

Flammenausbreitung bei Rohrleitungen
und Dämmstoffen für Rohrleitungen
Teil II/1

T 2332/2

T 2332/2

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Abschlußbericht Teil II/1

Nr. 23-80.01-287

**Flammenausbreitung bei Rohrleitungen und Dämmstoffen
für Rohrleitungen**

- Untersuchungen über die Abhängigkeit der Versuchsergebnisse von einzelnen Versuchsrandbedingungen
- Untersuchungen an einer Reihe von handelsüblichen Dämmstoffen und Abwasserrohren

Dipl. - Phys. T. Ueberall
Dipl. - Ing. H. G. Klingelhöfer

Auftraggeber: Institut für Bautechnik
Reichpietschufer 74
1000 Berlin 30
Nr. IV 1 - 5 - 401/84

Datum: 05.12.1990

1. Allgemeines und Aufgabenstellung

Im Abschlußbericht Teil I zu diesem Vorhaben /1/ wurde die Versuchseinrichtung zur Prüfung der Flammenausbreitung bei Rohrleitungen und Rohrisolierungen im Rahmen von Vorversuchen erprobt. Darüberhinaus wurde eine Reihe von Versuchen an handelsüblichen Rohrisolierungsmaterialien mit Holzkrippen bzw. Gasbrenner durchgeführt.

Im Rahmen dieser Untersuchungen sollten in Abstimmung mit der Betreuungsgruppe die nachstehend aufgeführten Parameter im Hinblick auf das Brandverhalten von Rohrleitungen und -isolierungen (Dämmstoffe und Kunststoffrohre) untersucht werden:

- Einfluß der Isolierdicke bei konstanter Probenanzahl
- Einfluß der Anzahl von Proben bei konstanter Isolierdicke
- Einfluß unterschiedlicher Zuluftraten
- Einfluß verschiedener Primärbrandbelastungen

Im Anschluß an diese Versuche sollten weitere handelsübliche Rohrdämmstoffe und Abwasserrohre untersucht werden.

2 Versuchsaufbau

2.1 Versuchseinrichtung

Der Aufbau der Versuchseinrichtung sowie der Meßumfang sind in Teil I des Abschlußberichtes zu diesem Vorhaben beschrieben.

Vor Durchführung dieser Versuche wurden in Abstimmung mit der Betreuungsgruppe einige Änderungsarbeiten an der Versuchseinrichtung durchgeführt. Die Versuchseinrichtung wird der Übersichtlichkeit halber nachfolgend nochmals beschrieben:

Wesentlicher Bestandteil der Versuchsanlage ist ein "L"-förmiger Schacht, dessen Stahlblechwände eine 30 mm dicke mehrschichtige Auskleidung aus Kalzium-Silikatplatten besitzen. Das lichte Maß des Schachtes betrug 610 mm x 2540 mm x 430 mm. Im Bereich des oben angeordneten Abzuges befindet sich eine Steuerklappe zur Regelung der Druckverhältnisse im Schacht (s. Abb. 2). Von dort wurden die Rauchgase über eine Rohrleitung mit einem Durchmesser von 20 cm in eine Abgasreinigungsanlage (Venturi-Wäscher) eingeleitet. Die Saugleistung der Abgasreinigungsanlage ist einstellbar bis max. 1000 m³/h.

Die Zuluft wird über eine 749 cm lange Rohrleitung angesaugt. Diese Rohrleitung hat auf einer Länge von 518 cm einen konstanten Durchmesser von 20 cm (als Beruhigungsstrecke für die Volumenstrommessung).

Zur Beobachtung des Brandablaufes sind in den Seitenwänden des senkrechten Schachtes mehrere Fenster mit feuerwiderstandsfähiger Verglasung eingebaut. Zur besseren Beobachtung wurden diese Fenster für die Versuche des 2. Teils durch ein über die Höhe durchgehendes Fenster ersetzt.

2.2 Befestigung der Rohrdämmstoffe

Die Versuchsanordnung sieht vor, daß die an ihren Enden geschlossenen Rohre, auf die die Rohrdämmstoffe aufgezogen werden, am unteren Ende horizontal abgewinkelt sind und in den horizontalen Teil des L-förmigen Schachtes reichen. Der kurze Schenkel war 108 cm, der lange Schenkel 227 cm lang.

Die zu untersuchenden Proben werden an der Probenaufhängung am oberen Ende des Schachtes aufgehängt und am unteren horizontalen Teil des Schachtes als Sicherung gegen horizontale Bewegungen an der Rohrhalterung befestigt.

Bei den Versuchen an weichem Rohrisolierungsmaterial wurden die Proben am oberen Ende der Stahlrohre zusätzlich mit Draht befestigt, um zu verhindern, daß die Rohrisolierungen während des Versuchs nach unten rutschen.

Die Stöße der Isolierungsmaterialien wurden praxismäßig ausgeführt, z.B. mit Klebeband überklebt.

Die Stöße der Isolierung hatten während der Versuche - sofern dies möglich war - eine einheitliche Lage (10 - 15 cm von dem senkrechten Teil des Rohres entfernt).

Bei Materialien, für die es speziell vorgefertigte Kniestücke gab, wurden diese in die Versuchsanordnung mit einbezogen.

2.3 Befestigung der Abwasserrohre auf Kunststoff

Die Abwasserrohre wurden an der Probenaufhängung mit einem Drahtbügel aufgehängt und am unteren horizontalen Teil des Schachtes an der Rohrhalterung als Sicherung gegen horizontale Bewegungen befestigt.

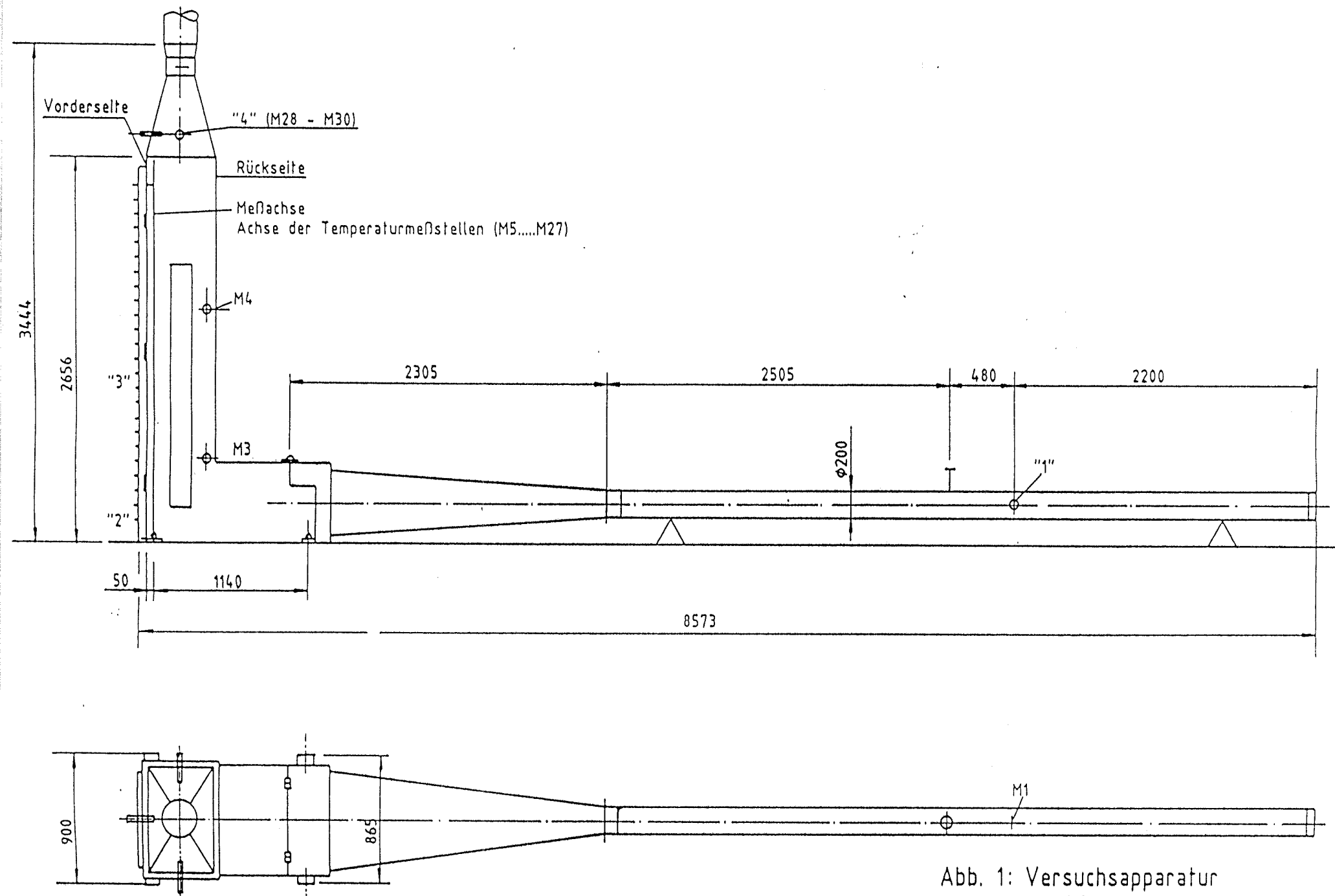
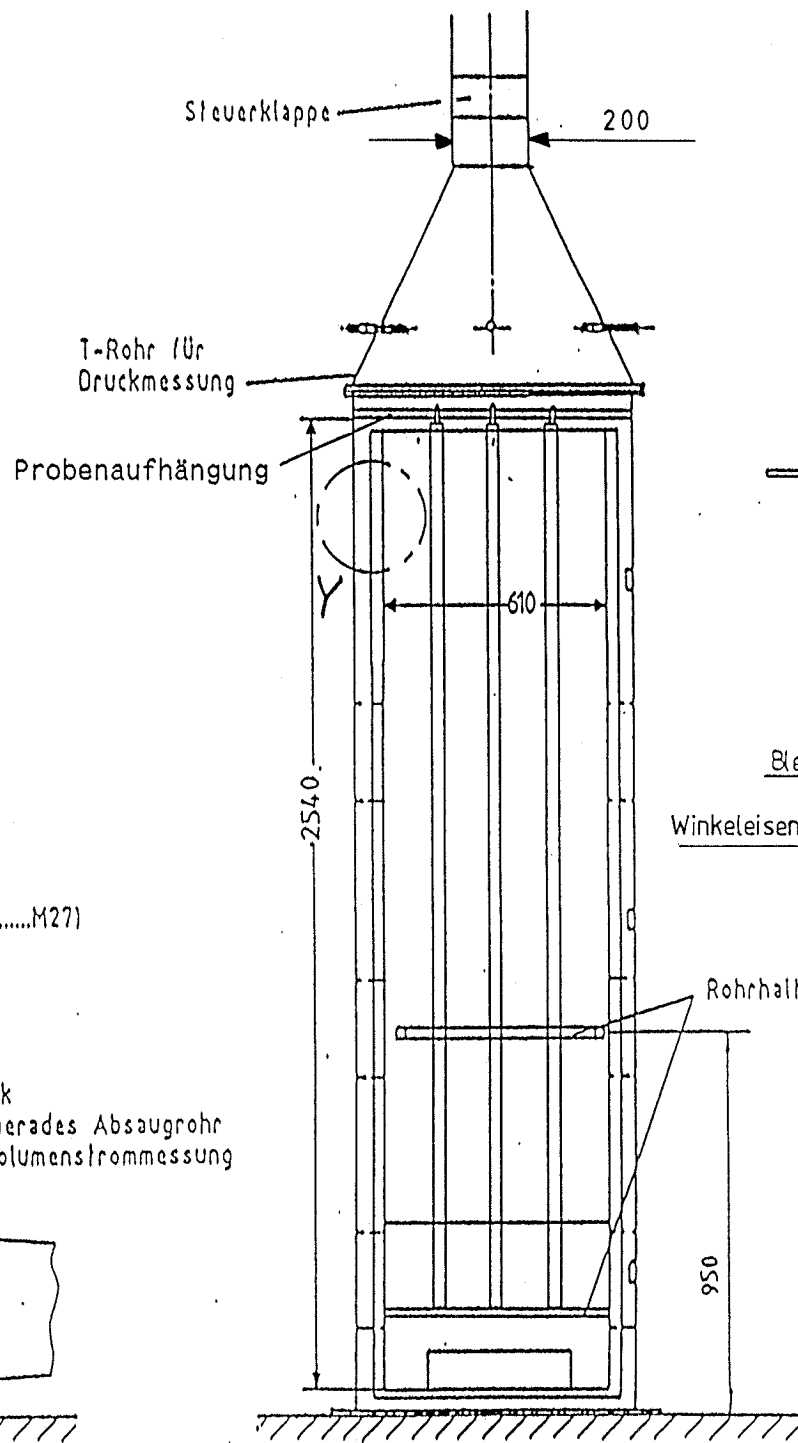
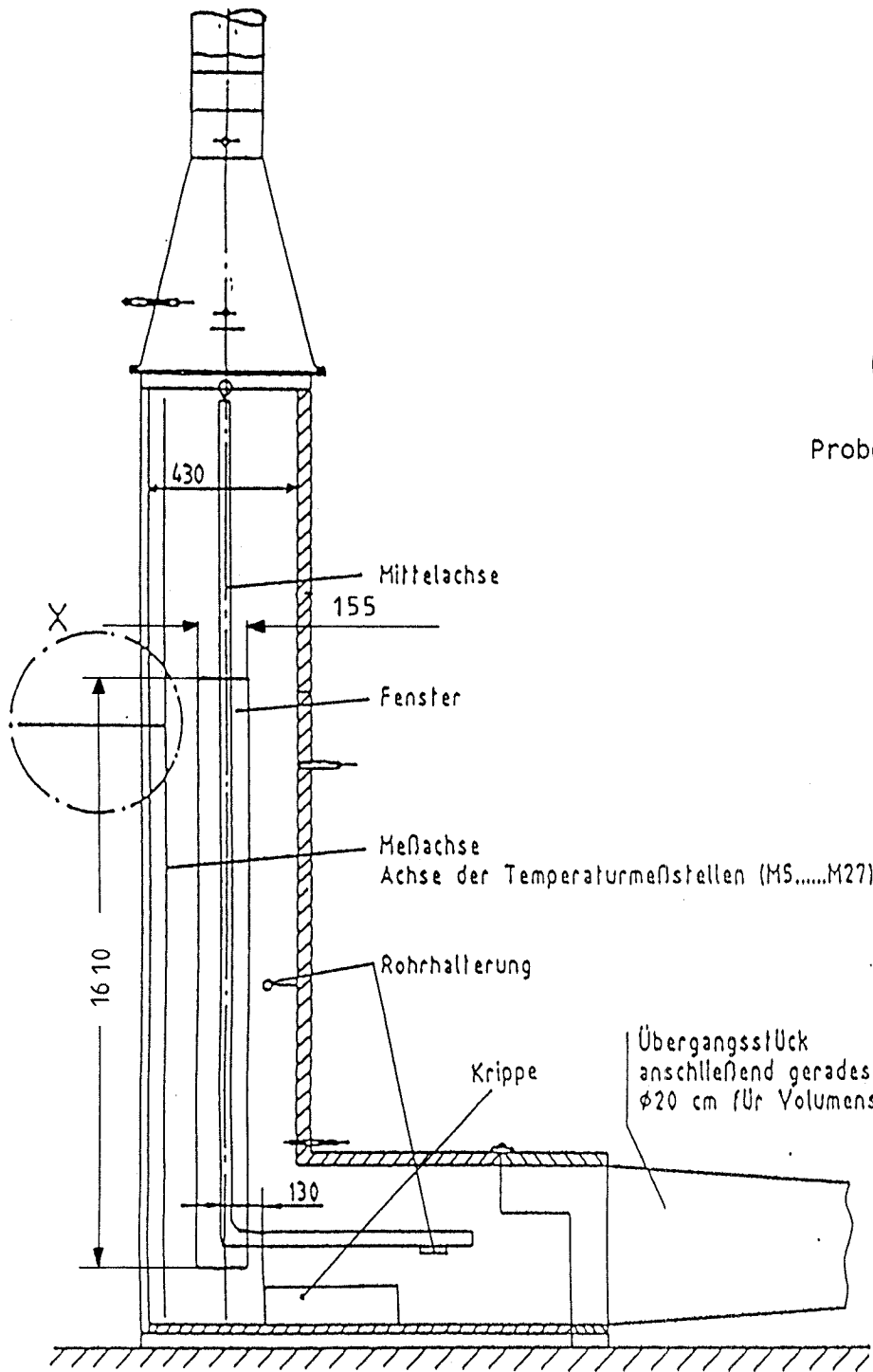
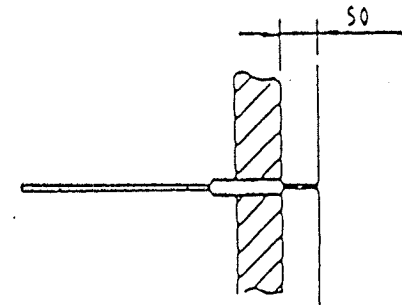


Abb. 1: Versuchsanlage
M 1:35



Detail X

Durchführung der
Thermoelemente



Detail Y

Fibersilikat-
platte

Blechwand

Winkelisen 40x40

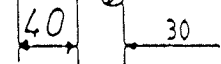
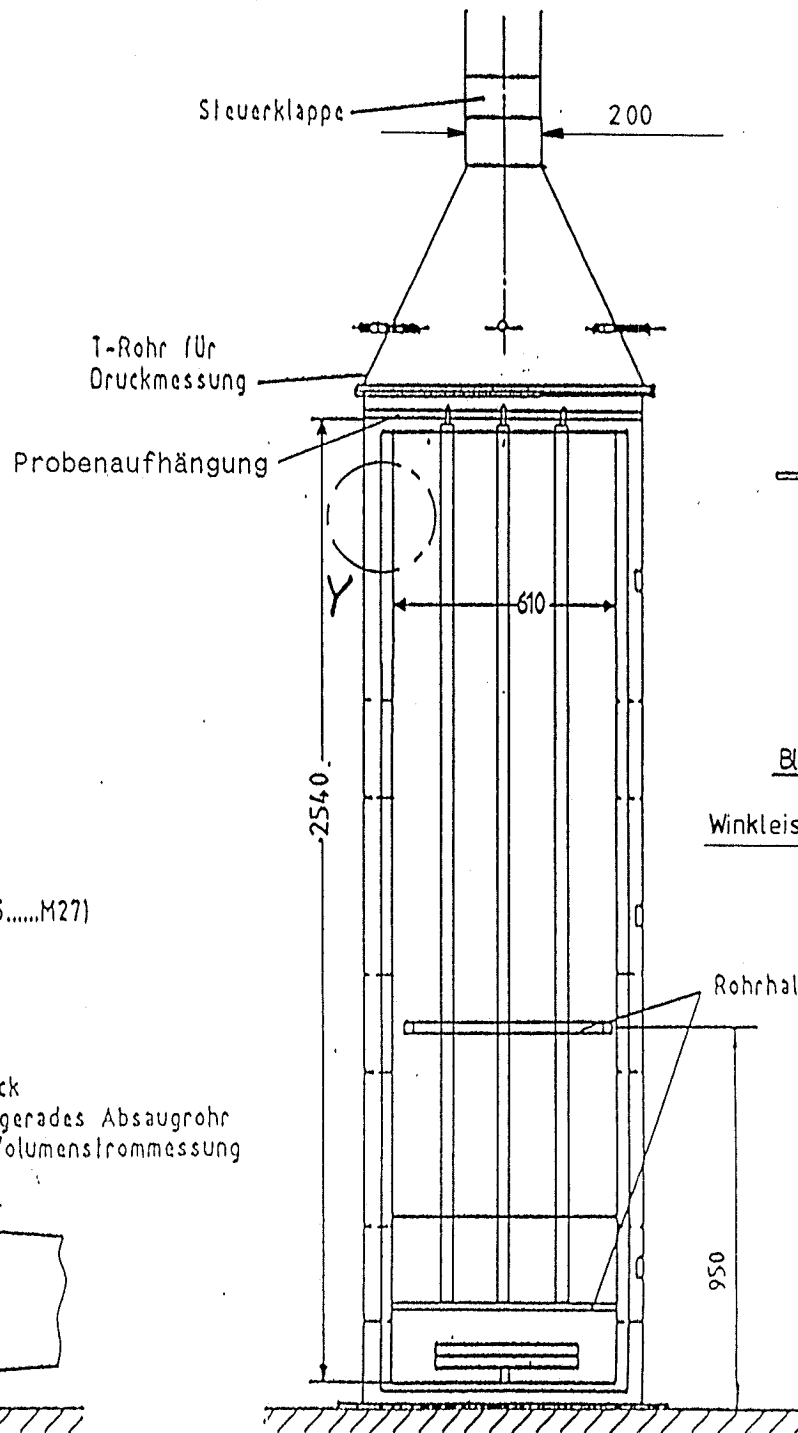
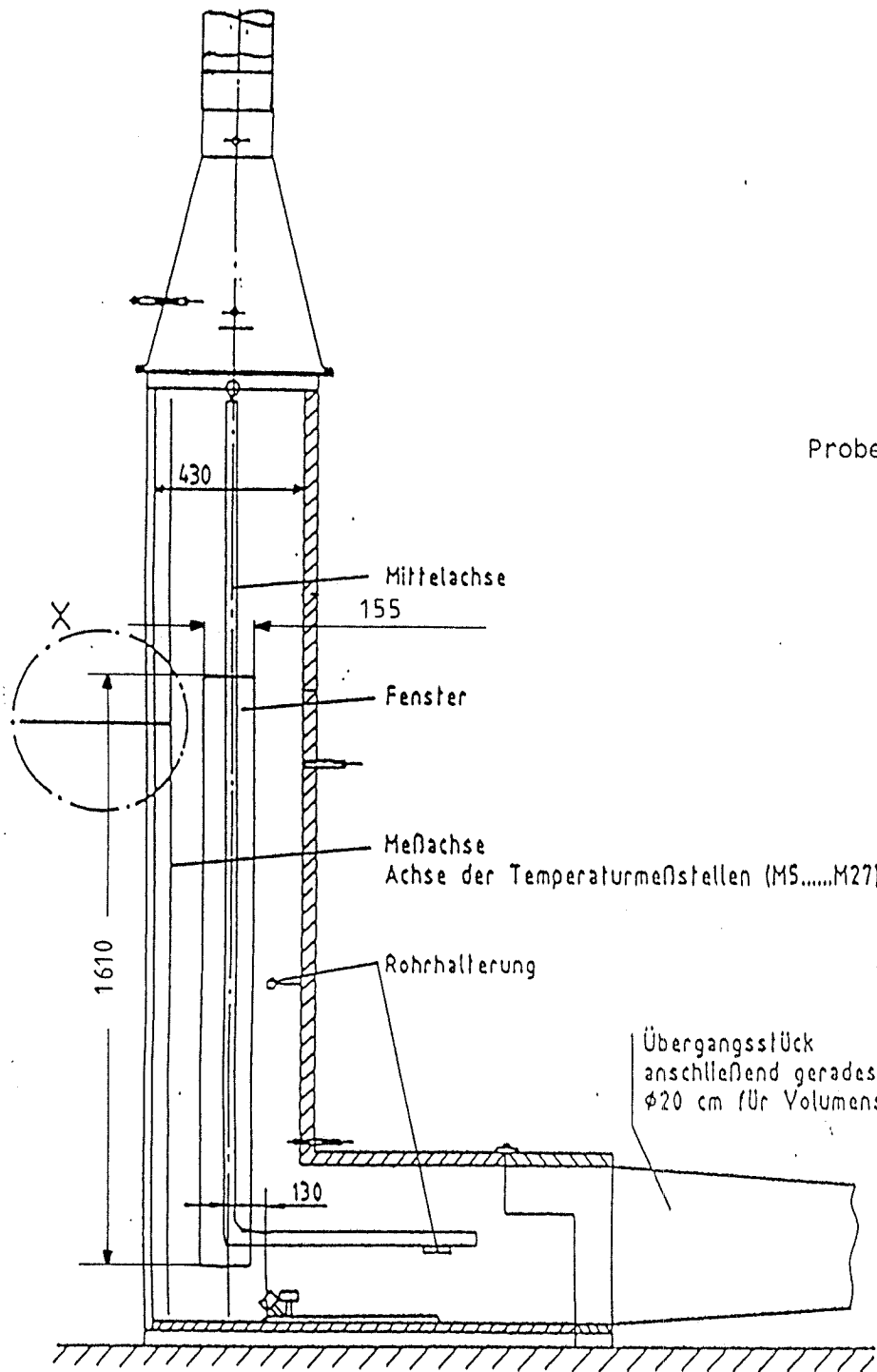
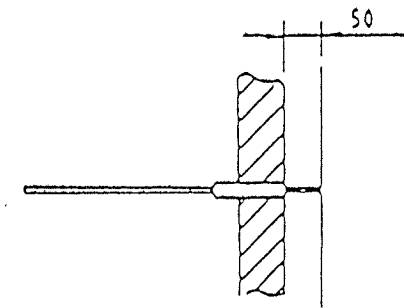


Abb. 2:
 Anordnung der Krippe
 aus Fichtenholzstäben
 (20mm x 20mm x 280mm)



Detail X

Durchführung der
Thermoelemente



Detail Y

Fibersilikat-
platte

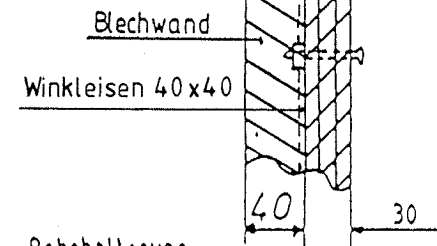


Abb. 3:
Anordnung des Gasbrenners

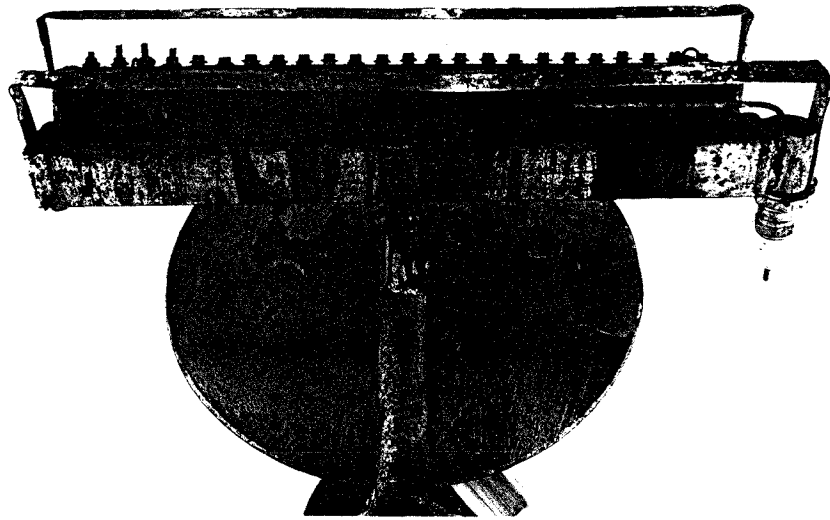


Abb. 5: Sicht auf den Gasbrenner

Meß- stelle	Position des Thermoelements im Schacht
M1	Ansaugstrecke (Zuluft)
M2	Abluftrohr
M3	Rückseite Schacht unten
M4	Rückseite Schacht oben
M5	Türseite unten
M6	10 cm Höhe, Türseite
M7	20 cm Höhe, Türseite
M8	30 cm Höhe, Türseite
M9	40 cm Höhe, Türseite
M10	50 cm Höhe, Türseite
M11	60 cm Höhe, Türseite
M12	70 cm Höhe, Türseite
M13	80 cm Höhe, Türseite
M14	90 cm Höhe, Türseite
M15	100 cm Höhe, Türseite
M16	110 cm Höhe, Türseite
M17	120 cm Höhe, Türseite
M18	130 cm Höhe, Türseite
M19	140 cm Höhe, Türseite
M20	150 cm Höhe, Türseite
M21	160 cm Höhe, Türseite
M22	170 cm Höhe, Türseite
M23	180 cm Höhe, Türseite
M24	190 cm Höhe, Türseite
M25	200 cm Höhe, Türseite
M26	210 cm Höhe, Türseite
M27	220 cm Höhe, Türseite
M28	295 cm Mitte) in
M29	295 cm links) Schacht-
M30	295 cm rechts) mitte

Tabelle 1: Lage der Meßstellen

2.4 Brandbeanspruchung

Als Primärbrandbeanspruchung wurde jeweils unter dem Horizontalteil der Rohre auf dem Boden bei einigen Versuchen eine Holzkrippe, bei den anderen ein Gasreihenbrenner eingesetzt. Die Holzkrippen bestanden aus Fichtenholzstäben 20 mm x 20 mm x 280 mm, die kreuzweise so verlegt waren, daß das Holz-Luft-Verhältnis 1:1 betrug. Der eingesetzte Gasbrenner entsprach Abb. 4 und 5.

Bei den Versuchen wurden folgende Brandlasten eingesetzt:

- Brandlast "K" : 2 kg Fichtenholzrippen (20 mm x 20 mm x 280 mm; Wärmeinhalt 30 MJ)
- Brandlast "G" : Methan-Luft-Gemisch Wärmeinhalt 30 MJ (wie bei Brandlast Nr. 1), Versuchsdauer 20 Minuten
- Brandlast "B" : Methan-Luft-Gemisch entsprechend den Mengen beim Brandschachtversuch nach DIN 4102, Teil 2 Versuchsdauer 10 Minuten (Wärmeinhalt 12,56 MJ)

2.5 Messungen

Zur Verfolgung des Brandablaufs wurden folgende Messungen durchgeführt:

- Ermittlung des Zuluftvolumenstromes (m^3/h)

Der Zuluftvolumenstrom wurde über eine Geschwindigkeitsmessung mit Hilfe eines Flügelradanemometers ermittelt, das etwa in der Mitte der Beruhigungstrecke eingebaut war. Während der Versuche wurde ein Unterdruck von 15 Pa gehalten. Dies entsprach einem mittleren Zuluftvolumenstrom von 9 m^3/min .

- Druckdifferenz Schacht zu Außenraum

Zur Kontrolle der Druckverhältnisse im Schacht wurde im Bereich der Rauchgasabführungen in 2,3 m Höhe ein T-Rohr für die Druckmessung eingesetzt.

- Schachttemperaturen

Der Abstand der Thermoelemente von der Schachtwand betrug bei allen Versuchen 50 mm. Der Abstand von Rohrdämmstoffen war somit von der Isolierdicke bzw. vom Rohrdurchmesser abhängig. Die Lage der Meßstellen (Thermoelemente) ist aus der Tabelle 1 (s. S. 8) ersichtlich. Gegenüber den Versuchen des Teils 1 wurde die Lage der Meßstellen 28 bis 30 um 30 cm nach oben verlegt.

- Zeitlicher Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung

Um den Beitrag des Probenmaterials zum Brandgeschehen bewerten zu können, wurde der zeitliche Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung gemessen. Dieser Wert ergibt sich aus den summierten Produkten aus Temperaturerhöhung und Zeitintervall dividiert durch die Gesamtdauer des Versuchs.

2.6 Versuche zur Charakterisierung der Versuchsanordnung

2.6.1 Die Leckrate der Versuchseinrichtung wurde mit einem an der Zulufttrittsstelle angebrachten Gebläse durch Absaugen aus der abgasseitig abgedichteten Versuchseinrichtung in Abhängigkeit vom Unterdruck ermittelt:

Differenzdruck ΔP (Pa)	Leckrate m^3/min
- 5	0,86
- 6	1,04
- 8	1,21
-10	1,38
-14	1,63
-15	1,73

Tabelle 2

Die Ergebnisse sind in der Abbildung 6 graphisch dargestellt.

Zur Überprüfung der Wiederholbarkeit der Versuchsbedingungen wurden jeweils 5 Versuche mit den unter 2.2 angegebenen Brandlasten ohne Versuchsmaterial durchgeführt.

2.6.2 Als Ergebnisse dieser Versuche werden in

- Abb. 7 und 8 für die Brandlast "Fichtenholz" 30 MJ
- Abb. 9 und 10 für die Beanspruchung mit Gasbrenner 30 MJ
- Abb. 11 und 12 für die Beanspruchung mit Gasbrenner 12,56 MJ

folgende Meßdaten dargestellt:

- Temperatur in 10 cm Höhe
- Temperatur in 100 cm Höhe
- Temperatur in 295 cm Höhe
- CO₂ im Abgas
- O₂ im Abgas
- CO im Abgas
- Zulufrate
- Druck im Schacht

Die CO-Anteile der Abgase betragen weniger als 0.1 % und werden wegen der Meßunsicherheit nicht mit aufgeführt.

Die durch die Versuchsdauer gewichteten Meßwert-Zeitintegrale wurden ermittelt. Sie entsprechen dem zeitlichen Mittelwert der jeweiligen Meßgröße und können als Maßzahlen zur Charakterisierung der Brandbeanspruchung herangezogen werden.

Brandlast/ maximale Flammen- höhe(cm)	mittlere Temperaturer- höhung über Anfangs- temperatur			O ₂	CO ₂	ΔP	Zulufrate
	10 cm	100 cm	295 cm				
	(K)	(K)	(K)				
"K"/80	116 ± 14	90 ± 2	71 ± 2	20,6 ± 0,1	0,64 ± 0,08	-14,1 ± 0,3	505 ± 10
"G"/55	76 ± 3	91 ± 14	90 ± 4	20,3 ± 0,2	0,51 ± 0,02	-14,8 ± 0,4	512 ± 18
"B"/40	48 ± 6	59 ± 4	55 ± 3	20,8 ± 0,2	0,29 ± 0,04	-15,2 ± 0,1	507 ± 28

Tabelle 3

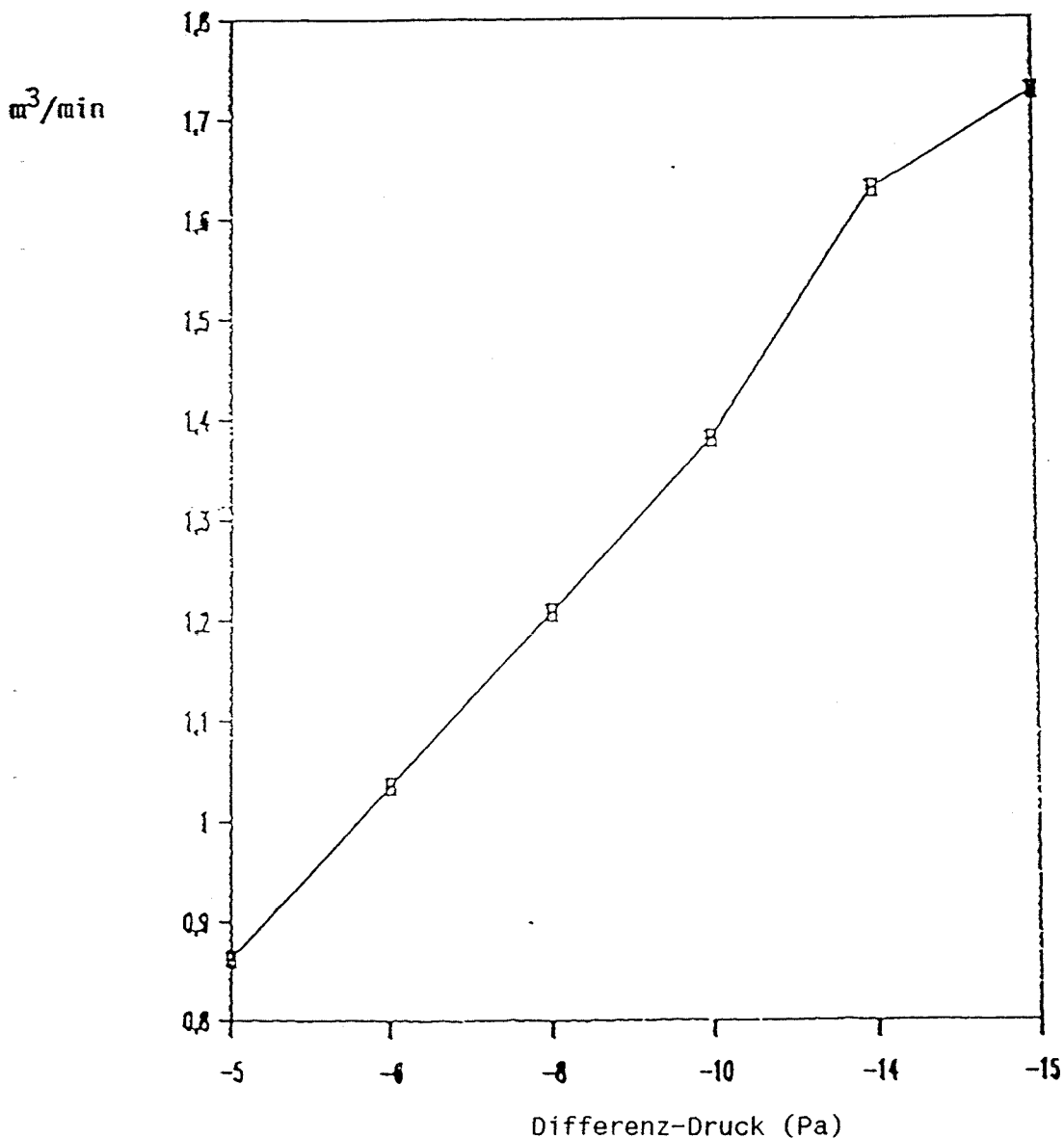
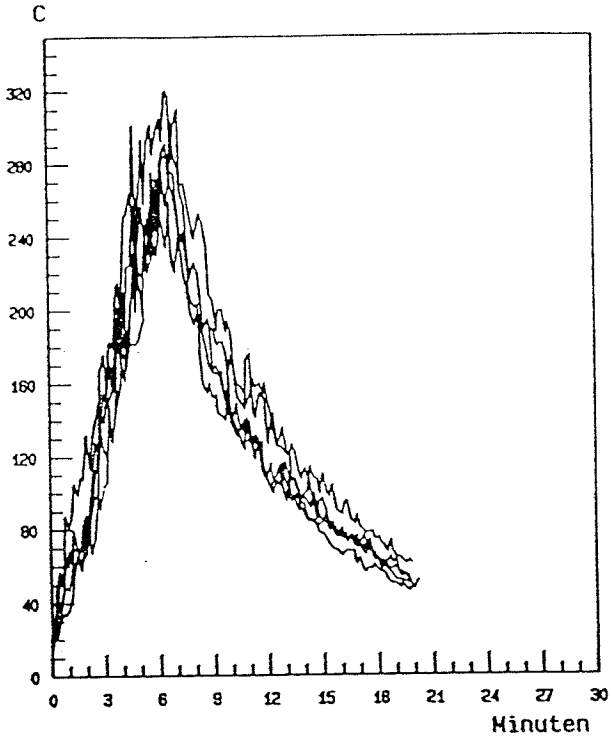
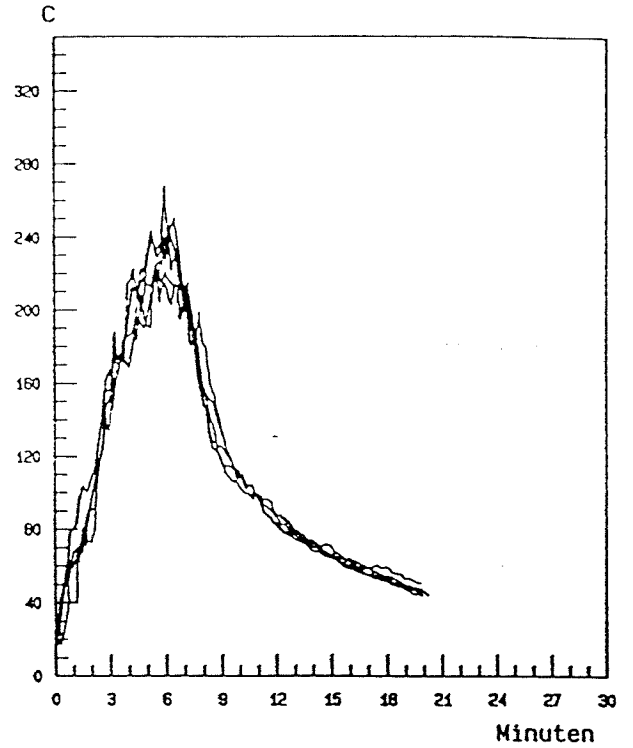


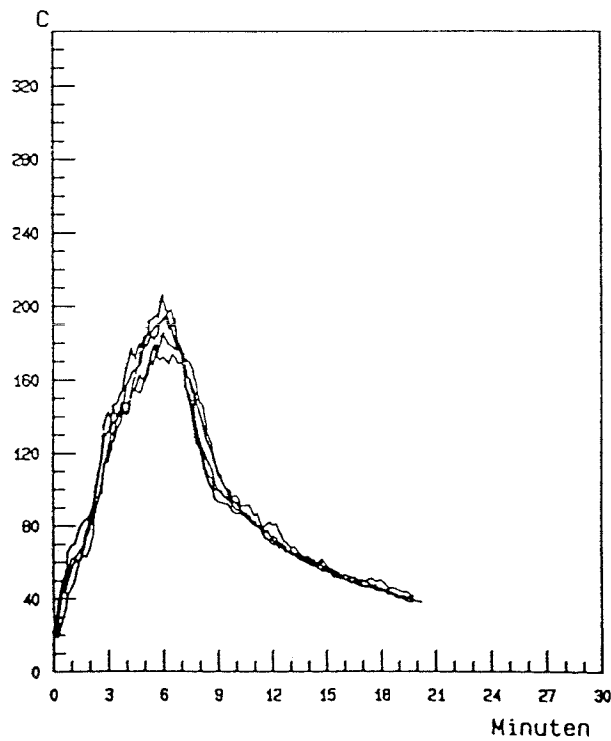
Abb. 6: Leckrate der Versuchseinrichtung



Temperaturen im Bereich "2" (10 cm Höhe)
Brandlast 1 (2 kg Fichtenholz)

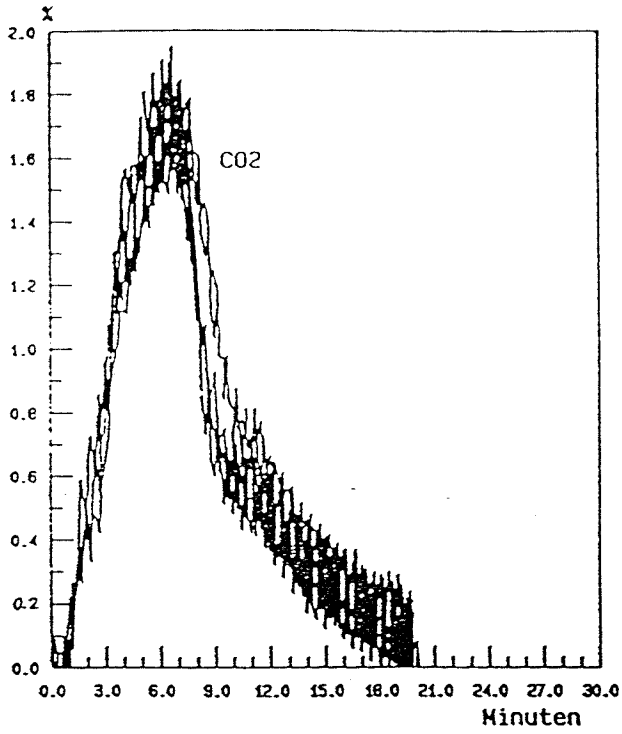


Temperaturen im Bereich "3" (100 cm Höhe)
Brandlast 1 (2 kg Fichtenholz)

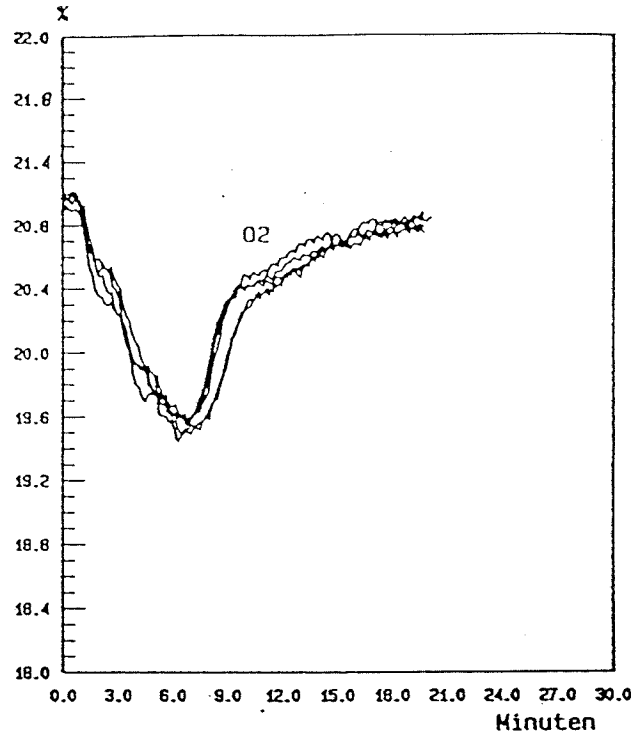


Mittlere Abgastemperatur im Bereich "4" (295 cm Höhe)
Brandlast 1 (2 kg Fichtenholz)

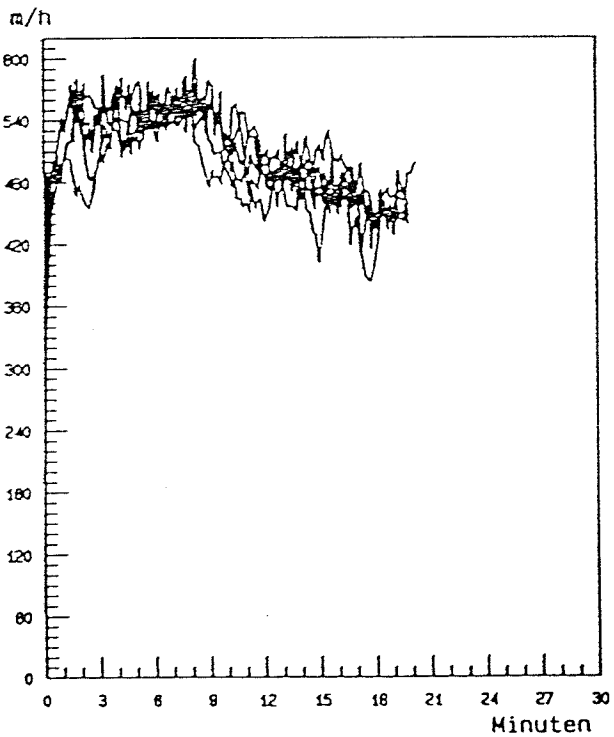
Abb. 7: Fichtenholz-Krippe (30 MJ)



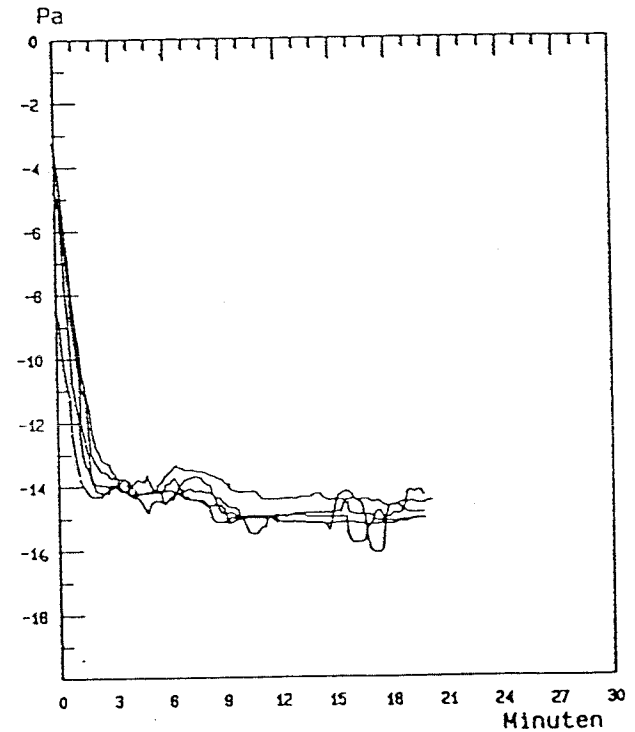
Abgasanalysewerte CO₂
Brandlast 1 (2 kg Fichtenholz)



Abgasanalysewerte O₂
Brandlast 1 (2 kg Fichtenholz)

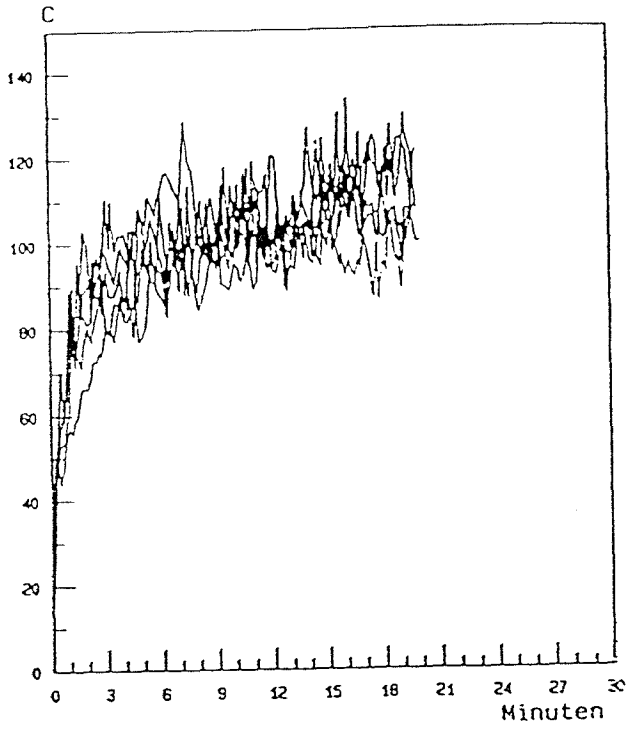


Zuluftrate - Brandlast 1 (2 kg Fichtenholz)

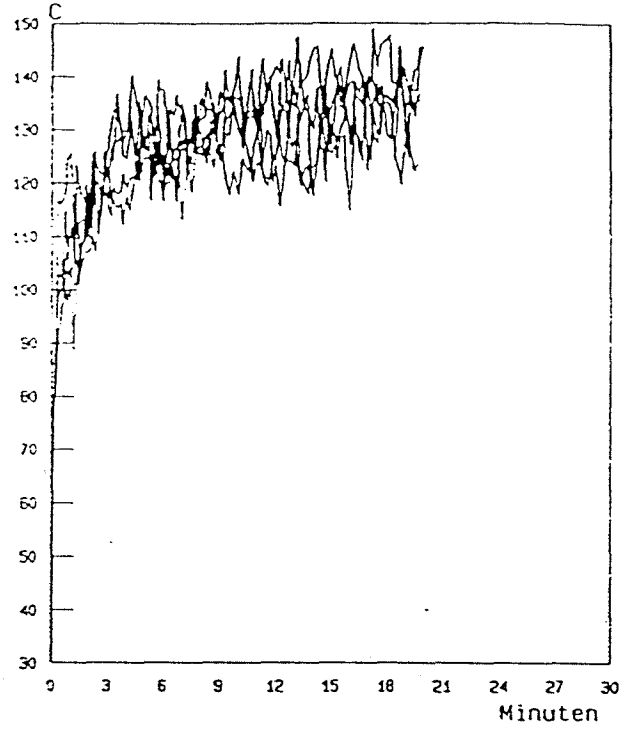


Differenzdruck im Brandraum
Brandlast 1 (2 kg Fichtenholz)

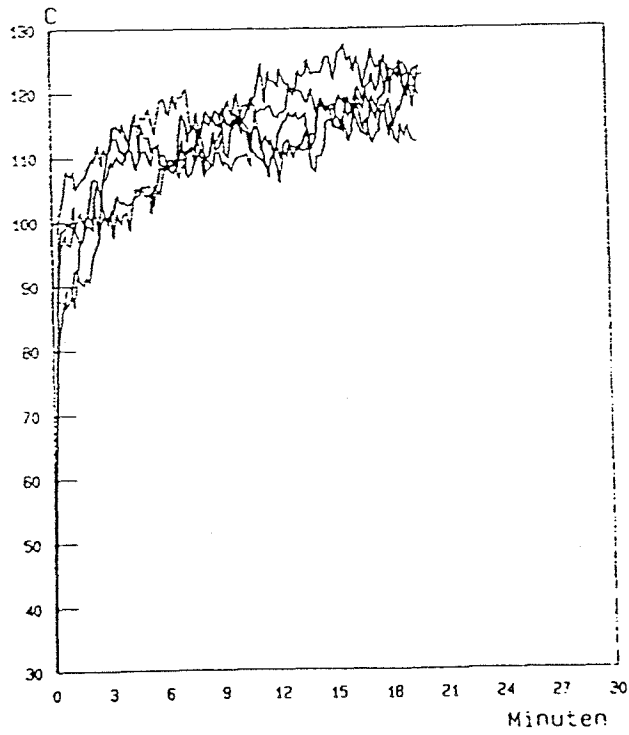
Abbildung 8: Fichtenholz-Krippe (30 MJ)



Temperaturverlauf im Bereich "2" (10 cm Höhe)
Brandlast Gasbrenner

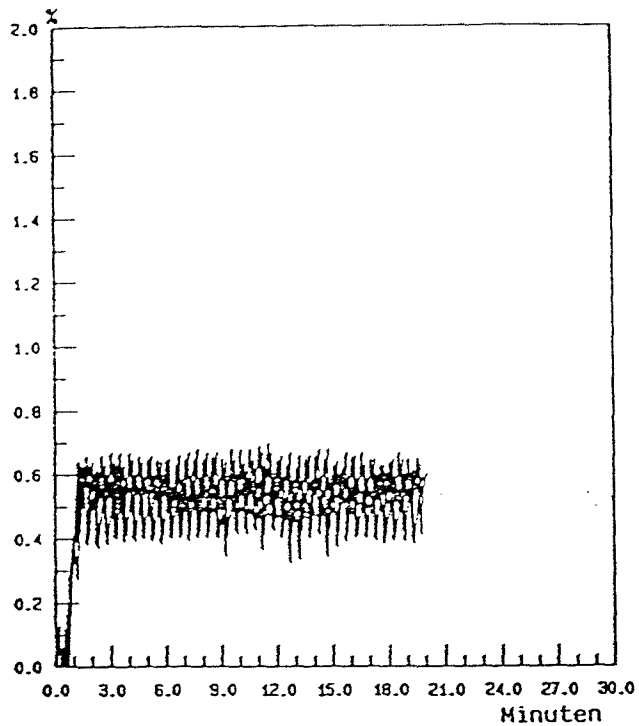


Temperaturverlauf im Bereich "3" (100 cm Höhe)
Brandlast Gasbrenner

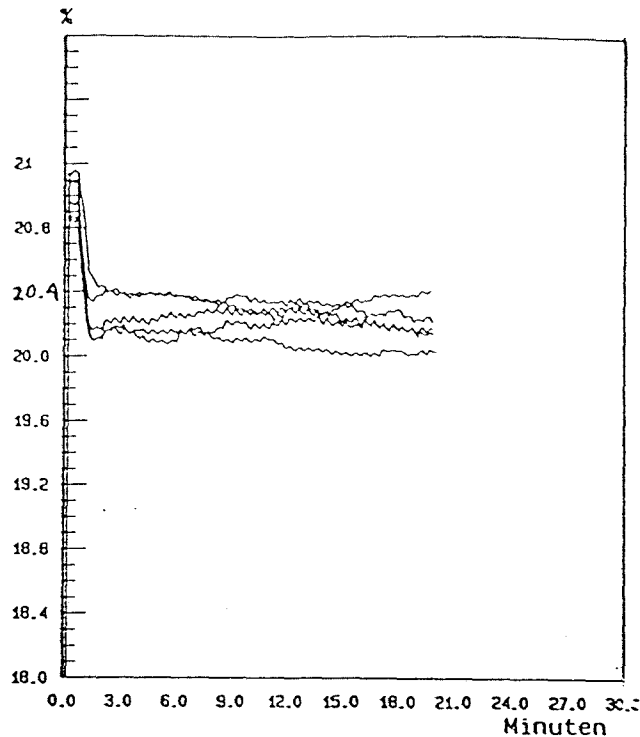


Mittlere Abgastemperatur im Bereich "4"
Brandlast Gasbrenner

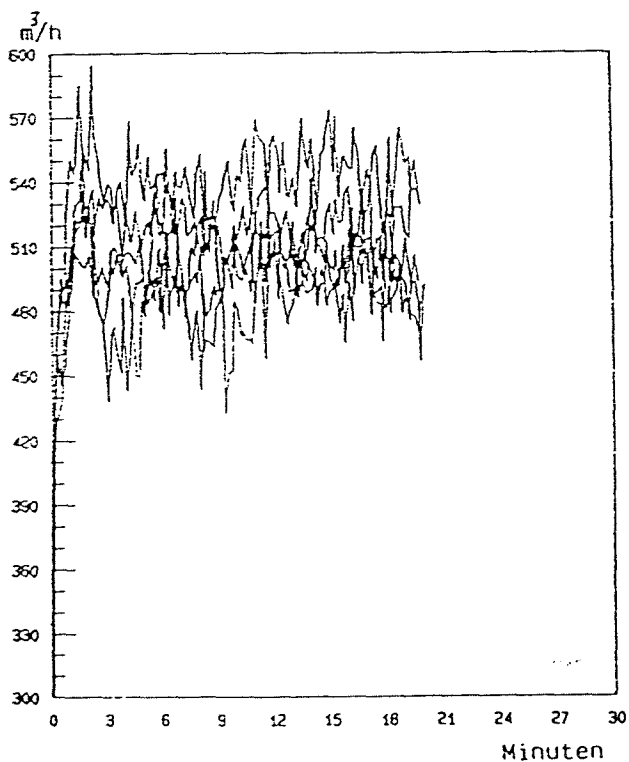
Abb. 9 : Gasbrenner (30 MJ)



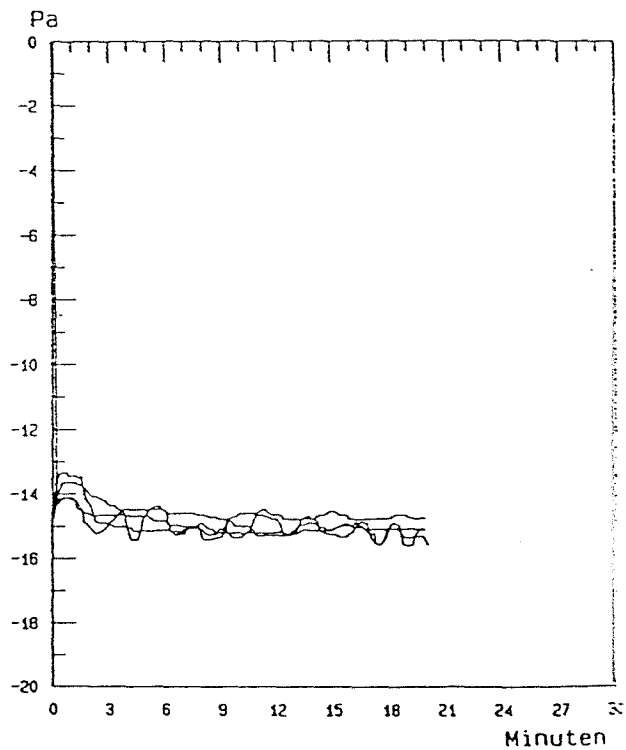
Abgasanalysewerte CO2
Brandlast Gasbrenner



Abgasanalysewerte O2
Brandlast Gasbrenner

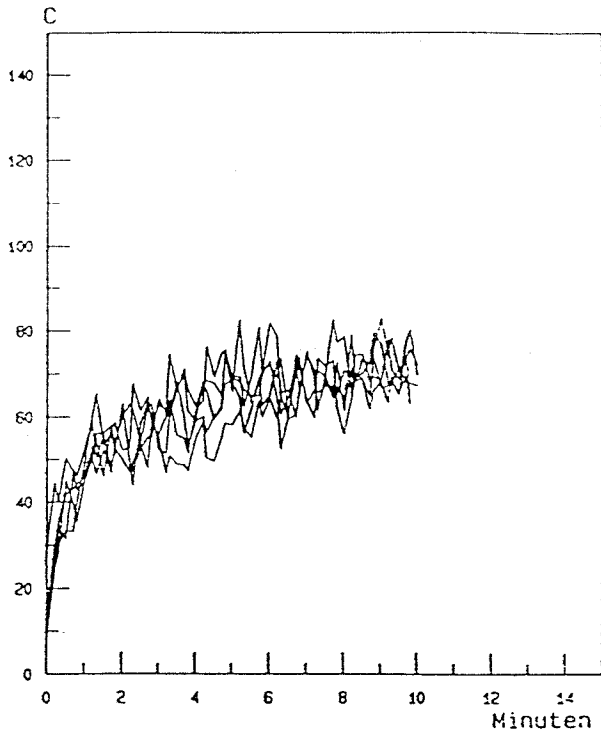


Zuluftrate - Brandlast Gasbrenner

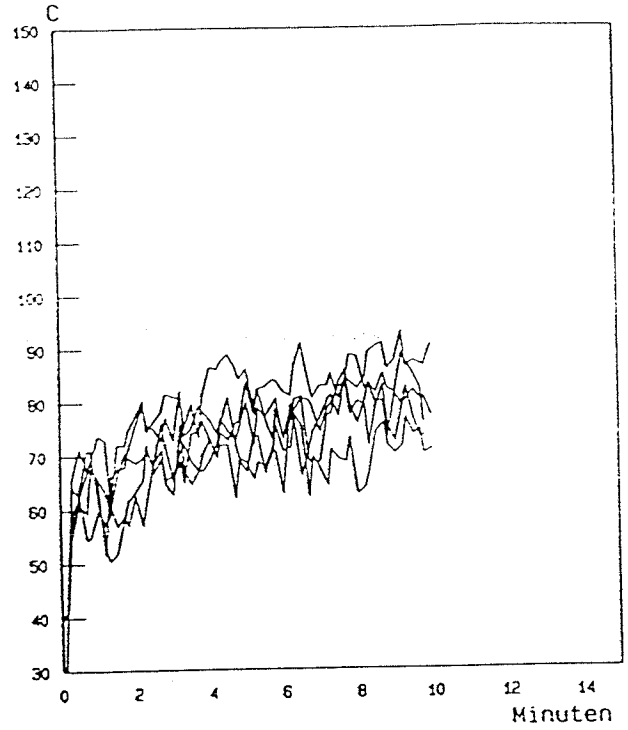


Differenzdruck im Brandraum
Brandlast Gasbrenner

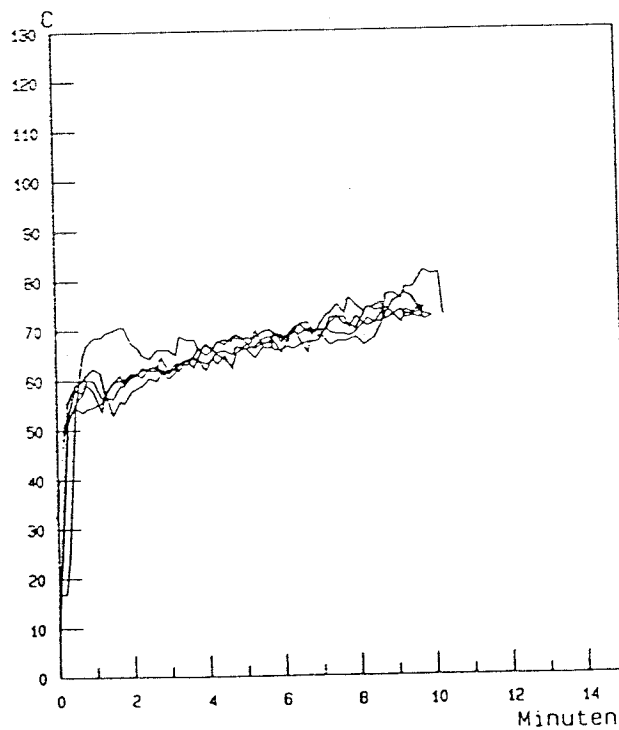
Abb. 10: Gasbrenner (30 MJ)



Temperaturen im Bereich "2". (10 cm Höhe)
Brandlast Gasbrenner wie Brandschacht

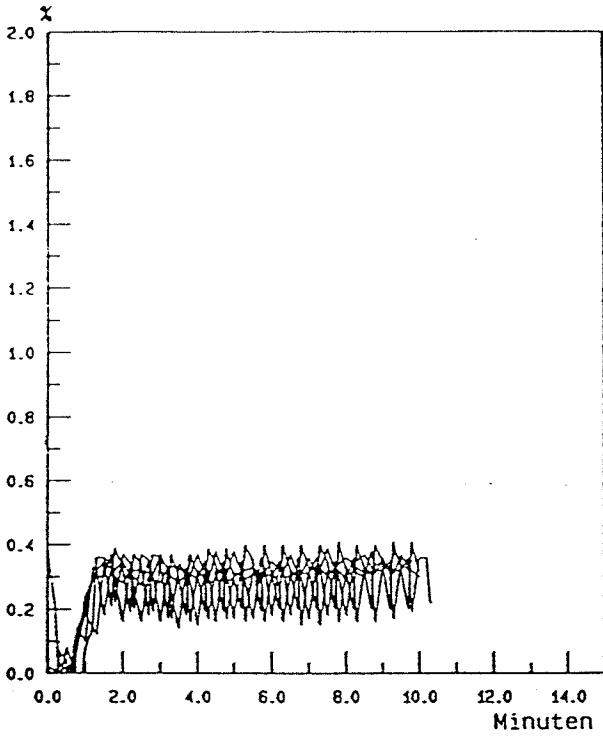


Temperaturen im Bereich "3" (100 cm Höhe)
Brandlast Gasbrenner wie Brandschacht

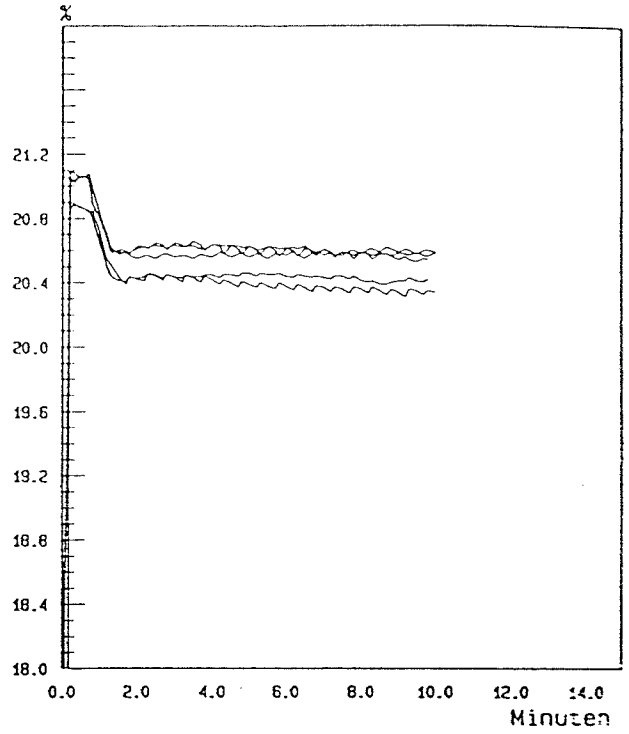


Mittlere Abgastemperatur im Bereich "4"
Brandlast Gasbrenner wie Brandschacht

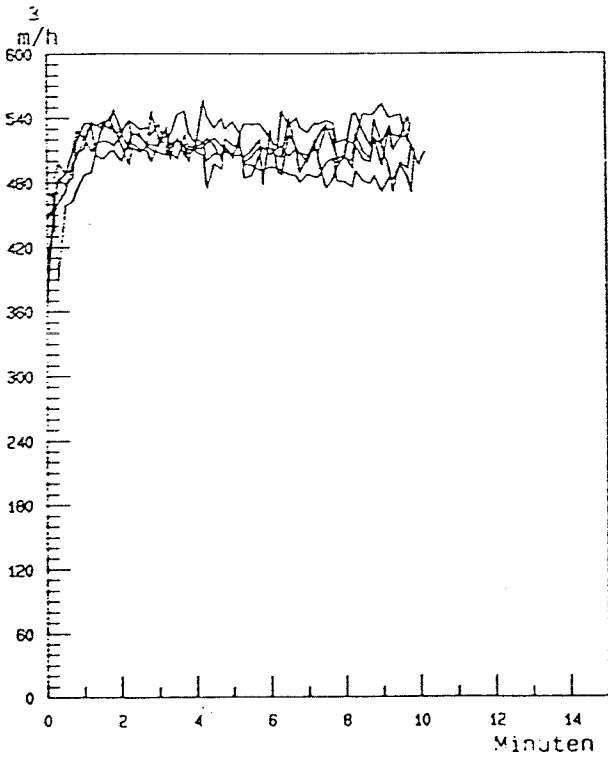
Abb. 11: Gasbrenner (12,56 MJ)



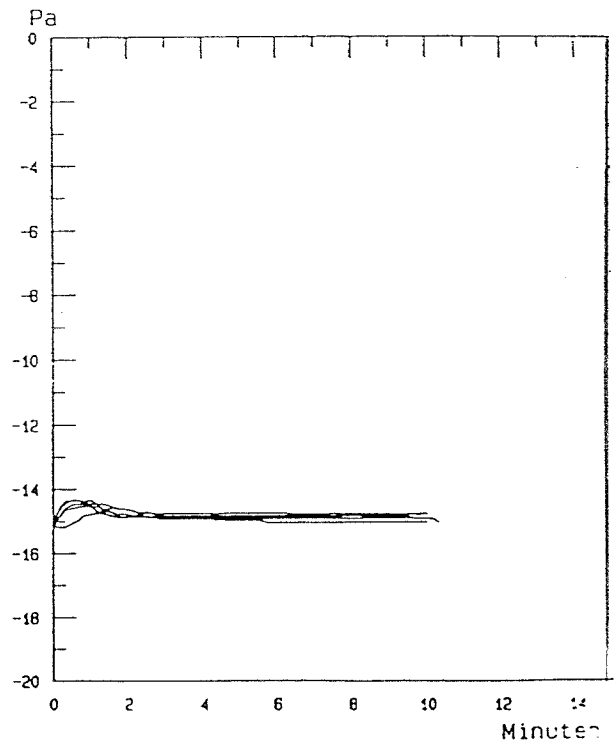
Abgasanalysewerte CO2
Brandlast Gasbrenner wie Brandschacht



Abgasanalyse O2
Brandlast Gasbrenner wie Brandschacht



Zulufrate
Brandlast Gasbrenner wie Brandschacht



Differenzdruck im Brandraum
Brandlast Gasbrenner wie Brandschacht

Abb. 12 : Gasbrenner (12,56 MJ)

3. Versuchsmaterialien

Bei den Versuchen wurden unterschiedliche Materialien eingesetzt. Im einzelnen waren die Dämmstoffe aus Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis der Klasse B1 und B2 sowie PE-Weichschaummaterialien der Klasse B1 und Hartschaummaterialien aus PU der Klasse B1 nach DIN 4102 Teil 1, die auf Stahlrohren aufgezogen wurden.

Darüberhinaus wurden Abwasserrohre aus PP, PVC der Klasse B1 sowie Abwasserrohre aus einem Gemisch aus ABS, ASA und PVC untersucht, die nicht den Anforderungen der Klasse B1 nach DIN 4102 Teil 1 entsprachen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die einzelnen Materialien und die in der Brandschachtprüfung nach DIN 4102 Teil 1 ermittelten Restlängen in der letzten Spalte aufgeführt.

Herstellerangaben und Typenbezeichnungen werden in einer getrennten Tabelle genannt, die sich bei den Akten des Amtes befindet.

lfd. Nr.	Innen/ Außendurchmesser/ Wanddicke (Sollwerte)	Material	Längengewicht (g/m)	Restlänge bei Brand- Schacht- Versuchen (cm)
1.1	65/100/17,5	Weichschaum auf synthetischer Kautschuk- basis Typ 1	408	36
1.2	22/ 40/ 9		61	19
1.3	23/ 59/18		310	≥15
1.4	60/100/20		202	53
1.5	60/ 78/ 9		138	17
1.6	60/120/30		658	21
1.7	60/140/40		940	8
1.8	18/ 62/22			
1.9	22/ 72/25		349	0
1.10	60/ 94/17		408	34
1.11	50/130/40		715	25
2.1	23/ 61/19	Weichschaum auf synthetischer Kautschuk- Basis Typ 2	192	≥15
2.2	60/ 98/19		443	32
2.3	60/124/32			
2.4	60/ 78/09		162	16
2.5	60/104/22		405	34
3.1	22/ 60/19	PE-Weich- schaum Typ 1	102	26
3.2	60/ 98/19		198	39
3.3	60/ 78/ 9		98	47
3.4	60/ 98/19		198	42

lfd. Nr.	Innen/ Außendurch-/ messer/ Wanddicke (Sollwerte)	Material	Längen- gewicht (g/m)	Restlänge bei Brand- Schacht- Versuchen (cm)
4.1	60/ 78/ 9	PE-Weichschaum	91	64
4.2	60/120/30	Typ 2	368	46
4.3	48/128/40		-	-
4.4	60/ 86/13		102	66
4.5	27/ 87/30		192	66
5.1	60/120/ 30	PE-Weichschaum	-	-
5.2	60/ 78/ 9	Typ 3	-	-
6.1	20/ 40/ 10	Weichschaum auf	-	-
6.2	14/ 40/ 13	Kautschukbasis	80	≥15
6.3	22/ 60/ 19	Typ 3	183	≥15
7.1	60/120/ 30	Mineralfaser mit	664	46
7.2	60/100/ 20	Alu-Kaschierung	536	45
8.1	60/120/ 30	Mineralfaser mit		
8.2	60/100/ 20	PVC-Folien - Kaschierung	656	0
9.1	62/122/ 30	Halbschalen aus	268	43
9.2	62/ 80/ 9	Pu-Hartschaum	64	38
10	103,5/109,5/3 (D=100 mm)	PP- Abwasserrohre	518	5
11	105/110/2,5 (D=100 mm)	PVC-Abwasserrohre	574	3
12	105/110/2,5 (D=100 mm)	ABS-ASA-PVC- Abwasserrohre	585	0
13	25/ 77/ 26	Weichschaum auf Typ 4	395	≥15

Fortsetzung Tabelle 4

4. Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der Einzelversuche sind im Detail im nachfolgenden Abschlußbericht Teil II/2 bis II/4 aufgeführt.

Nach einer kurzen Materialbeschreibung werden jeweils die Beobachtungen während/nach dem Versuch und die ermittelten unbeschädigten Längen aufgeführt.

Die unbeschädigten Längen werden nach den gleichen Kriterien ermittelt wie die Restlängen bei den Brandschachtversuchen. Die Einführung dieses Begriffs war erforderlich, um eine Verwechslung mit den bei Brandschachtversuchen ermittelten Restlängen zu vermeiden. Die mittlere unbeschädigte Länge ergibt sich als arithmetisches Mittel aus den einzelnen unbeschädigten Längen.

Sofern bei den Versuchen ein vollständiger Abbrand des Isoliermaterials eintrat, wurde die unbeschädigte Länge mit dem Zusatz "(A)" versehen.

Im Anschluß daran folgen die Temperaturmeßwerte in Tabellenform sowie graphische Darstellungen des zeitlichen Verlaufs der Temperaturen im Schacht

- der Flammenhöhen
 - des Differenzdruckes in der Versuchseinrichtung
 - der Abgaswerte
- sowie einige Lichtbilder vor und nach den Versuchen.

Im folgenden Abschnitt 5 werden die Versuchsergebnisse tabellarisch zusammengestellt und diskutiert.

In der tabellarischen Aufstellung ist die Brandlast jeweils mit "K", "G" und "B" gekennzeichnet.

5. Diskussion der Versuchsergebnisse

5.1 Einfluß der Isolierdicke

Bei Brandschachtversuchen nach DIN 4102 Teil 1 zeigt sich ein erheblicher Einfluß der Isolierdicke auf die Versuchsergebnisse. Um festzustellen, ob dies auch für die hier untersuchte Versuchsanordnung gilt, wurden an zwei Materialien (PE-Schaum und Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis) Versuche mit unterschiedlichen Isolierdicken durchgeführt.

Hierbei wurde als Brandlast die Holzkrippe eingesetzt. Der Abstand der Zündkrippe von der Oberfläche der Isolierung wurde konstant (6 cm) gehalten, um ggf. einen hieraus resultierenden Einfluß auf das Brandverhalten auszuschließen.

Bei den Versuchen wurden jeweils 3 Rohre eingesetzt. Während der Versuche wurde ein Unterdruck von 15 Pa gehalten. Dies entsprach einem mittleren Zuluftvolumenstrom von 9 m³/min.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Versuche aufgeführt:

Versuch Nr.	Material Nr.	Innen-/ Außen- durch- messer/ Wanddicke (mm)	mittlere unbe- schädigte Länge (cm)	max. Flam- höhe (cm)	max. Temp. im Bereich ("3") (°C)	maximale mittlere Abgas- temperatur ("4") (°C)	Zeitlicher Mittelwert der Abgastempera- turerhöhung (K)
30.1(K)	4.1	62/ 80/ 9	0	100	264	139	45,0
30.2(K)	4.2	60/116/28	0(A)	160	1020	638	240,9
30.3(K)	4.3	52/122/35	0(A)	160	1095	817	382,2
31.1(K)	1.5	62/ 82/10	127	120	316	143	52,0
31.2(K)	1.6	64/126/31	102	140	362	177	58,5
31.3(K)	1.7	62/146/42	0	160	664	659	183,8

Tabelle 5

Wie der zeitliche Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung ausweist, kam es bei dem PE-Schaum (Versuch 30.1) mit einer Wanddicke von 9 mm nur zu einem begrenzten Brandgeschehen. Durch die thermische Einwirkung der Fichtenholzkrippe schrumpfte das Material an der Oberfläche durch Abtropfen, so daß sich der ursprüngliche Probenabstand von ca. 1 cm auf ca. 2 cm vergrößerte.

Im Bereich des Knies und des horizontalen Schenkels war das Material vollständig verbrannt. Im übrigen Bereich wurden erhebliche Sintererscheinungen an der Oberfläche festgestellt - bis zum oberen Ende der Proben. Obwohl hier kein Abbrand stattgefunden hat, konnten keine Unterschiede (Kratzmethode, optisch) zu den Bereichen definiert werden, in denen das Material gebrannt hat. Die unbeschädigte Länge kann daher nicht bewertet werden.

Bei dem 28 und 35 mm dicken Isoliermaterial aus PE-Weichschaum (Versuch 30.2 und 30.3) trat ein heftiges Brandgeschehen mit Maximaltemperaturen oberhalb 1000°C im Bereich der Rohrisolierung in 100 cm Höhe auf. Brennend abgetropftes Material brannte in größerem Umfang auf dem Boden mit und bewirkte den vollständigen Abbrand des eingesetzten Versuchsmaterials. Hier wurde das Material bis zum oberen Probenende zerstört (keine unbeschädigte Länge).

Bei den Versuchen an Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis (Versuche 31.1/.2) kam es bei dem Material mit einer Wanddicke von 10 und 31 mm zu keinem nennenswerten Beitrag zum Brandgeschehen. Die zweifelsfrei unbeschädigten Längen betragen ca. 50 % der Beurteilungslänge von 227 cm.

Bei dem Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis mit einer Wanddicke von 42 mm (Versuch 31.3) weisen der zeitliche Mittelwert der Abgastemperatur und der Maximaltemperatur in 100 cm Höhe aus, daß das Isoliermaterial einen erheblichen Beitrag zum Brandgeschehen geleistet hat. Das Material war bis zum oberen Ende zerstört.

Wie die Ergebnisse zeigen, stieg die maximale Flammenhöhe bei beiden Materialien mit zunehmender Isolierdicke. Der bei großer Isolierdicke ansteigenden Brandintensität entsprach der ansteigende zeitliche Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung.

Bei den unbeschädigten Längen war eine Differenzierung nur bei dem Weichschaum auf Kautschukbasis möglich. Bei kleiner Isolierdicke wurde eine größere unbeschädigte Länge erzielt. Jedoch auch hier bestanden Probleme einer genaueren Abgrenzung zwischen verbrannten und nur erhärteten Bereichen. Bei dem PE-Schaum war eine quantitative Differenzierung aufgrund der Schmelzerscheinungen nicht möglich.

5.2 Einfluß der Belegungsdichte bei konstanter Isolierdicke

Bei Brandschachtversuchen hat sich gezeigt, daß bei gleichen Rohrdämmstoffen unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden, wenn die Proben aus einer unterschiedlichen Anzahl von Rohren zusammengesetzt werden.

Um den Einfluß bei einer dem praxisgerechten Installationsschacht entsprechenden Versuchsanordnung zu ermitteln, wurde bei Versuchen an zwei Materialien (Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis und PE-Schaum) die Zahl der eingesetzten Rohre variiert, ohne die übrigen Parameter (Isolierdicke, Zündquelle etc.) zu verändern. Die Anzahl der Rohre betrug jeweils 3, 4 oder 6 Rohre.

Versuch Nr.	Material Nr.	Proben-Anzahl	Innen-/ Außen-durchmesser/ Wanddicke (mm)	mittlere unbeschädigte Länge (cm)	max. Flammenhöhe (cm)	max. Temp. im Bereich ("3") (°C)	maximale mittlere Abgas-Temperatur ("4") (°C)	zeitlicher Mittelwert der Abgas-temperaturerhöhung (K)
32.1(K)	4.5	3	27/85/29	0(A)	227	910	588	214,3
32.2(K)	4.5	4	27/85/29	0(A)	227	996	603	251,6
32.3(K)	4.5	6	27/85/29	0(A)	227	1116	724	250,5
33.1(K)	1.9	3	24/84/30	51	160	281	165	62,5
33.2(K)	1.9	4	24/84/30	27,5	160	384	208	52,5
33.3(K)	1.9	6	24/84/30	0	160	547	334	78,3

Tabelle 6

Bei den Versuchen an PE-Weichschaum trat ein vollständiger Abbrand ein, so daß eine Differenzierung im Hinblick auf die unbeschädigte Länge nicht möglich war. Das intensive Brandgeschehen beruhte überwiegend auf brennendem Abtropfen, durch das der Vollaussbrand eingeleitet wurde. Im Hinblick auf die Flammenhöhe war aus den o.a. Gründen keine sinnvolle Differenzierung möglich. In den Meßergebnissen der Temperatur spiegelt sich die durch die Erhöhung der Zahl der Rohre bedingte Vergrößerung der Brandlast wieder. Dies gilt sowohl für die Maximalwerte als auch für den Mittelwert.

Bei den Rohrisolierungen aus Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis ergab sich aus der Erhöhung der Zahl der Rohre keine Vergrößerung der Flammenhöhe. Infolge der durch die Vergrößerung der Zahl der Rohre bedingten Erhöhung der Brandlast ergaben sich jedoch höhere Temperaturmeßwerte (sowohl Maximaltemperaturen als auch zeitliche Mittelwerte). Diese höheren Temperaturen führten zu einer größeren Ausdehnung des Bereichs der Rohrisolierungen, in dem eine temperaturbedingte Verhärtung des Materials stattfand, so daß sich in der durch die Kratzmethode bestimmte unbeschädigte Länge eine Reihung zeigte, die jedoch nicht als Indikator für eine vergrößerte Brandausbreitung zu interpretieren ist.

Die Interpretation beider Versuchsreihen gestattet keine abschließende Beurteilung der untersuchten Abhängigkeit, da eines der beiden Materialien wegen vollständigem Abbrand nicht gewertet werden konnte. Die Ergebnisse des zweiten Materials werden nicht für ausreichend aussagefähig gehalten, die vermutete Abhängigkeit generell - auch für andere Materialien - auszuschließen. Hierzu sind vor einer Standardisierung des Verfahrens ggf. weitere Untersuchungen erforderlich.

5.3 Einfluß unterschiedlicher Zuluftraten und Primärbrandlasten

Um den Einfluß der Zuluftraten und Primärbrandlasten auf das Brandverhalten von Rohrisolierungen zu untersuchen, wurden an zwei unterschiedlichen Materialien (Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis und PE-Schaum) Brandversuche mit Zuluftraten von 2,5, 5, 6 bzw. 9 m³/min durchgeführt.

Bei diesen Versuchen wurden jeweils 3 Proben und die in Abschnitt 2 beschriebenen Brandlasten eingesetzt.

Die wesentlichen Versuchsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt (Versuche 24.1 bis 29.3).

Versuch Nr.	Material Nr.	Zuluft-rate (m ³ /min)	Innen-/Außen-durchmesser/Wanddicke (mm)	mittlere unbeschädigte Länge (cm)	max. Flammenhöhe (cm)	max. Temp. im Bereich ("3") (°C)	maximale mittlere Abgastemperatur ("4") (°C)	zeitlicher Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung (K)
24.1(K)	4.2	9	62/118/28	0(A)	>270	1060	880	300,2
24.2(K)	4.2	2,5	62/118/28	0(A)	>270	994	709	254,3
24.3(G)	4.2	2,5	62/118/28	0(A)	>270	1007	811	251,2
24.4(G)	4.2	9	62/118/28	0(A)	>270	991	829	262,2
25.1(K)	1.6	9	64/126/31	146	100	295	220	75,2
25.2(K)	1.6	2,5	64/126/31	0	160	257	370	147,3
25.3(K)	1.6	5	64/126/31	0	140	217	333	129,7
26.1(G)	1.6	9	65/128/31,5	118	130	172	140	135,1
26.2(G)	1.6	5	65/128/31,5	0	130	275	180	143,2
26.3(G)	1.6	2,5	65/128/31,5	0	130	303	256	185
26.4(B)	1.6	9	60/120/30	172,7	80	158	94	71,2
26.5(B)	1.6	5	60/120/30	161	110	134	107	85,5
26.6(B)	1.6	2,5	60/120/30	142,7	110	185	156	110,7
27.1(K)	1.11	6	50/136/43	0	160	467	379	157,2
27.2(G)	1.11	6	50/136/43	0	160	325	213	144,8
28.1(B)	4.4	9	63/ 89/13	156,7	60	150	68	24,7
28.2(B)	4.4	5	63/ 89/13	23,4	75	196	104	43
28.3(B)	4.4	2,5	63/ 89/13	0	70	89	89	72,8
29.1(B)	1.5	9	62/ 82/10	164	80	143	96	49,2
29.2(B)	1.5	5	62/ 82/10	210	80	89	130	63,6
29.3(B)	1.5	2,5	62/ 82/10	212	70	134	169	124,5

Tabelle 7

Wie die Versuchsergebnisse ausweisen, trat bei den Versuchen 24.1 bis 24.4 an 30 mm dickem PE-Schaum (Material 4.2) sowohl mit den Brandlasten "K" als auch mit den Brandlasten "G" ein heftiger Abbrand auf. Hierbei wurden im Bereich der Rohrisolierung Temperaturen von ca. 1000°C erreicht. Brennend abtropfendes Material brannte in größeren Mengen am Boden der Versuchseinrichtung weiter und leitete dadurch den vollständigen Abbrand der Proben ein. Wie sich gezeigt hat, wurde die Kapazität der Versuchseinrichtung bei diesem Material sowohl bei der kleinsten als auch bei der größten Zulufrate überschritten, so daß eine Differenzierung nicht möglich war.

Bei den Versuchen an dem gleichen Material mit einer Dicke von 13 mm (Versuche 28.1 bis 28.3) mit der Brandlast "B" - Gasbrennerleistung wie Brandschacht - trat lediglich im Bereich des Knies ein Abbrand auf. Auf der verbleibenden Länge der Probe traten an der Oberfläche Schmelz- und Schrumpferscheinungen auf, die zu einer deutlichen Reduzierung der Isolierdicke führten. Eine Karbonisierung des Materials konnte hier nicht festgestellt werden. Als unbeschädigte Länge wurde hier der verbleibende Teil der Probe angegeben, in dem die Isolierdicke nicht durch Schmelzen oder Sintern reduziert wurde. Wie die Flammenhöhen und Temperaturmeßwerte (Maxima) ausweisen, war der Abbrand bei einer Zuluftrate von 5 m³/min intensiver als bei einer Zuluftrate von 9 m³/min. Bei einer weiteren Reduzierung der Zuluftrate auf 2,5 m³/min stand offensichtlich kein ausreichendes Luftangebot mehr zur Verfügung, so daß die erreichten Flammenhöhen und Temperaturmaxima geringer lagen als bei 5 m³/min. Gleichzeitig wurde jedoch die Branddauer bei 2,5 m³/min verlängert, so daß der zeitliche Mittelwert der Abgastemperatur deutlich höher lag als der bei den Versuchen mit größerer Zuluftrate. Dieses Meßergebnis korrespondiert mit der Beobachtung einer größeren Zone der Beschädigung durch Schmelzen.

Die Rohrisolierungen aus Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis wurden in 3 Dicken eingesetzt. Bei dem Material 1.6 mit Wanddicken von 31 mm wurde die Abhängigkeit von der Zuluftrate für alle 3 Brandbeanspruchungen untersucht.

Für die Holzkrippe zeigen sowohl die Flammenhöhe als auch die Abgastemperatur (Maximum und zeitlicher Mittelwert) auf, daß bei einer Zuluftrate von 2,5 m³/min die ungünstigsten Verhältnisse entstehen. Bei höheren Zuluftraten wurden deutlich geringere Flammenhöhen und Temperaturen gemessen.

Bei der Beanspruchung "G" mit Gasbrenner mit gleicher Energiefreisetzung trifft dies nur für die Temperaturen zu (bei 2,5 m³/min höchste Werte). Für die maximale Flammenhöhe ergibt sich keine dokumentierte Abhängigkeit von der Lüftungsrate. Ob sich bei dem Versuch mit einer Zuluftrate von 2,5 m³/min nach der 2. Versuchsminute eine größere Flammenhöhe eingestellt hat, konnte nicht festgestellt werden, da die Beobachtung abgebrochen werden mußte.

Die zuvor aufgezeigten Abhängigkeiten von der Zuluftrate dokumentieren sich auch für die Beanspruchung mit dem Gasbrenner bei einer Energiefreisetzung entsprechend dem Brandschachtversuch. Auch hier liegen sowohl Flammenhöhen als auch Temperaturmeßergebnisse bei einer Zuluftrate von $2,5 \text{ m}^3/\text{min}$ höher als bei den größeren Zuluftraten. Bei dieser Beanspruchung liegen die mittleren unbeschädigten Längen in einem gut definierbaren Bereich. Sie wurden nach der Kratzmethode bestimmt, d. h. es wurden die Bereiche als unbeschädigte Länge gewertet, bei denen keine Gefügeänderungen stattgefunden hatten. Dabei wurde nicht berücksichtigt (da nicht klar definierbar), daß in den Bereichen mit Gefügeänderungen auch solche Bereiche eingeschlossen waren, in denen keine Verbrennungen, d. h. exotherme Reaktionen stattgefunden haben. Nach den gleichen Kriterien bewertet, ergaben sich bei den beiden anderen Brandbeanspruchungen jeweils bei 5 und $2,5 \text{ m}^3/\text{min}$ Zuluftrate unbeschädigte Längen von 0 cm, die eine Differenzierung ausschlossen.

Für das Material 1.5 mit einer Wanddicke von 10 mm bestätigt sich die o.a. Ventilationsabhängigkeit der Temperaturmeßwerte in gleicher Weise. Die gegenüber dem 30 mm dicken Material vergleichsweise hohen Abgastemperaturen (Maximalwert und zeitlicher Mittelwert) erklären sich aus dem vorzeitigen Abbruch der Messungen bei den Versuchen mit 30 mm dickem Material. Ein Vergleich bei gleicher Zeitbasis führt zu den erwarteten Relationen. Im Hinblick auf die Bestimmung der unbeschädigten Länge wird auf die o.a. Ausführungen verwiesen. Die bei dem dünneren Material festgestellte Ventilationsabhängigkeit widerspricht der bei dem dickeren Material festgestellten Abhängigkeit und auch der Tendenz der Temperaturmeßergebnisse. Die bei großer Ventilation beobachtete größere Flammenhöhe ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß die Flammen des Gasbrenners bei der höheren Ventilation weiter in Richtung auf dem senkrechten Rohrteil gelenkt wurden, so daß dort eine größere senkrechte Flammenausbreitung erfolgen konnte.

Die bei dem 10 mm dicken Material festgestellte Abhängigkeit der unbeschädigten Länge von der Ventilation sollte bei einer Definition der Lage des Brenners (Flammenangriffspunkt) berücksichtigt werden, stellt aber nicht die generelle Bewertung der Ergebnisse in Frage, die eine Verschärfung der Brandbedingungen und somit ungünstigere Versuchsergebnisse bei abnehmender Zuluftrate zumindest für den Bereich von 9 bis $2,5 \text{ m}^3/\text{min}$ ausweist.

Zur Frage der Primärbrandlasten kann aus den Versuchen mit PE-Schaum keine Abhängigkeit aufgezeigt werden, da den Versuchen mit Gasbrenner und einer Energiefreisetzung entsprechend dem Brandschacht keine vergleichbaren Versuche mit anderen Brandlasten gegenüberstehen. Die Versuche an 28 mm dickem Material führten sowohl bei Holzkrippen als auch bei Beanspruchung mit Gasbrenner gleicher Energiefreisetzung zum Vollaussbrand, so daß ein quantitativer Vergleich nicht möglich ist. Für die Rohrdämmstoffe auf synthetischer Kautschukbasis ist der Vergleich der Versuchsergebnisse bei unterschiedlicher Brandbeanspruchung durch die Versuche 25.1 bis 26.6 möglich.

Im Hinblick auf den zeitlichen Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung ergaben sich trotz gleicher Energiebeaufschlagung generell deutlich höhere Werte bei Beanspruchung mit dem Gasbrenner.

Im Hinblick auf die Flammenhöhe lieferte jedoch die Holzkrippe bei einer Zuluftrate von 2,5 m³/min höhere Werte als die Gasbeflammung bei gleicher Energiefreisetzung. Eine Bewertung der unbeschädigten Längen war wie o.a. nicht möglich. Deutlich günstigere Ergebnisse wurden erwartungsgemäß bei Beanspruchung mit dem Gasbrenner mit einer Energiefreisetzung entsprechend dem Brandschacht erzielt. Dies gilt sowohl für die unbeschädigten Längen als auch für die Temperaturmeßwerte.

Einen weiteren unmittelbaren Vergleich der maximalen Flammenhöhen sowie der Temperaturmeßwerte gestatten die Versuche 27.1 und 27.2. Hier brachte der Versuch mit Holzkrippe etwas ungünstigere Ergebnisse als der Versuch mit Gasbeflammung mit gleicher Leistung.

Im Hinblick auf die Auswahl der Brandbeanspruchung wird folgendes festgestellt:

- bei Rohrdämmstoffen aus PE-Schaum in einer Dicke von 28 mm führt eine Primärbrandlast mit einem Energieinhalt von 30 MJ sowohl bei der Holzkrippe als auch bei dem Gasbrenner zum vollständigen Abbrand. Hierbei wird die Kapazität (Meßbereich) der Versuchseinrichtung überschritten.

Für dieses Material in 13 mm Dicke führt die Beanspruchung mit einem Gasbrenner bei einem Energieinhalt von 12,5 MJ entsprechend dem Brandschacht zu gut differenzierbaren Ergebnissen.

- Für Rohrdämmstoffe auf synthetischer Kautschukbasis ergeben sich sowohl bei der Holzkrippe bzw. dem Gasbrenner mit 30 MJ als auch bei dem Gasbrenner mit 12,5 MJ gut differenzierbare Ergebnisse zur Flammenhöhe und den Temperaturmeßergebnissen.

Im Hinblick auf die Flammenhöhe scheint die Holzkrippe mit 30 MJ die ungünstigeren Ergebnisse zu bringen - und zwar bei einer Ventilation von 2,5 m³/h.

Im Hinblick auf den zeitlichen Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung ergibt sich keine eindeutige Abhängigkeit der Ergebnisse von der Primärbrandbeanspruchung bei gleichem Energieinhalt. Beanspruchung mit dem Gasbrenner bei 12,5 MJ erzielt.

5.4 Untersuchungen an handelsüblichen Rohrdämmstoffen

Um einen Überblick über die Anwendbarkeit des Prüfverfahrens auf andere Stoffe zu gewinnen, wurden als Fortsetzung zum Teil 1 dieses Vorhabens weitere Versuche an einer Reihe handelsüblicher Rohrdämmstoffe und an Abwasserrohren durchgeführt. Dabei wurde jeweils das Material mit der kleinsten und größten Dicke eingesetzt.

Die Versuche wurden jeweils mit einem Unterdruck von 15 Pa im Brandraum durchgeführt. Die Zuluftrate wurde nicht geregelt; sie war jeweils abhängig vom Brandgeschehen und betrug ca. 9 m³/min.

Der Vollständigkeit halber sind nachfolgend die wesentlichen Versuchsergebnisse des Teil 1 (Versuch 7 bis 23) und die Versuchsergebnisse des Teil 2 (Versuche 34.1 bis 47.2) in Tabellen aufgeführt. Sie werden in den Abschnitten 3.4.1 bis 3.4.12 diskutiert.

Sofern keine weiteren Hinweise gemacht werden, wurden bei den nachstehend aufgeführten Versuchen jeweils drei Probekörper eingesetzt.

Versuch Nr.	Material Nr.	Innen-/Außen-durchmesser/Wanddicke (mm)	mittlere unbeschädigte Länge (cm)	max. Flammenhöhe (cm)	max. Temp. im Bereich ("3") (°C)	max. mittlere Abgas-Temperatur ("4") (°C)	zeitlicher Mittelwert der Abgas-temperatur-erhöhung (K)
7(K)	1.1	65/100/17,5	103,3	120	387	263	111,6
8(K)	1.3	23/ 61/19	151,3	80	243	215	103,5
9(K)	1.2	22/ 40/ 9	127	90	173	211	103,4
10(K)	1.4	60/104/22	154,3	85	269	225	105,9
11(K)	1.8	18/ 62/22	74,2	90	142	216	103,3
12(K)	3.1	22/ 60/19	0	180	794	592	165,8
13(K)	1.10	60/ 94/17	103,3	140	163	193	91,4
14(K)	3.2	60/ 98/19	0	180	857	673	184,3
15(K)	6.2	13/ 41/14	106	95	165	208	95,8
16(G)	6.2	13/ 41/14	125	50	151	165	119,5
17(G)	2.1	23/ 61/19	113,7	45	118	174	134,0
18(G)	1.10	60/ 94/17	112,3	45	234	186	155,8
19(G)	2.2	60/104/22	71,3	90	168	146	107,9
20(G)	1.2	22/ 40/ 9	142,3	60	127	169	127,4
21(G)	1.8	18/ 62/22	115,7	75	124	174	133,5
22(G)	3.1	22/ 60/19	128,3	110	135	170	129,0
23(G)	3.2	60/ 98/19	95	100	134	150	105,2

Tabelle 8

Versuch Nr.	Material Nr.	Innen-/Außendurchmesser/Wanddicke (mm)	mittlere unbeschädigte Länge (cm)	maximale Flammenhöhe (cm)	maximale Temp. im Bereich ("3") (°C)	maximale mittlere Abgas-Temperatur ("4") (°C)	zeitlicher Mittelwert der Abgas-temperatur-erhöhung (K)
34.1(K)	1.6	64/126/31	102	140	362	177	58,5 (s. 31.2)
34.2(G)	1.6	64/122/30	120	100	247	118	
34.3(K)	1.5	62/ 82/10	127	120	316	143	
34.4(G)	1.5	62/ 82/10	141	100	196	105	
35.1(K)	2.3	62/132/35	0	160	538	322	184,2
35.2(G)	2.3	62/132/35	107	140	312	184	138,1
35.3(K)	2.4	63/ 83/10	136	130	300	205	80,1
35.4(G)	2.4	63/ 83/10	140	100	219	138	97,2
36.1(K)	3.4	64/102/19	0(A)	>170	905	691	236,9
36.2(G)	3.4	64/102/19	147,1	130	246	148	113,0
36.3(K)	3.3	64/81/8,5	64,2	120	331	190	75,0
36.4(G)	3.3	64/81/8,5	175	70	174	98	75,7
37.1(K)	4.2	60/116/28	0(A)	160	1020	638	240,9 (s. 30.2)
37.2(G)	4.2	60/116/28	0(A)	160	960	579	236,1
37.3(K)	4.1	62/ 80/9	0	100	264	139	45,0 (s.30.1)
37.4(G)	4.1	60/ 80/9	77	80	181	98	72,1
38.1(K)	5.1	62/114/26	0(A)	160	994	745	312,1
38.2(G)	5.1	62/114/26	0(A)	160	996	796	290,9
38.3(K)	5.2	64/84/10	0(A)	160	459	296	106,7
38.4(G)	5.2	64/84/10	0	100	238	157	117,3
38.5(K)	13	22/72/25	0	140	190	270	105,6
38.6(G)	13	22/72/25	94	110	283	210	120,9
38.7(B)	13	22/72/25	148	80	168	126	72,5
39.1(K)	6.3	20/60/20	0	100	190	256	98,1
39.2(G)	6.3	20/60/20	182,8	60	180	132	95,5
39.3(B)	6.2	14/38/12	125	120	237	280	148,4
39.4(G)	6.1	20/40/10	151,3	80	182	142	108,1
39.5(K)	6.3	20/58/19	0	120	153	241	132,3
39.6(G)	6.3	20/60/20	148	80	190	140	91,7

Fortsetzung Tabelle 8

Versuch Nr.	Material Nr.	Innen-/Außen-durchmesser/ Wanddicke (mm)	mittlere unbeschädigte Länge (cm)	max. Flammenhöhe (cm)	maximale Temperatur im Bereich ("3") (°C)	maximale mittlere Abgas-Temperatur ("4") (°C)	zeitlicher Mittelwert der Abgas-temperatur-erhöhung (K)
40.1(K)	7.1	61/122/30,5	225	110	345	227	80,2
40.2(G)	7.1	61/122/30,5	215	70	292	159	123,3
40.3(K)	7.2	61/102/21	225	120	323	236	77,2
40.4(G)	7.2	61/102/21	205	70	264	155	110,0
41.1(K)	8.1	61/124/31,5	0	120	366	264	90,4
41.2(G)	8.1	61/124/31	106,6	100	321	155	127,3
41.3(K)	8.2	61/102/21	0	130	356	271	89,6
41.4(G)	8.2	61/102/21	154	80	278	141	120,8
42.1(K)	9	62/122/ 30	174	100	306	203	69,0
42.2(G)	9	62/122/ 30	175	100	187	152	76,1
42.3(K)	9	62/ 80/ 9	200	90	251	182	68,6
42.4(G)	9	62/ 80/ 9	205	80	188	140	79,3
45.1(K)	10.1	03,5/109,5/3	0(A)	210	984	635	392,9
45.2(G)	10.1	03,5/109,5/3	0(A)	160	864	799	255,6
45.3(K)	10.1	03,5/109,5/3	0(A)	200	1010	861	304,0
45.4(G)	10.1	03,5/109,5/3	0(A)	160	930	754	274,6
45.5(B)	10.1	03,5/109,5/3	0(A)	160	1010	801	244,9
45.6(B)	10.1	03,5/109,5/3	0(A)	160	873	687	219,6
45.8(K)	10.1	03,5/109,5/3	0(A)	200	764	518	97,0
46.1(K)	11.1	05/110/2,5	0(A)	120	383	268	91,2
46.2(G)	11.1	05/110/2,5	0(A)	130	300	192	105,4
47.1(K)	12.1	06/111/2,5	0(A)	160	351	266	111,4
47.2(G)	12.1	06/111/2,5	0(A)	120	231	173	119,4

Fortsetzung Tabelle 8

- 1) Die Versuche 45.5 und 45.6 sowie 47.1 und 47.2 wurden jeweils mit nur 1 Abwasserrohr durchgeführt.
- 2) Der Versuch 45.7 war zunächst projektiert. Auf seine Durchführung wurde nach Vorliegen der Versuchsergebnisse der anderen Versuche verzichtet.

5.4.1 Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis (Material 1.XX)

Hierzu wurde zusätzlich jeweils 1 Versuch mit Gasbrenner (30 MJ) an 10 mm (Material 1.5) und 30 mm (Material 1.6) dickem Isoliermaterial durchgeführt. Ferner werden die zuvor beschriebenen Versuche in die Bewertung einbezogen.

Bei allen Versuchen an diesem Material wurden nach dem Brandversuch lediglich im Bereich der unmittelbaren Flammenbeaufschlagung größere, in die Tiefe gehende Zerstörungen festgestellt. Die Tiefe der Zerstörungen nahm jeweils nach oben hin ab und lief in einer oberflächlich verhärteten Struktur aus. Eine exakte Feststellung der Grenze zwischen Bereichen, in denen exotherme bzw. endotherme Reaktionen stattgefunden haben, war nicht möglich. Aus diesem Grunde wurden in den Tabellen zur Unterscheidung der Ergebnisse der Versuche an diesem Material als unbeschädigte Längen Werte aufgenommen, die den jeweils oberflächlich nicht verhärteten Bereich beschreiben. Diese Werte können nicht mit den unbeschädigten Längen anderer Baustoffe oder denen des Brandschachtversuches verglichen werden.

Ein besseres Vergleichskriterium für verschiedene Materialien stellt die Flammenhöhe dar. Diese lagen im Bereich von 80 cm und 160 cm - abhängig von der Isolierdicke und der eingesetzten Beanspruchung.

Als weiteres Unterscheidungsmerkmal zu anderen Materialien bietet sich das Ergebnis der Temperaturmessung im Abgaskanal - insbesondere der zeitliche Mittelwert - an. Dieser lag bei den o.a. Material zwischen 45 K und 180 K - je nach Isolierdicke und eingesetzter Brandbeanspruchung.

Die Temperaturmeßergebnisse weisen eine ähnliche Abhängigkeit auf wie die beobachteten Flammenhöhen und bieten sich daher - weil objektiv meßbar - als Bewertungsmerkmal an. Für das untersuchte Material ergab sich bei einer Dicke von 10 mm eine mittlere Abgastemperaturerhöhung von ca. 65 K, bei einer Dicke von 30 mm ein Wert von ca. 100 K und bei einer Dicke von 43 mm ein Wert von ca. 170 K.

5.4.2 Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis (Material 2.XX)

Bei den Versuchen 35.1 bis 35.4 wurde 10 mm (Material 2.4) und 35 mm (Material 2.3) dickes Isoliermaterial eingesetzt.

Bei Versuch 35.1 ergab sich bei Einsatz einer 2 kg Fichtenholzkrippe an dem Material mit der Wanddicke von 35 mm eine unbeschädigte Länge von Null (nach dem o.a. Modus bewertet). Das eingesetzte Isoliermaterial platzte während des Versuchs auf und war bis zur Aufhängung am oberen Ende der Probe verhärtet. Wie die Beobachtungen zeigten, betrug die maximale Flammenhöhe ca. 1,60 m. Die Verhärtung oberhalb dieses Bereichs war nicht auf eine Ausbreitung des Brandgeschehens zurückzuführen, sondern auf die Beaufschlagung mit heißen Rauchgasen.

Bei dem Versuch 35.2 mit einem Gasbrenner (35 MJ) war das Isoliermaterial bei einer maximalen Flammenhöhe von 1,4 m bis zu einer unbeschädigten Länge von 107 cm aufgeplatzt bzw. verhärtet.

Bei den entsprechenden Versuchen mit einem Gasbrenner an dem 19 mm und 22 mm dicken Material wurden unbeschädigte Längen von 113,7 cm (Versuch 17) bzw. 71,3 cm (Versuch 19) ermittelt.

Bei den Versuchen mit 10 mm Isolierdicke (Versuch 35.3 und 35.4) ergaben sich unbeschädigte Längen von 136 cm bzw. 140 cm.

Bei den mittleren Abgastemperaturen ergab sich ebenfalls eine Abhängigkeit von der Isolierdicke. Bei 10 mm Dicke wurde ein Wert von ca. 90 K, bei 20 mm Isolierdicke ein Wert von ca. 120 K und bei einer Isolierdicke von 35 mm ein Wert von ca. 160 K ermittelt.

5.4.3 Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis (Material 13)

An diesem Material wurden 3 Versuche (38.5 - 38.7) bei einer Isolierdicke von 25 mm durchgeführt.

Bei dem 1. Versuch mit Holzkrippe wurden Flammenhöhen von ca. 140 cm ermittelt. An den Proben wurden auf ganzer Höhe Schmelzerscheinungen und Beschädigungen festgestellt. Es ergaben sich keine unbeschädigten Längen. Bei dem 2. Versuch mit Gasbrenner (30 MJ) stellten sich mit 140 cm deutlich geringere Flammenhöhen ein. Dem entsprach auch, daß mit 147 cm unbeschädigter Länge ein nennenswerter Bereich erhalten blieb.

Bei dem 3. Versuch mit Gasbrenner (12,5 MJ) wurden noch geringere Flammenhöhen und größere unbeschädigte Bereiche festgestellt.

Der zeitliche Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung mit ca. 110 K lag durchaus im Bereich der bei den anderen Materialien gleicher Art festgestellten Werte.

5.4.4 Weichschaum auf synthetischer Kautschukbasis (Material 6.X)

Bei den Versuchen 39.1 und 39.2 wurde jeweils ein Weichschaum mit einer Dicke von 10 mm eingesetzt.

Wie die Ergebnisse des Versuchs 39.1 mit einer 2 kg Holzkrippe ausweisen, ergab sich unter Berücksichtigung der Verhärtung an der Oberfläche eine unbeschädigte Länge von Null. Entsprechend der beobachteten maximalen Flammenhöhen von 100 cm und dem zeitlichen Mittelwert der Abgastemperaturen war die Beteiligung des Versuchsmaterials an dem Brandgeschehen jedoch relativ gering. Bei Versuch 39.2 an dem gleichen Material mit einem Gasbrenner ergaben sich eine mittlere unbeschädigte Länge von 182,8 cm und eine maximale Flammenhöhe von 60 cm. Der zeitliche Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung lag im Mittel bei 97 K.

5.4.5 Weichschaum aus PE (Material 3.XX)

Bei den Versuchen 36.1/36.2 und 36.3/36.4 wurde ca. 9 mm und 19 mm dickes Isoliermaterial aus PE-Weichschaum eingesetzt.

Bei Versuch 36.1 reichte die thermische Belastung der 2 kg Fichtenholzkrippe aus, um ein brennendes Abtropfen in größerem Umfang einzuleiten. Das abgetropfte Material brannte am Brandraumboden weiter und führte zu einem heftigen und vollständigen Abbrand des Versuchsmaterials mit Maximaltemperaturen von 905°C. Um die Versuchseinrichtung nicht zu gefährden, mußte der Versuch nach 8 Minuten abgebrochen werden.

Bei Versuch 36.2 mit einem Gasbrenner blieb das brennende Abtropfen auf den Bereich des Knies und den horizontalen Schenkel beschränkt. Die unbeschädigte Länge von 147,1 cm ist zwar größer als bei den früheren Versuchen (22,23) an dem etwa gleichen Material. Der Unterschied ist auf die verbesserte Befestigungsart zurückzuführen. Bei Versuch 23 wurde die Isolierung nicht zusätzlich mit Draht befestigt und rutschte, bedingt durch die thermische Verformung des Materials ca. 50 cm nach unten.

Bei dem ca. 9 mm dicken Material ergab sich bei Versuch 36.3, bei dem als Brandlast eine 2 kg Fichtenholzkrippe eingesetzt wurde, eine unbeschädigte Länge von 64,2 cm. Die Beurteilung der unbeschädigten Länge wurde bei diesem Versuch dadurch erschwert, weil das Isoliermaterial auf einer Länge von ca. 163 cm des vertikalen Schenkels bis zur 1. Klebestelle geschmolzen war. Die verbleibenden Teile der Isolierungen waren an der Längsseite aufgeplatzt und wurden am oberen Ende von der Befestigung gehalten.

Bei Versuch 36.4 an demselben Isoliermaterial mit einem Gasbrenner wurde eine mittlere unbeschädigte Länge von 175 cm erzielt. Die 3 Proben wiesen - dem geringen Brandgeschehen entsprechend - relativ große unbeschädigte Längen von 180 cm, 170 cm und 175 cm auf.

Der zeitliche Mittelwert der Abgastemperaturerhöhungen lag bei dem 9 mm dicken Material bei ca. 75 K, bei den 19 mm dicken Material bei Beflammung mit einem Gasbrenner bei ca. 115 K. Bei Beflammung mit der Holzkrippe betrug dieser Wert wegen des Vollausbrandes ca. 240 K.

Das für dieses Material festgestellte unterschiedliche Verhalten bei Beanspruchung mit Holzkrippe und Gasbrenner gleicher Energie (30 MJ) hängt mit der spezifischen Eigenschaft des Materials zusammen. Dieses schmilzt nach relativ kurzer Flammeneinwirkung, tropft ab und trägt durch Mitbrennen auf dem Boden zur Brandintensität im Schacht bei. Da die Flammen der Holzkrippe - wenn auch nur kurzzeitig - wesentlich höher waren als die des Gasbrenners, wurde dabei ein wesentlich größerer Bereich des Dämmstoffes zum Schmelzen gebracht, als bei Beanspruchung mit Gasbrenner. Wegen der größeren abgetropften und am Boden mitbrennenden Masse kam es zum Vollausbrand. Bei dem Versuch mit Gasbrenner reichte die abgetropfte Masse dazu nicht aus, so daß die Brandausbreitung begrenzt blieb.

5.4.6 PE - Weichschaum (Material 4.X)

Bei dem Material Nr. 4.2 mit einer Wanddicke von 28 mm, das im Brandschacht unbeschädigte Längen von 46 cm hatte, trat bei den Versuchen 37.1 und 37.2 bei der Beanspruchung durch Fichtenholzkrippen und bei Gasbrennerflammen ein vollständiger Abbrand auf. Brennend abtropfendes Material brannte in größerem Umfang auf dem Boden mit und bewirkte den vollständigen Abbrand des Versuchsmaterials.

Bei dem gleichen Material, mit einer Dicke von 9 mm, das im Brandschacht eine unbeschädigte Länge von 64 cm hatte, wurde bei der Beanspruchung durch eine 2 kg Fichtenholzkrippe das Material im horizontalen Schenkel und im Bereich des Knies zerstört. Die thermische Belastung bewirkte außerdem, daß das Material auf der gesamten vertikalen Oberfläche sinterte. Da die Grenze zwischen dem nur gesinterten Bereich und dem Bereich in dem das Material verbrannt war, nicht bestimmt werden konnte, wurde die unbeschädigte Länge mit Null bewertet. Dieses Maß stellt jedoch keine echte Bewertung dar. Hierzu wird auf die Flammenhöhe (ca. 100 cm) und den zeitlichen Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung (ca. 45 K) verwiesen.

Bei dem entsprechenden Versuch mit einem Gasbrenner (Versuch 37.4) wurde eine unbeschädigte Länge von 77 cm ermittelt. Auch hier brannte abtropfendes Isoliermaterial auf dem Brandraumboden mit, lieferte jedoch, wie der zeitliche Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung und die übrigen Maximaltemperaturen zeigen, nur einen geringen Beitrag zum Brandgeschehen.

5.4.7 PE - Weichschaum (Material 5.X)

Bei den Versuchen 38.1 und 38.2 wurde jeweils ein PE-Weichschaum mit einer Dicke von 26 mm bei den Versuchen 38.3 und 38.4 ein Weichschaum mit 10 mm eingesetzt.

Wie die Versuchsergebnisse (Versuche 38.1 und 38.2) ausweisen, trat an dem 26 mm dicken Material ein vollständiger Abbrand auf. Während der Versuche tropfte Material brennend ab und brannte auf dem Boden der Versuchseinrichtung weiter. Darüberhinaus weitete sich der Brand auf der gesamten Länge des Isoliermaterials mit bis zu 160 cm hohen Flammen (bezogen auf die Länge des Flammenkörpers) aus.

Bei Versuchen an dem gleichen Material mit einer Dicke von 10 mm (Versuche 38.3 und 38.4) war das Brandgeschehen wesentlich weniger intensiv wie der zeitliche Mittelwert der Abgastemperaturerhöhung mit ca. 110 K ausweist.

Bei Versuch 38.3, bei dem als Brandlast eine 2 kg Fichtenholzkrippe eingesetzt wurde, war das Material war bis zur Aufhängung weitgehend abgeschmolzen. Bei dem entsprechenden Versuch 38.4 mit einem Gasbrenner war das Isoliermaterial im unteren Bereich (ca. 1 m hoch) stark, darüber nur an der Oberfläche angeschmolzen. Die mittlere unbeschädigte Länge wurde für beide Versuche mit Null angegeben.

5.4.8 Mineralfaser mit Alu-Folienkaschierung (Material 7)

Bei den Versuchen 40.1 bis 40.4 wurden ca. 21 bzw. 30,5 mm dicke Isoliermaterialien aus Mineralfaser eingesetzt, die eine Deckschicht aus Aluminiumfolie hatten.

Wie die Versuchsergebnisse ausweisen, kam es zu keinem nennenswerten Brandgeschehen. Die Zerstörungen der Proben beschränkte sich auf den unmittelbaren Einwirkungsbereich der Flammen aus der Fichtenholzkrippe bzw. dem Gasbrenner. Dort war die Alukaschierung teilweise geschmolzen.

Dies dokumentiert sich auch in den relativ großen unbeschädigten Längen von 205 cm bis 225 cm.

5.4.9 Mineralfaser mit Kaschierung aus PVC-Folie (Material 8)

Bei den Versuchen 41.1 bis 41.4 wurden 20,5 bzw. 31,5 mm dicke Isoliermaterialien aus Mineralfaser eingesetzt, die eine Deckschicht aus ca. 0,3 mm dicker PVC-Folie hatten.

Wie die Versuchsergebnisse ausweisen, kam es nur zu einer mäßigen Beteiligung des Folienmaterials am Brandgeschehen. Der darunter liegende Dämmstoff aus Mineralfaser war bis auf eine weiße Einfärbung im Einwirkungsbereich der Flammen unbeschädigt.

Bei den Versuchen mit Fichtenholzkrippen (Versuch 41.1 und 41.3) wurden unbeschädigten Längen von Null ermittelt. Die Kaschierung war bis in Höhe der Aufhängung verbrannt.

Bei den Versuchen mit einem Gasbrenner ergaben sich unbeschädigte Längen von 106,6 cm und 154 cm (Versuche 41.2 und 41.4). Dabei zeigte sich, daß das Isoliermaterial mit der kleineren Wanddicke eine größere unbeschädigte Länge erzielte.

5.4.10 Halbschalen aus PU-Hartschaum (Material 9)

Bei den Versuchen 42.1 bis 42.4 wurden ca. 9 bzw. 30 mm dicke Isoliermaterialien aus Halbschalen aus PU-Hartschaum eingesetzt.

Wie die Versuchsergebnisse ausweisen, kam es zu keinem nennenswerten Brandgeschehen. Die Zerstörungen der Proben beschränkte sich auf den unmittelbaren Einwirkungsbereich der Flammen aus der Fichtenholzkrippe bzw. dem Gasbrenner im Bereich des Knies und des horizontalen Schenkels. Dort war der Hartschaum karbonisiert.

Das relativ günstige Brandverhalten dokumentierte sich auch in den großen unbeschädigten Längen von 174 cm bis 205 cm.

5.5.1 Abwasserrohre aus PP (Material 10)

Bei den Versuchen 45.1 bis 45.4 und 45.8 wurden jeweils drei 3 mm dicke Abwasserrohre aus Polypropylen mit einem Innendurchmesser von 103,5 mm eingesetzt.

Wie die Versuchsergebnisse ausweisen, kam es zu einer intensiven Beteiligung der Abwasserrohre am Brandgeschehen. Wenige Minuten nach Versuchsbeginn kam es zu brennendem Abtropfen in größerem Umfang. Das auf dem Boden der Versuchseinrichtung liegende Material brannte weiter.

Mit zunehmendem Brandgeschehen - die Flammenspitzen erreichten eine Höhe von 160 cm bis 200 cm - wurden die Proben im Bereich der Aufhängung weich und fielen auf den Boden, wo sie intensiv weiterbrannten.

In der 7. - 20. Minute nach Versuchsbeginn trat flüssiges Polypropylen an den Undichtheiten der Prüfeinrichtung in Bodennähe aus.

Da durch das intensive Brandgeschehen bei den Versuchen mit einer 2 kg Holzkrippe bzw. der vom Wärmeinhalt äquivalenten Brandbelastung durch einen Gasbrenner die Versuchseinrichtung gefährdet war, wurden zwei weitere Versuche (45.5 und 45.6) mit Gasbrenner-Beflammung wie im Brandschacht durchgeführt. Aus Sicherheitsgründen wurde jeweils nur 1 Abwasserrohr eingesetzt.

Auch hier wurde ein intensiver Abbrand des Probenmaterials beobachtet, bei dem - ebenso wie bei den übrigen Versuchen an den selben Abwasserrohren - das Versuchsmaterial vollständig verbrannte.

5.5.2 Abwasserrohre aus PVC (Material 11)

Bei den Versuchen 46.1 (Brandlast: Holzkrippe) und 46.2 (Brandlast: Gasbrenner) wurden jeweils 3 Proben aus 2,5 mm dicken Abwasserrohren aus PVC mit einem Innendurchmesser von 105 mm eingesetzt.

Wie die Versuchsergebnisse ausweisen, wurden die Abwasserrohre wenige Minuten nach Versuchsbeginn durch die thermische Einwirkung der Brandlast weich und fielen auf den Boden der Versuchseinrichtung. Dort brannte das Material bis zur vollständigen Zerstörung weiter.

5.5.3 Material 11: Abwasserrohre aus einem Gemisch aus PVC, ASA und ABS

Bei den Versuchen 4.7.1 (Brandlasten: Holzkrippe) und 4.7.2 (Brandlast: Gasbrenner) wurden - um die Versuchseinrichtung nicht zu gefährden - jeweils nur ein 2,5 mm dickes Abwasserrohr aus einem Gemisch aus PVC, ASA und ABS mit einem Innendurchmesser von 106 mm eingesetzt.

Wie die Versuchsergebnisse ausweisen, wurde das Abwasserrohr jeweils wenige Minuten nach Versuchsbeginn durch die thermische Einwirkung der Brandlast weich und fiel auf den Boden der Versuchseinrichtung. Dort brannte das Material bis zur vollständigen Zerstörung weiter.

6. Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Untersuchungsvorhabens wurden Versuche zur Erprobung eines Prüfverfahrens über die Brandentwicklung und Brandweiterleitung an Rohren und Dämmstoffen für Rohre durchgeführt. Außerdem wurden Versuche an einer Reihe von verschiedenen Materialien durchgeführt, um die Anwendbarkeit des Verfahrens im Hinblick auf eine Differenzierung des Brandverhaltens zu beurteilen.

Nach einer Reihe von grundlegenden Untersuchungen im Teil I wurde die Versuchsanordnung optimiert, die auf Entwicklungsarbeiten der Firma Armstrong World Industries beruht /2/. Die verbesserte Versuchsanordnung wurde nach verschiedenen Kriterien untersucht.

Wie die Ergebnisse der Nullversuche ausweisen, lassen sich die Versuchsrandbedingungen (Druck, Zuluftrate) mit zufriedenstellender Genauigkeit einstellen. Das gleiche gilt für die Bemessung der Brandlast (Holzgewicht, Gasdurchfluß). Insbesondere bei den Holzkrippen ist eine reproduzierbare Brandbeanspruchung einfach herstellbar, wie der Vergleich der Ergebnisse der Nullversuche ausweist. Diese Brandlast hat zudem den Vorteil, daß sie sich nach Art und Größe einem entsprechenden Entstehungsbrand im Innern eines Installationsschachtes gut zuordnen läßt.

Als Bewertungsmaßstab für die Brandausbreitung bieten sich die Flammenhöhe sowie die unbeschädigte Länge und die Energiefreisetzungsrate an.

Die Flammenhöhe läßt sich mit einer Genauigkeit von ± 5 cm ermitteln. Dies wird im Hinblick auf die verfügbare Höhe des senkrechten Teils der Versuchseinrichtung für ausreichend genau angesehen.

Bei der unbeschädigten Länge bestehen zumindest für einige Materialien die bereits aus der Restlängenbestimmung beim Brandschachtverfahren bekannten Bewertungsschwierigkeiten.

Als Maß für die Energiefreisetzung bieten sich die recht gut reproduzierbaren Temperaturerhöhungen über der Anfangstemperatur im Abgas, sowie der O₂-Verbrauch an. Für die Bewertung des O₂-Verbrauchs ist die Einbeziehung der Zuluftrate in die Auswertung erforderlich, sofern nach wie vor mit konstantem Druck (und damit vom Abbrand abhängiger Zuluftrate) gearbeitet wird. Sofern jedoch bei den weiteren Diskussionen die Entscheidung zugunsten einer konstanten Zuluftrate fällt, ergibt sich die Energiefreisetzungsrate aus den gemessenen O₂-Konzentrationen durch eine proportionale Zuordnung.

Um zu vergleichbaren Ergebnissen für verschiedene Materialien zu gelangen, sind hierzu daher entsprechende Festlegungen zu treffen.

Als Unterlage für die Festlegung einer konstanten Zuluftrate weisen die Ergebnisse aus, daß sich bei geringer Zuluftmenge (2,5 m³/min) ungünstigere Ergebnisse einstellen als bei größeren Zuluftmengen. Bei größerer Zuluftmenge ergibt sich jedoch eine bessere Differenzierung der Versuchsergebnisse.

Systematische Untersuchungen haben gezeigt, daß sowohl die Isolierdicke als auch die Anzahl der eingesetzten Rohre erheblichen Einfluß auf die Versuchsergebnisse haben (größere Isolierdicke und größere Anzahl von Rohren führen jeweils zu intensiverem Abbrand).

Um einen Überblick über die Anwendbarkeit des Pipe-Chase-Prüfverfahrens bei verschiedenen Materialien zu gewinnen, wurden eine Reihe von handelsüblichen Rohrdämmstoffen und Rohrleitungen untersucht. Parallel zu diesen Untersuchungen wurden die Materialien einer Brandschachtprüfung nach DIN 4102 Teil 1 unterzogen. Es zeigte sich, daß sowohl Abwasserrohre aus Kunststoff als auch brennbare Rohrdämmstoffe gut prüfbar waren.

Die Pipe-Chase-Untersuchung ergab eine recht gut zufriedenstellende Differenzierung des Brandverhaltens der Materialien. Insbesondere muß sich die Beurteilung nicht auf die Bewertung der beschädigten bzw. nichtbeschädigten Längen beschränken, sondern kann sich auf die Bewertung der Flammenausbreitung und Flammenhöhe abstützen.

Für brennend abtropfende Materialien wurde im Pipe-Chase-Versuch bei Beanspruchung mit der Holzkrippe ein Vollausbrand festgestellt, wenn das brennend abtropfende Material in den Bereich der Primärbrandlast fiel und dort entzündet wurde. Dieser in der Praxis durchaus relevante Schadensverlauf wird im Brandschacht nicht dargestellt, da sich das abtropfende Material auf dem Siebboden unterhalb des Brenners sammeln kann, ohne vom Brenner entzündet zu werden. Die Wiederentzündung, die nur dann auftritt, wenn das Material brennend abtropft und brennend auf dem Siebboden ankommt, ist somit von einer relativ zufällig auftretenden Erscheinung abhängig.

Überall



L i t e r a t u r h i n w e i s e :

- /1/ **"Erprobung eines praxisorientierten Prüfverfahrens für die
Flammenausbreitung bei Rohrleitungen und Rohrisolierungen"**
Abschlußbericht Teil I (Vorversuche)
Bearbeitungsnummer im MPA NRW: 23 - 80.01 - 287
Forschungsauftrag des Instituts für Bautechnik vom 09.11.1983
Az. IV 1-5-401/84

Dipl.-Ing. H.G. Klingelhöfer, Dipl.-Phys. T. Ueberall

- /2/ **"Brandverhalten und Brandweiterleitung an synthetischen
Dämmstoffen in einem praxisbezogenem Prüfaufbau"**
Diplomarbeit von Siegbert Gloger und Thomas Kirchner
vom 26.04.1984

Short report on final report number II/1 on:

- "Flame spread on tubular ducts and tubular insulation for ducts
- research on the dependance of test results on particular test conditions
- research on a series of commercial insulation materials and waste water ducts

In the course of this work a series of tests were done in order to check the test method under conditions of development and spread of a fire on ducts and insulating materials for ducts. Furthermore a series of tests on different materials were done in order to ascertain the practicability of this test method with regard to differentiation of the material's reaction to fire.

After a series of fundamental investigations in part 1 the test rig which based on a development of Armstrong World Industries was optimized. The improved test rig had been investigated on different criterias.

According to the results of the calibration tests the boundary conditions (lower pressure, ventilation rate) could be kept on a satisfying accuracy. This applies also for the assessment of the fire load (wate, gas flow). Especially with wooden cribs the reproducible thermal exposure was quite easy to achieve as results of the calibration runs had shown. Furthermore this fire load has the advantage to simulate a fire in the beginning within an installation shaft.

For scaling the assessment of the spread of fire the flame height could be used as well as the undestroyed rest length. The flame height could be evaluated with an accuracy of ± 5 cm. With regard of the available height of the vertical part of the test rig this accuracy was regarded as satisfying. Concerning the rest length the wellknown difficulties in the assessment had shown up at least for some materials. As a measure for the energy release the quite well reproducible temperature rises of the waste gas as well as the O₂-depletion could be used. For the use of the O₂-depletion it is necessary to measure the ventilation rate of fresh air when the tests were done with a constant lower pressure (and therefore

with a ventilation rate which depends on combustion). In case that further discussions on the test method should lead to introducing a constant ventilation rate the heat release rate could be evaluated as being proportional to the O₂ waste gas concentration.

In order to achieve comparable test results one has then to agree on particular rules of evaluation.

As a base of adjustment for a constant ventilation rate the results had shown, that at a lower ventilation rate (2,5 m³/min) led to more unfavourable results than a higher ventilation rate. Using higher ventilation rates gave a better differentiation of test results.

Systematic investigations have shown, that the thickness of insulating materials as well as the number of ducts being tested had a remarkable influence on the test results (larger thickness of insulating materials and a growing amount of ducts will lead to a more intensive burn up).

In order to get a general view on the applicability of the Pipe-Chase-Test method to particular materials a series of commercial insulating materials and ducts were investigated. Parallel to this investigations the materials were also tested in the Brandschacht according to DIN 4102 part 1. It could be shown that synthetic waste water ducts as well as combustible insulating materials for ducts were easy to test.

The Pipe-Chase Tests method gave a satisfying differentiation of the behaviour to fire of the materials. Particularly one has not to deal with the problems of evaluation of rest length as in the Brandschacht method because the evaluation of flame spread could be based on the observation of flame height.

For materials which tend to burning dripping a complete burn up was observed when the Pipe-Chase Test was done with a wooden crib and the burning droplets fell near by the fire load and were ignited. This course of damage which is quite relevant to real fires could not be observed in the Brandschacht test because the

dripping material which had fallen down to the sieve will not be ignited by the burner which is situated above the sieve. The reignition of this material can only be observed when the material produces burning droplets that arrive on the sieve burning which is quite accidentally.

Rapport court sur "la propagation des flammes au conduits et enveloppes isolantes pour les conduits"

- Recherches sur la dependance des conditions limitées sur d'expériences

et

- recherche sur une série d'isolation thermique et matières isolante d'usage

Dans la mesure de cette recherche, on a soumis l'expériences pour faire l'épreuve de la methode pour expertiser la continuation et l'évolution d'un incendie au conduits d'usage et enveloppes isolantes pour les conduits. En plus on a soumis une série d'expériences aux matières différentes pour juger d'applicabilité du procédé en consideration d'une différentation du comportement au feu.

Après une serie d'expériences fondamentales, résumée dans le rapport final part I à cet projet, l'installation expérimental qui s'appuyait sur travaux d'études de la firme Armstrong World Industries était amélioré en plus favorable. L'installation expérimental améliorée était recherché par critières différentes.

Comme les résultats d'expériences de zéro montraient, les conditions limitées (pression, température) se laisser ajuster à précision satisfaisante.

La même est valide à la détermination de charge calorifique (poids du bois, passage (m) de gaz). Particulièrement les crèches présentaient une emploi d'incendie reproductible, qu'on peut produit simplement, comme une comparaison des résultats expériences de zéro montraient. De plus, cette charge calorifique a l'avantage de coordonner à l'incendie en naissance dans l'interieur des puits d'installation.

Pour une échelle d'évaluation de la propagation du feu, la hauteur des flammes et la longueur résidu se offrent. On peut determiner la hauteur des flammes à une précision de ± 5 cm. En vue de hateur disponible du part vertical d'installation expérimental, on considerait cette précision en suffisante. A la longuer résidu, on trouve du moins les difficultés d'évaluation pour quelques matières, on a connu par le Brandschacht. Comme une mesure reproductible et passable pour l'émission d'énergie la hausse de température du gaz perdu et la consommation d'oxygène se offrent.

Pour la estimation de consommation d'oxygène la considération du rate de changement d'air pour l'évaluation est nécessaire, si après comme avant on travaille avec une pression constante (et par cela en rate de changement d'air, qui est dependu du feu). En cas que la résolution sera est pris en faveur d'un changement d'air constante, le rate d'émission d'énergie se donne par une coordonnation proportionnelle.

Pour arriver à résultats comparable pour les matériaux différentes à cela on a trouvé les déterminations correspondantes. Comme une base pour la détermination du rate de changement d'air, les résultats montrent qu'on en rate de changement d'air petite (2,5 m³/min) on arrive au résultats plus défavorable qu'en rates de changement d'air plus grandes. En plus grande rate de changement d'air on trouve aussi une différenciation meilleure des résultats d'expériences.

Recherches systematiques avaient montré aussi bien que l'épaisseur isolante et mais encore la nombre des conduits avaient une influence considérable sur les résultats d'expériences (plus grandes d'épaisseur isolante et une plus grande nombre de conduits menaient à un déchet plus intensif).

Pour fair un tour d'horizon d'applicabilité du procédé de contrôle de PIPE-CHASE aux matières différentes, on a recherché une serie des matières isolantes et des conduits à d'usage. Parallèle à cetttes recherches ces matières avaient soumi à une expérience de BRANDSCHACHT à DIN 4102 PART 1. On voit que les conduits pour eaux usées et encore l'enveloppes isolantes pour les conduits etaient bon recherable.

La recherche de PIPE-CHASE donnait une différenciation très satisfaisante au comportement au feu des matières. Particulièrement les problèmes d'évaluation de longuer résidu n'existe pas qu'on avait par le BRANDSCHACHT, parce que l'évaluation de la propagation des flammes peut étayer sur l'observation de hauteur des flammes.

Pour matières degouttantes brûlantes on a observé un éteint totale par un emploi d'incendie d'une crèche du bois, en cas les matières degouttantes brûlantes tombaient dans la region de charge calorifique primaire et étaient enflammées là. Cette cours du dommage tout à fait important pour la pratique n'était pas présenté dans la procédé de contrôle de BRANDSCHACHT, parce que la matière degouttante peut grouper sur le fond du crible sous le brûleur à gaz, sans être enflammé par le brûleur.

Le reallumage, qui se présente en ce cas quand la matière degoutte et arrive brûlante sur le fond du crible est dépendu sur une phénomène accidentelle relatif.