

## Messung des Giftgascocktails bei Bränden mit dem mobilen GASMET FT-IR Analysator

Dr. Gerhard Zwick,  
Ansyco GmbH, Karlsruhe  
[www.ansyco.de](http://www.ansyco.de)

Forschungsstelle für  
Brandschutztechnik,  
Dipl.-Ing. Peter Basmer,  
[www.ciw.uni-karlsruhe.de/ffb/](http://www.ciw.uni-karlsruhe.de/ffb/)



Forschungsstelle für Brandschutztechnik  
an der Universität Karlsruhe (TH)



**Brandhalle der FFB**

## Themen

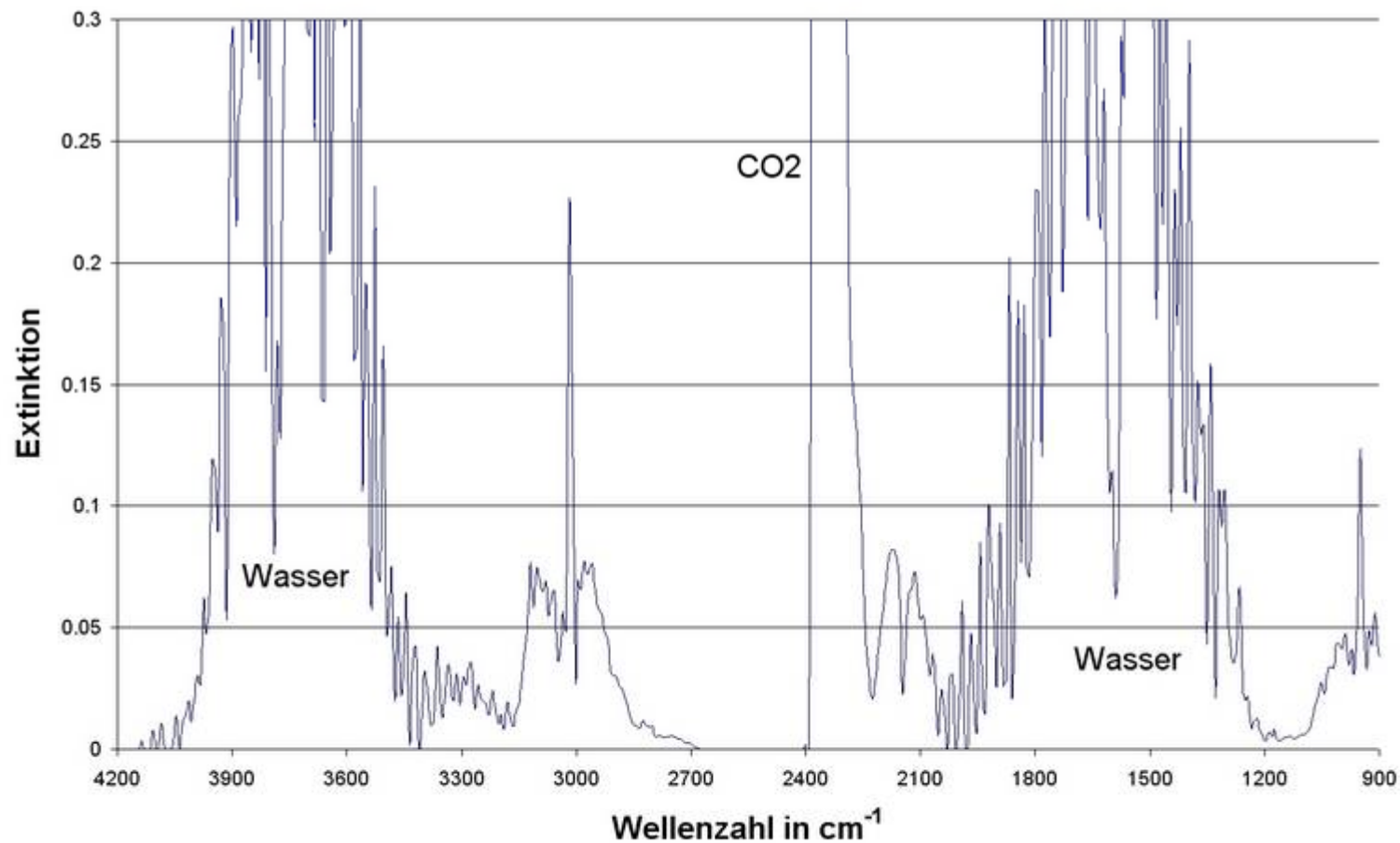
1. FTIR Messmethode
2. Pyrolysen verschiedener Materialien
3. Testfeuer im Realmaßstab
4. Testfeuer im Realmaßstab mit Flashover
5. Messung bei einem realem Brandereignis

## 1. FT-IR Analysenmethode

- Moleküle absorbieren Licht im IR Wellenlängenbereich.
- Jede Gassorte hat ein charakteristisches Muster der Signale.  
(Spektrum = Fingerabdruck)
- Ein FT-IR Spektrometer misst schnell IR-Spektren.
- Das Messspektrum enthält die Signale aller Gase gemischt.
- Nach dem Muster der Signale wird identifiziert.  
Nach der Höhe der Signale wird quantifiziert.
- Signalüberlagerungen müssen berücksichtigt werden.

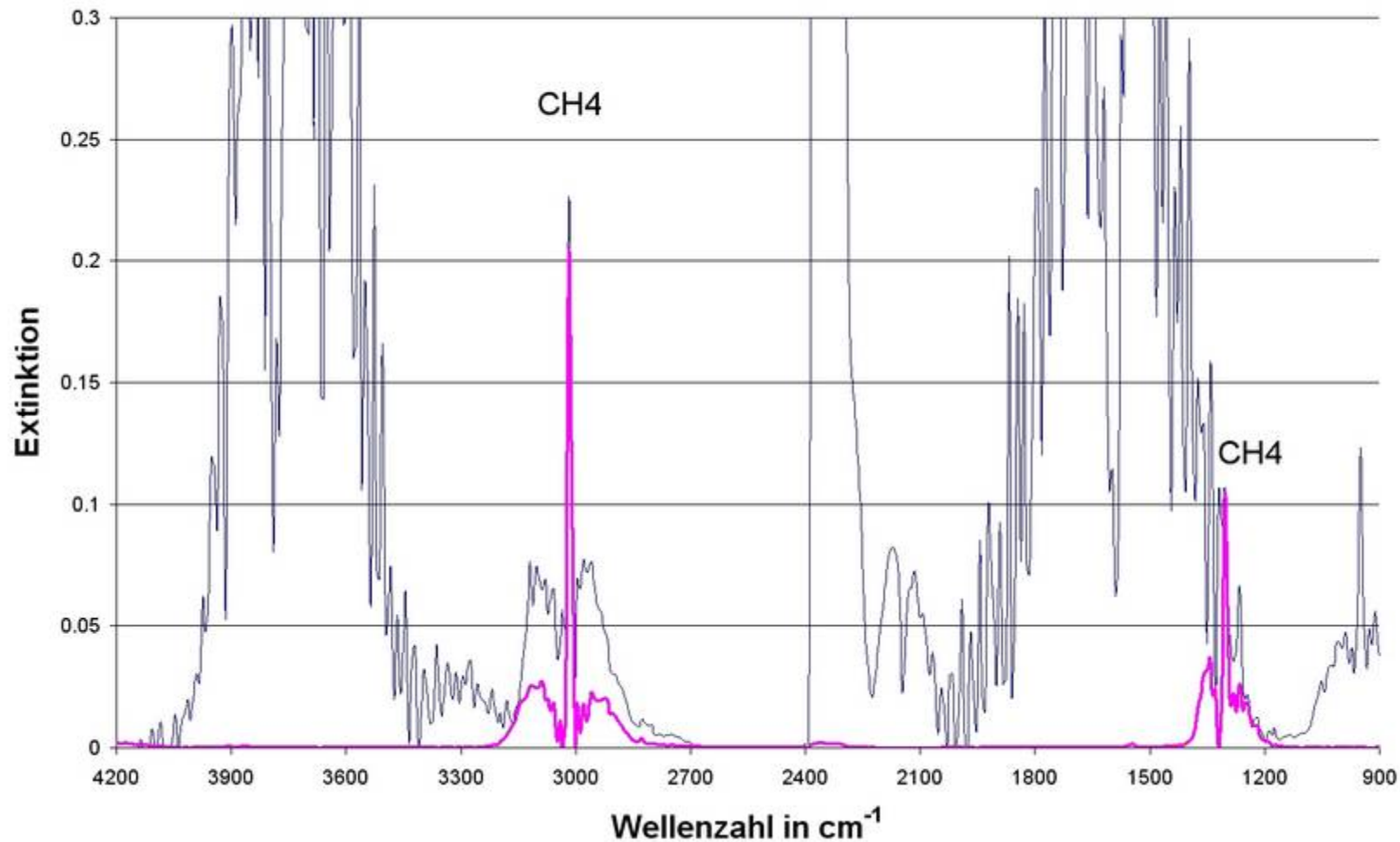
## FT-IR Spektrum eines Brandgases

GASMET FT-IR DX4000 tragbar mit Calcmet Software;  
Signale von Wasser, CO<sub>2</sub> und allen anderen Gasen.



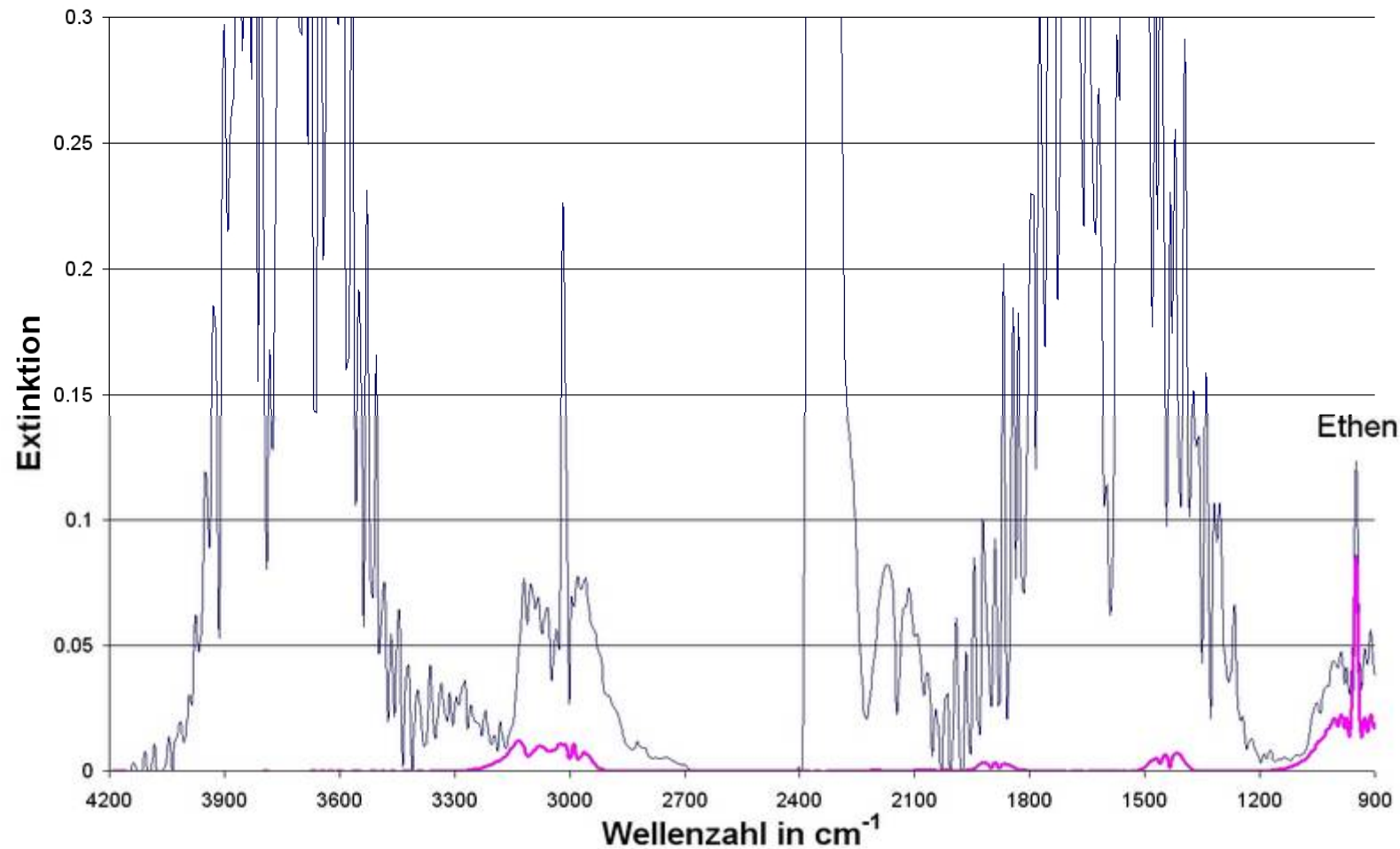
## FT-IR Spektrum eines Brandgases (2)

Signale von Wasser, CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> (Methan).



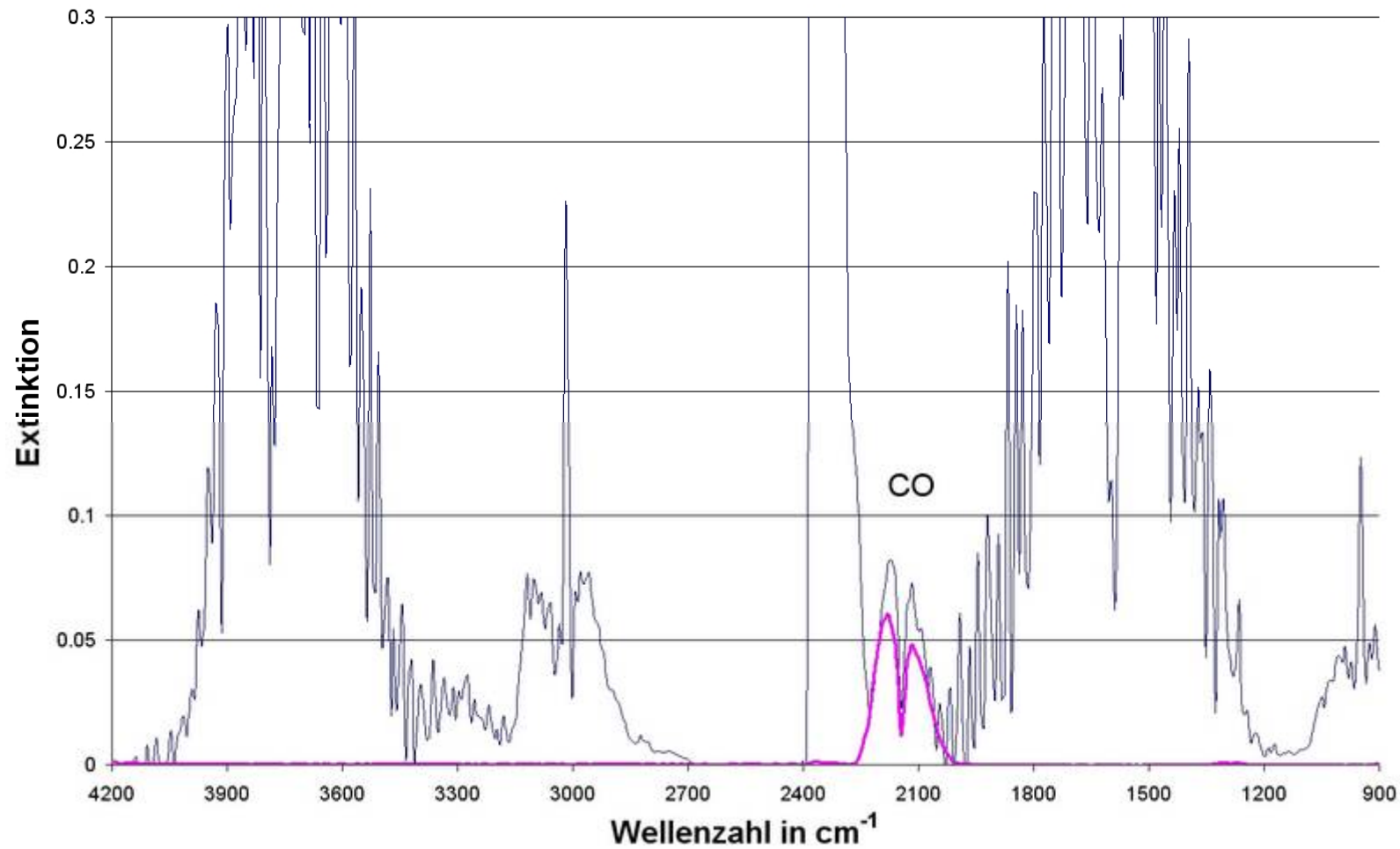
## FT-IR Spektrum eines Brandgases (3)

Signale von Wasser, CO<sub>2</sub> und Ethen.



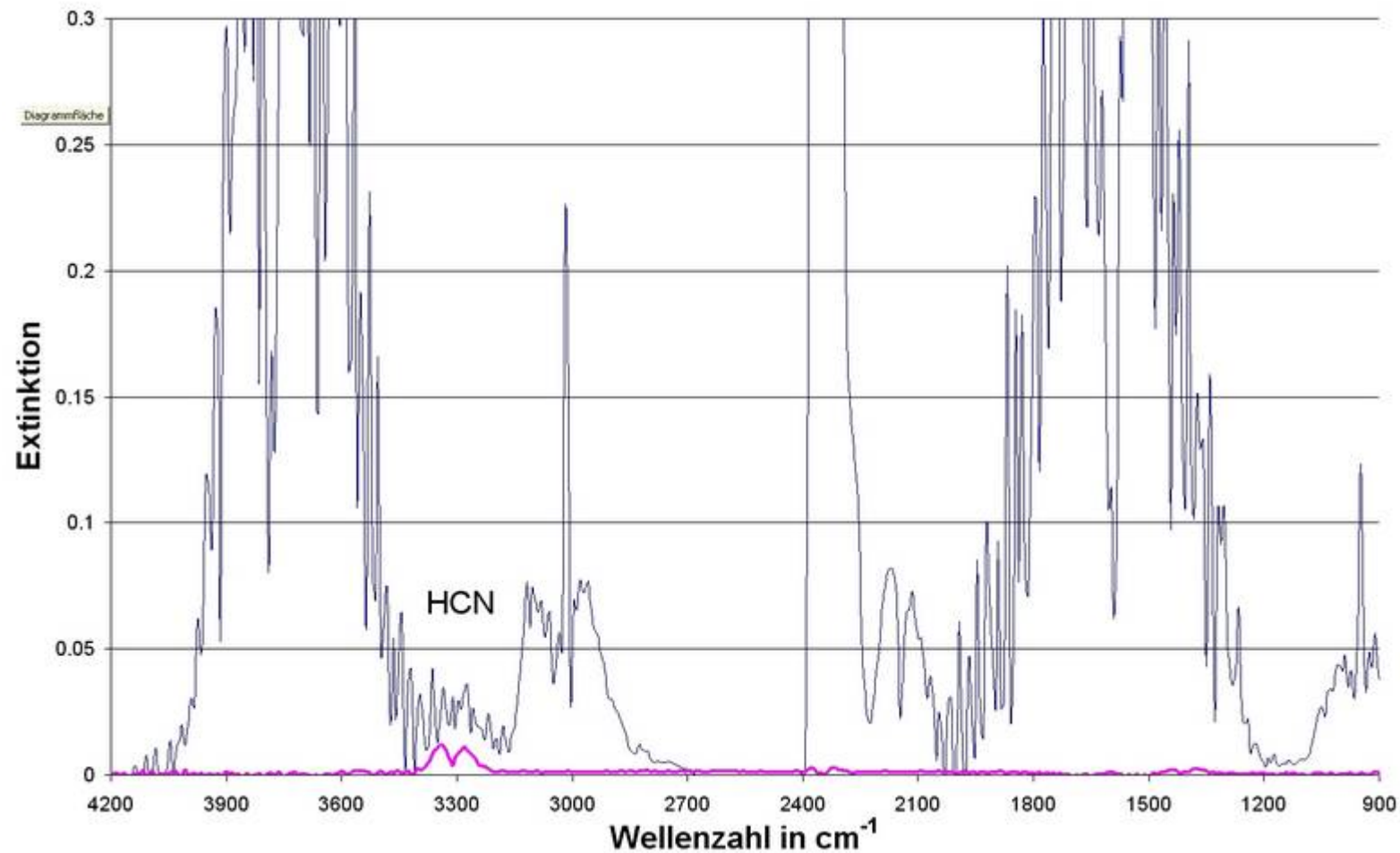
## FT-IR Spektrum eines Brandgases (4)

Signale von Wasser, CO<sub>2</sub> und CO (Kohlenmonoxid).



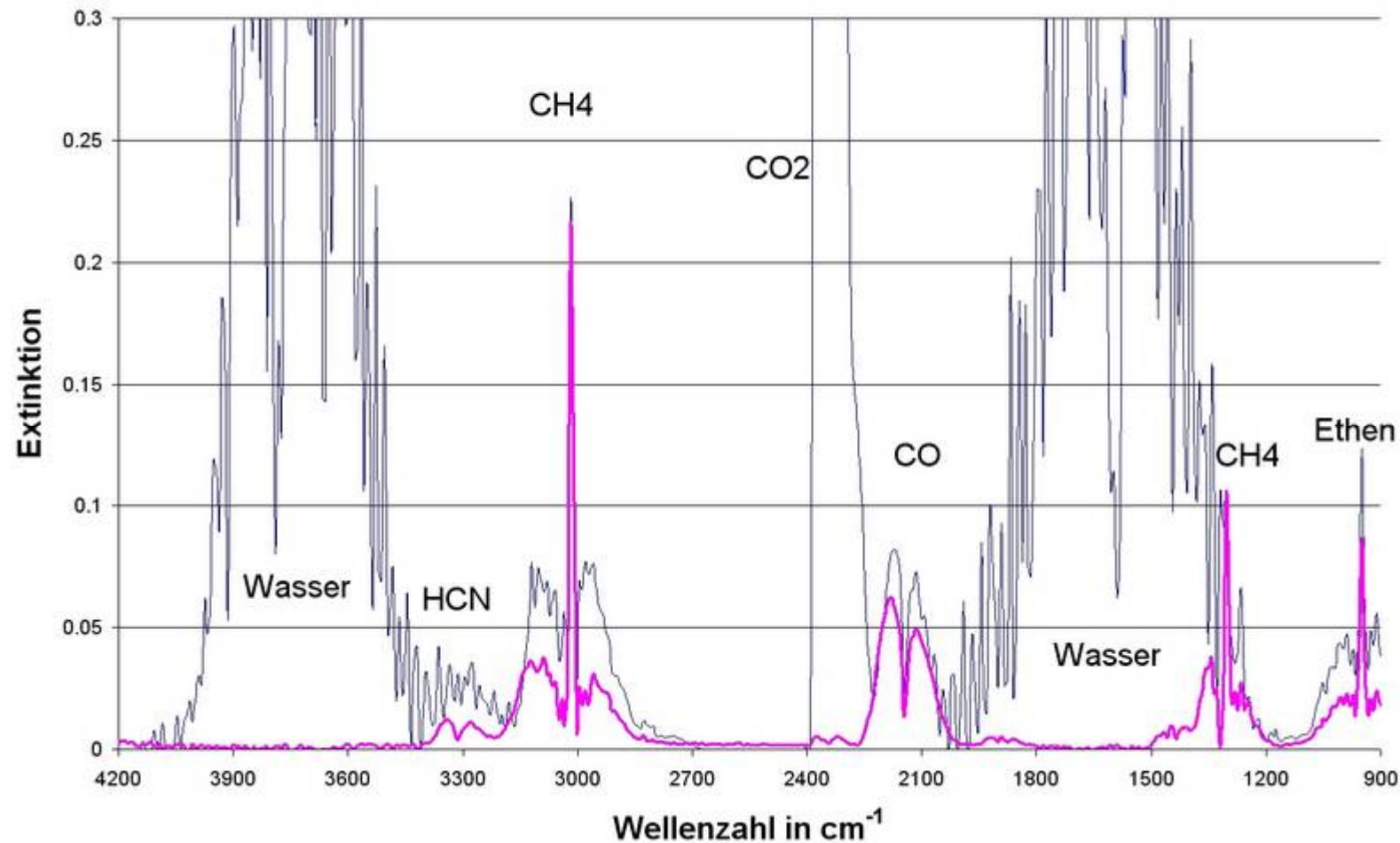
## FT-IR Spektrum eines Brandgases (5)

Signale von Wasser, CO<sub>2</sub> und HCN (Blausäure).



## FT-IR Spektrum eines Brandgases (6)

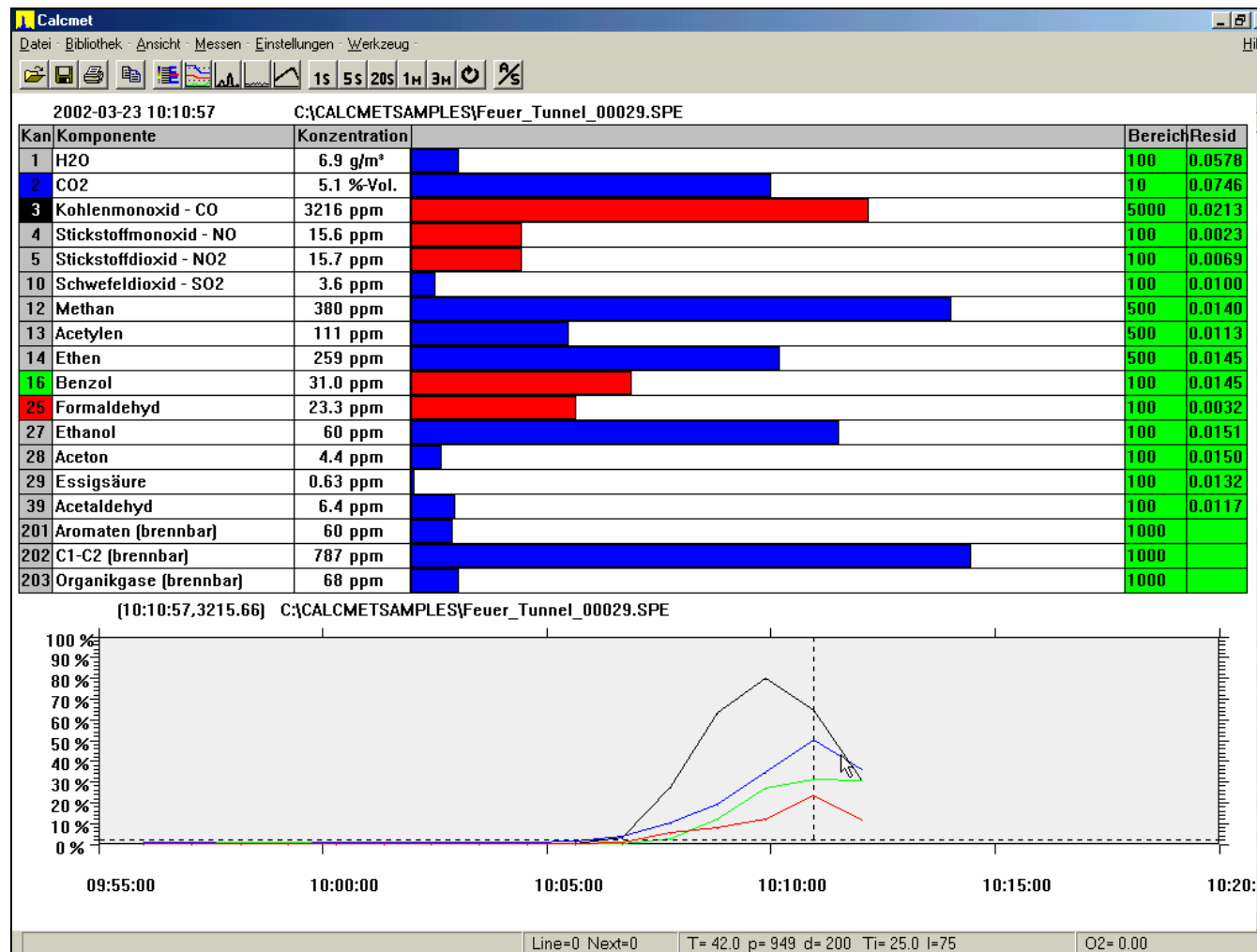
Signale von Wasser, CO<sub>2</sub> und allen anderen Gasen.



## Liste der mit FT-IR simultan gemessenen Gase

<b>Anorganisch, akut toxisch:</b>	CO, HCl, HCN, NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub>
<b>Organisch Gase, toxisch:</b>	Formaldehyd, Acrolein, Phosgen
<b>Organische Gase, brennbar:</b>	<b>C1-C2</b> (Methan, Ethan, Ethen, Acetylen)
<b>Organisch, toxisch, brennbar:</b>	<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b> (Benzol, Toluol, o-, m-, p-Xylol, Ethylbenzol, Styrol, Phenol), <b>Organische Kohlenwasserstoffe</b> (Ethanol, Aceton, Essigsäure)
<b>Andere Gase:</b>	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> O, COS, CS <sub>2</sub>

## Anzeige der FT-IR Ergebnisse (GASMET DX4000)



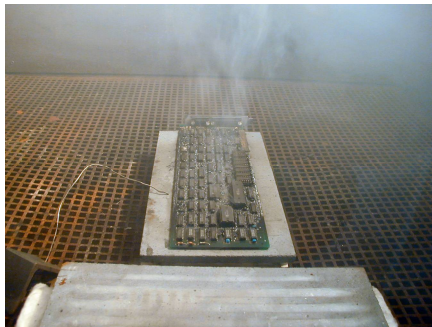
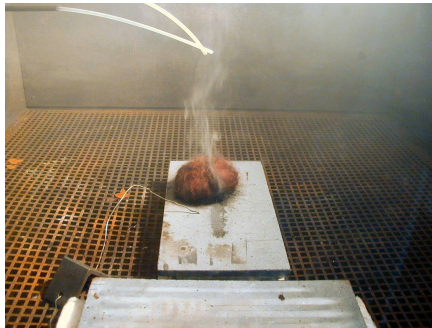
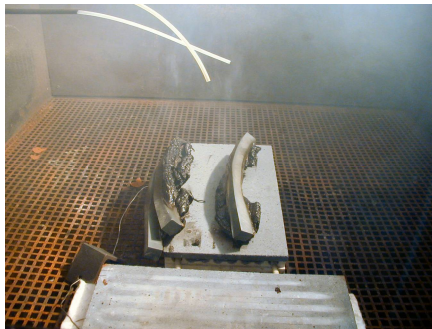
- On-Line Anzeige aller Konzentrationen
- Anzeige des Verlaufs
- 20-60 Sek Messzyklus

## 2. Pyrolysen



- Brandkammer  
1 m<sup>3</sup> Volumen
- Heizplatte, bis 400 °C,  
Dauer 25 - 50 min
- 3 Materialien getestet:  
PVC Stäbe,  
Mohair Wolle,  
Elektronikboard

## Konzentrationen bei Pyrolysen



Gasbildung (in °C)	PVC Stab 300 °C	Mohair Wolle 180 °C	PC-Board 250 °C
<b>Max. Konzentration</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>
<b>CO</b>	270	75	70
<b>HCl</b>	10000	0	0
<b>HCN</b>	5	63	5
<b>NH3</b>	3	250	1
<b>SO2</b>	7	3	1
<b>NOx</b>	10	16	7
<b>COS</b>	0	42	1
<b>Organische KW</b>	180	53	48
<b>Formaldehyd</b>	17	2	1
<b>Aromatische KW</b>	350	21	90
<b>Benzol</b>	200	4	16
<b>Phenol</b>	7	1	63
<b>C1 - C2 Brennbar</b>	400	90	50

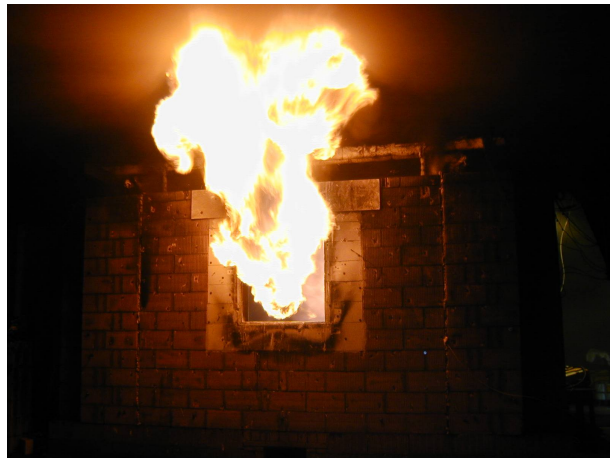
### 3. Testfeuer im Realmaßstab (Feuer 1)

- Raumgröße 5 x 5 x 2,6 m.
- Brandmasse (730 kg)

40 % Material verbraucht



## Konzentrationen bei Testfeuer im Realmaßstab



Max. Konzentrationen (in ppm)		
	Innen	oberhalb nach 11 min
CO	1600	5100
HCN	49	55
SO <sub>2</sub>	96	10
NO <sub>x</sub>	110	44
HCl	1	4
Formaldehyd	1	5
Benzol	15	43
C1-C2	180	800

## 4. Testfeuer im Realmaßstab (Feuer 2)



- 1 Wand offen
- 500 kg Brandmasse
- 7 min: Feuer entwickelt sich
- Temperatur steigt 19 °C/ min
- Rauchbildung, Gase messbar



- 11 min: Feuer intensiv
- Temp. steigt 800° in 1 min, bis 1100 ° C
- Bildung der brennbaren Gase durch Pyrolyse (Methan, Ethen, Acetylen, KW)
- dicke Rauchschiicht unter der Decke

## Feuer im Realmaßstab (Feuer 2) - Flashover



- Alle Materialien werden durch Strahlung und durch heiße Gase erhitzt.
- Flashover:  
Die brennbaren Gase und die heißen Materialien entzünden sich.
- Dann brennen praktisch alle Oberflächen.

## Feuer im Realmaßstab (Feuer 2)

Max. Konzentrationen	
CO <sub>2</sub>	12 vol-%
CO	16.000 ppm
SO <sub>2</sub>	40 ppm
NO <sub>x</sub>	220 ppm
HCN	300 ppm
NH <sub>3</sub>	10 ppm
HCl	1 ppm
Formaldehyd	3 ppm
Benzol	200 ppm
Brennbar	2.200 ppm

## FT-IR Messung während eines Brandereignisses

© Feuerwehr Müllheim

PVC Verarbeitung,  
Brandbeginn 6:15 Uhr  
Foto 8:00 Uhr



## FT-IR Messung am Brandort



Messung im Gebäude  
12:30 Uhr



Messung hinter Gebäude  
13:30 Uhr

## FT-IR Messung am Brandort



14:30 Uhr: Messung 100 m neben dem Gebäude

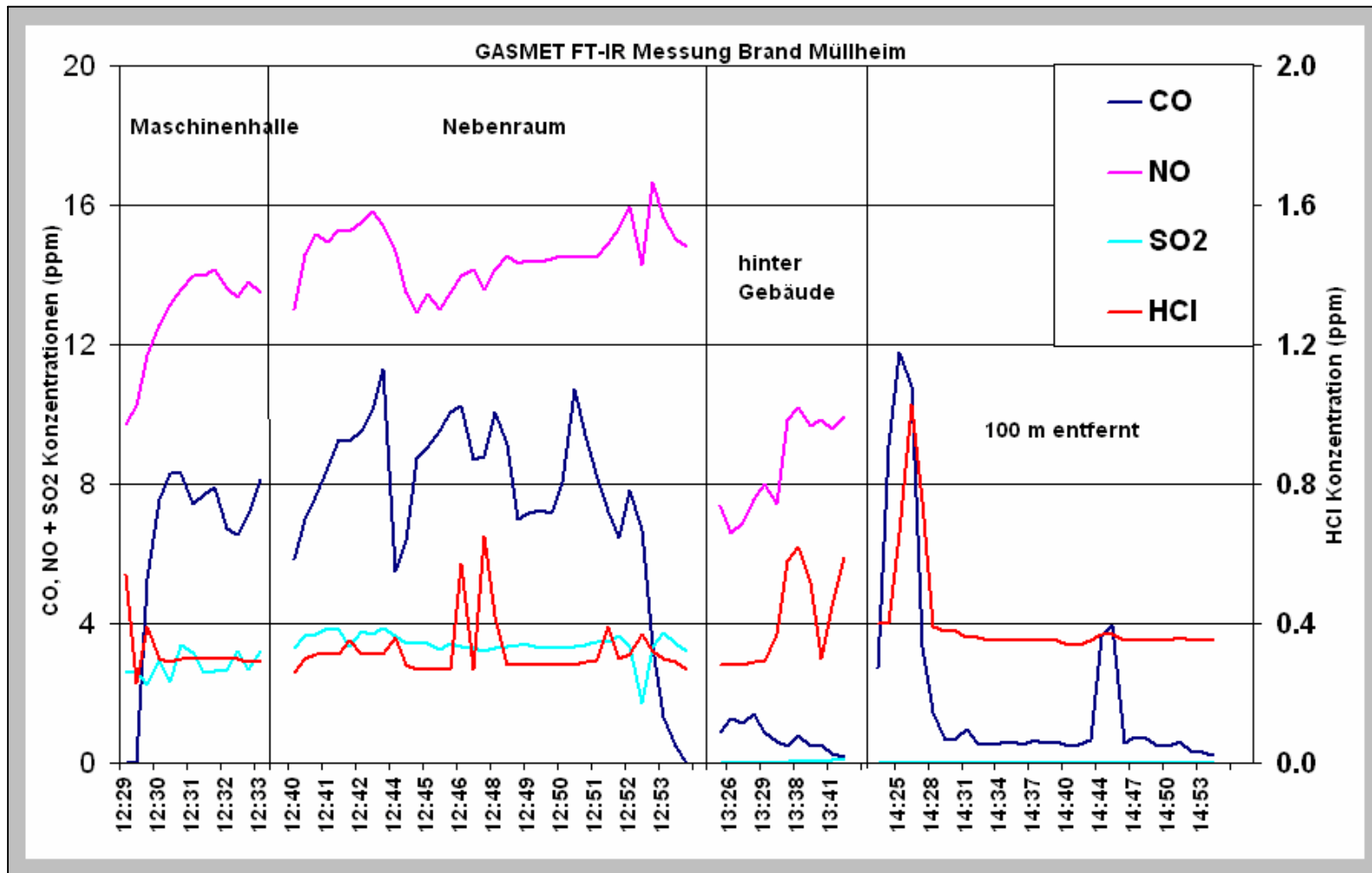
## FT-IR Messung am Brandort

Max. Konzentrationen in ppm (Anorganische Gase)		
	im Gebäude	100 m daneben
CO <sub>2</sub>	710	540
CO	11,3	11,8
NO	16,6	n. n.
NO <sub>2</sub>	0,9	0,2
N <sub>2</sub> O	0,2	0,3
NH <sub>3</sub>	1,4	n. n.
HCN	n. n.	n. n.
SO <sub>2</sub>	3,9	n. n.
HCl	0,7	1,0
Phosgen	0,1	0,5

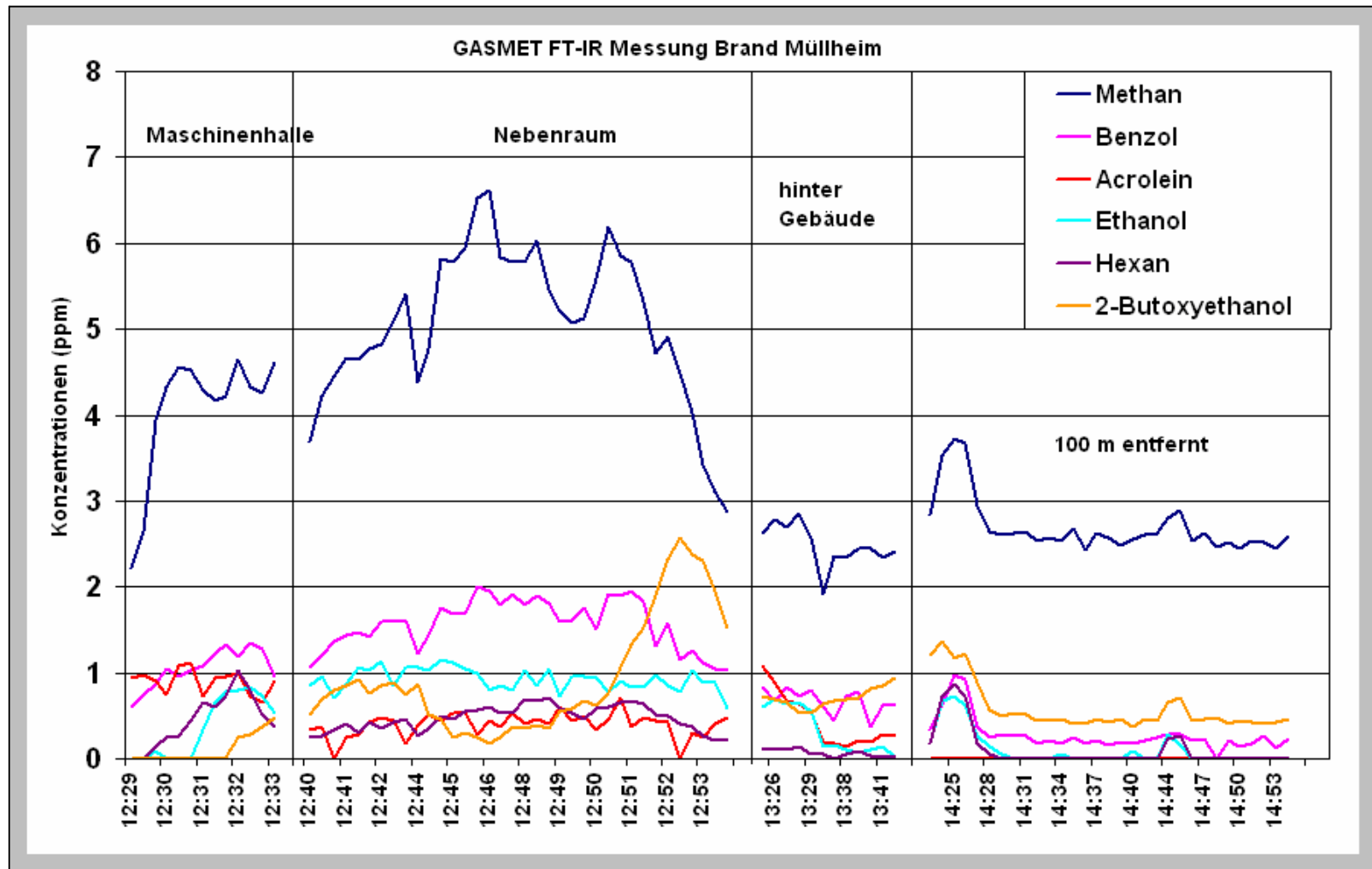
## FT-IR Messung am Brandort

Max. Konzentrationen in ppm (Organische Gase)		
	im Gebäude	100 m daneben
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
Vinylchlorid	n. n.	n. n.
n-Hexan	1,0	0,9
2-Butoxyethanol	2,6	1,4 (Schaum)

## Konzentrationsverläufe (Anorganische Gase)



## Konzentrationsverläufe (Organische Gase)



<b>Gefährliche Brandgase</b>				
<b>Grenzwerte für einzelne Gase in ppm</b>				
	<b>MAK Wert</b>	<b>&lt; 30 min Rettung</b>	<b>5 min Tod</b>	<b>60 min Tod</b>
<b>Kohlenmonoxid <math>\text{CO}</math></b>	<b>30</b>	<b>1500</b>	<b>1200</b>	<b>4600 (30 min)</b>
<b>Blausäure <math>\text{HCN}</math></b>	<b>1,9</b>	<b>100</b>	<b>250</b>	<b>100</b>
<b>Chlorwasserstoff <math>\text{HCl}</math></b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>14000</b>	<b>1000</b>
<b>Ammoniak <math>\text{NH}_3</math></b>	<b>20</b>	<b>500</b>	<b>5000</b>	
<b>Nitrose Gase <math>\text{NO}_x</math></b>	<b>5</b>			<b>300</b>
<b>Schwefeldioxid <math>\text{SO}_2</math></b>	<b>0,5</b>	<b>100</b>		<b>500</b>

Tabelle: P.Basmer

## GASMET Mobile FT-IR Gasanalysatoren



DX4000

DX4000 mit Trolley und Batterie



DX4030 mit internem Akku



## Zusammenfassung

- Der Brandgascocktail ist sehr giftig.
- FT-IR Geräte messen simultan die Konzentrationen von vielen organischen und anorganischen Gasen.
- Es gibt tragbare und mobile FT-IR Multigasanalytoren zur Messung des Giftgascocktails bei Bränden.
- Es gibt Software, die Bandenüberlagerungen automatisch korrigiert.

