

Fachtagung "Schadstoffausbreitung bei Großbränden" 12.03.2008 in Dresden



BESTIMMUNG VON SCHADSTOFFEN DURCH LABOREINRICHTUNGEN

Vortrag: H. Kühne
ERGO Umweltinstitut GmbH Dresden

Gliederung

1 Einleitend:

Anforderungen an Probenahme und Analytik während eines Großbrandes
- Möglichkeiten und Grenzen der Umsetzung durch ein Umweltlabor -

- ▣ *Beispielfall*

2 Bestimmung von hochtoxischen Sonderverbindungen – Dioxine und Furane (PCDD/DF)

- ▣ *Charakteristika, Toxizitätsäquivalente, Kongenerenmuster, Entstehung*
- ▣ *Aufnahmewege und Wirkung auf den Menschen, Einfluss der Partikelgröße*
- ▣ *Probenahme und Analytik*
- ▣ *Bewertung von PCDD/DF-Konzentrationen in Wisch- und Immissionsproben*

Anforderungen an Probenahme und Analytik während eines Großbrandes organisatorische Voraussetzungen



- Im Falle eines Großbrandes steht die Forderung an das Labor möglichst schnell und umfassend Aussagen zur Schadstoffsituation machen zu können.
- Aus organisatorischen Gründen wird es jedoch so sein, dass ein hinzu gerufenes, mit Routineaufgaben befasstes Umweltlabor erst mit zum Teil erheblicher Zeitverzögerung am Ort des Brandgeschehens eintreffen kann. Einige Gründe dafür sind:
 - *Notwendige Organisation nach Anruf der Überwachungsbehörde / Einteilung eines Mitarbeiters zur Probenahme*
 - *Bereitstellung und Vorbereitung der Probenahmetechnik*
 - *Abstimmung mit den Labormitarbeitern zur Vorbereitung von Adsorbern, Filtern etc.*
 - *Anfahrt zum Brandort*
 - *Abstimmungen vor Ort zur Wahl des Messpunktes*
 - *Aufbau der Messtechnik*

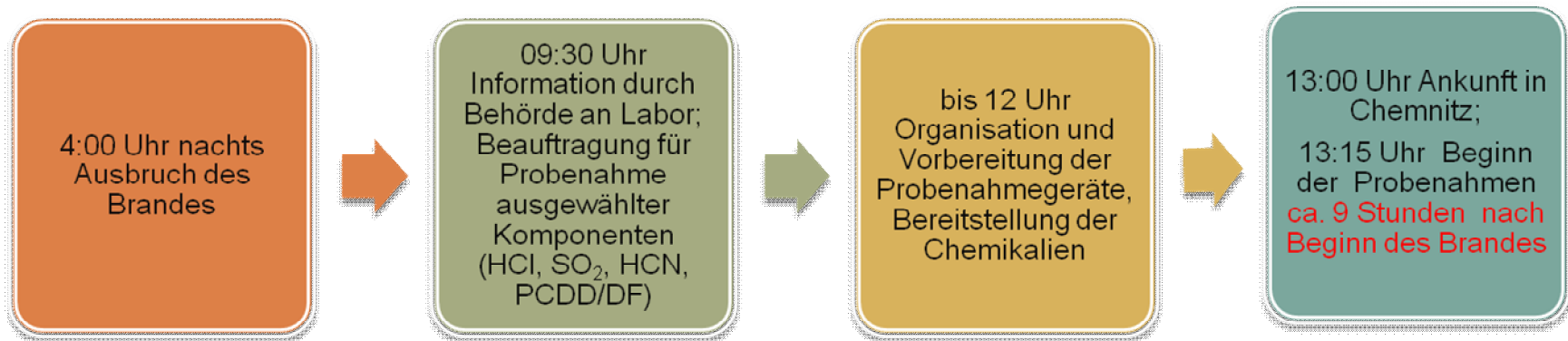
Anforderungen an Probenahme und Analytik während eines Großbrandes

Stichprobencharakter der Messungen



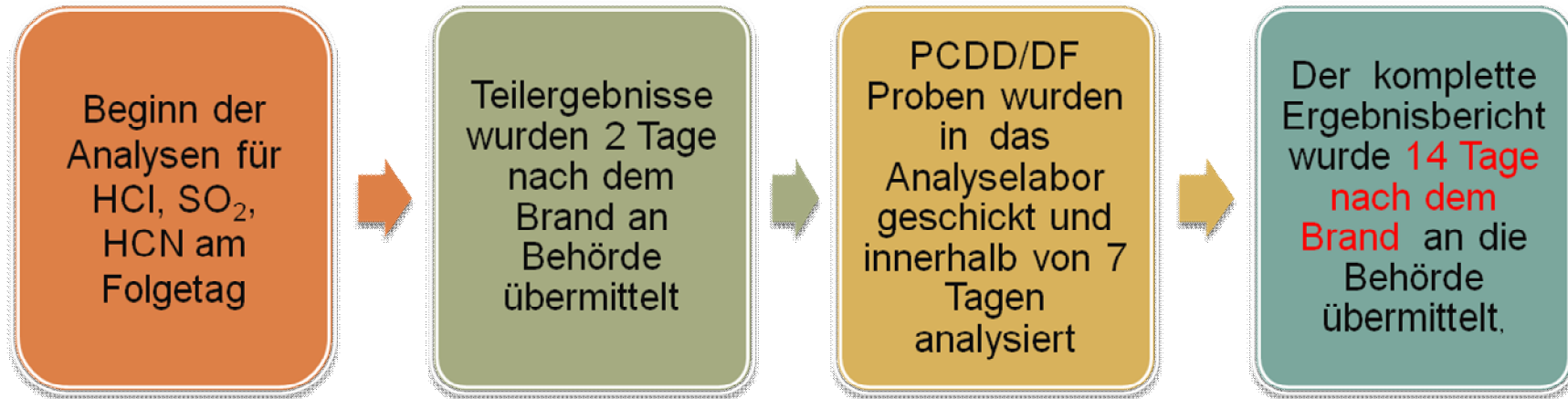
- *Stichprobencharakter der Messungen:* Da Probennahmen in Umgebungsluft in der Mehrzahl der Fälle ortsfest an einem Probenahmepunkt ausgeführt werden, können die Messungen nur Stichprobencharakter haben. Wünschenswert wäre die Positionierung mehrerer Probenahmegeräte in Abwindrichtung im Sinne einer Fahnenbewertung.
- *Bestimmung von Nullproben:* Empfehlenswert ist immer die Bestimmung von Nullproben in der Zuwindrichtung, da mögliche am Standort vorhandene Vorbelastungen u.U. zu falschpositiven Befunden führen.
- *Entnahme von Wischproben:* Als weniger kritisch wird die Entnahme von Wisch- oder Materialproben angesehen. Hier ist eine zeitversetzte Entnahme zur Bewertung der Schadstoffsituation möglich und sinnvoll.

Rekonstruktion des zeitlichen Ablaufes von Vorbereitung und Probenahme am Beispiel eines Großbrandes in Chemnitz 2007



Fachtagung "Schadstoffausbreitung bei Großbränden" 12.03.2008 in Dresden

Rekonstruktion des zeitlichen Ablaufes zur Analyse der Proben am Beispiel eines Großbrandes in Chemnitz 2007



Anforderungen an Probenahme und Analytik während eines Großbrandes – Möglichkeiten und Grenzen - Fazit:

- Durch eine Laboreinrichtung, die nicht in einen Bereitschaftsdienst integriert ist, können nur zeitlich verzögert und stichprobenartig Daten zur tatsächlichen Belastungssituation erhoben werden.
- Die Kompetenz des (unvorbereitet) hinzu gerufenen Umweltlabors besteht in der Analytik von Sonderverbindungen, für die keine online-Methoden zur Verfügung stehen (z.B. Dioxine und Furane, weitere toxische und / oder kanzerogene Schadstoffe).
- Eine nachträgliche Beurteilung des Kontaminationszustandes an den entsprechenden Immissionsorten durch Entnahme von Wisch- oder Materialproben ist möglich.

PCDD/DF-Messungen während eines Großbrandes: Beaufschlagung von Filtern mit GS50-Geräten



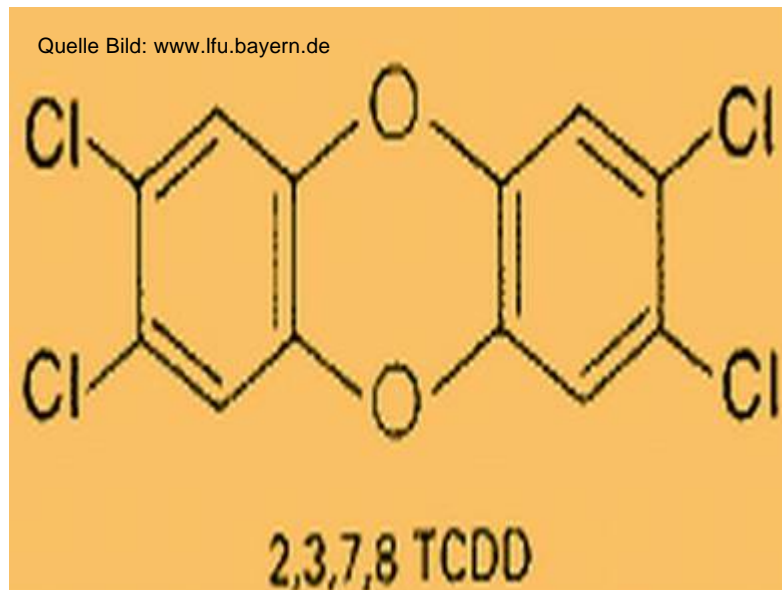
Fachtagung "Schadstoffausbreitung bei Großbränden" 12.03.2008 in Dresden

Bestimmung von hochtoxischen Sonderverbindungen – Dioxine und Furane (PCDD/DF) – Charakteristik (1)

- Bei polychlorierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen handelt es sich um zwei Gruppen ähnlicher *chlorierter aromatischer Verbindungen*.
- Charakteristisch für die Stoffgruppe ist die *Anzahl der Chloratome und deren Stellung zueinander*. Beides geht aus einer systematischen Bezifferung hervor.
- Zur Stoffklasse zählen *210 Einzelverbindungen*, davon 75 Dioxine und 135 Furane.
- *Dioxine und Furane* liegen immer in Form von *Gemischen* aus Einzelverbindungen in unterschiedlicher auch quellenspezifischer Zusammensetzung vor.
- Die Einzelverbindungen werden als *Kongenere* bezeichnet.

Bestimmung von hochtoxischen Sonderverbindungen – Dioxine und Furane (PCDD/DF) – Charakteristik (2)

Neben den Strukturen unterscheiden sich die Kongenere in ihrer Giftigkeit. Das giftigste Dioxin ist das 2,3,7,8 Tetrachlor-Dibenzo-p-Dioxin (2,3,7,8 TCDD).



2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin

(2-fach ungesättigtes sechsgliedriges Ringsystem mit 2 Sauerstoff-Atomen)

- *Summenformel : $C_{12}H_4O_2Cl_4$*
- *wasserunlösliche, farblose Kristalle*
- *Molare Masse: 321,97 g/mol*
- *Aggregatzustand: fest*
- *Dichte: 1,643 g/cm³*
- *Schmelzpunkt: 305 °C*
- *Siedepunkt: 421 °C (Sublimation)^L*
- *gut in Fetten löslich, schlecht in Ethanol und anderen halbpolaren Lösungsmitteln, in Wasser unlöslich*

PCDD/DF: Toxizitätsäquivalente (1)

- Zur toxikologischen Bewertung sind *17 chlorierte Dioxine und Furan* relevant, die neben den Anlagerungen an den C-Atomen 2,3,7,8 weitere Chloratome besitzen.
- Es handelt sich dabei um *7 Dioxine und 10 Furane*, deren Toxizität als *Toxizitätsäquivalent (TEQ)* im Verhältnis zu der von 2,3,7,8 TCDD ausgedrückt wird.
- Für die Einzelverbindungen werden *Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF)* angegeben. 2,3,7,8 TCDD hat den Toxizitätsäquivalenzfaktor (TEF) 1.
- Die toxische Wirkung des Gemisches wird dann über die Gehalte der Einzelverbindungen mit dem zugehörigen Faktor als Toxizitätsäquivalent (TEQ) berechnet und addiert.
- Der TEQ-Wert entspricht damit der toxischen Wirkung einer vergleichbaren Menge des 2,3,7,8 TCDD.

PCDD/DF – Toxizitätsäquivalente (2)

Quelle: www.umweltbundesamt.de/chemikalien/dioxine.htm

Internationale toxische Äquivalenzfaktoren nach NATO-CCMS¹⁾ (I-TEF, 1988) und der Weltgesundheitsorganisation²⁾ (WHO-TEF, 1998)

Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD)	I-TEF	WHO-TEF	Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)	I-TEF	WHO-TEF
2,3,7,8-TCDD	1	1	2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5	1	1,2,3,7,8-PeCDF	0,05	0,05
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	2,3,4,7,8-PeCDF	0,5	0,5
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1
OCDD	0,001	0,0001	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
			OCDF	0,001	0,0001

Unterschiedliche Faktoren von WHO und NATO-CCMS sind in der Tabelle gelb hinterlegt.

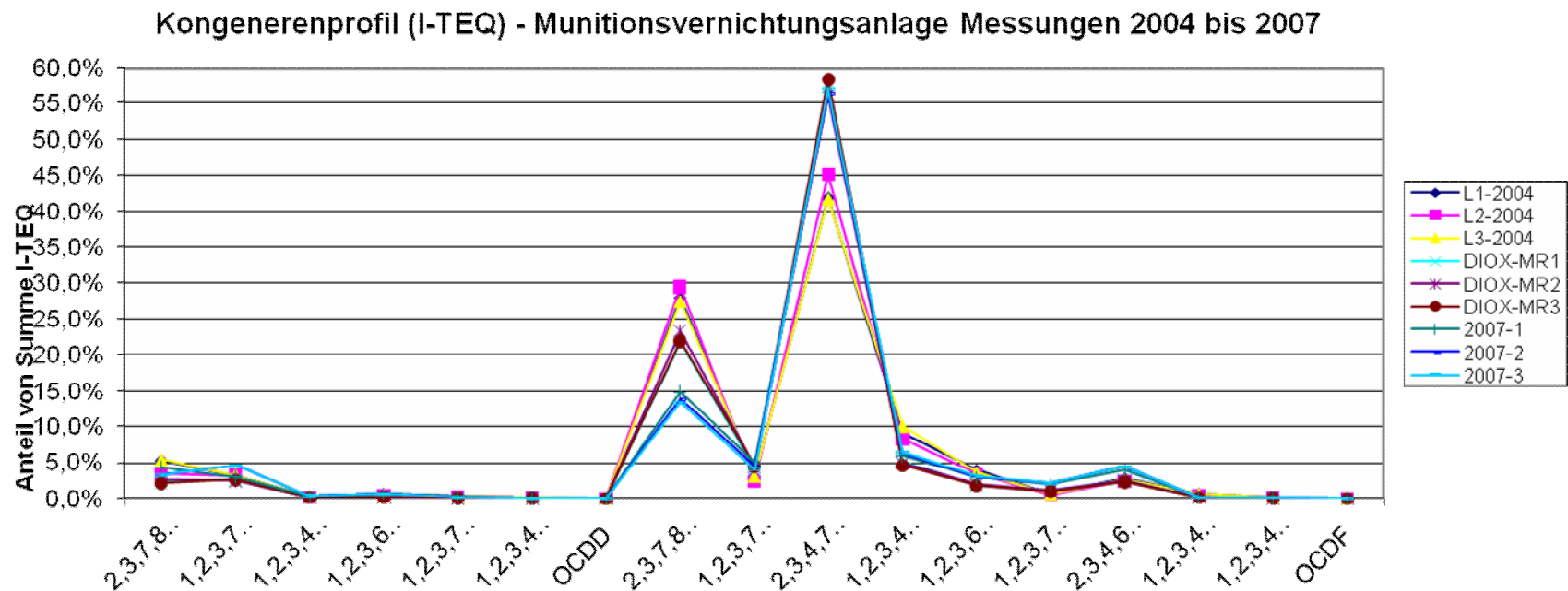
1) North Atlantic Treaty Organization, Committee on Challenges of modern Society (NATO/CCMS) International toxicity equivalency factor (TEF) method of risk assessment for completely mixtures of dioxins and related compounds. Pilot study on international information exchange on dioxins and related compounds, report no. 176, 1988;

2) Van den Berg et al.: Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife Environmental Health Perspectives Vol 106, No 12, 1998

Anlagentypische Kongenerenmuster (1)

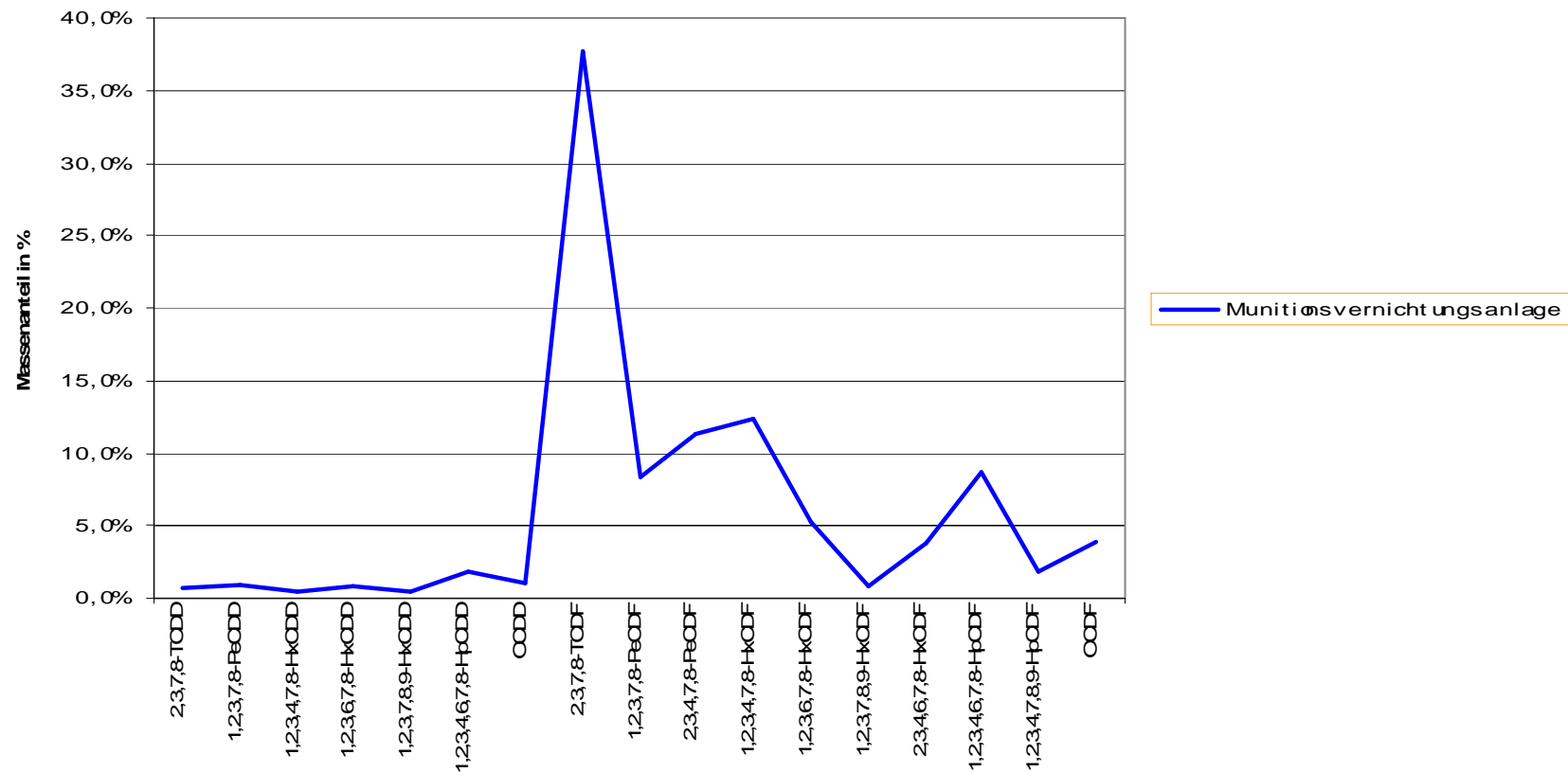
(Messungen 2004 – 2007 Munitionsvernichtungsanlage)

Es ist in der Praxis der Emissionsüberwachung von Industrie- oder Verbrennungsanlagen möglich, bestimmte Kongenerenmuster Anlagentypen (z.B. Krematorien, Stahlwerken oder Abfallverbrennungen) zu zuordnen.



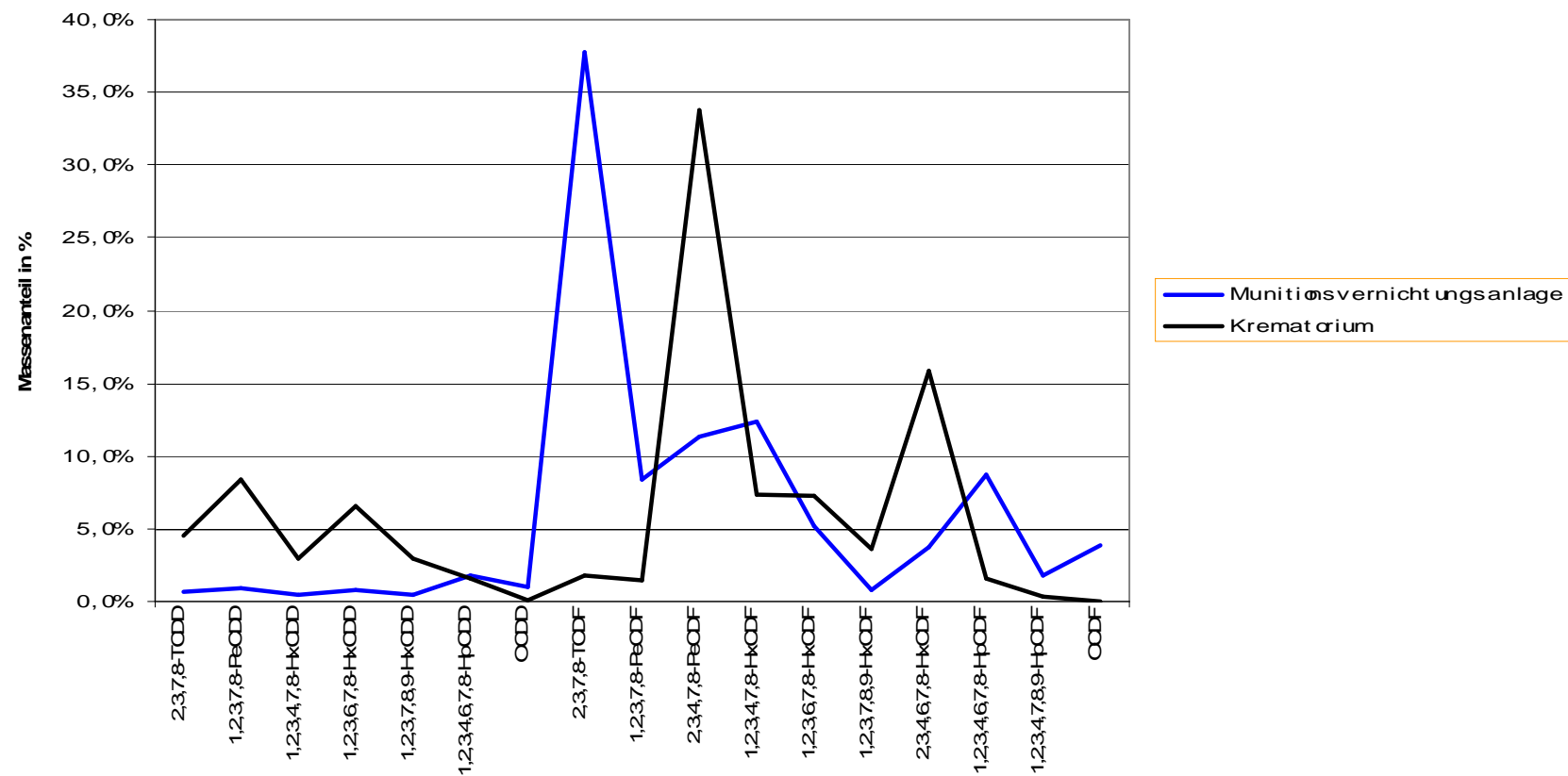
Anlagentypische Kongenerenmuster (2) (Munitionsvernichtungsanlage)

typische Kongenerenprofile verschiedener Industrieanlagen sowie eine Großbrandes



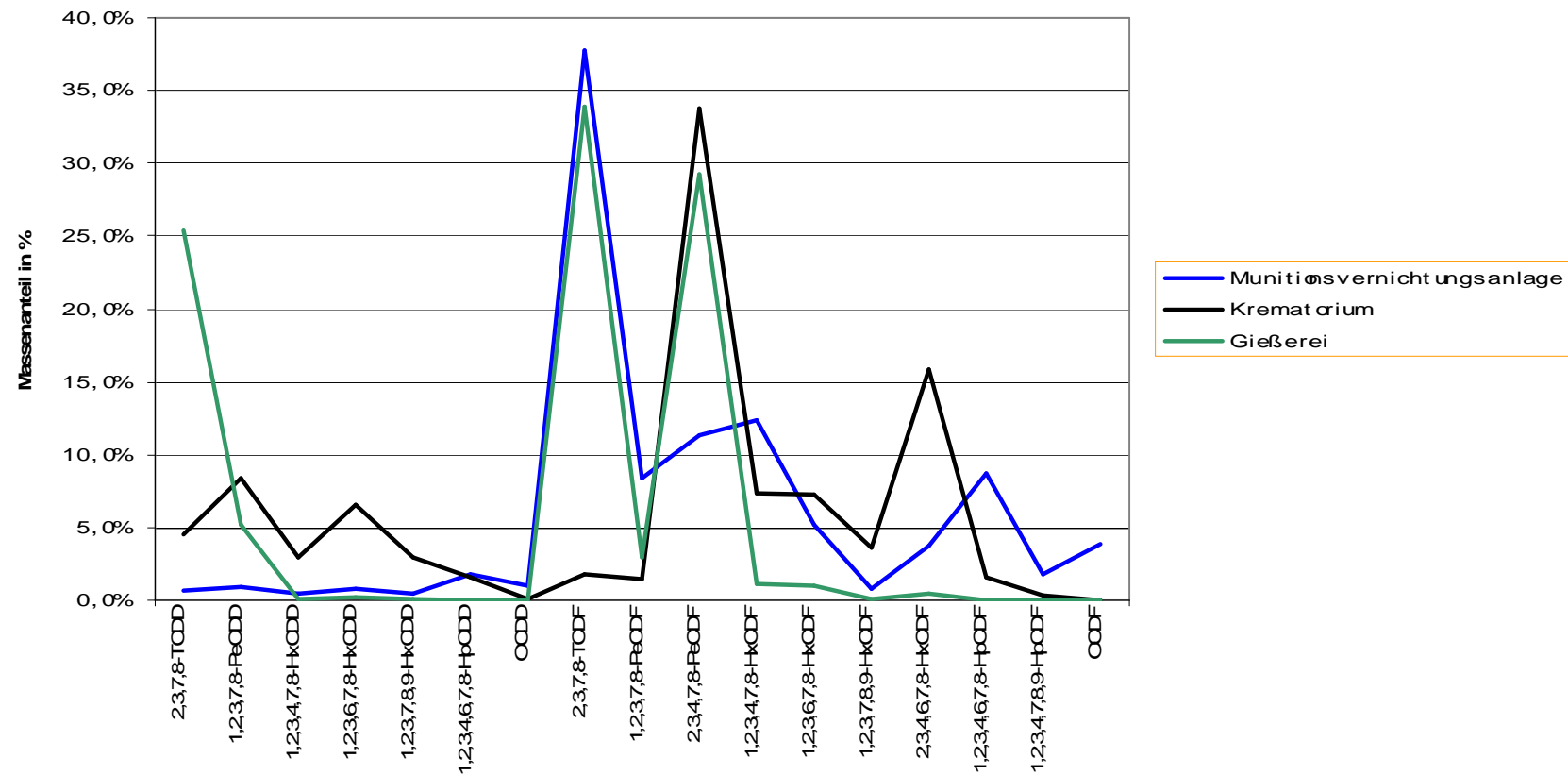
Anlagentypische Kongenerenmuster (3) (Vergleich Munitionsvernichtungsanlage / Krematorium)

typische Kongenerenprofile verschiedener Industrieanlagen sowie eine Großbrandes



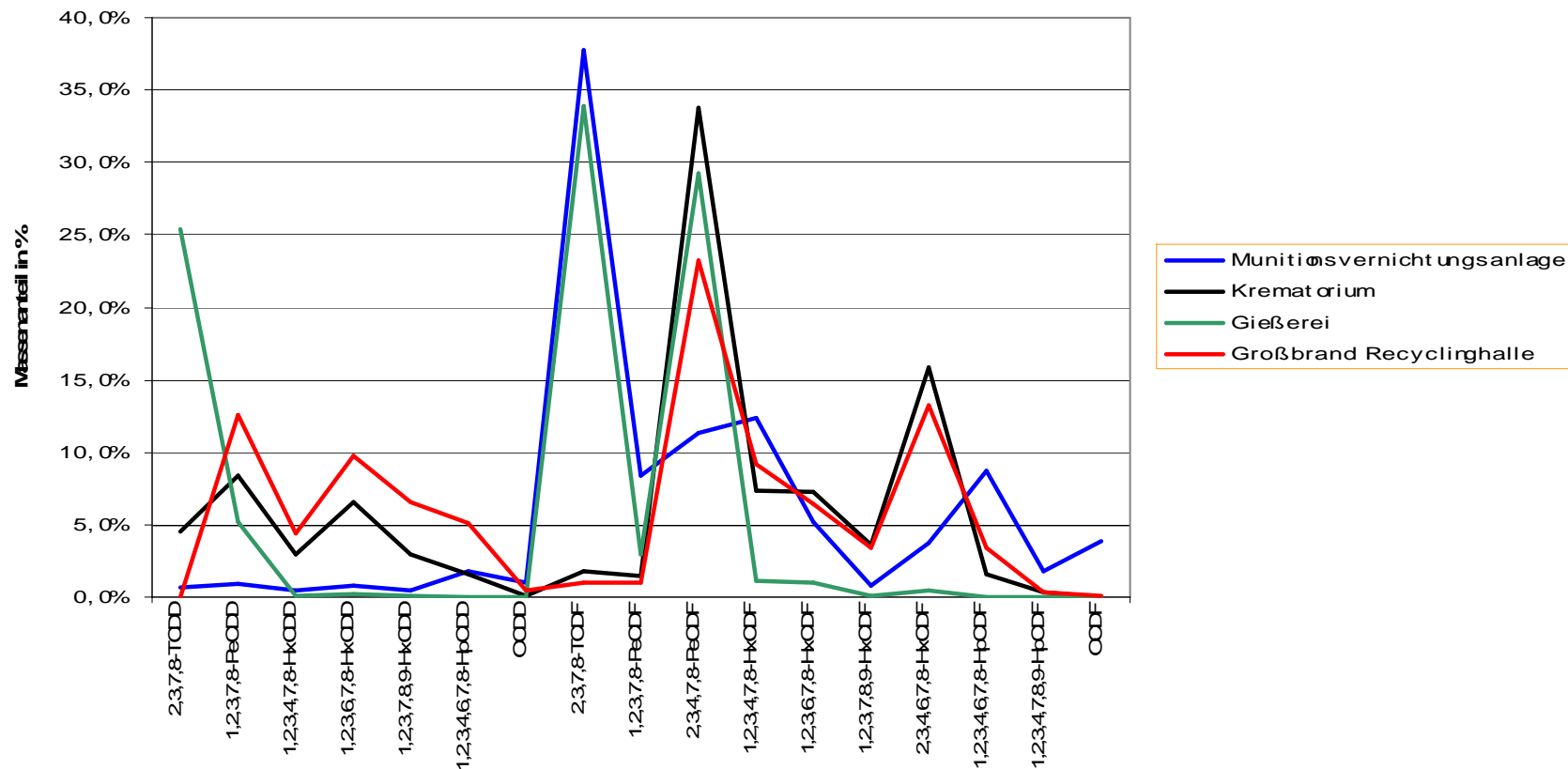
Anlagentypische Kongenerenmuster (4) (Munitionsvernichtung / Krematorium / Gießerei)

typische Kongenerenprofile verschiedener Industrieanlagen sowie eine Großbrandes



Anlagentypische Kongenerenmuster (5) Anlagenmuster im Vergleich mit Großbrand einer Recyclinghalle

typische Kongenerenprofile verschiedener Industrieanlagen sowie bei einem Großbrand



Entstehung von Dioxinen und Furanen (1):

- Wesentliche *Quelle für Dioxine und Furane* sind *Verbrennungsvorgänge* PCDD/DF entstehen unerwünscht in *Anwesenheit von Chlor und organischem Kohlenstoff* unter ungünstigen Temperatur- und Verweilzeitbedingungen.
- Dioxine wurden im technischen Maßstab nie gewollt produziert.
- Ebenfalls *bedeutende Quellenstell(t)en metallurgische Prozesse* bzw. chemische Prozesse dar. (vor ca. 30 Jahren Unfall in Seveso unter Freisetzung von großen Mengen 2,3,7,8 TCDD bei der Herstellung von Trichlorphenol)
- neben chlorierten Dioxinen und Furanen können anders halogenierte Dioxine und Furane entstehen (*z.B. polybromierte Dioxine und Furane* beim Shreddern von Elektronikschrott)

Entstehung von Dioxinen und Furanen (2):

- PCDD/DF sind *chemisch sehr stabile Verbindungen*. Eine Zerstörung dieser Verbindungen ist bei Verbrennungsanlagen mit entsprechend hohen Temperaturen (>850 °C) und Verweilzeiten gegeben.
- An Verbrennungsanlagen besteht jedoch die *Möglichkeit der Neubildung* in der Abkühlzone. Man spricht dann von einer „*de novo Synthese*“ im Temperaturbereich zwischen 300 und 600 °C.
- In den dem Stand der Technik entsprechenden *Verbrennungsanlagen* werden *nur sehr geringe Konzentrationen* an PCDD/DF emittiert. Es handelt sich hierbei um Konzentrationen im pg/m³-Bereich.
- Die Verbindungen kommen sowohl in der *Gasphase* als auch *partikelgebunden* vor.
- *Aktuell* spielen thermische *Prozesse der Metallgewinnung und -verarbeitung die wichtigste Rolle bei Dioxinmissionen* in der Industrie.

Wichtige Gesetze / Verordnungen in der Emissionsüberwachung

Gesetz/Verordnung	vom	Regelung für Dioxine
Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG	1998	Regelungen in den BImSchV für einzelne Anlagentypen
17. BImSchV: Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe	2003	Emissionsgrenzwert 17 Dioxine und Furane - angegeben als I-TEQ - von 0,1 ng/Nm ³ nicht überschreiten.
27. BImSchV - Krematorien	1997	Grenzwert für Dioxin im Abgas 0,1 ng TEQ/Nm ³
Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft nach BImSchG (TA Luft)	2002	Grenzwert für Dioxin im Abgas 0,1 ng TEQ/Nm ³ Bei Anlagen für Stahl, Eisen und sonstige Metalle soll eine Konzentration von 0,1 ng/Nm ³ im Abgas angestrebt, 0,4 ng/Nm ³ dürfen nicht überschritten werden.

Aufnahmewege / Wirkungen von PCDD/DF auf den Menschen:

Quelle: Marquardt, H., Schäfer S., Lehrbuch der Toxikologie, Wissenschaftliche Verlagsges. Stuttgart 2004

- Über den Immissionspfad gelangen Dioxine und Furane in die Nahrungskette. Sie reichern sich vor allem in *Milchprodukten, Fleisch und Eiern* an und führen dann über die Nahrungskette zu erhöhten Konzentrationen im menschlichen Fettgewebe. *Muttermilch gilt als Indikator* für die Belastung des Menschen mit Dioxinen.
- Die *Hauptwirkung von PCDD/DF ist die Giftigkeit*. Das 2,3,7,8 TCDD (Seveso-Gift) ist bereits in kleinsten Mengen extrem giftig.
- Eine akute Wirkung ist beim Menschen bei sehr hohen Mengen, z. B. durch Vergiftungen zu erwarten (Auszehrungssyndrom, massive Leberschäden die verzögert, nach mehreren Tagen bis Wochen zum Tod führen können).
- Durch Dioxine können u.a. Hautschädigungen (Chlorakne) und Störungen von Nerven- und Immunsystem hervorgerufen werden.

Aufnahmewege / Wirkungen von PCDD/DF auf den Menschen:

- *2,3,7,8 TCDD* ist von der WHO seit 1997 als *humankanzerogen* (krebserzeugend für den Menschen) eingestuft worden. Andere Dioxine stehen im Verdacht krebserzeugend zu sein.
- Wichtiges Kriterium für die Wirkung ist die *Bioverfügbarkeit*
- Bei Probenahme und Analytik ist zu berücksichtigen, dass toxische oder kanzerogene Verbindungen z.B. an bei Bränden freigesetzten Partikeln anhaften.
- Die *Partikel* stellen dabei aufgrund ihrer Größe (*PM₁₀ oder PM_{2,5}-Fraktion*) und daraus resultierender lungengängiger Eigenschaften an sich schon eine Gesundheitsgefährdung dar.
- Als geringer ist die Kontaminationsgefährdung bei Hautkontakt mit relativ fest an Oberflächen haftenden Partikeln anzusehen.

Definitionen von Partikeln nach DIN EN 481

aus: BIA Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit: BIA/BG-Symposium – Allgemeiner Staubgrenzwert 02/2002

- Einatembare Fraktion:
 - ▣ ist der Massenanteil aller Schwebstoffe, der durch Nase und Mund eingeatmet wird.
- Thorakale Fraktion:
 - ▣ ist der Massenanteil der eingeatmeten Partikel, der über den Kehlkopf hinaus vordringt.
- Alveolengängige Fraktion:
 - ▣ ist der Massenanteil der eingeatmeten Partikel, der bis in die nichtcilierten Luftwege vordringt.
- Tracheobronchiale Fraktion:
 - ▣ gelangt über den Kehlkopf hinaus, aber nicht in die nichtcilierten Luftwege vor.

Natürliche und anthropogene Quellen; Größe der Partikel

Tabelle aus: *Lahl, Steven: Reduzierung von Partikelemissionen – eine gesundheitspolitische Schwerpunktaufgabe, Teil 1: Luftbelastung durch Partikel und gesundheitliche Auswirkungen; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 64 (2004) Nr. 7/8 – Juli/August*

Quelle		Größe der Partikel in μm
	Bodenerosion	1 bis 150
	Sandstürme	1 bis 150
natürliche Quellen	Vulkane	0,005 bis 150
	maritimes Aerosol	1 bis 20
	Waldbrände	0,005 bis 30
	biogene Stäube (Pollen, Schimmelpilze, Milbenexkrementen)	2 bis 50
	stationäre Verbrennung (Heizung, Energieerzeugung)	0,005 bis 2,5
	mobile Verbrennung (Verkehr)	0,005 bis 2,5
anthropogene Quellen	Verhüttung	0,1 bis 30
	industrielle Prozesse (Metallverarbeitung)	0,005 bis 2,5
	Schüttgutumschlag	10 bis 150
	Zigarettenrauch	0,02 bis 10

PCDD/DF: Probenahme

- Die zur PCDD/DF-Bestimmung eingesetzten Probenahmeapparaturen sind so aufgebaut, dass die Erfassung des partikelgebundenen Teiles an Filtern bzw. die Erfassung des gasförmigen Anteiles an Adsorbentien erfolgt.
- Bei *Emissionsmessungen* wird das Messgas aus dem Kanal isokinetisch entnommen und in Apparaturen unterschiedlicher Bauart gesammelt. Möglich sind hier Systeme bei denen eine Abscheidung an Filtern, Kondensatgefäßen und Feststoff- bzw. Flüssigadsorbentien erfolgen kann
- Bei *Probenahmen im Immissionsbereich* bestehen die Apparaturen aus Filterköpfen mit einer typischen Ansaugcharakteristik und einer Kombination aus Filter und nachgeschaltetem Adsorptionsmaterial.
- Bei Messungen im Immissionsbereich ist es möglich, den auf Glas- oder Quarzfaserfiltern gesammelten Staubanteil auf PCDD/DF-Anhaftungen zu untersuchen.

PCDD/DF-Messungen an Industrieanlagen

Probenahmemethode nach EN 1948: gekühltes Absaugrohr



Fachtagung "Schadstoffausbreitung bei Großbränden" 12.03.2008 in Dresden

Beispiele für Probenahmeapparaturen (1)

- Gravikon Probennahmesystem PM 4:
 - Erfassen des einatembaren Staubes über horizontalen Ringspalt
 - Erfassen des alveolengängigen Staubes über Zyklon (als PM₁₀)
 - Volumenstrom: 4 m³/h
 - Einsatz von Filterkassetten
 - Anwendungsfälle:
 - mobiler Einsatz für temporäre Messungen
 - Messen von PM₁₀-Staub
 - Messen von Dieselruß



Beispiele für Probenahmeapparaturen (2)



Probenahmeköpfe zur Schwebstaubprobenahme (1 x Filter und 1 x Filter in Kombination mit Adsorber zur Bestimmung des gasförmigen Anteiles)

PCDD/DF: Analytik (1)

- Als Analysenverfahren zur Bestimmung der Polychlorierten Dioxine und Furane steht seit 1996 ein *europäisch normiertes Messverfahren*, die *EN 1948* zur Verfügung.
- Besondere Anforderungen für die Analyse von PCDD/DF ergeben sich aus der *Notwendigkeit zur Trennung von 75 PCDD- und 135 PCDF-Isomeren*.
- PCDD/DF werden im pg/m^3 bis ng/m^3 bestimmt. Dabei kann in der Probe bzw. auch in der aufgearbeiteten Probe selbst eine große *Zahl störender Substanzen in deutlich höheren Konzentrationen (> Faktor 1000)* vorliegen. Die Analyse der PCDD/DF besteht aus mehreren Teilschritten.
 - *Extraktion der Probe*
 - *Reinigung des Extraktes*
 - *gaschromatografische Trennung*

PCDD/DF: Analytik (2)



- Die *Quantifizierung der PCDD/DF* basiert auf der *Isotopenverdünnungstechnik* unter Gebrauch der *GC/MS* Technik (Kopplung eines Gaschromatografen (GC) mit einem mit einem Massenspektrometer (MS))
- In verschiedenen Verfahrensstufen werden $^{13}\text{C}_{12}$ -markierte 2,3,7,8-chlorsubstituierte PCDD/DF-Kongenere hinzugefügt.
- *Verluste die während der Extraktion und der Reinigung* auftreten, sind durch die Zugabe von Standards *kompensierbar*. Zugegeben werden Standards vor der Probenahme, vor der Extraktion und vor der Injektion in den GC.

PCDD/DF bei Brandfällen – Bewertungsmöglichkeiten (1)

- *Die gemessenen Dioxin- und Furangehalte bestimmen aufgrund ihrer Toxizität primär die notwendigen Sanierungs- und Reinigungsmaßnahmen. Sie sind ein wichtiger Leitparameter zur Beurteilung der Schadenssituation und notwendiger Sanierungsmaßnahmen.*

- Bewertung von Immissionsmessungen
Bei der Bewertung von Messungen sind jeweils Stichprobencharakter der Messung bzw. der Standort der Messapparatur zu berücksichtigen.
Wünschenswert wäre die Bestimmung eines Umgebungsblindwertes an einem vom Brandgeschehen unbeeinflussten Messpunkt.

PCDD/DF bei Brandfällen – Bewertungsmöglichkeiten (2)

Quelle: persönliche Mitteilung der eurofins ergo Forschungsgesellschaft mbH Hamburg

Bewertung von Immissionsmessungen

	Hintergrundwert	Umgebungsblindwert einer PCDD/DF-Messapparatur für Emissionsmessungen	Messwert im Umfeld eines Großbrandes 2007 ^{*)}
PCDD/DF-Konzentration	0,05 – 0,1 pg/m ³	< 1pg/m ³	7,8 pg/m ³

Beispiel Vergleichswerte für PCDD/DF in Außenluft

^{*)} ca. 200 – 300 m vom Brandherd entfernt

PCDD/DF bei Brandfällen – Bewertungsmöglichkeiten (3)

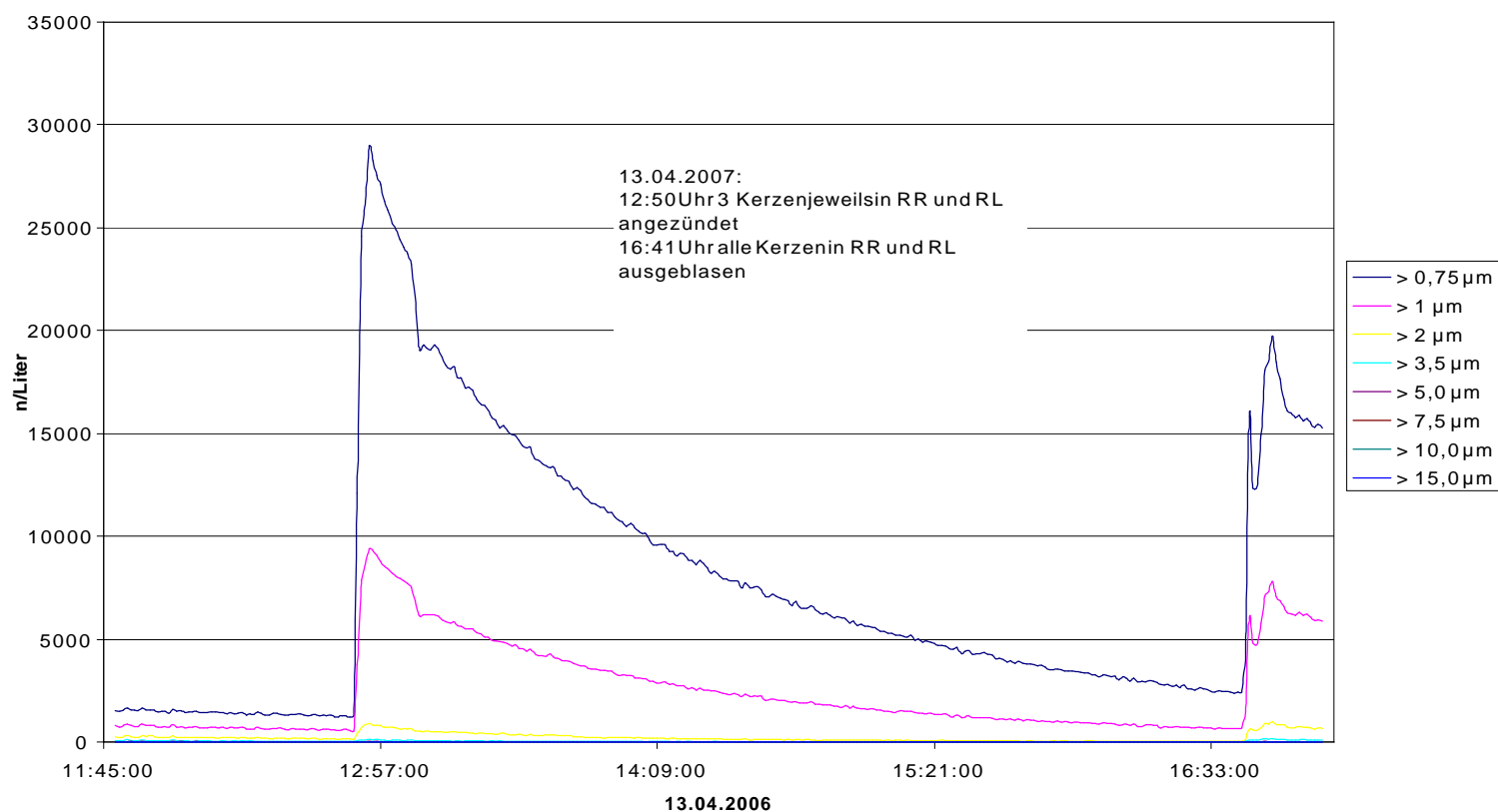
Quelle: persönliche Mitteilung der eurofins ergo Forschungsgesellschaft mbH Hamburg

Bewertung von Wischproben

Konzentration PCDD/DF (I-TEQ)	Maßnahmen
< 10 ng/m ²	keine Maßnahmen notwendig
< 150 ng/m ²	Reinigung der Oberflächen durch eine Spezialfirma, Information der Anwohner, Bis zur erfolgten Reinigung Hautkontakt der Flächen und Bauprodukte vermeiden.
> 150 ng/m ²	Reinigung der Oberflächen durch eine Spezialfirma mit getrennter Erfassung der Waschflüssigkeiten, Information der Anwohner, Innenraumluftprüfung notwendig

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Partikelkonzentration in der Raumluft beim Abrennen einer Altarkerze
(kurzzeitiger Anstieg der Partikelzahl < 1.000/Liter auf Werte > 20.000/Liter)**



Literatur:

- /1/ Umweltbundesamt, Chemikalienpolitik und Schadstoffe, REACH – Dioxine, 03.03.2005 unter <http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/dioxine.htm>
- /2/ Marquardt, H., Schäfer S., Lehrbuch der Toxikologie, Wissenschaftliche Verlagsges. Stuttgart 2004
- /3/ Lützke, K., Messen von Sonderverbindungen PCB, PAK, Dioxine und Furane, VDI-Tagungsband Messtechnik an Verbrennungsanlagen, Düsseldorf, 2001
- /4/ Kirschmer, P., Analytik von Sonderverbindungen PCDD/PCDF, VDI-Tagungsband Messtechnik an Verbrennungsanlagen, Düsseldorf, 2001
- /5/ EN 1948-1: 1996 Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/DF – Teil 1 – 3 Probenahme, Reinigung, Identifizierung und Quantifizierung Extraktion und
- /6/ BIA Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit: Definitionen von Partikeln nach DIN EN 481, BIA/BG-Symposium – Staubgrenzwert 02/2002 Allgemeiner
- /7/ Lahl, Steven: Reduzierung von Partikelemissionen – eine gesundheitspolitische Schwerpunktaufgabe, Teil 1: Luftbelastung durch Partikel gesundheitliche Auswirkungen; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 64 (2004) Nr. 7/8 – Juli/August und
- /8/ Lahl, Steven: Reduzierung von Partikelemissionen – eine gesundheitspolitische Schwerpunktaufgabe, Teil 1: Luftbelastung durch Partikel gesundheitliche Auswirkungen; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 64 (2004) Nr. 7/8 – Juli/August und
- /9/ persönliche Mitteilung der eurofins ergo Forschungsgesellschaft mbH Hamburg zur Bewertung von PCDD/DF-Immissionskonzentrationen sowie zur Bewertung von PCDD/DF- Konzentrationen in Wischproben