

## **8. SCHADGASMESSUNG WÄHREND EINES GROSSBRANDES**

Am Morgen des 18. Februar 2004 kam es zu einem Großbrand im Gewerbegebiet West in Müllheim (Freiburg) bei der Firma ac-Folien, einem führenden Hersteller von Folienverpackungen für medizinische Anwendungen. Um 06:17 Uhr wurde die Feuerwehr Müllheim durch die automatische Brandmeldeanlage der Firma alarmiert. Vermutlich durch auslaufendes heißes Öl an einer Produktionsmaschine kam es zu diesem Großbrand.

Im Laufe der ersten zwei Stunden des Einsatzes wurden nach einer ersten Bilanz ca. 60 Einsatzfahrzeuge alarmiert, darunter die Feuerwehren der Verbundgemeinden sowie diverse Sonderfahrzeuge. Es galt, das Feuer im Produktionsbereich der Firma einzudämmen und ein Ausbreiten auf den Verwaltungstrakt zu verhindern. Um den Brand zu bekämpfen wurden im Laufe des Einsatzes ein massiver Löschangriff mit Schaum vorgetragen. Außerdem wurde das Feuer von außen über drei Drehleitern mit Schaum- Wasserwerfern sowie mit mehreren mobilen Wasserwerfern bekämpft. Gegen 10:00 Uhr war das Feuer unter Kontrolle.

Da durch die Verbrennung von Kunststoffen mit gesundheitlichen Schadstoffen zu rechnen war, wurden vorsorglich die Bewohner der in Windrichtung liegenden Orte wie Neuenburg, Steinenstadt, später auch Schliengen und Auggen über Radiomeldungen und Lautsprecher aufgefordert, Türen und Fenster geschlossen zu halten. Die Bewohner der Richtberg-Siedlung (47 Personen) wurden vorsorglich evakuiert. 18 Personen wurden wegen Rauchgasvergiftungen vom DRK in ein Krankenhaus transportiert, davon wurden fünf Personen stationär aufgenommen.

Zur Bewertung der Gefahrstoffe im Brandrauch haben Messtrupps aus Ihringen und Weil am Rhein in den betroffenen Gemeinden Messungen vorgenommen, aber keine relevanten Schadstoffanteile festgestellt - wie mitgeteilt wurde. Auf Grund der Wetterlage hätten sich die Schadstoffe durch den Wind verdünnt, so dass keine Gefährdung von Personen befürchtet werden musste - so die Aussage der Messtrupps.

Aufmerksam geworden durch Meldungen im Rundfunk (SWR3), dass bei einem Großbrand in Müllheim Brandgase freigesetzt wurden von denen man noch nicht wusste, ob sie giftig sind oder nicht, entschied man sich an der Forschungsstelle für Brandschutztechnik (FFB) der Universität Karlsruhe (TH), bei der dortigen Einsatzleitung bezüglich der Schadstoffmessungen nachzufragen, ob eine solche erwünscht wäre? Dies war sehr erwünscht. Im Rahmen eines kleinen Amtshilfeersuchens über die BF Karlsruhe wurde ein

Messfahrzeug mit dem Messtrupp der FFB nach Müllheim gefahren. Während der Fahrt nach Müllheim wurde der FT-IT Analysator vorgeheizt und war damit sofort messbereit. Dort um 11:45 Uhr angekommen zeigte sich folgendes Bild:

Das Feuer war unter Kontrolle bzw. gelöscht. Allerdings wurden noch einige Glutnester durch Nachlöschen mit Leichtschaum gelöscht. Dies sollte noch bis Donnerstag, den 19.02.2004, 19:00 Uhr andauern. Die Einsatzleitung war gerade bei einer Pressekonferenz. In Vertretung der Einsatzleitung wurde der Messtrupp der FFB durch die FF Müllheim betreut.

### 8.1 Schadgasmessung

Bei der Analyse der Gaszusammensetzung des Brandrauches wurde der Messtrupp der FFB durch den Co-Autor des vorliegenden Forschungsberichts unterstützt. Die Messungen erfolgten mit dem vorbeschriebenen mobilen FT-IR Analysator, Type Gasmet™ Dx-4000.

### 8.2 Messungen und Messergebnisse

Vor Ort wurden folgende Schadstoffmessungen durchgeführt:

Messort	Uhrzeit
in der Maschinenhalle	Zwischen 12:29 und 12:34 Uhr
im Nebengebäude	Zwischen 12:40 und 12:55 Uhr
hinter dem Gebäude	Zwischen 13:15 und 13:42 Uhr
eine Feldmessung ca. 100 m hinter dem Gebäude	Zwischen 14:33 und 14:55 Uhr

Ausgewertete, im Brandrauch häufig vorkommende, Substanzen:

Wasser	Kohlendioxid	Kohlenmonoxid
Stickstoffmonoxid	Stickstoffdioxid	Lachgas
Ammoniak	Cyanwasserstoff	Chlorwasserstoff
Schwefeldioxid	Methan	Acetylen
Benzol	Toluol	Formaldehyd
Acrolein	Ethanol	Aceton
Phosgen	n-Hexan	2-Buthoxyethanol *
Vinylchlorid		

\* Bestandteil des Schaummittels

Im Gegensatz zu den Messwerten im Gebäude wurden ca. 100 m hinter dem Gebäude kein Schwefeldioxid und Stickstoffmonoxid mehr gemessen. Die Konzentrationen von Chlorwasserstoff und Phosgen erhöhten sich jedoch von 0,7 ppm auf 1,0 ppm und für Phosgen von 0,1 ppm auf 0,5 ppm. Die beiden Peaks (Chlorwasserstoff und Kohlenmonoxid) bei 14:25 Uhr zeigen deutlich, dass der Messwagen zu dieser Zeit von einer Rauchgaswolke umhüllt war. Der Kohlenmonoxid- Peak bei 14:44 Uhr zeigt außerdem, dass an der

Brandstelle, nahe den Silos, das Feuer wieder aktiv war - deutlich erkennbar an bräunlichem Rauch.

<b>Maximale gemessene Konzentrationen</b>	im Gebäude	ca. 100 m hinter dem Gebäude
Substanz	ppm	ppm
Kohlendioxid	710	541
Kohlenmonoxid	11,3	11,8
Stickstoffmonoxid	16,6	n. n.
Stickstoffdioxid	0,9	0,2
Lachgas	0,2	0,3
Ammoniak	1,4	n. n.
Cyanwasserstoff	n. n.	n. n.
Chlorwasserstoff	0,7	1,0
Schwefeldioxid	3,9	n. n.
Vinylchlorid	n. n.	n. n.
Methan	6,6	3,7
Acetylen	1,1	n. n.
Benzol	2,0	1,0
Toluol	0,7	0,1
Formaldehyd	n. n.	0,2
Acrolein	1,1	n. n.
Ethanol	1,2	0,7
Aceton	0,2	1,6
Phosgen	0,1	0,5
n-Hexan	1,0	0,9
2-Butoxyethanol *	2,6	1,4

*n. n. bedeutet: Die Substanz war zum Messzeitpunkt am Messort nicht vorhanden oder sie war vorhanden und die Konzentration lag unter der Nachweisgrenze des Analysengerätes.*

*\* 2-Butoxyethanol ist ein Zusatzmittel im Löschschaum*

Der Messtrupp mit dem FT-IR Analysengerät musste mit Atemschutz- Vollmasken sowie Kombinationsfilter-P3 ausgerüstet werden, da die noch vorhandenen Schadstoffe in der Atemluft im Gebäude die Atemwege reizten.

Die Schadstoffe, hinter dem Gebäude in Windrichtung, reizten die Atemwege deutlich mehr, verbunden mit heftigem Reizhusten. Möglicherweise war, zusätzlich zu den vorhandenen Schadstoffen der Phosgenanteil von durchschnittlich 0,5 ppm dafür verantwortlich. Phosgen ist extrem giftig! Das Gas verätzt die Atemwege, insbesondere die Lunge und verursacht heftiges Husten sowie Atemnot. Der MAK-Wert für Phosgen beträgt 0,02 ppm (Liste 2004)!

Selbst in 100 m Entfernung vom Gebäude reizten mehrere Stunden nach Löschung des Brandes die "dünnen" Wolken noch die Atemwege.

Die Analyseergebnisse sind in den Bildern 8.1 und 8.2, getrennt nach anorganischen und organischen Substanzen, dargestellt.

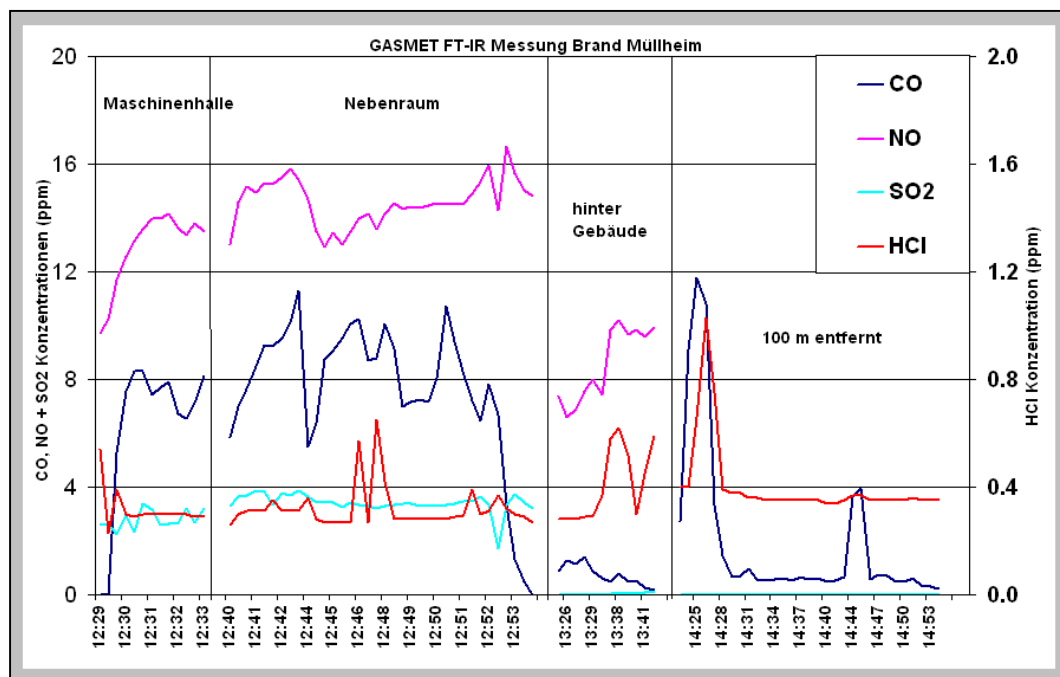


Bild 8.1: Beim Großbrand in Müllheim gemessene Konzentrationen der anorganischen Gase

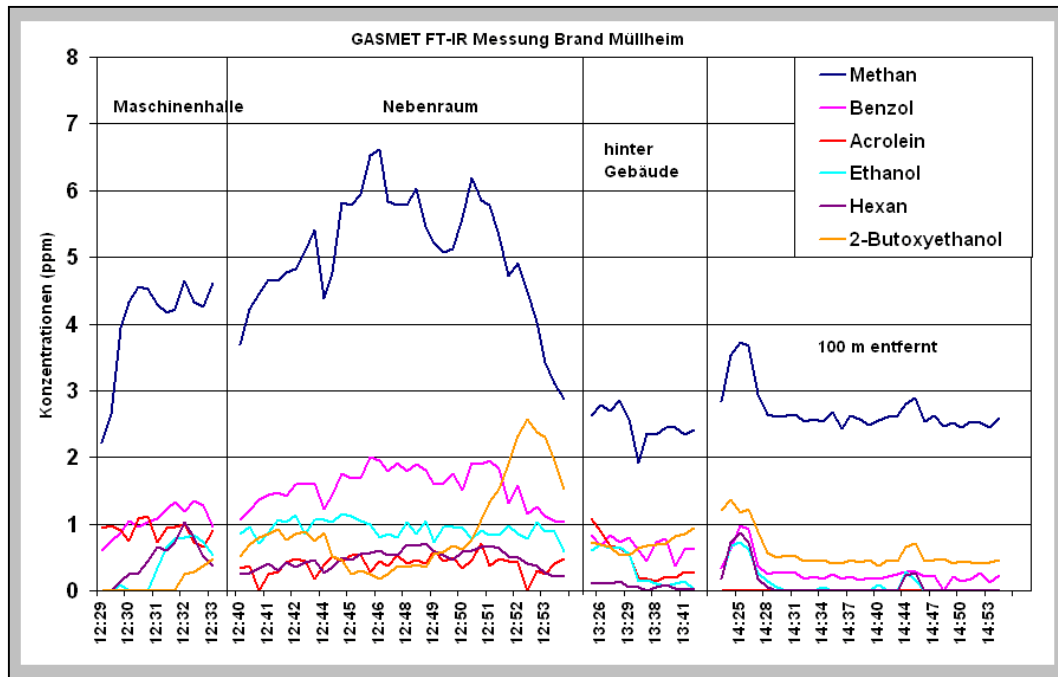


Bild 8.2: Beim Großbrand in Müllheim gemessene Konzentrationen der organischen Gase

Die hier beschriebenen Messungen wurden mehrere Stunden nach dem Brand bzw. der weitgehenden Löschung durchgeführt. Trotzdem wurden noch deutlich erhöhte Konzentrationen z.B. an HCl und CO in der Luft gemessen. Selbst zu dieser späten Zeit verursachten die dünnen Gaswolken noch Atembeschwerden. Vergleicht man auf den Fotos (Bild 8.3 und 8.4) die dicken Brandrauchwolken während des eigentlichen Brandes am Morgen mit den dünnen Wolken zur Zeit der hier beschriebenen FT-IR Messungen, so muss gefragt werden, ob am Morgen nicht doch höhere Konzentrationen von Schadstoffen in der großen Wolke vorhanden waren. Hat die Feuerwehr eventuell nicht die richtige Ausrüstung um solche Schadstoffkonzentrationen zu messen? Ein Fahrzeug, ausgerüstet mit einem mobilen FT-IR Analysator und Bedienpersonal mit Atemschutz wäre sicherlich eine Möglichkeit, konkretere Aussagen zu toxisch relevanten Gaskonzentrationen in Brandgaswolken wie bei dem Brand am 18.2.2004 in Müllheim zu machen. Es gibt auch die Idee, diese Analytik in eine vom Hubschrauber getragene Sonde zu integrieren [20] (Projekt "Helimet").

Der Einsatz von sogenannten elektronischen Nasen, welche im Forschungszentrum Karlsruhe entwickelt wurden (KAMINA) wäre eine weitere mögliche analytische Messmethode zur schnellen Einschätzung des Gefahrenpotentials von Bränden auf die Belastung der Umwelt [21, 22].

Mit den Kreisbrandmeistern im Regierungsbezirk Freiburg wurden während der Dienstbesprechung mit dem Regierungspräsidium die Ergebnisse der Schadstoffmessungen bewertet und diskutiert [4]. Ein Wunsch der Kreisbrandmeister wäre die Schaffung eines „Kompetenzzentrums C“, um bei großen Schadensereignissen den Einsatzleitern Vor-Ort wertvolle Hinweise bezüglich der Gefahren für Einsatzkräfte und Bevölkerung zu geben.

### **8.3 Weitere Schadstoffe**

Die Medien fragen bei einem Brandereignis wie hier meist zuerst nach der Konzentration von schwerflüchtigen Schadstoffen wie z.B. Dioxinen, Furanen und PAK. Diese treten zwar zusätzlich auf, sind jedoch meist partikelgebunden und stellen vor allem ein Problem in den Brandrückständen dar. Sie werden hier nicht behandelt und müssen auch mit anderen, aufwendigen Methoden gemessen werden.

Nicht zu unterschätzen sind zusätzliche Kombinationswirkungen wie z.B. Sauerstoffmangel im verrauchten Bereich, zusammen mit vermindertem Sauerstofftransport im Blut durch CO-Vergiftung und verminderte Verwertung des Sauerstoffs in den Körperzellen durch Blausäurevergiftung, die zu verstärkter Schädigung mit fatalen Folgen führen.

Deshalb ist bei dem Einsatz während eines Brandes die Verwendung von schwerem Atemschutz Pflicht. Besonders nach Bränden in Lagerhallen muss an der noch warmen Brandstelle mit sehr gefährlichen und schädlichen Konzentrationen toxischer Brandgase gerechnet werden.

Die hier beschriebenen Messungen wurden mehrere Stunden nach dem Brand bzw. der weitgehenden Löschung durchgeführt. Trotzdem wurden noch deutlich erhöhte Konzentrationen z.B. an HCl und CO in der Luft gemessen. Selbst zu dieser späten Zeit (11:20 Uhr) verursachten die dünnen Gaswolken noch Atembeschwerden. Vergleicht man auf den Fotos die dicken Brandrauchwolken während des eigentlichen Brandes am Morgen mit den dünnen Wolken zur Zeit der hier beschriebenen FT-IR Messungen, so muss gefragt werden, ob am Morgen nicht doch höhere Konzentrationen von Schadstoffen in der großen Wolke vorhanden waren.

Die Tabelle 8.1 zeigt einige Grenzwerte für Einzelgase am Arbeitsplatz [23] sowie akut gefährliche Konzentrationen für weitere Schadgase [16, 17, 18].

Tabelle 8.1: Grenzwerte einzelner Gase am Arbeitsplatz (MAK-Wert) und gefährliche Konzentrationen für toxisch relevante Gase bei Bränden.

<b>Gefährliche Brandgase</b>				
Grenzwerte für die einzelnen Gase in ppm (ml/m <sup>3</sup> )				
	<b>MAK-Wert</b>	<b>30 min Rettung</b>	<b>5 min Tod</b>	<b>60 min Tod</b>
Kohlenmonoxid CO	30	1.500	12.000	4.600 (30 min)
Blausäure HCN	1,9	100	250	100
Chlorwasserstoff HCl	2	100	14.000	1000
Ammoniak NH <sub>3</sub>	20	500	5.000	
Schwefeldioxid SO <sub>2</sub>	0,5	100		500



Bild 8.3: Brandstelle ca. 8:00 Uhr (Foto Feuerwehr Müllheim)



Bild 8.4: Brandstelle 11:20 Uhr, rechts Messfahrzeug