESO:  $< 0,75 \mu\text{g}/\text{m}^2$  TCDD (bei 7 cm Probenahmetiefe ist 1 ppt =  $120 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), Neubert 1987, NATO/CCMS-Studie 1988, BGA 1989
- 5) Bund/Länder-Arbeitsgruppe "Dioxine" 1992
- 6) beim Aufenthalt im Freien nehmen Kinder bis  $130 \text{ mg}/\text{Bodenstaub}/\text{d}$  auf, bei 75 %iger Resorption (Berg 1985) ergibt sich bei Bodengehalten  $> 1 \text{ ppb}$  eine tägliche Aufnahme  $> 10 \text{ ng}/\text{kg}$  Körpergewicht
- 7) für nicht bearbeitete Böden reicht eine Austauschtiefe von 10 cm aus; für bearbeitete Böden gilt: Austauschtiefe = Bearbeitungstiefe + 10 cm
- 8) Bund/Länder-Arbeitsgruppe "Dioxine" 10.1990
- 9) EPA für ständig bewohnte Räume in SEVESO
- 10) Mitteilung LWA
- 11) MAGS Arbeitskreis "Dioxine" 1992
- 12) Erste Verordnung zur Änderung der Chemikalienverbotsverordnung vom 06.07.1994 BGBl Teil 1 1994 S. 1493
- 13) 17. BImSchV

**Anlage 2: Grundbelastung durch polyhalogenierte Dibenzodioxine und -Furane als Summe I-TE**

Tägliche Aufnahme durch den Menschen		1-3	pg/kg	TE BGA	1)
		2	pg/kg	TE BGA	2)
Umgebungsluft	Belastungsgebiete (Jahresmittelwert)	0,1-0,3	pg/m <sup>3</sup>		3)
	Hintergrundbelastung/Eifel (Jahresmittelwert)	0,02	pg/m <sup>3</sup>		3a)
Humanblut (im Blutfett)		30	ng/kg	TE BGA	2)
Humanfett		30	ng/kg	TE BGA	2)
Humanmilch (im Milchfett)		15-20	ng/kg	TE BGA	2)
Kuhmilch (im Fett)	Industriegebiete	1,6-6,6	ng/kg		4)
	Nähe Kabelabbrennanlagen	5-24	ng/kg		4)
	Hintergrundbelastung	1-2,8	ng/kg		4)
	Konsummilch	0,8-2,6	ng/kg		4a)
Futterpflanzen, Gras		0,5-1,7	ng/kg		5)
Büsche, Bäume	Blätter	7-20	ng/kg		6)
	Koniferennadeln	1,4-2,6	ng/kg		6)
Ackerland		bis 8	ng/kg		7)
Weideland	Belastungsgebiete	3-20	ng/kg		5)
	Reinluftgebiete	1-10	ng/kg		5)
Boden um Kabelabbrennanlagen	Nahbereich	bis 8000	ng/kg		
	ab 500 m	10-100	ng/kg		
E-Filterstäbe aus MVA's		2000-3000	ng/kg		
Komposte	aus Gesamtmüll	2-180	ng/kg		8)
	aus Biomüll	4-140	ng/kg		8)
Klärschlämme aus	Anlagen mit ausschließlich häuslichem Abwasser	50-120	ng/kg		9)
	Anlagen mit vorwiegend Textilindustrie	400-550	ng/kg		
	Anlagen mit vorwiegend Metallindustrie, Papier- und Chemieindustrie	150	ng/kg		
Klärschlamm; Durchschnittsbelastung von 300 Proben aus der Bundesrepublik		50-60	ng/kg		10)

## **Quellen:**

- 1) BGA 1989
- 2) Bund/Länder-Arbeitsgruppe "Dioxine" 1992
- 3) Kirschmer 1990
- 3a) LIS 1993
- 4) Beck et al 1990
- 4a) Fürst et al 1991
- 5) MURL 1991
- 6) König, et al, Umweltchemie und Ökotoxikologie 3, 33 (1991)
- 7) Jäger und Pflug, Berlin 1984
- 8) LIS 1992
- 9) Friege et al: Vom Wasser (1989) 73,413 - 425
- 10) Korrespondenz Abwasser 37 (2/90) 161 - 163 (1990)

**Anlage 3: Beispielhafte Kontaminationen**  
**A: Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane in Luftproben**

	<b>Jahresmittelwert Immission urbanes Gebiet [fg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Emissionsprobe MVA mit A-Kohle Reinigung [ng/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Brandrauchprobe PVC-Brand Lengerich [ng/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Wischprobe nach einem Bürobrand am Brandherd [ng/m<sup>2</sup>]</b>
Summe TCDD	410	0,320	6,8	n.n.
Summe PeCDD	600	0,362	9,6	n.n.
Summe HxCDD	840	0,287	8,8	2157
Summe HpCDD	1580	0,265	6,3	24744
OCDD	1560	0,149	1,8	315059
PCDD	4990	1,484	33,3	341996
2,3,7,8-TCDD	7	0,0046	0,12	<13
1,2,3,7,8-PeCDD	37	0,014	0,78	<16
1,2,3,4,7,8-HxCDD	30	0,0094	0,62	140
1,2,3,6,7,8-HxCDD	61	0,0216	0,85	355
1,2,3,7,8,9-HxCDD	52	0,0144	0,69	99
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	780	0,122	3,62	19656
Summe TCDF	2000	0,845	35,5	1729
SummePeCDF	1840	0,605	57,1	3505
Summe HxCDF	1050	0,334	51,9	474
Summe HpCDF	710	0,150	24,8	1818
OCDF	480	0,0275	7,0	3793
PCDF	6190	1,959	176	11319
2,3,7,8-TCDF	110	0,0275	1,35	438
1,2,3,7,8-PeCDF <sup>1)</sup>	140	0,054	5,58	100
2,3,4,7,8-PeCDF	210	0,036	3,80	158
1,2,3,4,7,8-HxCDF <sup>2)</sup>	130	0,039	8,55	62
1,2,3,6,7,8-HxCDF	110	0,037	6,45	98
1,2,3,7,8,9-HxCDF	14	0,0037	0,83	29
2,3,4,6,7,8-HxCDF	120	0,0296	3,12	17
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	470	0,109	17,10	768
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	42	0,0086	1,64	43
PCDD+PCDF	11100	3,440	209,6	353316
TE (BGA)	179	0,063	4,99	743
TE (NATO/CCMS)	204	0,053	5,17	731

1) Koelution mit 1,2,3,4,8-PeCDF

2) Koelution mit 1,2,3,4,7,9-HxCDF



**Anlage 3: Beispielhafte Kontaminationen**  
**B: Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane in**  
**Futterpflanzen [ng/kg TS ]**

	<b>Gras nach Brand in Lengerich Standort 1</b>	<b>Gras nach Brand in Lengerich Standort 2</b>	<b>Rübenblätter nach Brand in Lengerich Standort 3</b>	<b>Rübenblätter nach Brand in Lengerich Standort 4</b>
Summe TCDD	215	1039	107	1630
Summe PeCDD	46	445	27	302
Summe HxCDD	22	261	10	115
Summe HpCDD	18	168	6,0	63
OCDD	28	79	7,6	62
PCDD	329	1992	154	2172
2,3,7,8-TCDD	1,4	7,3	1,0	8,2
1,2,3,7,8-PeCDD	2,4	25,9	1,3	12,5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,3	15,0	0,7	5,6
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,9	21,1	0,9	8,8
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,4	20,9	0,5	8,0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	9,5	89,9	3,3	33,9
Summe TCDF	970	6137	366	9148
Summe PeCDF	317	2145	82	1540
Summe HxCDF	116	1356	28	451
Summe HpCDF	22	539	17	211
OCDF	15	183	5,8	78
PCDF	1440	10360	496	11428
2,3,7,8-TCDF	21,3	108,8	10	160,4
1,2,3,7,8-PeCDF <sup>1)</sup>	30,5	190,7	8,5	121
2,3,4,7,8-PeCDF	12,0	114,7	4,5	62,2
1,2,3,4,7,8-HxCDF <sup>2)</sup>	15,4	209,0	4,5	76,8
1,2,3,6,7,8-HxCDF	12,2	175,0	3,4	64,6
1,2,3,7,8,9-HxCDF	2,6	12,4	0,6	14,3
2,3,4,6,7,8-HxCDF	6,5	91,5	2,0	30,8
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	16,6	362,3	11	151,5
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1,2	28,6	1,8	12,0
PCDD+PCDF	1769	12352	650	13600
TE (BGA)	28,2	215,0	11	193,1
TE (NATO/CCMS)	16,7	157,6	6,7	90,7

- 1) Koelution mit 1,2,3,4,8-PeCDF  
2) Koelution mit 1,2,3,4,7,9-HxCDF

**Anlage 3:**

**Beispielhafte Kontaminationen**

**C: Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane in  
Hofsammelmilch [ng/kg Fett]**

	Maximalwerte nach PVC-Brand Lengerich(1992)	Referenzgehalte	
		Molkereimilch Mittelwert (n = 168)	CLAM (1991) Bereich
OCDD	1,60	2,98	1,17 - 7,30
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1,20	1,46	0,23 - 13,00
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,86	0,23	0,10 - 0,52
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,60	0,96	0,55 - 4,60
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,53	0,23	0,11 - 0,57
1,2,3,7,8-PeCDD	1,60	0,41	0,22 - 0,80
2,3,7,8-TCDD	0,91	0,22	0,11 - 0,90
OCDF	0,11	0,28	0,11 - 0,91
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,00	0,42	0,19 - 3,20
1,2,3,4,7,8-HxCDF	4,30	0,87	0,39 - 1,88
1,2,3,6,7,8-HxCDF	3,20	0,56	0,25 - 1,23
2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,80	0,49	0,20 - 0,97
1,2,3,7,8-PeCDF	1,10	0,10	0,03 - 0,35
2,3,4,7,8-PeCDF	5,50	1,15	0,54 - 2,53
2,3,7,8-TCDF	0,87	0,21	0,11 - 0,50
TE (BGA)	3,14	0,76	0,44 - 1,85
TE (NATO/CCMS)	5,86	1,38	0,76 - 2,62

**Anlage 3:****Beispielhafte Kontaminationen****D: PCDD/PCDF-Gehalte in Pflanzen und Böden [ng/kg TS TE BGA]****Werte aus verschiedenen Programmen:****H = Hintergrund und Kontrollstandorte****V = verschiedene Programme****Ü = Überschwemmungsgebiet**

<b>Programm</b>	<b>Pflanzenart</b>	<b>Pflanzen von - bis</b>	<b>Boden von - bis</b>
H	Spinat	0,3 - 1,9	2,3 - 3,1
V	Spinat	0,7 - 1,3	9,5 - 19,2
H	Grünkohl	0,2 - 2,5	3,1 - 79
V	Grünkohl	0,8 - 1,87	9,5 - 19,2
H	Mangold	0,9 - 2,6	3,1 - 79
V	Salat	0,08 - 0,25	12 - 79
V	Endivie	0,05 - 0,23	19,6 - 79
H	Gras	0,20 - 1,43	2,3 - 4,3
V	Gras	0,08 - 2,52	3,1 - 1203,0
Ü	Gras	1,16 - 4,71	2,1 - 73,2

Quelle: Untersuchungen LÖLF/LIS

**Anlage 3: Beispielhafte Kontaminationen**  
**E: Konzentrationsbereiche für die PCDD/PCDF-Belastung von Flächen und Materialien nach Bränden (TE-BGA)**

<b>Brandlast</b>	<b>Flächenbelastung (<math>\mu\text{g}/\text{m}^2</math>)</b>	<b>Materialbelastung Brandreste (<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>)</b>
Kabelmaterial	0,0007 - 0,92	0,3 - 8,6
Chloropren-haltige Materialien	0,008 - 0,25	0,1 - 1,2
PCV-haltivge Materialien und reines PVC	0,003 - 9,70	0,1 - 110
Verpackungsmaterial	0,0005 - 0,055	0,3 - 1,2
Chemische Einsatzstoffe	0,05 - 2,3	0,1 - 5,3
Sondermüll	0,005 - 0,8	0,1 - 19
Hausmüll	0,0005 - 0,5	
Fernsehgeräte	0,003 - 0,17	
Küchen-/ Wohnungseinrichtungen	0,005 - 0,025	
PCB-haltige Kondensator- flüssigkeiten	0,1 - 200	20 - 2800

Quelle: W. Funcke, J. Theisen, E. Balfanz und J. König:  
 Entstehung halogener organischer Substanzen in Brandfällen;  
 VDI-Band 745 (1989) S. 195 - 200

**Anlage 4:**

**Toxizitätsäquivalenzfaktoren zur Berechnung der Toxizitätsäquivalente nach NATO/CCMS und BGA**

		BGA	NATO CCMS
<b>KONGENER</b>			
2,3,7,8	TCDD	1	1
1,2,3,7,8	PeCDD	0,1	0,5
1,2,3,4,7,8	HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9	HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8	HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8	HpCDD	0,01	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9	OCDD	0,001	0,001
2,3,7,8	TCDF	0,1	0,1
2,3,4,7,8	PeCDF	0,1	0,5
1,2,3,7,8	PeCDF	0,1	0,05
1,2,3,6,7,8	HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,7,8	HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9	HxCDF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8	HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8	HpCDF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9	HpCDF	0,01	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9	OCDF	0,001	0,001
<b>HOMOLOGE</b>			
Tetra CDD/Tetra CDF		0,01	-
Penta CDD/Penta CDF		0,01	-
Hexa CDD/Hexa CDF		0,01	-
Hepta CDD/Hepta CDF		0,001	-

**Anlage 5: Adressenliste der Umweltbehörden des Landes NRW**

1. **Ministerium für Umwelt, Raumordnung  
und Landwirtschaft  
des Landes NRW  
Kennedy-Damm-Center  
Schwannstr. 3  
40476 Düsseldorf**  
Tel. (02 11) 45 66-0  
Fax (02 11) 45 66-388
  
2. **Landesumweltamt NRW  
Postfach 10 23 63  
45029 Essen**  
Tel. (0201) 79 95-0  
Fax (0201) 79 95-446  
  
**Expertenstab  
Anforderung über die NBZ des LUA-NRW**  
Tel. (0201) 71 44-88  
Fax (0201) 79 95-365
  
3. **Bezirksregierungen von NRW**  
  
**Bezirksregierung  
Seibertzstr. 1  
59821 Arnsberg**  
Tel. (0 29 31) 82-0  
Fax (0 29 31) 82-21 32  
  
**Bezirksregierung  
Domplatz 1-3  
48143 Münster**  
Tel. (02 51) 4 11-0  
Fax (02 51) 4 11-25 25  
  
**Bezirksregierung  
Leopoldstr. 13-15  
32754 Detmold**  
Tel. (0 52 31) 71-0  
Fax (0 52 31) 71-12 95  
  
**Bezirksregierung  
Zeughausstr. 4-10  
50667 Köln**  
Tel. (02 21) 1 47-0  
Fax (02 21) 1 47-31 85  
  
**Bezirksregierung  
Cecilienallee 2  
40474 Düsseldorf**  
Tel. (02 11) 4 75-0  
Fax (02 11) 4 75-26 71
  
4. **Staatliche Umweltämter in NRW**  
  
**Staatliches Umweltamt  
Aachen  
Postfach 14 87  
52034 Aachen**  
Tel. (02 41) 4 57-0  
Fax (02 41) 4 57-541

Staatliches Umweltamt  
Bielefeld  
Postfach 10 03 29  
33503 Bielefeld

Tel. (05 21) 95 15-0  
Fax (05 21) 97 15-450

Staatliches Umweltamt  
Duisburg  
Am Freischütz 10  
47058 Duisburg

Tel. (02 03) 30 52-0  
Fax (02 03) 30 52-200

Staatliches Umweltamt  
Düsseldorf  
Schanzenstr. 90  
40549 Düsseldorf

Tel. (02 11) 57 78-0  
Fax (02 11) 57 78-134

Staatliches Umweltamt  
Hagen  
Postfach 35 69  
58035 Hagen

Tel. (0 23 31) 9 85-0  
Fax (0 23 31) 88 15 16

Staatliches Umweltamt  
Herten  
Postfach 20 62  
45678 Herten

Tel. (0 23 66) 8 07-0  
Fax (0 23 66) 8 07-499

Staatliches Umweltamt  
Köln  
Postfach 14 01 49  
50491 Köln

Tel. (02 21) 77 40-0  
Fax (02 21) 77 40-288

Staatliches Umweltamt  
Krefeld  
Postfach 27 30  
47727 Krefeld

Tel. (0 21 51) 8 97-1  
Fax (0 21 51) 8 97-481

Staatliches Umweltamt  
Lippstadt  
Postfach 25 30  
59535 Lippstadt

Tel. (0 29 41) 9 86-0  
Fax (0 29 41) 9 86-350

Staatliches Umweltamt  
Minden  
Postfach 31 07  
32388 Minden

Tel. (05 71) 80 8-0  
Fax (05 71) 80 8-447

Staatliches Umweltamt  
Münster  
Postfach 84 40  
48045 Münster

Tel. (02 51) 23 75-0  
Fax (02 51) 23 75-222

**Staatliches Umweltamt  
Siegen  
Postfach 10 12 51  
57012 Siegen**

**Tel. (02 71) 5 85-1  
Fax (02 71) 5 73-31**

**5. Chemisches Landes- und Staatl.  
Veterinäruntersuchungsamt  
Postfach 19 80  
48007 Münster**

**Tel. (02 51) 98 21-0  
Fax (02 51) 98 21-250**



**Anlage 6: Adressenliste von analytischen Laboratorien zur Probenahme und Analyse von PCDD/PCDF**

**1. Meßinstitute, die in NRW ansässig sind, und für die Probenahme und Analytik von PCDD/PCDF nach §§ 26, 28 BImSchG zugelassen sind (Stand: 01.94):**

Landesumweltamt NRW  
Wallneyer Str. 6  
45133 Essen

Tel. (02 01) 79 95-0

ECOPLAN Deutschland  
Institut für Umweltschutz GmbH  
Niederlassung Mönchengladbach  
Postfach 35 01 08  
41223 Mönchengladbach

Tel. (0 21 66) 8 57-0

Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik mbH  
Otto-Hahn-Str. 22  
48161 Münster-Roxel

Tel. (0 25 34) 8 07-0

RW TÜV  
Steubenstr. 53  
45141 Essen

Tel. (02 01) 8 25-0

**2. In NRW ansässige Laboratorien, die sich nach Angaben der WHO anlässlich des letzten Ringversuches 1992/1993 für die PCDD/PCDF-Bestimmung in Blut und Kuhmilch qualifiziert haben:**

**PCDD/PCDF in Blut:**

Gesellschaft für Arbeitsplatz und Umweltanalytik mbH  
Otto-Hahn-Str. 22  
48161 Münster-Roxel

Tel. (0 25 34) 8 07-0

Hygieneinstitut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen  
Rotthausen Str. 19  
45879 Gelsenkirchen

Tel. (02 09) 15 86-0

**PCDD/PCDF in Kuhmilch:**

Chemisches Landes- und Staatl.  
Veterinäruntersuchungsamt  
Sperlichstr. 19  
48151 Münster

Tel. (02 51) 98 21-0

Gesellschaft für Arbeitsplatz und Umweltanalytik mbH  
Otto-Hahn-Str. 22  
48161 Münster-Roxel

Tel. (0 25 34) 8 07-0

**3. Verzeichnis der in NRW ansässigen Untersuchungsstellen nach § 3 Abs. 2 und 5 Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15.04.1992 Gruppe 3: PCDD/F in Klärschlamm (MBL NW 1994 S. 482)**

Chemisches Laboratorium  
Dr. E. Weßling GmbH  
Oststr. 2  
48341 Altenberge

Hygienisch-Bakteriologisches Institut  
Bielefeld  
Jakobuskirchplatz 3  
33604 Bielefeld

IUTA  
Institut für Umwelttechnologie und  
Umweltanalytik e.V. der Uni Duisburg  
Bliersheimer Str. 60  
47299 Duisburg

Krupp Forschungsinstitut  
Analysen und Prüftechnik  
Münchener Str. 100  
45145 Essen

Rheinisch Westfälischer  
Technischer Überwachungsverein  
Langemarckstr. 20  
45141 Essen

Hygiene-Institut des Ruhrgebietes  
Rotthausener Str. 19  
45879 Gelsenkirchen

Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik mbH  
Otto-Hahn-Str. 22  
48161 Münster

Universität-GH Paderborn  
Dioxin-Labor  
Fachgebiet 13  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn

**Anlage 7: Bestimmungsgrenzen für PCDD/PCDF in Umweltproben**

Im Hinblick auf zu überprüfende Gehalte, Grenz- und Richtwerte sind nachfolgende Bestimmungsgrenzen in den jeweiligen Matrices zu erreichen:

<b>Probe</b>	<b>Einwaage/ Probenahmevolumen</b>	<b>Bezug auf</b>	<b>Bestimmungsgrenze</b>
Milch Blut Pflanze	3 g Fett 100 ml 20 g	Fettgehalt Fettgehalt Trockensubstanz	1 pg/g für OCDD/F 0,1 pg/g für die übrigen 2,3,7,8-substituierten Kongerne
Luft (Emission)	8 - 12 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> i.N.tr.	0,005 ng/m <sup>3</sup> für alle 2,3,7,8-substituierten Kongenerne
Luft (Immission)	1000 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	2 fg/m <sup>3</sup> für TCDD/F 5 fg/m <sup>3</sup> für penta-, hexa-, und hepta-CDD/F 10 fg/m <sup>3</sup> für OCDD/F
Boden Sediment	50 g	Trockensubstanz	5 ng/kg für OCDD/F 0,2 ng/kg für die übrigen 2,3,7,8-substituierten Kongenerne
Klärschlamm	50 g	Trockensubstanz	10 ng/kg für OCDD/F 1 ng/kg für die übrigen 2,3,7,8-substituierten Kongenerne
Wasser	4 l	l	1 ng/l für OCDD/F 0,1 ng/l für die übrigen 2,3,7,8-substituierten Kongenerne

## Anlage 8: Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

PCB	=	polychlorierte Biphenyle
PCDD	=	polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine
PCDF	=	polychlorierte Dibenzofurane
PBrDD	=	polybromierte Dibenzo-p-Dioxine
PBrDF	=	polybromierte Dibenzofurane
PXDD	=	polyhalogenierte Dibenzo-p-Dioxine
PXDF	=	polyhalogenierte Dibenzofurane
PVC	=	Polyvinylchlorid
I-TE	=	Internationale Toxizitätsäquivalente
NATO/CCMS	=	North Atlantic Treaty Organization/Committee of the challenge of Modern Society
BGA	=	Bundesgesundheitsamt
TE BGA	=	Toxizitätsäquivalente nach BGA
HCl	=	Salzsäure
CKW	=	Chlorkohlenwasserstoff
TS	=	Trockensubstanz
mT	=	Masse - trocken
kg	=	Kilogramm
g	=	Gramm
mg	=	Milligramm (0,001 g)
µg	=	Mikrogramm (0,000 001 g)
ng	=	Nanogramm (0,000 000 001g)
pg	=	Pikogramm (0,000 000 000 001 g)
fg	=	Femtogramm (0,000 000 000 000 001 g)

## **Information über die neue Technische Umweltverwaltung in Nordrhein-Westfalen**

Die Technische Umweltverwaltung in Nordrhein-Westfalen wurde neu organisiert und das

### **Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen**

gegründet. Im Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW), das seit dem 1. April 1994 arbeitet, sind die Vorläuferinstitutionen *Landesamt für Wasser und Abfall, Landesanstalt für Immissionsschutz, Bodenschutzzentrum, Bodenschutzabteilung der Landesanstalt für Ökologie und das Fachinformationszentrum für gefährliche und umweltrelevante Stoffe* zusammengeführt worden.

Ein ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Schriften des *Landesumweltamtes NRW* und seiner *Vorläufer-Institutionen* ist erhältlich unter der gemeinsamen Postanschrift

*Landesumweltamt NRW, Postfach 10 23 63, 45023 Essen  
(Hausanschrift: Wallneyer Straße 6, 45133 Essen)*

oder direkt beim Schriftenvertrieb des Landesumweltamtes NRW, Dienststelle Düsseldorf

*Telefon (02 11) 15 90 - 114 • Telefax (02 11) 15 90 176*

**Seit 1. April 1994 sind bisher folgende Merkblätter des neugegründeten Landesumweltamtes NRW erschienen:**

1	Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Bodenproben	15,00 DM
2	Betrieb und Unterhaltung von mechanisch-biologischen Kläranlagen	15,00 DM
3	Abwasserbeseitigung im Außenbereich (Kleinkläranlagen)	15,00 DM
4	Leitfaden für die Abwicklung der Luftreinhalteplanung in NRW	15,00 DM
5	Leitfaden für die Vorgehensweise bei akuten Dioxin-Schadensfällen	15,00 DM

---

**Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen**

---