

Brandverhalten von Wärme gedämmten PVC-Fassaden

T 2036

T 2036

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

**Brandverhalten von wärmegeämmten
PVC-Fassaden**

Dipl.-Phys. Thomas Ueberall

Forschungsauftrag des Instituts für Bautechnik vom 10.12.1986

Az.: IV 1-5-490/86

sowie des Gesamtverbandes der kunststoffverarbeitenden Industrie (GKV)

Brandverhalten von Wärmegegedämmten PVC-Fassaden

Dipl.-Phys. Thomas Ueberall

**Forschungsauftrag des Instituts für Bautechnik vom 10.12.1986
Az.: IV 1-5-490/86
Sowie des Gesamtverbandes der kunststoffverarbeitenden Industrie (GKV)**

1. Aufgabenstellung und Ziel der Versuche

Die Norm DIN 4102 Teil 1 und die Prüfgrundsätze für schwerentflammbare Baustoffe (Klasse B1) in der Fassung Februar 1984 sehen vor, bei der Prüfanordnung die praktische Anwendung der Baustoffe zu berücksichtigen. Fassadenbekleidungen werden, da in der Praxis in der Regel mit Wärmedämmstoffen hinterlegt, auch in der Prüfung in Verbindung mit einem Dämmstoff geprüft.

Als ungünstigster Fall ist ein nicht schmelzender PU-Hartschaum vorgesehen, mit dem Fassadenbaustoffe in einer Dicke von 20 mm in einem Abstand von 40 mm zu hinterlegen sind.

Erste Versuche nach Herausgabe der o.a. Prüfgrundsätze zeigten jedoch auf, daß in der Vergangenheit als schwerentflammbar klassifizierte Fassadenbekleidungen aus PVC-hart bei dieser Prüfanordnung die Anforderungen an Baustoffe der Klasse B1 nicht erfüllten. Da diese Fassaden bei Brandschäden ein durchaus zufriedenstellendes Ergebnis gezeigt hatten, wurde die frühere Klassifizierung nur dann nicht beibehalten, wenn auch mit anderen Dämmstoffen (PS-Hartschaum, Mineralfaserplatten) die Anforderungen der Klasse B1 nicht erfüllt wurden. Diese Entscheidungen stützten sich u.a. darauf, daß bei einer Reihe von Fassadenbrandversuchen im Maßstab 1:1 festgestellt worden war, daß der Brandschachtversuch die Abbrandverhältnisse von Fassadenbaustoffen teilweise übertrieben intensiv darstellt.

Es sollte nunmehr durch vier Versuche an einem 8 m hohen Fassadeneckenausschnitt aus PVC-Platten ohne bzw. mit Wärmedämmungen aus

- Mineralfaserplatten (MIFA)
- PU-Hartschaumplatten
- PS-Hartschaumplatten

geprüft werden, ob dieser Baustoff im Verbund mit diesen Dämm-Materialien ein zufriedenstellendes Brandverhalten aufweist, obwohl bei diesem Aufbau im Brandschacht die Anforderungen der Klasse B1 nicht erfüllt werden.

Die Versuche sollten grundlegende Aussagen über das Verhalten entsprechender Fassadensysteme ermöglichen.

2 Versuchsanordnung

Die Versuche wurden in dem Brand-Versuchshaus des Brandschutzlabors der Firma Hoechst (s. Abb. 1) mit einer Absauganlage ($\dot{V} = 22.000 \text{ m}^3/\text{h}$) durchgeführt. Die Größe des Brandversuchshauses betrug $15 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ (BxLxH). Die Zuluft strömte durch eine Türöffnung vom Freien nach.

Die zu untersuchenden Fassaden wurden in einer Raumecke über eine Breite von $3,185 \text{ m}$ bzw. $2,505 \text{ m}$ angebracht (s. Abb. 2). Als Unterkonstruktion wurde an den Wänden des Raumes, die aus Gasbetonsteinen bestanden, eine in vertikaler Richtung verlaufende Haltekonstruktion aus Alu-Mauerwinkeln (bei Versuch 1: $40/60/2$, bei den Versuchen 2 bis 4: $40/80/2$) angebracht. Die Haltekonstruktion war jeweils in Abständen von $62,5 \text{ cm}$ mit Hilfe von Injektionsankern mit dem Mauerwerk verbunden. Auf dem dazwischenliegenden Mauerwerk wurde das wärmedämmende Material befestigt.

Die Befestigung der Fassadenplatten erfolgte über Alu-Klemmleisten, die mit Alu-Nieten an den Mauerwinkeln befestigt wurden. Diese Befestigung (s. Abb. 2) war gewählt worden, um ein Ausreißen bei Schraubverbindungen auszuschließen, das zu einem auf Zufälligkeiten beruhenden günstigen Brandverhalten hätte führen können.

Bei den Versuchen mit Dämmstoffen wurden die Dämmplatten jeweils in der Mitte und an den Eckpunkten mit Dämmstoff-Haltern aus Polyamid Ultramid B3S (Dämmstoff-Halter DHK 40) befestigt (s. Abb. 3 und 4).

Zum Einsatz gelangten folgende Materialien:

Versuch 1: 3 mm dicke Fassadenplatten aus PVC-hart gemäß Prüfbescheid PA-III 2.5 ohne Wärmedämmung, Hinterlüftungsabstand 100 mm

Versuch 2: Fassadenplatten wie bei Versuch 1 mit Wärmedämmung aus 40 mm dicken Mineralfaserplatten (Typ: ISOVER SILAN Fassadendämmplatte SLF 035; Klasse: A2 PA-III 4.8)

Versuch 3: Fassadenplatten wie bei Versuch 1 mit Wärmedämmung aus 40 mm dicken PU-Hartschaumplatten (Typ: "PUREN SE") Brennbarkeitsklasse: B1; PA-III 2.808)

Versuch 4: Fassadenplatten wie bei Versuch 1 mit Wärmedämmung aus 40 mm dicken PS-Hartschaumplatten (Typ: PS-15SE Brennbarkeitsklasse: B1; PA-III 2.63), die mit einem schwerentflammaren Kleber auf Zementbasis (Aderit XZG, ohne PA-III Nr.) auf das Mauerwerk aus Gasbetonsteinen aufgeklebt wurden.

Bei parallel durchgeführten Brandschachtversuchen an den zum Einsatz gelangten Fassadenbaustoffen wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Material	maximale Flammen- höhe (cm)	maximale Temperatur (°C)	Restlänge (cm)
1. PVC-Platten (ohne Hinterlegung)	80	121	40
2. PVC-Platten mit MIFA-Hinterlegung	>100	>200	0
3. PVC-Platten mit PU-Hartschaum	>100	>200	0
4. PVC-Platten mit PS-Hartschaum	70	123	39
5. PU-Hartschaum	80	119	>15
6. PS-Hartschaum	30	114	52

Weitere Einzelheiten zum Aufbau der Fassaden mit bzw. ohne Wärmedämmung sind aus Abb. 2 ersichtlich.

Bei der Prüfung ohne Hinterlegung wurden die Platten freihängend geprüft.

Bei der Prüfung mit Hinterlegung (Material 2 bis 4) wurden die PVC - Platten mit einem lichten Abstand von 40 mm vor 20 mm dicken Dämmstoffplatten befestigt.

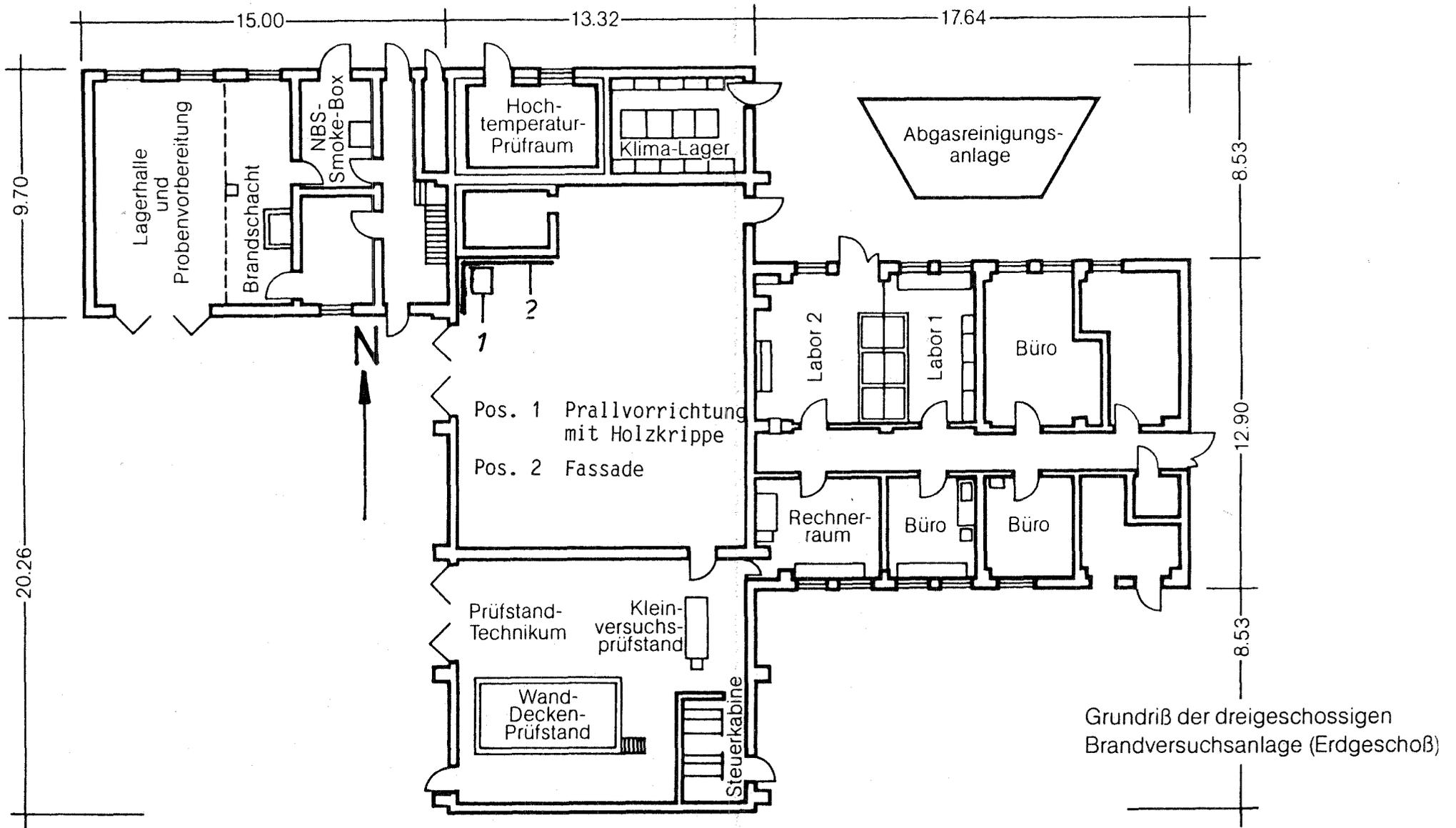


Abb. 1: Einbau der PVC-Fassade in die Brandversuchsanlage

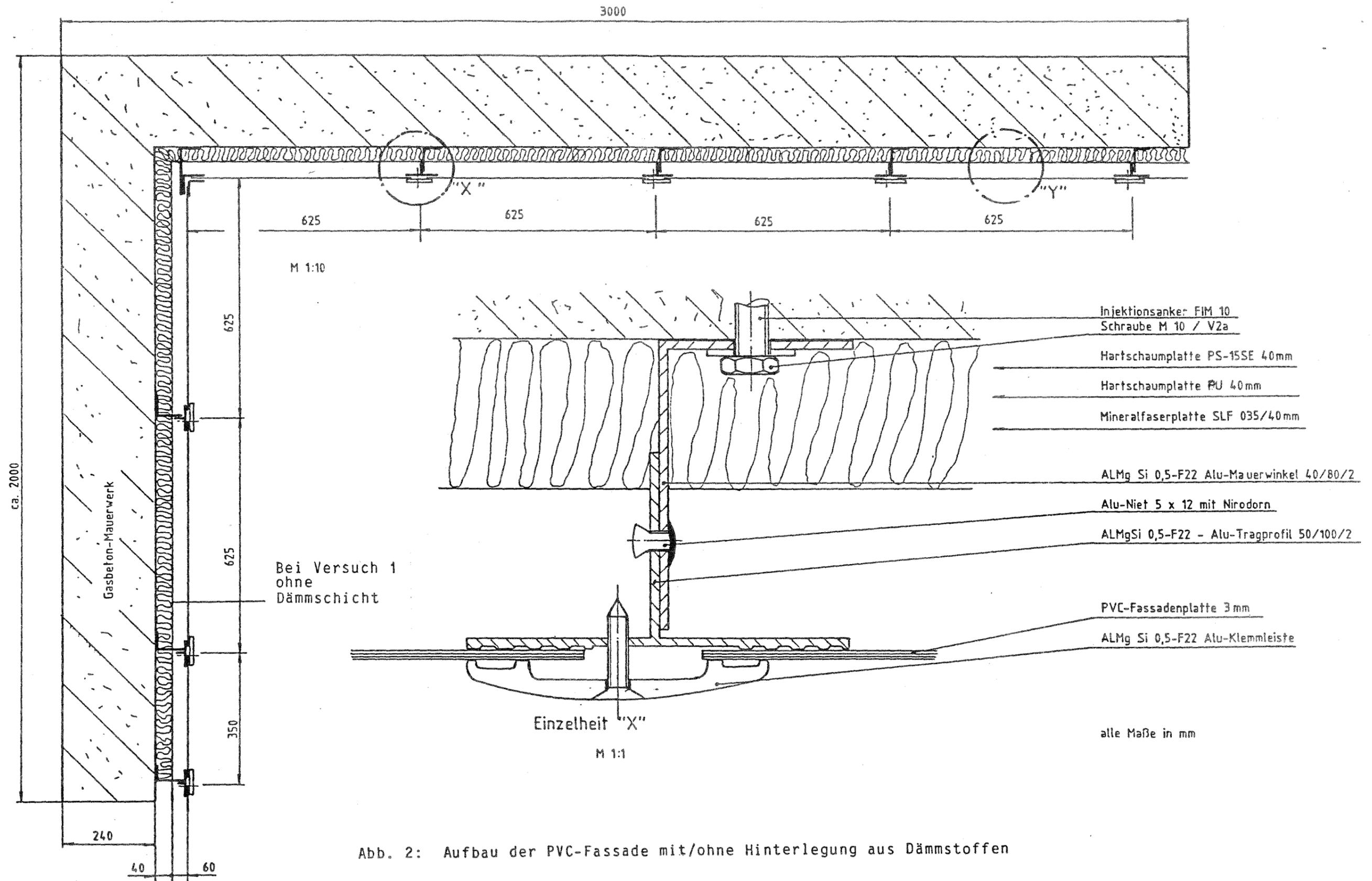


Abb. 2: Aufbau der PVC-Fassade mit/ohne Hinterlegung aus Dämmstoffen

Befestigung der Dämmplatten mit DHK 40

Anordnung der mechanischen Befestigungspunkte

Bei Hartschaumplatten betragen die Abmessungen der einzelnen Platten 500 mm x 1000 mm. Die Befestigungspunkte wurden jedoch ebenso wie bei den Mineralfaserplatten angeordnet.

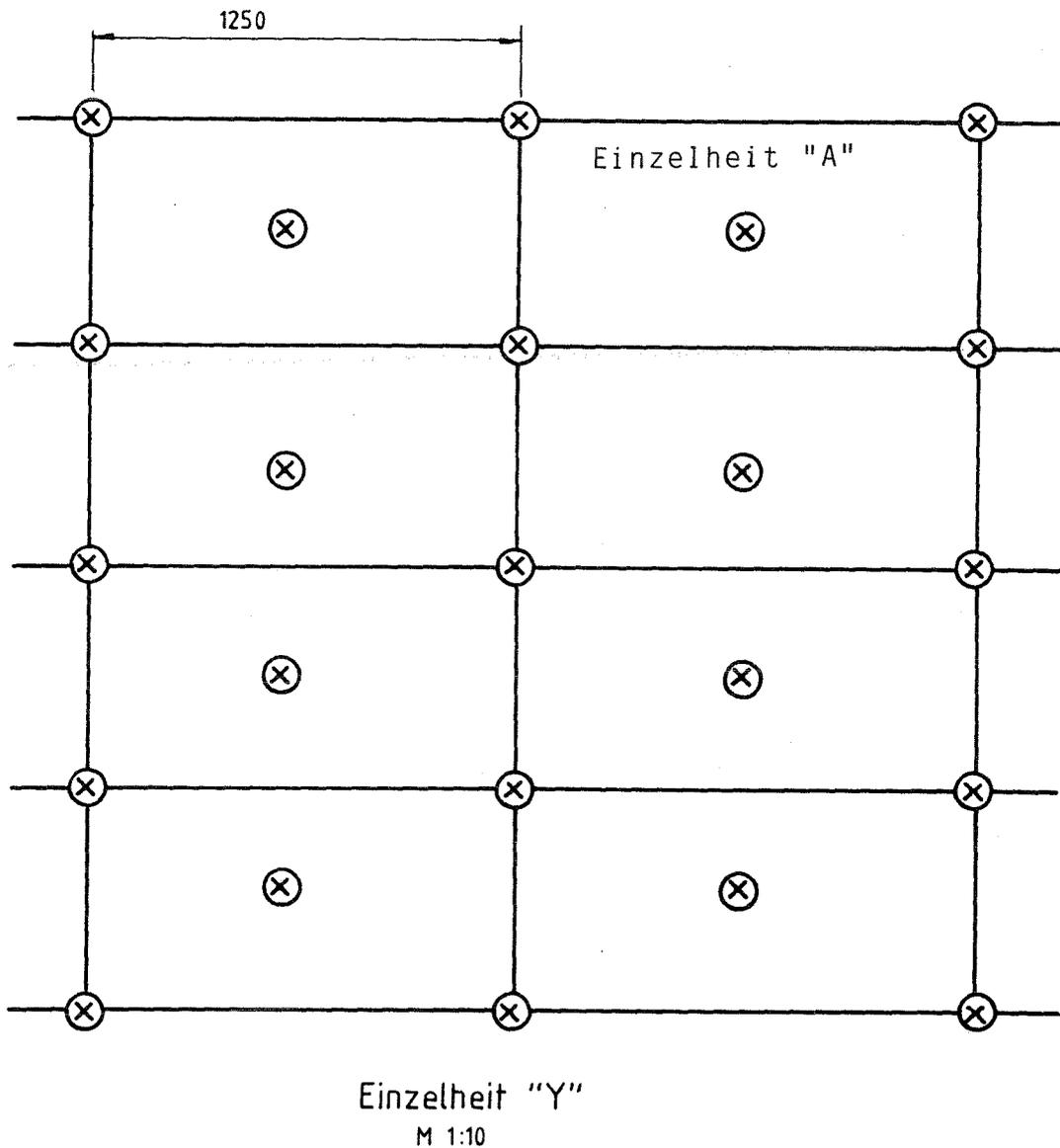


Abb. 3: Einzelheit "Y" zu Abb. 2
-Befestigungspunkte-

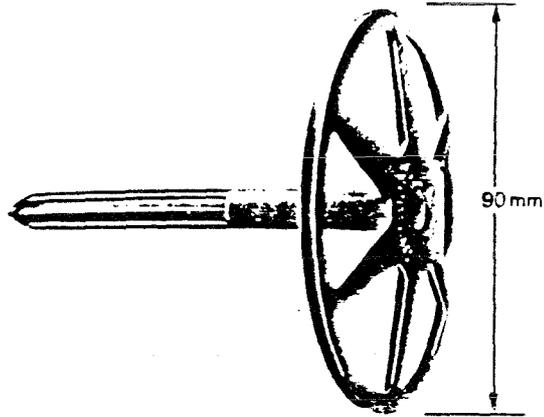


Abb. 4: Dämmstoffhalter DHK
Detail "A" zu Abb. 3

- ① Prallvorrichtung
- ② Zementfaserplatte(19 mm)
- ③ Fassade
- ④ Brandlast (50 kg)
- ⑤ Tisch
- ⑥ Boden

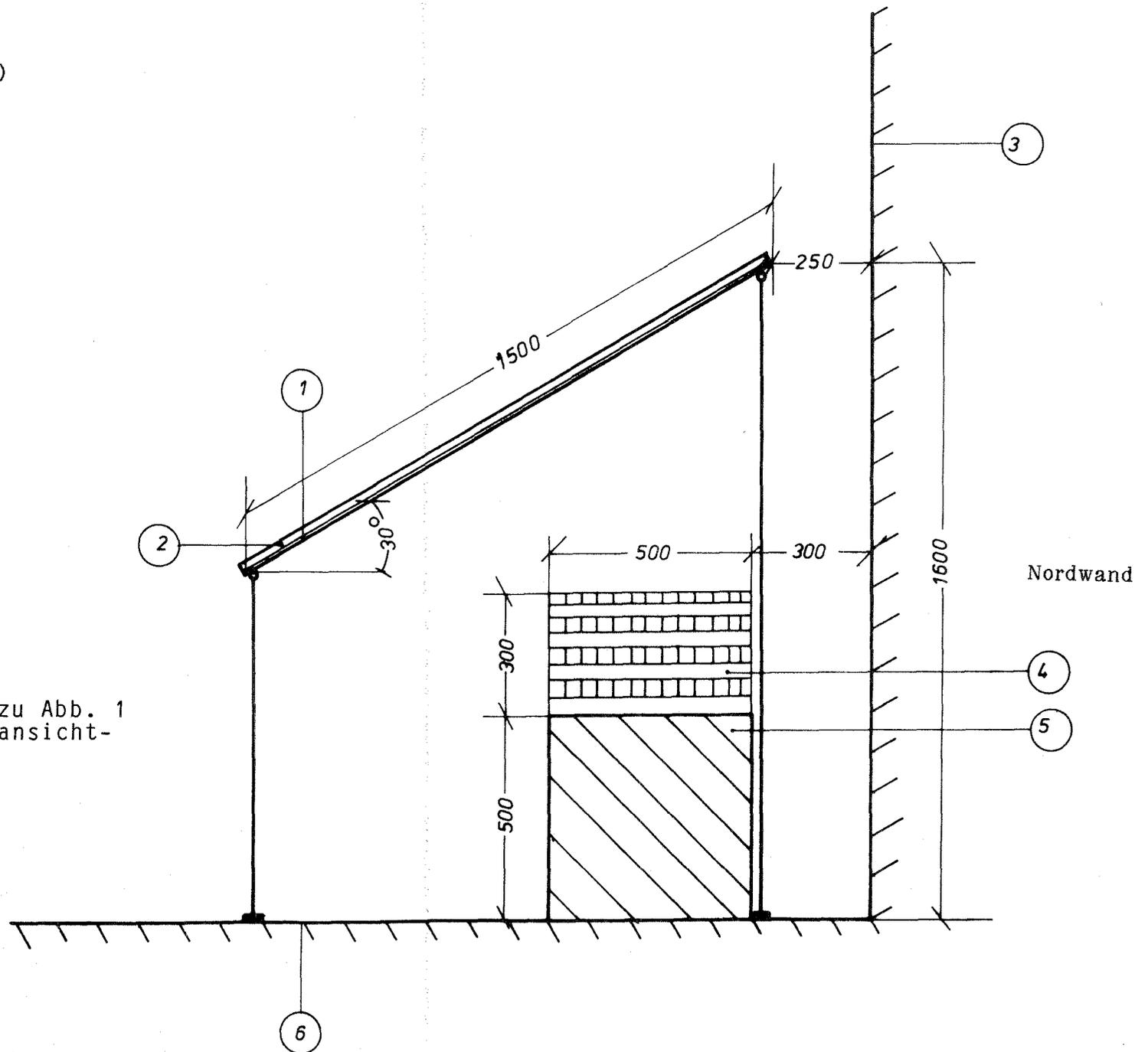
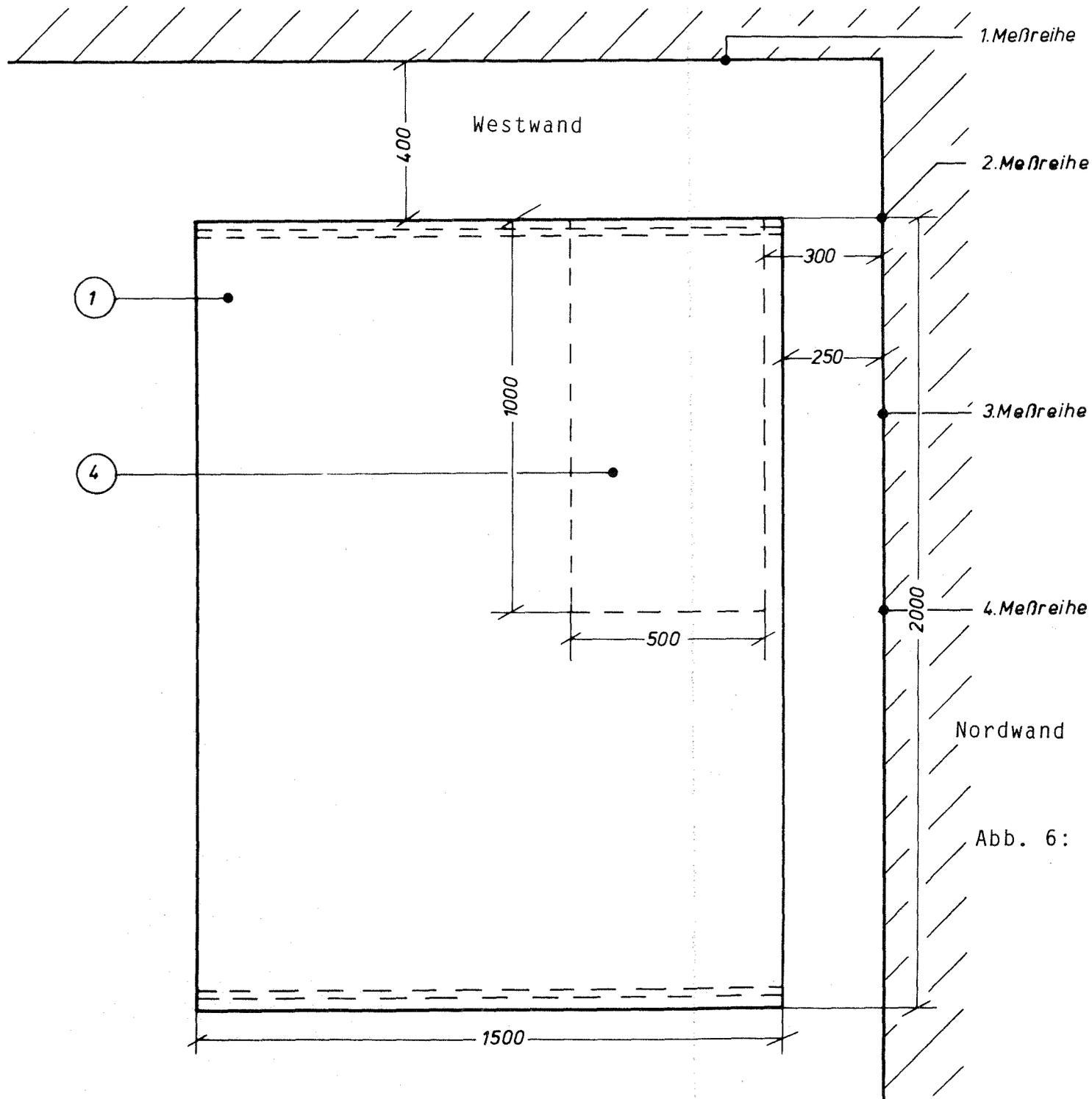


Abb. 5: Pos. 1 zu Abb. 1
-Seitenansicht-



- ① Prallvorrichtung
- ④ Brandlast (50 kg)

Abb. 6: Pos. 1 zu Abb. 1
- Draufsicht -

Durch einen Vorversuch wurde die Anordnung und Größe der Brandlast festgelegt.

Um die aus einem Fenster schlagenden Flammen zu simulieren, wurde die Primärbrandlast unter einer auf 30° geneigten Prallvorrichtung vor der Fassadenoberfläche angeordnet - 30 cm vor der Nordwand und 40 cm vor der Westwand (s. Abb. 5 und 6). Die Prallvorrichtung war an der Oberseite mit 19 mm dicken Promatect-H Platten abgedeckt.

Als Brandlast wurden 50 kg klimatisierte (23°C, 50 %) Fichtenhölzer (4/4/50) im Verhältnis Holz : Luft wie 1 : 1 als Krippe auf einem Sockel von 50 cm Höhe aufgebaut. Die Länge der Krippe betrug jeweils 100 cm, ihre Breite 50 cm und ihre Höhe 30 cm.

Für diese Brandlastanordnung wurden bei dem Vorversuch über der Oberkante der Prallvorrichtung Flammenlängen von 1,7 m - 2 m festgestellt.

Bei den Versuchen wurden in einem Abstand von 10 mm vor der Wand Temperaturen gemessen (Meßstellen 1 bis 24).

Darüberhinaus wurden in 6 m und 7,9 m Höhe die Temperatur im Bereich des Hohlraumes hinter den PVC-Fassadenplatten gemessen (Meßstellen 25 bis 32).

Die Lage der Meßstellen ist jeweils bei den Versuchsergebnissen wiedergegeben. Sie ist in der Skizze der Zerstörungen des Wärmedämmverbundsystems eingetragen.

3 Versuchsergebnisse

Im nachfolgenden werden für jeden Versuch zunächst die Temperaturmeßergebnisse tabellarisch wiedergegeben.

Im Anschluß daran folgt die Skizze mit der Lage der Meßstellen und einer schematischen Darstellung der Zerstörungen.

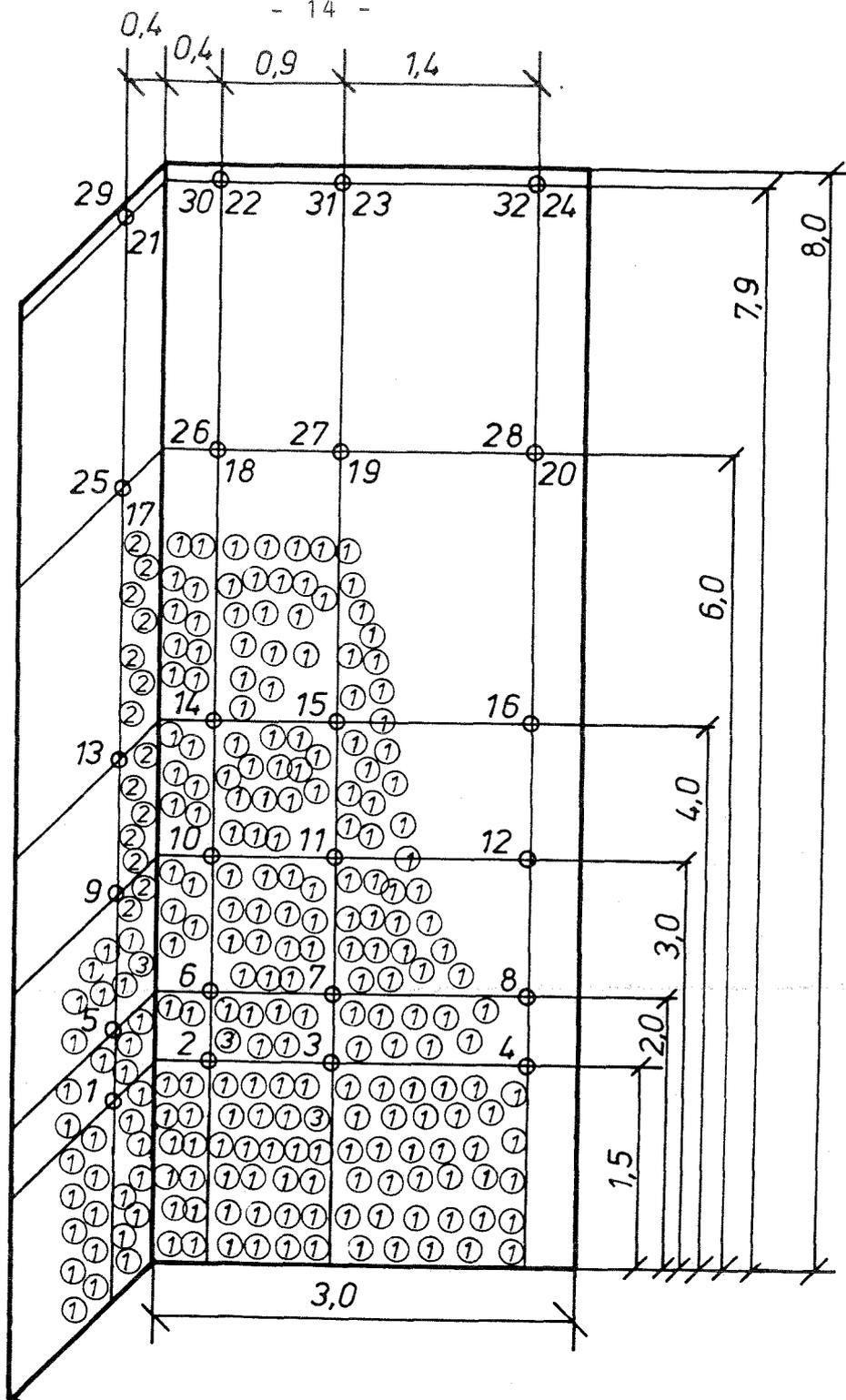
Die Beobachtungen während und nach den Versuchen schließen sich hieran an und werden durch die folgenden Lichtbilder ergänzt.

3.1 Versuch Nr. 1 an einer PVC-Fassade ohne Wärmedämmung
am 05.10.1987

Zeit	Meßstellen											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
0:00	16	16	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16
1:00	25	21	23	16	32	43	47	18	24	24	34	19
2:00	48	49	80	19	79	140	176	30	53	54	97	25
3:00	71	116	167	26	111	278	388	46	87	115	226	38
4:00	114	175	194	32	168	338	406	40	126	180	233	35
5:00	157	218	271	35	205	434	553	43	146	225	303	37
6:00	185	304	328	39	326	305	639	53	183	267	413	41
7:00	234	245	247	42	424	343	582	62	196	271	438	39
8:00	248	252	233	44	419	401	565	64	186	481	516	37
9:00	267	272	246	47	377	442	605	69	176	497	518	38
10:00	284	294	259	51	303	472	623	65	185	487	522	42
11:00	306	310	272	53	270	496	638	66	192	503	505	46
12:00	342	319	298	54	238	500	650	67	177	484	482	45
13:00	366	345	308	58	235	504	624	70	189	449	492	51
14:00	393	392	323	60	241	504	606	74	182	450	474	48
15:00	421	408	326	62	251	499	553	62	187	423	471	46
16:00	429	398	338	63	255	440	599	77	189	370	458	51
17:00	424	382	336	61	257	418	572	66	179	332	419	47
18:00	370	372	322	63	220	404	502	61	175	287	350	45
19:00	301	361	319	63	276	384	435	58	162	282	298	43
20:00	288	346	311	65	280	365	383	54	153	272	247	38
21:00	265	331	294	63	276	339	342	51	143	229	220	46
22:00	250	310	273	61	272	318	308	61	135	214	201	43
23:00	237	302	249	60	260	301	285	70	130	202	181	41
24:00	223	285	241	58	249	280	263	60	112	196	172	41
25:00	204	272	240	56	246	272	224	62	107	197	151	38
26:00	189	255	231	53	228	267	197	57	101	194	129	36
27:00	175	241	214	53	209	254	180	53	97	185	118	36
28:00	166	227	207	52	198	235	174	52	90	170	110	35
29:00	160	218	200	51	188	225	171	51	87	162	109	35
30:00	156	212	198	49	182	217	171	50	84	155	114	35

Versuch Nr. 1 an einer PVC-Fassade ohne Wärmedämmung am
05.10.1987

Zeit	Meßstellen																	Meßstellen		
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
0:00	16	16	16	16	16	16	16	16	17	16	16	17	16	15	15	15	17	16	16	16
1:00	21	25	27	19	22	25	23	18	20	21	19	18	16	15	15	15	17	17	16	16
2:00	46	56	63	25	41	57	42	22	34	39	26	22	17	15	15	16	17	17	16	16
3:00	77	103	120	34	67	97	78	29	51	62	43	28	22	17	16	16	17	20	22	16
4:00	97	135	128	35	78	111	88	30	59	76	52	29	33	27	31	16	18	29	79	16
5:00	103	180	155	37	83	131	91	31	67	94	69	29	45	73	87	17	21	50	140	18
6:00	122	204	186	42	100	123	94	36	77	101	99	32	69	123	171	17	29	89	154	26
7:00	132	214	212	40	102	139	110	39	79	116	118	35	110	132	183	18	42	97	154	26
8:00	134	216	295	36	114	144	127	38	89	118	118	37	123	155	165	19	49	106	144	24
9:00	135	224	332	36	122	148	121	42	101	121	117	40	134	172	178	20	58	132	141	25
10:00	136	204	343	47	117	147	124	46	100	122	123	44	133	167	191	21	75	140	157	27
11:00	149	211	312	45	124	153	130	41	111	125	129	40	137	170	187	30	95	148	147	44
12:00	148	228	317	42	129	157	122	41	117	128	126	44	138	167	181	36	99	150	147	45
13:00	150	235	321	50	125	153	110	42	119	121	124	41	135	150	171	38	108	138	143	46
14:00	154	238	318	45	118	143	115	42	115	121	122	41	137	136	161	41	111	133	135	46
15:00	157	237	318	40	117	135	137	41	110	118	129	42	137	130	156	38	116	129	134	41
16:00	159	231	324	47	116	133	132	43	110	115	131	43	137	127	160	38	121	128	138	42
17:00	153	226	315	48	113	127	119	40	108	112	128	41	135	123	164	40	124	125	144	44
18:00	147	221	294	42	110	132	111	39	110	114	125	41	130	121	159	41	125	122	141	45
19:00	139	219	269	40	108	126	101	37	107	107	120	39	127	122	149	42	122	122	133	45
20:00	134	216	246	36	105	120	97	36	105	103	113	39	123	120	140	43	121	120	126	46
21:00	128	212	231	43	97	106	96	37	98	95	110	38	117	113	136	43	116	114	120	46
22:00	120	206	210	40	91	103	88	37	93	90	104	37	110	108	126	42	114	110	112	46
23:00	115	198	195	40	85	95	80	37	89	84	97	37	104	103	117	42	109	106	104	45
24:00	105	191	188	39	81	94	76	36	84	83	93	36	98	100	111	41	103	102	101	45
25:00	100	184	173	37	78	94	71	35	81	81	89	35	95	99	103	40	100	101	96	44
26:00	95	179	157	37	77	90	69	34	80	78	83	34	92	98	95	39	99	101	90	43
27:00	93	173	144	34	73	86	63	33	77	74	79	33	89	96	89	39	96	98	86	42
28:00	88	167	137	35	69	84	61	32	73	72	76	32	85	91	85	38	93	94	83	41
29:00	85	161	136	33	68	80	60	31	71	70	74	32	82	88	82	38	90	91	82	41
30:00	81	155	139	32	66	75	61	32	69	66	72	31	79	84	82	37	88	88	81	41



- 1 = PVC-Platten zerstört
- 2 = PVC-Platten durch thermische Einwirkung verformt
- 3 = Deckleiste verformt

Abb. 7: Zerstörung an einer PVC-Fassade ohne Wärmedämmung nach Versuch Nr. 1

Beobachtungen während des Versuches

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
0'	Zündung der Fichtenholzkrippe durch vier mit Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen.
1' 30"	Flammen beaufschlagen die Fassade an der Nordwand. Die PVC-Platten wölben sich in diesem Bereich auf.
2'	Flammenhöhe ca. 80 cm über der Oberkante der Prallvorrichtung.
2' 30"	Die PVC-Platten an der Nordwand sind bis ca. 0,3 m über der Oberkante der Prallvorrichtung auf einer Breite von ca. 0,5 m zerstört.
3' 20"	Schmelzendes PVC fällt auf den Brandraum-boden.
4' 45"	Die PVC-Platten an der Nordwand sind bis ca. 1,50 m über der Oberkante der Prallvorrichtung auf einer Breite von ca. 0,5 m zerstört. PVC fällt teilweise brennend auf den Brandraum-boden.
6' 45"	Die PVC-Platten an der Westwand sind auf einer Fläche von ca. 1 m ² in Höhe der Fichtenholzkrippe zerstört.
7' 30"	Die PVC-Platten an der Nordwand sind oberhalb der Holzkrippe bis zu einer Höhe von ca. 2,50 m zerstört.
10' 8"	Die PVC-Platten der Nordwand brennen oberhalb der Holzkrippe im Bereich der Halteprofile mit und fallen zu Boden. In ca. 2,50 m Höhe der Nordwand hängt das PVC fadenförmig herab. Zunehmende Rauchentwicklung.

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
16' 45"	Herabgefallenes PVC brennt am Boden vor der Nordwand weiter. Höhe der Flammen aus der Fichtenholzkrippe ca. 1,80 m über der Oberkante des Prallvorrichtung.
19' 37"	Die Fichtenholzkrippe fällt teilweise zusammen. Starke Rauchentwicklung.
23' 30"	Die Fichtenholzkrippe ist ca. zur Hälfte zusammengefallen. Höhe der Flammen ca. 0,3 m über der Oberkante der Fichtenholzkrippe. Am Boden liegendes Material brennt mit ca. 0,3 m hohen Flammen mit.
26' 24"	Die Krippe ist weitgehend zusammengefallen. Kein nennenswertes Brandgeschehen im Bereich der Fassade. Herabgefallene PVC-Teile der Fassade brennen vor der Nordwand mit einer Flammenhöhe von ca. 0,3 m mit.
30'	Die Werksfeuerwehr löscht ab. Versuchsende.

Beobachtungen nach dem Versuch von 30 Minuten Dauer

Ca. 0,3 m über der Oberkante der Prallvorrichtung ist das Aluminium der Befestigungsschienen geschmolzen. Im unmittelbaren Einwirkungsbereich der Flammen in ca. 2 m Höhe über den Brandraumboden haben sich die Aluminiumprofile stark verformt. Die Zerstörungen der Fassade sind in Abb. 7 sowie Abb. 16 und 17 dargestellt.

...



Abb. 8: Sicht auf die Versuchsanordnung (Westwand) vor dem Versuch

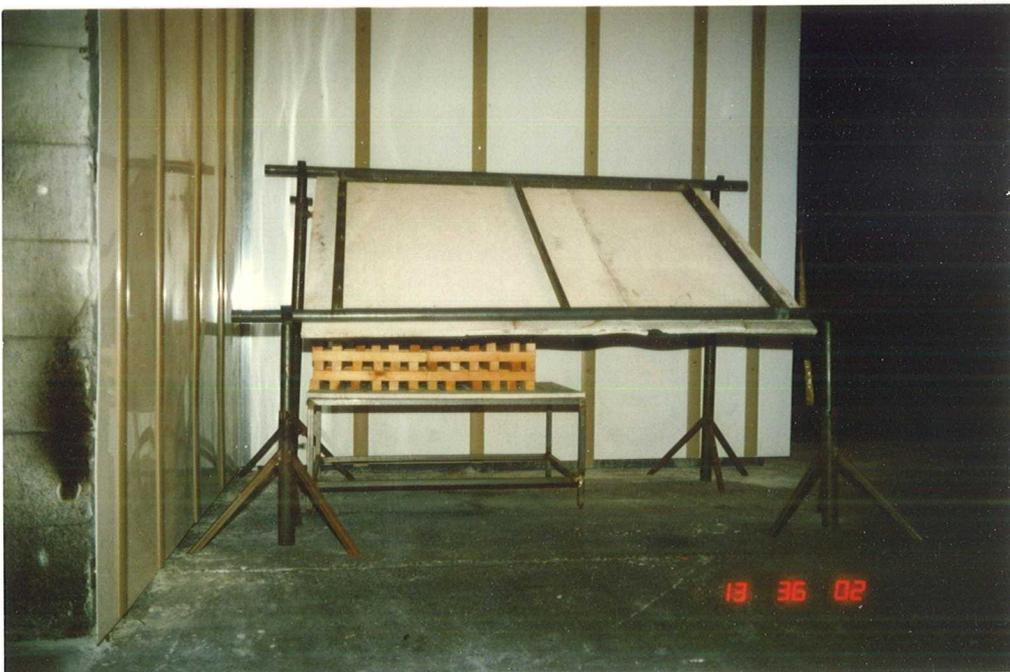


Abb. 9: Sicht auf die Versuchsanordnung (Nordwand) vor dem Versuch

Erläuterungen zu den Abb. 10 bis 17

- Abb. 10: Brandgeschehen in der 2. Minute nach Versuchsbeginn
- Sicht auf die Westwand -
- Abb. 11: Brandgeschehen in der 2. Minute nach Versuchsbeginn
- Sicht auf die Nordwand -
- Abb. 12: Brandgeschehen in der 5. Minute
- Abb. 13: Brandgeschehen in der 6. Minute
- Abb. 14: Brandgeschehen in der 8. Minute
- Abb. 15: Brandgeschehen in der 9. Minute
- Abb. 16: Sicht auf die Versuchsanordnung nach dem Versuch
- Abb. 17: Sicht auf die Brandraumecke nach dem Versuch

...



Abb. 10

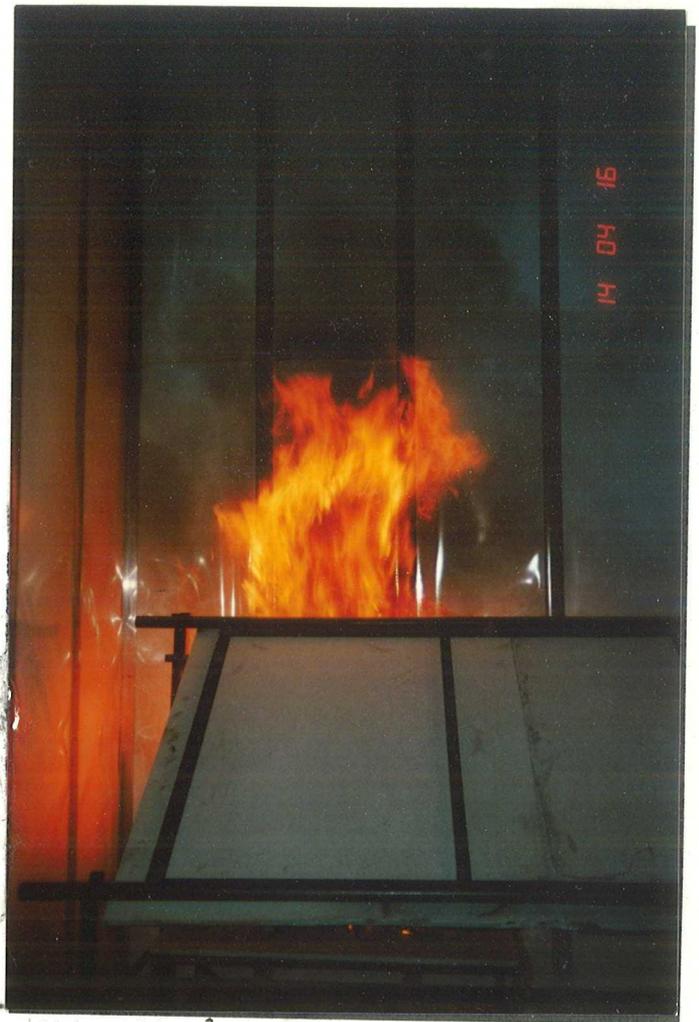


Abb. 11

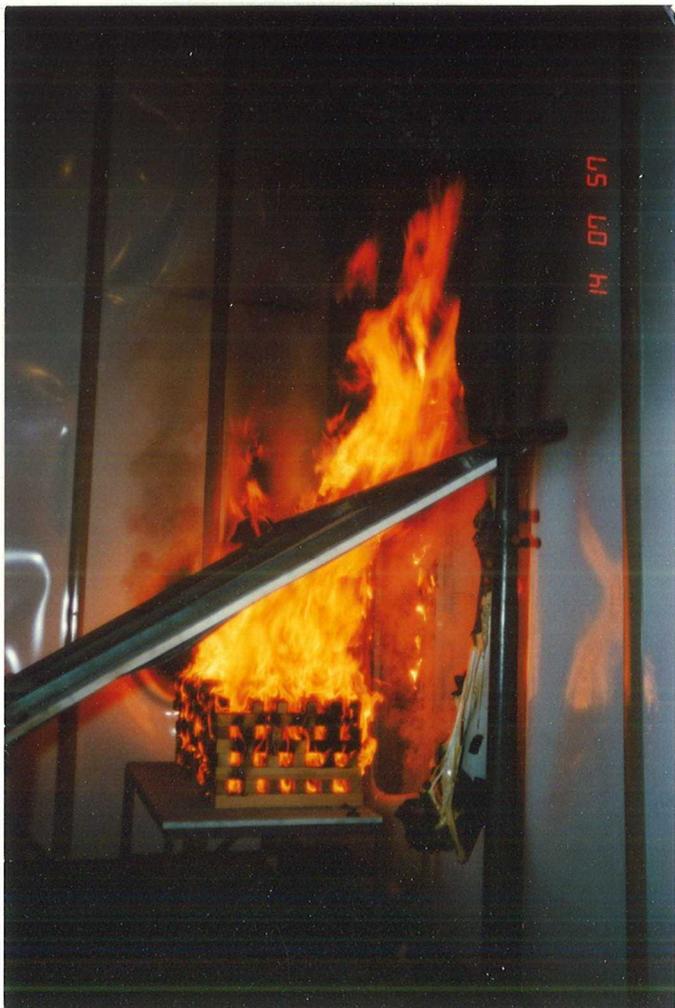


Abb. 12



Abb. 13



Abb. 14



Abb. 15



Abb. 16



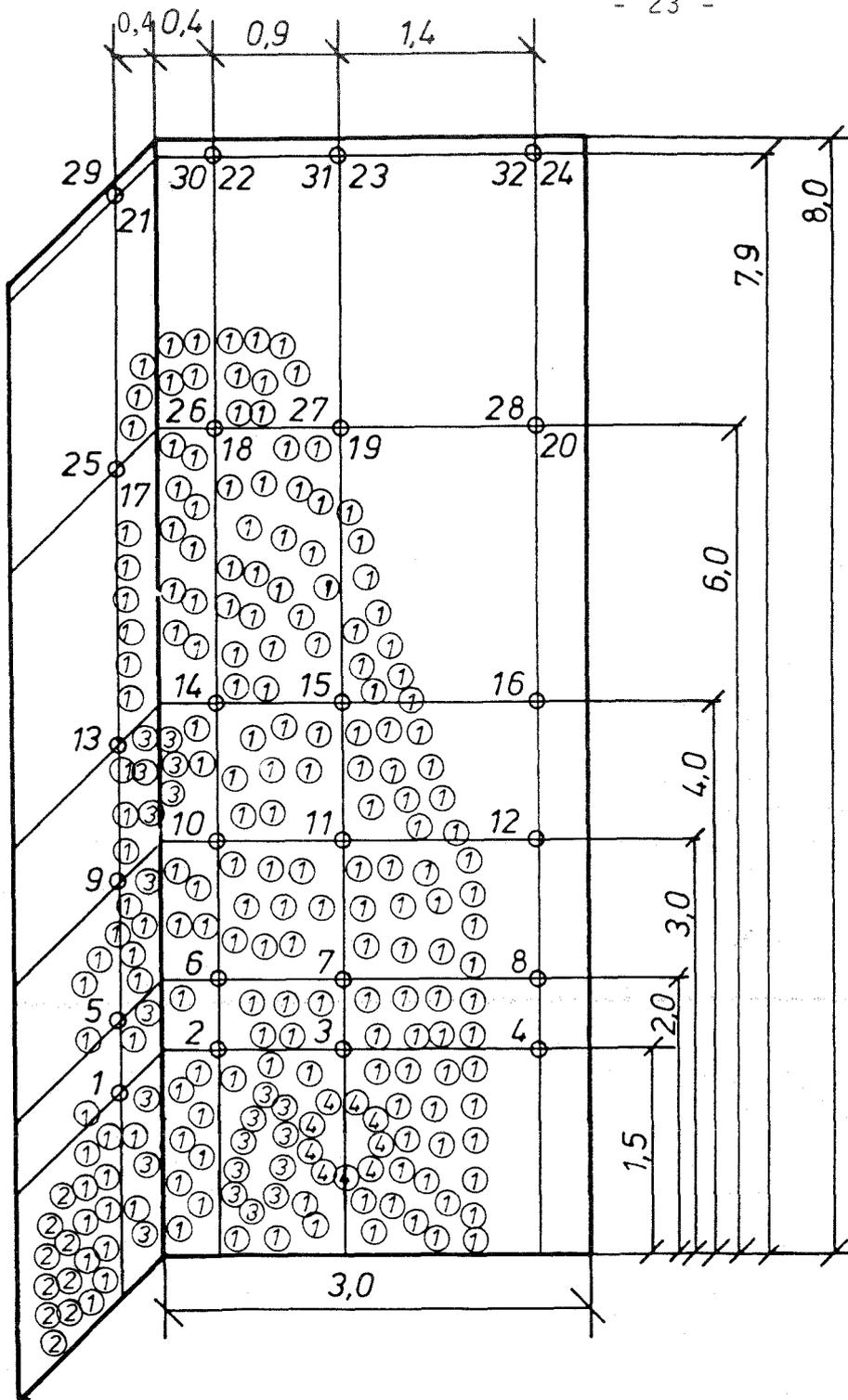
Abb. 17

3.2 Versuch an einer PVC-Fassade mit einer Wärmedämmung aus Mineral-
faserplatten am 12.10.1987

Zeit	Meßstellen											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
0:00	11	12	12	11	12	14	14	10	11	12	12	11
1:00	16	34	52	11	28	95	88	13	21	46	53	19
2:00	44	89	115	17	89	266	257	26	61	113	139	32
3:00	95	145	202	25	158	518	472	26	109	208	274	43
4:00	137	209	348	29	192	591	618	26	141	257	323	31
5:00	205	284	341	33	288	602	736	29	197	318	372	54
6:00	233	291	237	34	284	638	520	31	191	387	518	47
7:00	244	307	211	37	348	616	462	34	199	385	509	46
8:00	254	329	194	39	334	576	439	38	208	366	501	58
9:00	270	341	185	40	349	568	450	40	202	388	452	52
10:00	278	356	195	44	329	565	461	39	210	371	466	57
11:00	291	366	219	47	326	609	424	41	219	385	459	54
12:00	296	370	217	48	326	582	414	51	229	374	437	58
13:00	315	416	224	51	386	564	376	47	254	360	411	59
14:00	324	442	240	55	368	510	380	44	257	352	437	49
15:00	345	456	259	55	340	479	382	43	287	337	437	54
16:00	604	606	276	56	393	512	375	47	358	352	375	48
17:00	543	655	297	54	373	496	375	46	367	415	351	48
18:00	634	624	296	56	388	450	339	45	356	388	278	47
19:00	581	557	309	57	317	387	300	45	344	318	218	41
20:00	547	517	315	55	299	339	264	43	330	277	178	40
21:00	495	424	308	52	265	292	249	39	293	232	158	38
22:00	467	398	297	47	239	264	228	37	265	209	143	39
23:00	444	372	281	47	218	238	204	39	243	191	128	37
24:00	411	342	295	47	200	217	207	36	225	175	127	33
25:00	381	322	285	44	178	199	195	36	201	160	117	32
26:00	360	310	277	44	168	192	189	35	188	152	108	34
27:00	346	299	271	42	160	178	186	34	181	141	105	34
28:00	331	289	266	40	150	170	182	32	171	133	102	32
29:00	332	294	255	37	144	165	178	30	165	130	95	32
30:00	327	285	247	37	137	157	173	30	157	122	91	28

Versuch an einer PVC-Fassade mit einer Wärmedämmung aus Mineral-
 faserplatten am 12.10.1987

Zeit	Meßstellen																			
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
0:00	11	11	12	11	12	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	11	12	12
1:00	26	30	32	18	12	27	25	14	21	23	17	14	27	12	12	12	12	12	12	12
2:00	66	70	72	26	13	65	52	21	42	51	32	20	61	16	12	12	13	15	13	12
3:00	103	107	125	38	19	91	84	26	58	71	46	25	86	26	17	13	16	28	19	13
4:00	114	144	161	36	30	106	104	31	64	87	66	26	90	54	63	14	24	64	46	14
5:00	142	210	207	51	48	146	116	31	76	109	101	30	102	208	178	17	41	187	134	17
6:00	138	231	386	43	78	154	108	36	88	187	108	30	109	182	228	20	68	202	174	19
7:00	149	231	405	48	149	157	112	33	101	178	114	30	116	209	212	24	94	180	175	22
8:00	152	233	419	43	173	158	117	33	105	173	109	32	114	181	193	29	102	169	166	25
9:00	164	231	384	42	166	164	107	33	121	176	103	30	128	168	170	32	102	168	154	27
10:00	160	242	359	44	166	159	100	32	119	174	102	31	127	167	153	34	100	165	146	28
11:00	158	265	342	46	172	153	95	32	114	171	98	33	119	169	142	36	101	166	141	30
12:00	162	255	322	51	165	146	96	33	115	165	97	33	118	160	137	38	99	158	139	32
13:00	172	253	323	51	195	147	97	34	116	168	96	34	122	167	134	39	103	165	137	33
14:00	181	256	326	46	196	157	99	32	123	173	97	34	134	173	131	40	108	171	134	35
15:00	181	253	327	41	184	159	93	34	126	172	95	35	135	173	128	41	112	169	133	36
16:00	189	251	304	46	212	176	94	34	139	178	92	34	150	187	123	42	122	178	130	38
17:00	244	297	289	43	210	203	93	33	140	222	92	34	149	260	117	43	137	241	130	41
18:00	266	282	260	44	256	194	81	32	154	220	86	33	190	295	111	44	147	247	121	41
19:00	246	235	227	36	227	180	70	30	138	199	80	32	226	254	102	44	153	207	116	41
20:00	240	199	202	39	215	166	66	29	128	195	74	30	227	253	92	43	175	184	109	42
21:00	217	171	180	34	193	144	60	28	119	185	70	30	196	231	84	43	176	165	102	41
22:00	196	152	167	38	175	134	57	26	108	176	64	28	176	215	77	42	165	152	95	40
23:00	181	139	155	34	163	124	54	27	102	166	60	27	161	202	71	42	153	143	88	38
24:00	173	125	150	31	156	115	55	25	96	157	58	25	152	193	68	41	144	136	85	38
25:00	161	114	145	30	147	108	52	26	90	147	56	25	142	180	65	40	136	127	80	36
26:00	155	108	138	32	144	103	48	24	85	140	53	24	138	175	62	39	133	122	76	35
27:00	147	100	135	33	138	95	49	25	81	133	52	24	131	165	58	38	129	115	72	34
28:00	139	95	128	31	131	91	48	24	77	126	50	23	124	156	56	38	123	110	68	33
29:00	133	91	120	29	125	88	46	24	74	120	47	23	120	151	54	37	120	106	65	32
30:00	128	86	117	27	122	84	45	23	72	115	45	22	118	147	52	36	117	102	63	32



- 1 = PVC-Platten zerstört
- 2 = PVC-Platten durch thermische Einwirkung verformt
- 3 = Alu-Profil und Deckleiste verformt
- 4 = Deckleiste zerstört

Abb. 18: Zerstörungen an einer PVC-Fassade mit einer Wärmedämmung aus Mineralfaserplatten nach Versuch Nr. 2

Beobachtungen während des Versuchs

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
0'	Zündung durch vier mit Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen.
1'	Flammen beaufschlagen die Fassade im Bereich der Oberkante der Prallvorrichtung. Die PVC-Platten verformen sich in diesem Bereich.
1' 40"	Flammenhöhe ca. 1 m über der Oberkante der Prallvorrichtung. An den Stoßstellen in ca. 2,70 m Höhe der Nordwand verformen sich die PVC-Platten.
2' 20"	Im Einwirkungsbereich der Flammen schwärzen sich die PVC-Platten, reißen auf und brennen an der Oberfläche mit. Zunehmende Rauchentwicklung. Flammenhöhe ca. 1,50 m über der Oberkante der Prallvorrichtung.
3' 10"	Im Einwirkungsbereich der Flammen schmelzendes PVC fällt teilweise brennend auf den Brandraumboden. Dadurch wird die Wärmedämmung aus Mineralfaser auf einer Breite von ca. 0,6 m und einer Höhe von ca. 1,50 m über der Oberkante der Prallvorrichtung freigelegt.
4' 30"	Starke Rauchentwicklung. Schmelzendes PVC fällt auf die rechte Ecke der Holzkrippe und brennt dort mit.
5'	PVC-Platten der Westwand werden in Höhe der Holzkrippe weich, schmelzen und fallen auf den Brandraumboden. Dadurch wird die Wärmedämmung aus Mineralfaser auf einer Breite von ca. 0,6 m bis zu einer Höhe von ca. 0,7 m freigelegt.

...

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
5' 58"	Die Aluminium-Deckleisten an der Nordwand wölben sich in ca. 0,3 m Höhe über der Oberkante der Prallvorrichtung auf. PVC brennt im Bereich der Deckleisten mit. Das auf den Boden zwischen Holzkrippe und Fassaden den gefallene PVC brennt mit kleinen Flammen mit. Geringe Mengen von PVC fallen auf die Oberkante der Prallvorrichtung und brennen dort mit.
8' 10"	Die PVC-Platten sind im 1. und 2. Feld (von der Ecke aus gezählt) bis zu einer Höhe von ca. 2,60 m zerstört.
11' 45"	Die PVC-Platten verformen sich an den Stoßstellen in ca. 2,60 m Höhe der Westwand.
13' 20"	Das auf dem Boden vor der Nordwand liegende PVC brennt auf ca. 1 m Länge mit ca. 0,4 m hohen Flammen mit.
14'	Die Aluminiumdeckleisten der Nordwand sind oberhalb der Holzkrippe in 0,3 m Höhe über der Oberkante der Prallvorrichtung geschmolzen.
15'	Die PVC-Platten werden in ca. 2,80 m Höhe in der Ecke weich und tropfen fadenziehend ab.
15' 22"	In der Ecke brennt das PVC-Material in ca. 2,80 m Höhe mit. Starke Rauchentwicklung. Vereinzelt treten dort kleine, sehr helle Flammen auf, die möglicherweise auf ein Mitbrennen des Aluminiums hinweisen.

...

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
19' 10"	Krippe ist teilweise zusammengefallen. Aus dem Eckenbereich fallen Teile der Aluminium-Deckleiste und des Aluminium-Befestigungsprofils auf das am Boden vor der Nordwand liegende PVC.
22' 50"	PVC-Platten im Eckenbereich bis in ca. 6,50 m Höhe zerstört.
23' 23"	Krippe ist ca. zur Hälfte zusammengefallen.
25' 40"	Höhe der Flammen in der Ecke aus dem am Boden mitbrennenden Material ca. 1,80 m.
26' 40"	Geringes Brandgeschehen im Bereich der Krippe. Krippe ist zu ca. 2/3 zusammengefallen.
30'	Beginn des Ablöschens. Versuchsende.

Beobachtungen nach dem Versuch von 30 Minuten Dauer

Die PVC-Platten sind im Eckenbereich bis zu einer Höhe von ca. 6,50 m zerstört. An der Westwand haben sich die Halteprofile aus Alu in ca. 1,90 m Höhe stark verformt. Die Aluminium-Deckleiste ist in diesem Bereich und in Höhe der Zündquelle geschmolzen.

In der Ecke ist das Halteprofil und die Deckleiste bis zu einer Höhe von 2,70 m zerstört (s. Abb. 32).

Erläuterungen zu den Abb. 19 bis 33

- Abb. 19: Sicht auf die Versuchsanordnung - Westwand - vor dem Versuch
- Abb. 20: Sicht auf die Versuchsanordnung - Nordwand - vor dem Versuch
- Abb. 21: PVC-Fassade mit hinterlegten Mineralfaserplatten
- Abb. 22: Brandgeschehen nach 1' 30"
- Abb. 23: Brandgeschehen nach 2' 30"
- Abb. 24: Brandgeschehen nach 3' 30"
- Abb. 25: Brandgeschehen nach 5'
- Abb. 26: Brandgeschehen nach 9' 30"
- Abb. 27: Brandgeschehen nach 11'
- Abb. 28: Brandgeschehen nach 17'
- Abb. 29: Brandgeschehen nach 23'
- Abb. 30: Versuchsanordnung nach dem Versuch
- Abb. 31: Fassadenecke unter der Decke nach dem Versuch
- Abb. 32: Fassadenecke bis in ca. 5,4 m Höhe nach dem Versuch
- Abb. 33: Fassadenecke bis in ca. 1 m Höhe nach dem Versuch



Abb. 19

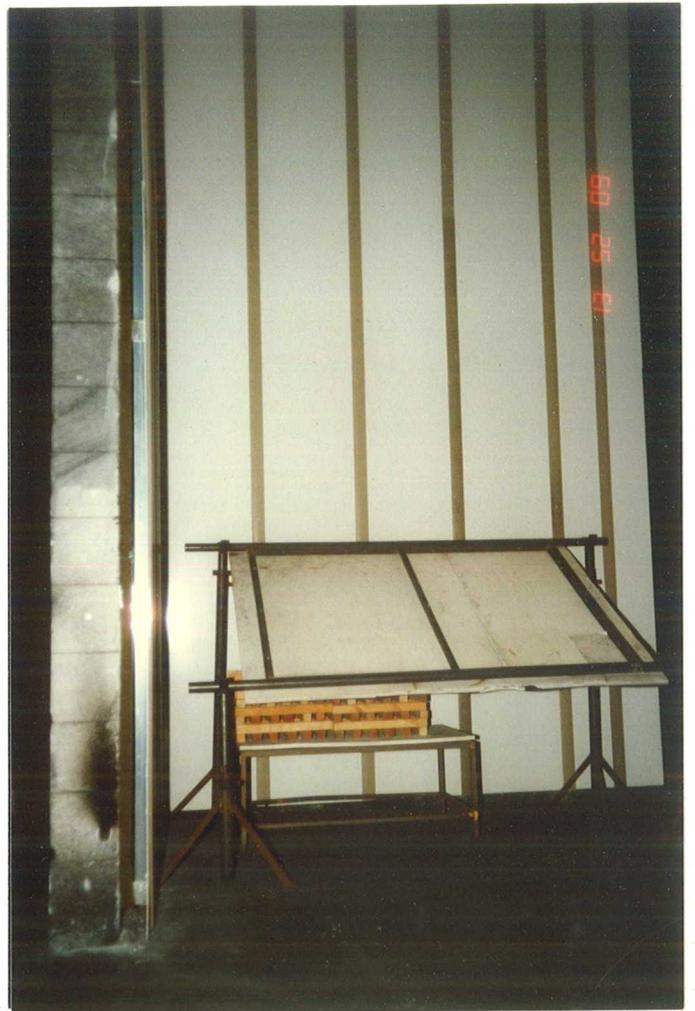


Abb. 20

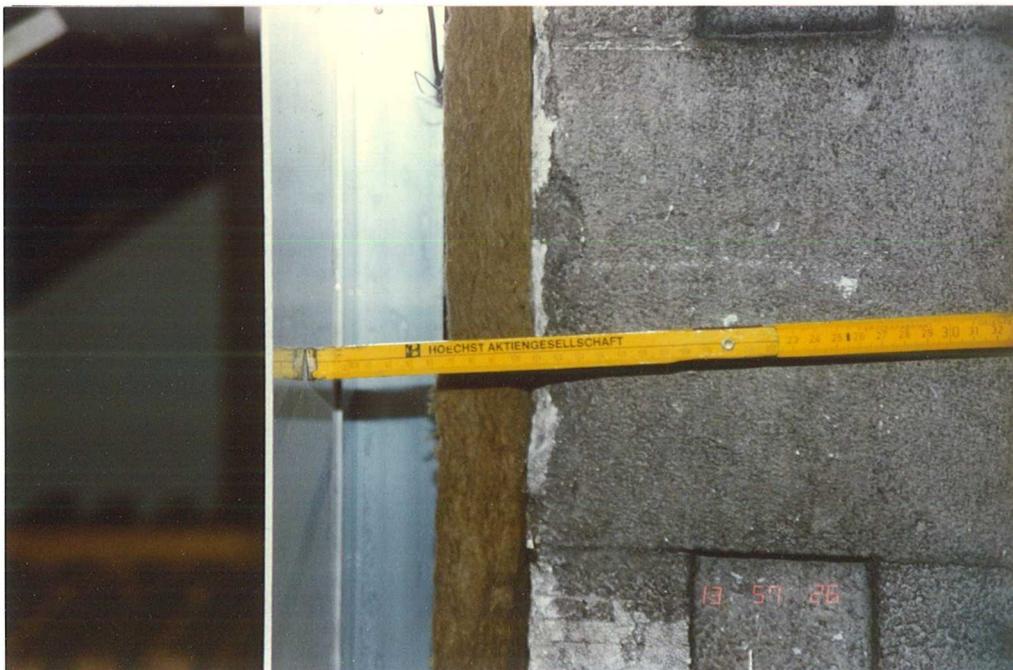


Abb. 21



Abb. 22

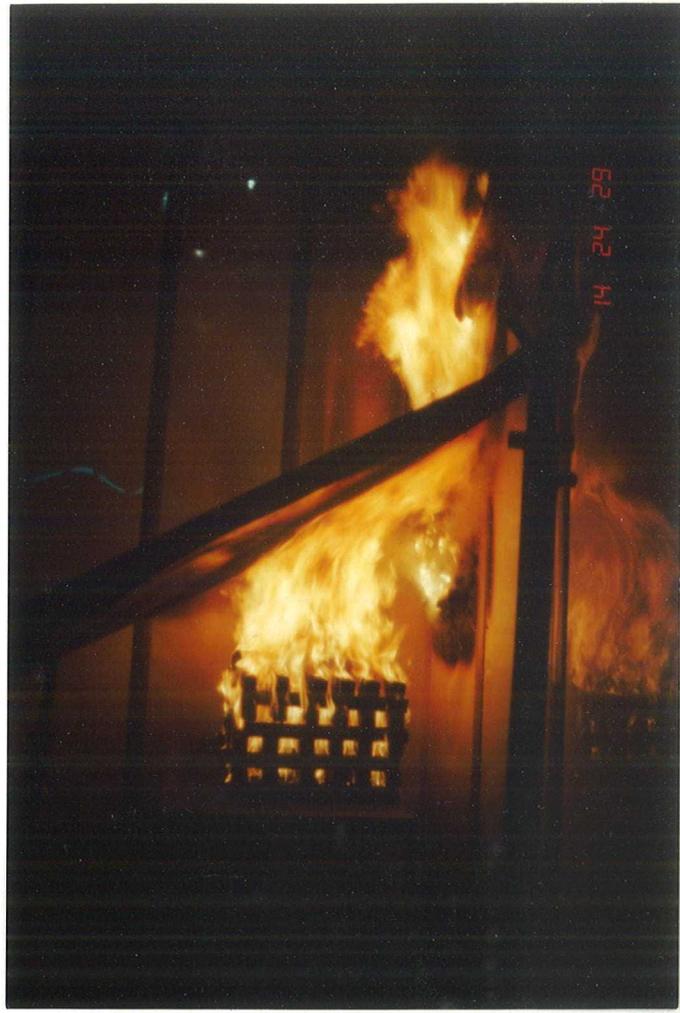
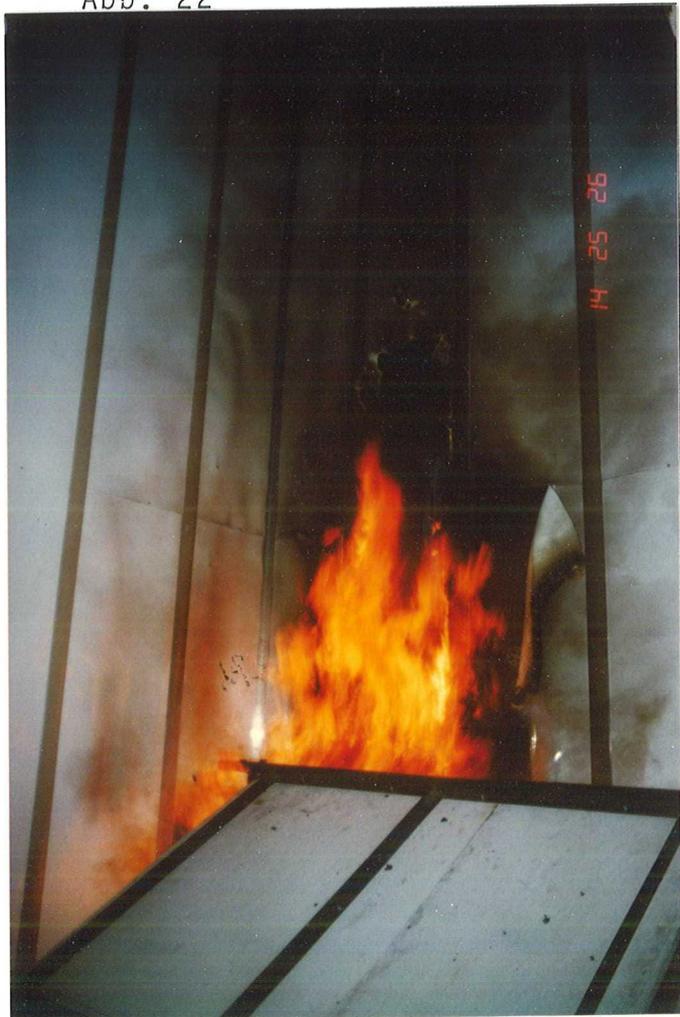


Abb. 23



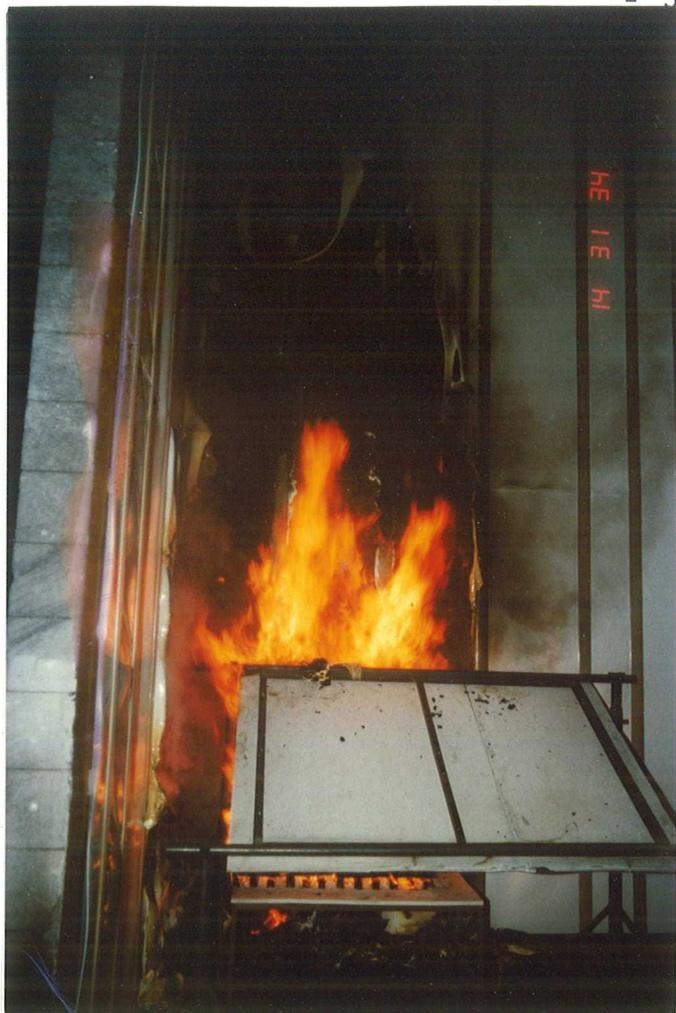


Abb. 26



Abb. 27



Abb. 28

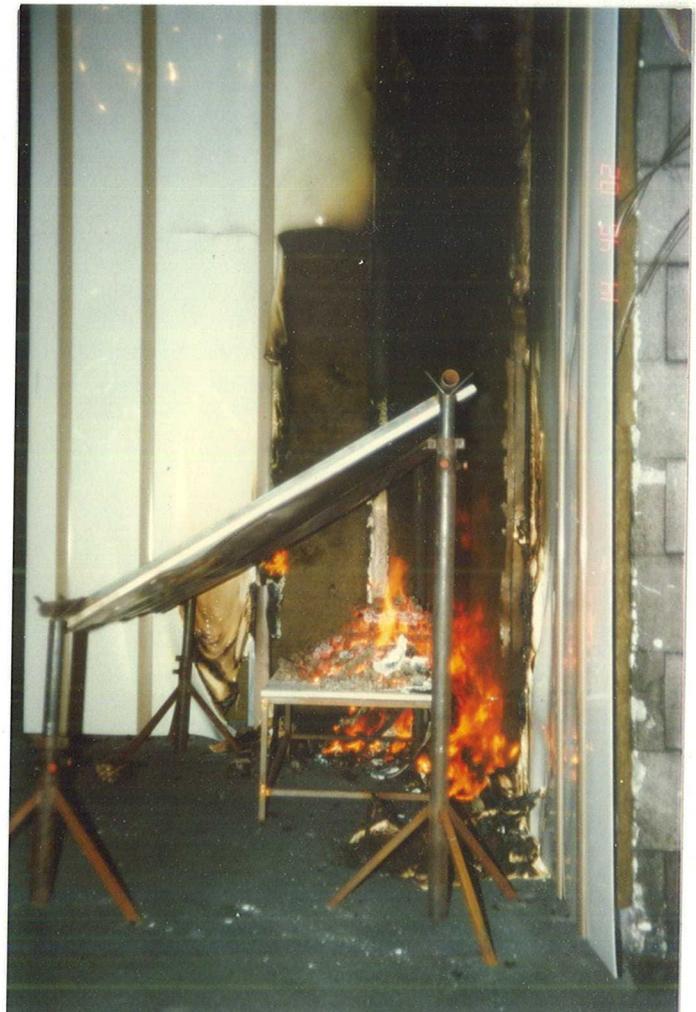


Abb. 29



Abb. 30

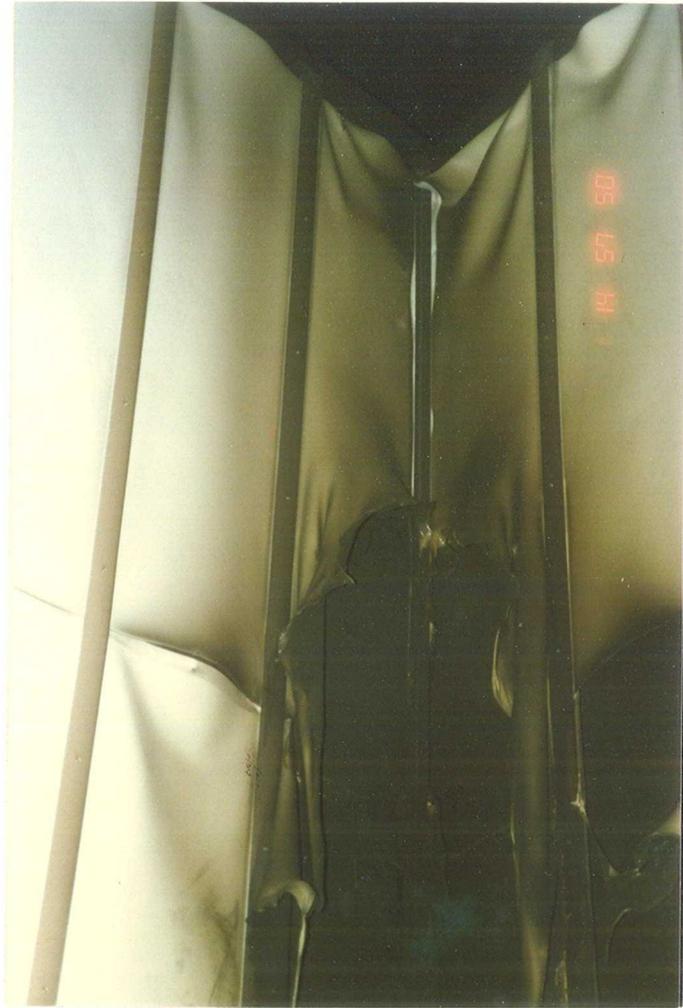


Abb. 31



Abb. 32

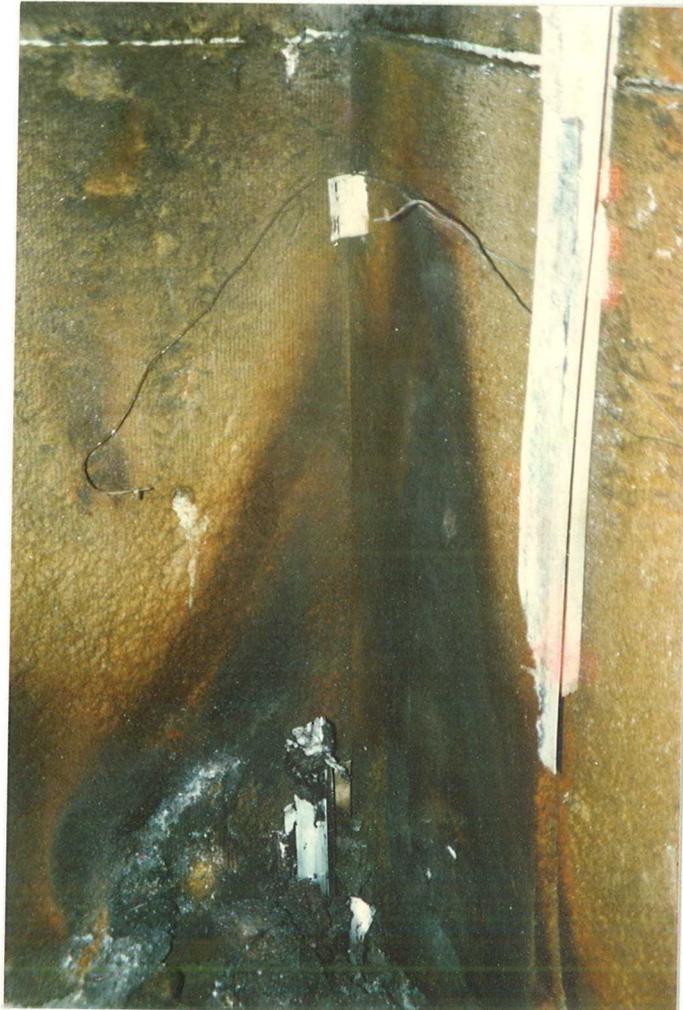


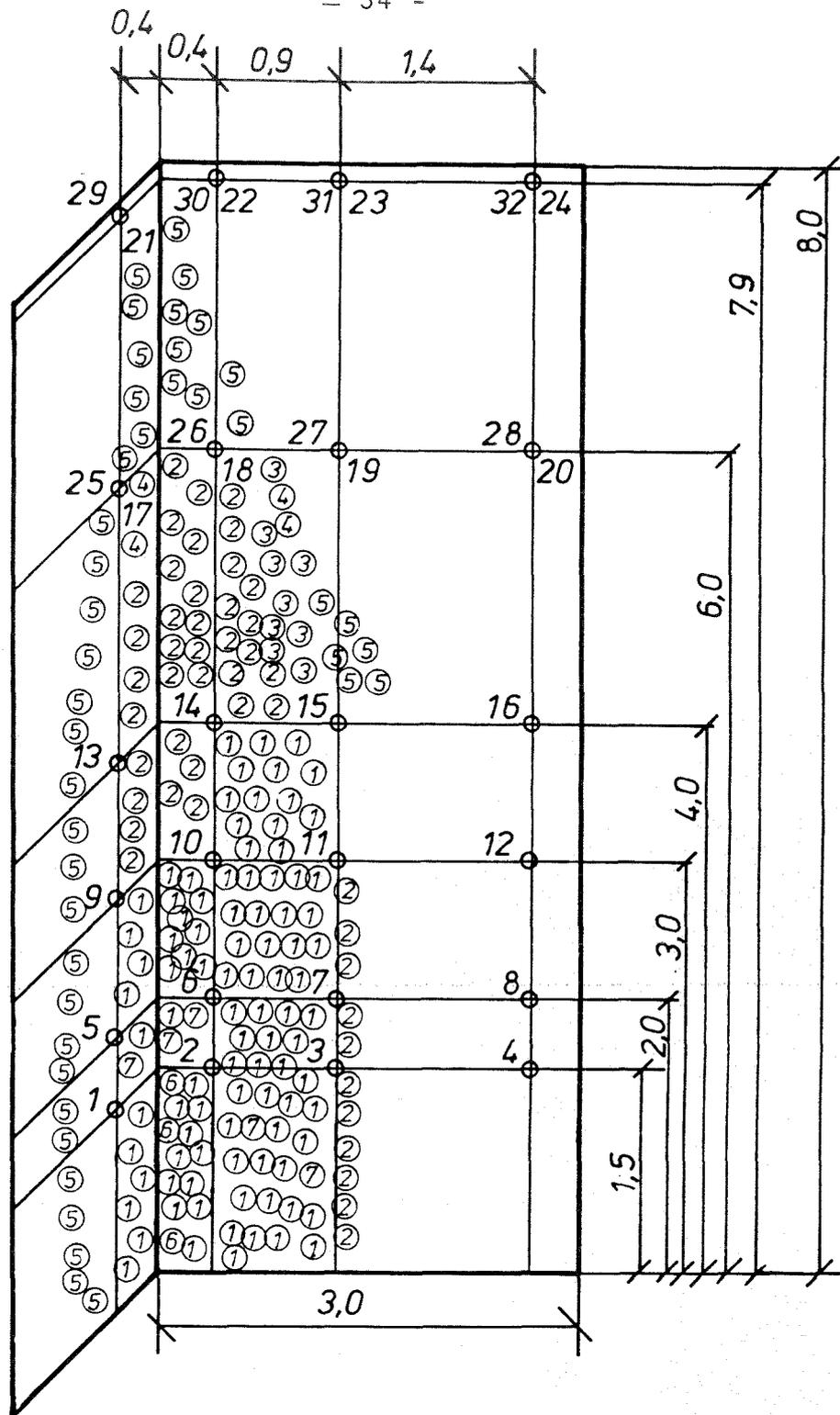
Abb. 33

3.3 Versuch Nr. 3 an einer PVC-Fassade mit einer 4 cm dicken Wärme-
dämmung aus PU-Hartschaumplatten am 15.10.1987

Zeit	Meßstellen											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
0:00	16	17	16	16	17	17	17	16	16	16	16	16
1:00	20	33	34	16	31	44	49	20	22	28	33	20
2:00	33	63	79	18	79	88	127	36	38	46	75	31
3:00	42	124	114	21	156	207	204	48	68	88	113	34
4:00	63	153	132	23	197	319	293	43	94	110	159	36
5:00	84	155	161	25	212	391	450	37	105	159	189	34
6:00	102	169	212	27	219	400	543	47	108	166	214	39
7:00	113	187	263	29	217	403	589	49	113	181	239	37
8:00	130	197	221	32	242	423	601	53	137	199	234	38
9:00	144	196	169	32	240	427	497	53	143	225	227	43
10:00	163	205	147	33	212	433	558	34	143	212	254	41
11:00	177	236	142	33	212	449	511	36	155	231	299	44
12:00	191	345	145	35	176	454	419	42	167	234	243	43
13:00	212	711	156	37	155	558	305	59	203	365	242	47
14:00	246	674	174	39	209	534	440	45	198	324	295	46
15:00	281	704	196	41	215	381	480	51	206	315	379	46
16:00	294	721	250	45	199	338	355	54	211	326	447	51
17:00	452	753	258	49	493	401	316	67	446	329	507	47
18:00	503	358	359	51	568	564	306	60	667	348	351	51
19:00	498	429	374	51	448	407	282	69	350	278	314	49
20:00	552	553	386	52	540	439	268	71	314	264	306	44
21:00	562	573	352	58	398	438	267	78	283	249	273	46
22:00	500	528	353	51	394	432	266	59	255	246	230	51
23:00	436	507	347	50	371	416	254	67	233	212	200	52
24:00	407	486	335	52	354	397	240	71	253	195	164	44
25:00	415	474	309	55	365	392	221	67	250	194	148	44
26:00	387	467	302	53	344	377	212	63	249	189	126	42
27:00	408	465	299	53	323	362	206	56	251	188	118	40
28:00	409	450	295	49	320	354	207	48	238	183	116	40
29:00	402	423	290	52	296	335	202	51	209	177	104	40
30:00	357	391	278	49	272	312	199	43	208	166	98	37
31:00	75	185	180	42	164	207	145	46	133	113	75	39

Versuch Nr. 3 an einer PVC-Fassade mit einer 4 cm dicken
 Wärmedämmung aus PU-Hartschaumplatten am 15.10.1987

Zeit	Meßstellen																	Meßstellen		
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
0:00	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
1:00	23	25	26	20	16	23	22	19	20	20	18	18	23	16	16	16	16	16	16	16
2:00	35	42	51	28	17	36	35	22	27	28	25	21	33	18	17	16	18	18	17	16
3:00	63	82	71	30	20	67	54	27	42	47	34	24	58	22	20	17	22	23	19	16
4:00	86	101	104	32	26	86	69	31	54	60	43	27	67	32	26	17	33	33	24	17
5:00	89	124	118	32	36	101	72	31	61	70	48	27	77	46	33	18	46	48	29	17
6:00	92	127	128	37	44	94	77	31	62	76	53	29	79	63	49	19	51	73	39	18
7:00	98	141	126	37	53	105	74	30	68	85	59	28	84	95	138	20	60	113	80	19
8:00	110	159	149	37	62	108	87	33	73	86	78	28	94	112	171	21	71	131	110	20
9:00	112	171	155	36	61	114	98	33	71	102	82	32	89	133	189	22	85	151	121	21
10:00	111	168	176	41	64	114	110	30	70	106	96	31	86	139	166	24	93	152	131	22
11:00	120	171	207	41	67	118	116	34	75	108	92	33	89	141	141	26	96	148	121	23
12:00	129	187	202	40	73	118	117	33	76	111	94	34	96	143	130	28	101	147	115	24
13:00	159	217	213	40	110	122	114	39	84	113	93	39	116	145	138	30	130	150	116	24
14:00	154	197	275	43	103	123	128	41	86	116	102	40	108	149	152	31	120	157	125	26
15:00	168	207	255	38	133	126	134	37	95	118	105	43	120	156	155	31	120	168	129	27
16:00	171	233	292	42	143	137	142	36	102	124	111	45	121	162	179	31	126	171	138	28
17:00	247	251	322	50	182	165	146	41	120	135	114	46	147	172	179	31	175	182	134	30
18:00	231	257	299	52	220	181	140	40	136	147	117	43	169	184	192	32	206	188	146	32
19:00	230	213	252	48	221	159	123	40	129	137	113	42	177	187	174	34	226	193	144	33
20:00	231	202	236	46	233	164	122	38	134	141	110	42	191	187	160	36	234	208	138	34
21:00	216	198	198	45	196	156	103	39	130	138	103	39	193	185	153	38	208	199	134	34
22:00	203	198	172	47	175	153	93	38	124	133	98	39	188	190	137	39	194	193	125	34
23:00	189	180	153	44	168	147	85	36	118	128	92	36	166	191	121	40	188	188	115	34
24:00	178	166	143	43	168	140	82	36	113	124	88	36	158	192	112	41	189	186	108	34
25:00	176	162	131	42	168	137	78	34	111	123	82	35	151	196	101	43	193	189	100	34
26:00	174	155	123	39	168	134	77	34	109	119	78	36	146	193	92	45	192	185	93	34
27:00	169	155	113	38	161	131	73	33	107	116	75	35	143	185	86	45	186	178	87	34
28:00	164	155	116	36	157	130	68	32	106	116	70	34	140	184	82	45	181	173	83	33
29:00	158	148	110	35	148	127	65	31	104	114	68	33	136	179	78	46	172	166	79	33
30:00	152	141	106	34	146	124	63	31	101	111	66	33	132	173	74	45	169	161	75	32
31:00	118	114	86	36	111	110	59	33	84	99	63	33	101	121	70	48	121	130	72	32



- 1 = PU- und PVC-Platten vollständig zerstört
- 2 = PU-Platten verkohlt, PVC-Platten vollständig zerstört
- 3 = PVC-Platten zerstört
- 4 = PU-Platten verformt und an der Oberfläche geschwärzt
- 5 = PVC-Platten verformt
- 6 = Alu - Profil und Deckleiste zerstört
- 7 = Deckleiste verformt

Abb. 34: Zerstörungen an einer PVC-Fassade mit einer Wärmedämmung aus PU-Hartschaumplatten nach Versuch Nr. 3

Beobachtungen während des Versuchs

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
0'	Zündung durch vier mit Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen.
0' 25"	Flammen erreichen die Oberkante der Fichtenholzkippe.
0' 43"	Die Flammen schlagen an die Oberkante der Prallvorrichtung.
2' 9"	Die Flammen schlagen auf die PVC-Fassadenplatten im Bereich der Oberkante der Prallvorrichtung. Die PVC-Platten wölben sich in diesem Bereich auf.
3' 25"	Flammenhöhe ca. 0,9 m über der Oberkante der Prallvorrichtung. PVC-Platten der Nordwand verfärben sich im Bereich der Oberkante der Prallvorrichtung. Aufgewirbelte Aschepartikel kleben auf den erwärmten PVC-Platten in diesem Bereich.
4' 24"	PVC-Platten reißen an der Nordwand auf.
5' 5"	Die PVC-Platte der Nordwand sinken ab 1 m Höhe auf den Boden. Die Flammen schlagen oberhalb der Prallvorrichtung unter die PVC-Platten. Starker Rauchaustritt am oberen offenen Ende der Fassade. Die PU-Hartschaumplatten brennen an der Nordwand in ca. 1,60 m Höhe mit. Ein Einschlagdübel schmilzt in diesem Bereich. Schmelzendes PVC der Nordwand fällt aus ca. 3 m Höhe auf den Brandraumboden.
7' 26"	Erste Verfärbungen des an der Westwand im Bereich der Holzkippe. Das PVC wird weich und reißt. Der freigelegte Kunststoffdübel brennt mit.

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
8' 4"	Im zweiten Feld der Nordwand (von der Ecke aus gezählt) sind die PVC-Platten bis in ca. 3,2 m Höhe zerstört. In ca. 4,8 m Höhe wird durch den heißen Strom der Brandgase das weich gewordene PVC von der Wand weggeblasen. Die Brandgase strömen an dieser Stelle in den Hinterlüftungsspalt.
11' 43"	Reste der an der Nordwand befestigten PVC-Platten brennen in 1,4 m bis 2 m Höhe mit.
13' 5"	Zunehmendes Brandgeschehen in der Ecke und an der Nordwand. Die PU-Hartschaumplatten brennen in diesem Bereich mit. Zunehmende Entwicklung von schwarzem Rauch.
14' 23"	Das am Boden liegende Material brennt mit ca. 0,2 m hohen Flammen mit. Brennende PVC-Platte der Nordwand fallen auf den Brandraumboden.
15' 30"	Im Eckenbereich brennt herabgefallenes mit ca. 0,4 m hohen Flammen mit.
15' 36"	Flammenspitzen in der Ecke bis 3,2 m Höhe. In 1,5 m Höhe treten Rauchgase in der Ecke und an der Nordwand aus. Die Flammenhöhe nimmt im Eckenbereich zu. Flammenspitzen bis in ca. 3 m Höhe in der Ecke und vor der Nord- und Westwand. Sehr starke Rauchentwicklung.
16'	Flammen schlagen im Eckenbereich hinter die PVC-Platten in ca. 3,30 m Höhe.
18' 20"	Flammenspitzen bis in ca. 4 m Höhe. Rauchaustritt am rechten Rand auf der gesamten Höhe der Fassade. Krippe teilweise zusammengefallen.

...

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
20' 44"	Abnehmendes Brandgeschehen. Höhe der Flammen in der Ecke ca. 2,30 m. Höhe der Flammen vor der Westwand ca. 2 m.
22' 40"	Das herabgefallene PVC-Material brennt mit ca. 1,2 m hohen Flammen mit.
22' 50"	Holzkrrippe ca. zur Hälfte zusammenge- fallen.
28'	Abnehmendes Brandgeschehen.
30'	Beginn des Ablöschens. Versuchsende.

Beobachtungen nach dem Versuch von 30 Minuten Dauer

Im unmittelbaren Einwirkungsbereich der Flammen in der Fassaden-
ecke sind die PVC-Platten sowie die PU-Hartschaumplatten bis in
ca. 2,7 m Höhe vollständig zerstört. An diesem Bereich grenzen
Gebiete an, in denen die Wärmedämmung aus PU-Hartschaum verkohlt
und die PVC-Platten zerstört sind. Die Art und die Ausdehnung der
verschiedenen Zerstörungen sind den Abbildungen 34 und 46 bis 49 zu
entnehmen.

Aus dem sich bietenden Schadensbild ergibt sich, daß das Brandge-
schehen in ca. 6 m Höhe zum Stillstand gekommen ist.

...

Erläuterungen zu den Abb. 34 bis 48

- Abb 35: Sicht auf die Versuchsanordnung - Westwand - vor dem Versuch 3
- Abb. 36: Sicht auf die Versuchsanordnung - Nordwand - vor dem Versuch 3
- Abb. 37: PVC-Fassade mit hinterlegten PU-Hartschaumplatten
- Abb 38: Brandgeschehen nach 2'
- Abb. 39: Brandgeschehen nach 4'
- Abb. 40: Brandgeschehen nach 6'
- Abb. 41: Brandgeschehen nach 7'
- Abb. 42: Brandgeschehen nach 8'
- Abb. 43: Brandgeschehen nach 11'
- Abb. 44: Brandgeschehen nach 12'
- Abb. 45: Brandgeschehen nach 16'
- Abb. 46: Fassadenecke bis in ca. 3 m Höhe nach dem Versuch Nr. 3
- Abb. 47: Fassadenecke von 3 m bis 6,5 m Höhe nach dem Versuch Nr. 3
- Abb. 48: Fassadenecke von 1,6 m bis 6,5 m Höhe nach dem Versuch Nr. 3
- Abb. 49: Fassadenecke bis in ca. 1,6 m Höhe nach dem Versuch Nr. 3



Abb. 35

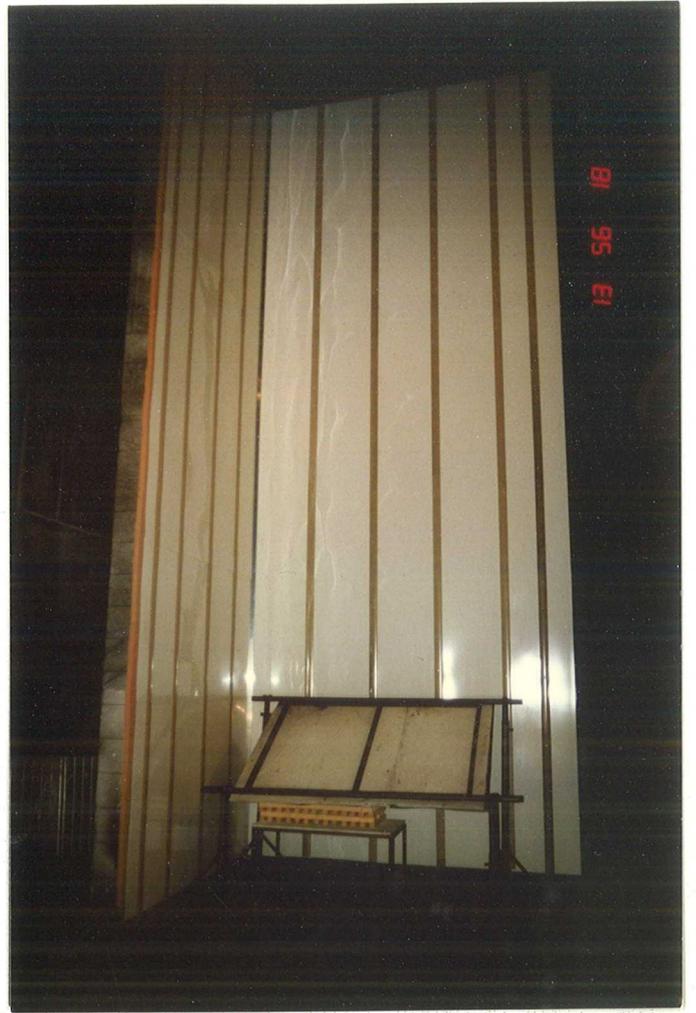


Abb. 36



Abb. 37

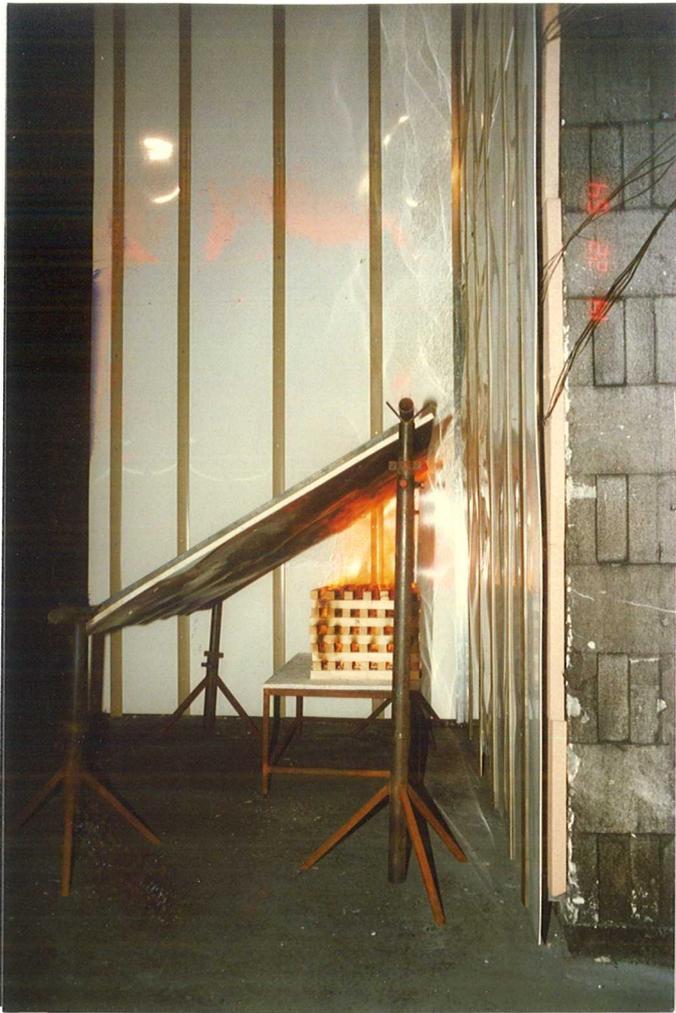


Abb. 38



Abb. 39

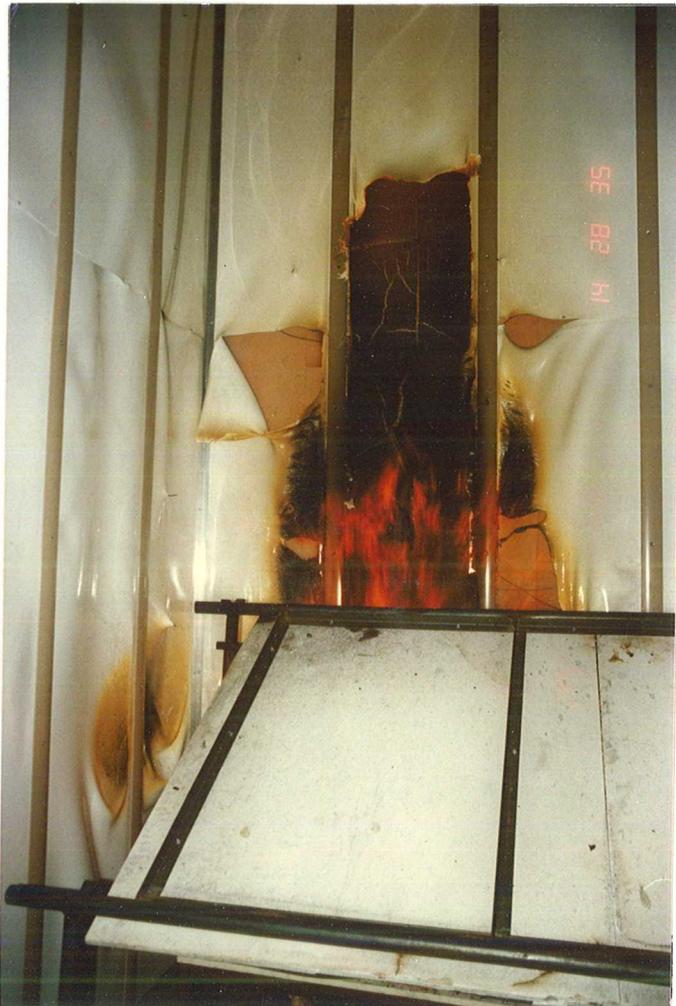


Abb. 40



Abb. 41



Abb. 42



Abb. 43

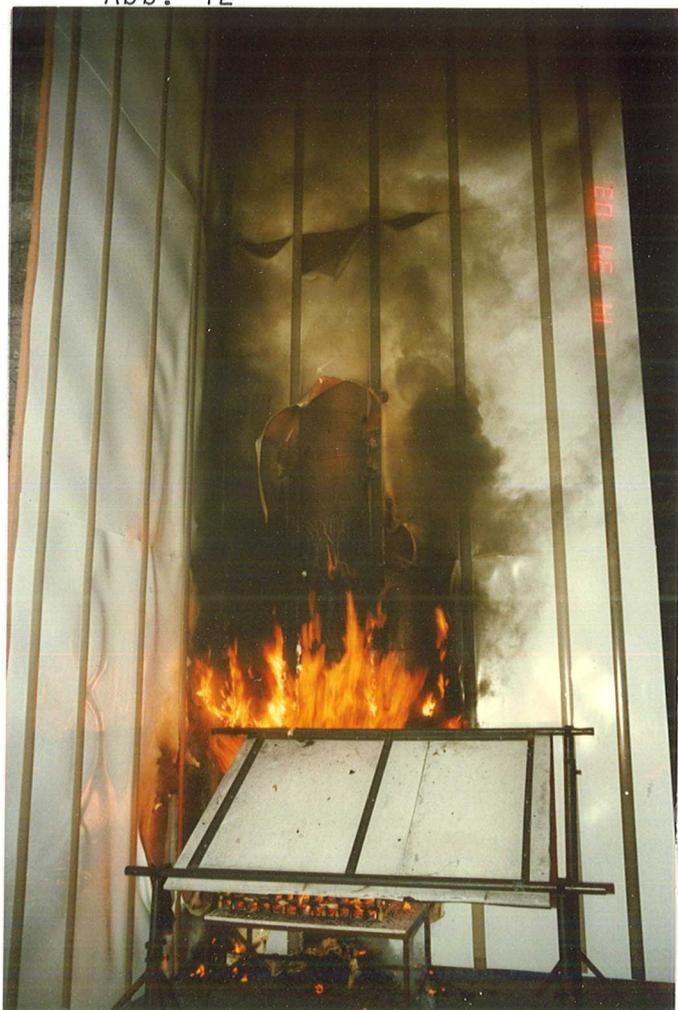


Abb. 44



Abb. 45



Abb. 46



Abb. 47



Abb. 48



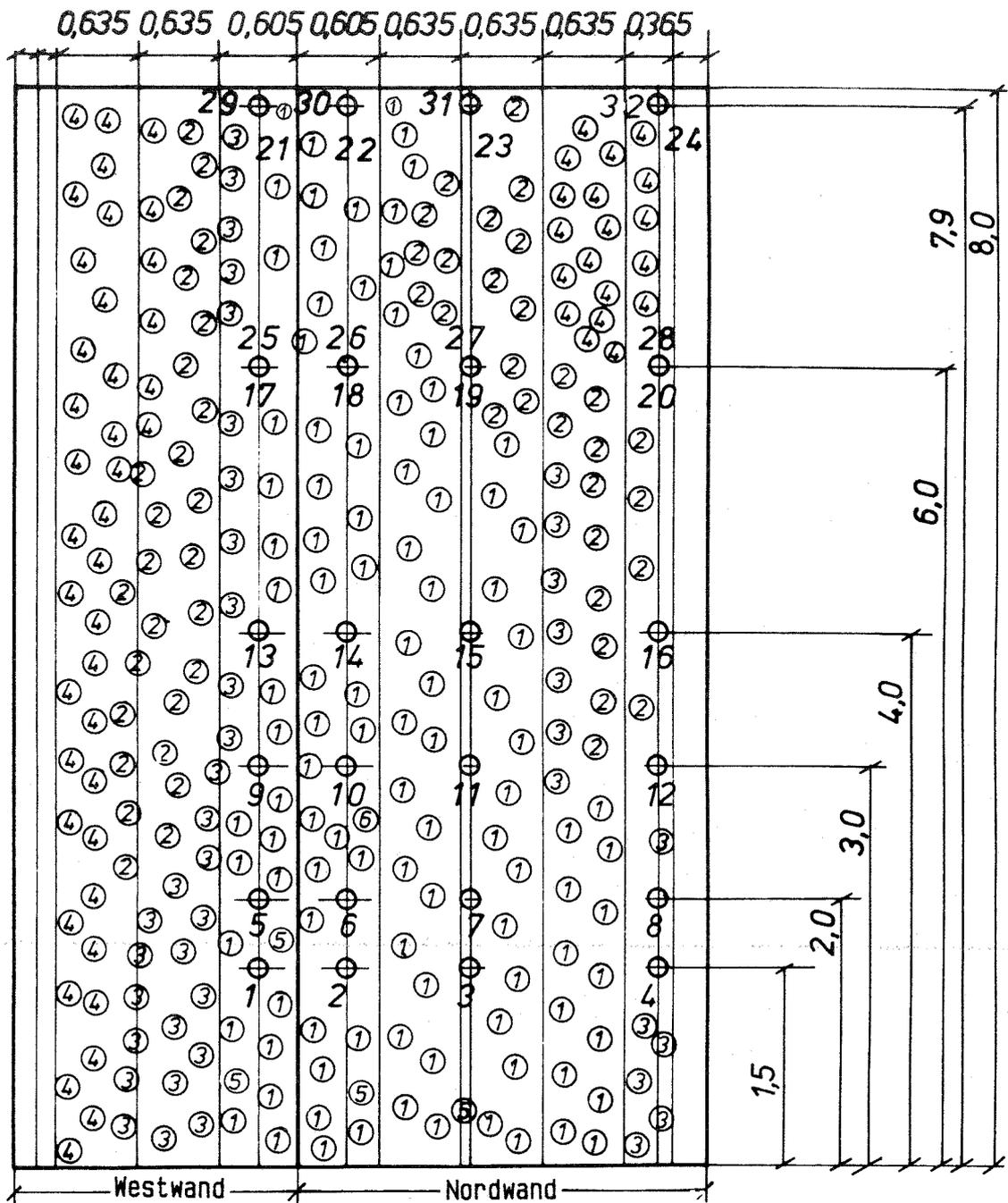
Abb. 49

3.4 Versuch Nr. 4 an einer PVC-Fassade mit einer 4 cm dicken Wärme-
dämmung aus PS-Hartschaumplatten (verklebt und verdübelt) am
02.11.1987

Zeit	Meßstellen											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
0:00	13	15	14	13	14	15	15	13	14	14	14	14
1:00	18	54	34	13	34	43	44	17	22	22	27	16
2:00	35	144	86	15	96	103	127	22	46	40	73	21
3:00	47	219	129	22	149	208	234	34	72	80	122	25
4:00	67	347	195	23	176	358	374	31	94	112	171	25
5:00	88	203	194	25	192	320	454	34	96	160	164	28
6:00	105	189	241	27	192	324	521	39	102	182	202	27
7:00	121	181	254	30	192	361	552	46	105	184	189	27
8:00	138	200	288	33	202	420	543	51	123	191	216	30
9:00	147	199	344	39	188	470	538	56	135	192	210	32
10:00	143	196	350	35	200	424	480	49	141	211	201	34
11:00	138	193	352	35	205	379	546	47	140	206	213	32
12:00	141	205	363	38	207	380	582	52	146	209	229	32
13:00	148	220	387	43	200	354	688	53	147	212	350	33
14:00	174	246	415	38	248	486	772	44	175	223	514	36
15:00	243	300	471	41	327	581	806	47	215	345	462	37
16:00	292	375	494	48	346	668	808	60	223	342	436	40
17:00	786	578	463	53	415	745	532	75	251	351	374	45
18:00	517	573	467	78	603	520	424	87	292	315	268	53
19:00	419	481	432	91	652	514	344	97	273	277	272	80
20:00	465	492	399	113	741	604	322	104	258	264	235	95
21:00	346	575	368	239	661	548	301	141	287	270	201	105
22:00	398	561	351	282	828	584	298	214	441	291	189	147
23:00	402	569	319	221	827	547	277	177	391	247	162	130
24:00	387	545	295	221	774	521	258	199	309	226	149	123
25:00	67	67	73	146	373	119	118	132	177	131	106	104
26:00	37	39	53	91	57	42	68	91	93	73	73	83
27:00	26	37	57	71	36	44	59	70	65	56	60	70

Versuch Nr. 4 an einer PVC-Fassade mit einer 4 cm dicken Wärme-
dämmung aus PS-Hartschaumplatten (verklebt und gedübelt) am
02.11.1987

Zeit	Meßstellen																	Meßstellen		
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
0:00	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	14	14	13	14	13	13	13	13
1:00	23	24	22	16	14	23	18	15	19	19	15	14	22	14	14	13	13	14	13	14
2:00	41	47	51	20	15	42	36	18	32	34	23	18	37	15	15	14	13	14	14	15
3:00	68	80	78	23	18	71	50	23	51	56	33	22	61	23	21	14	14	20	19	19
4:00	89	106	107	24	24	93	64	26	64	73	41	24	75	36	30	14	16	31	25	22
5:00	82	133	107	27	31	89	67	27	55	73	52	25	68	184	60	16	18	125	63	23
6:00	84	151	140	27	36	97	82	28	56	81	75	27	67	199	112	17	20	155	108	26
7:00	89	154	135	29	42	103	85	30	64	88	91	28	73	166	152	19	22	141	136	26
8:00	96	169	154	29	49	112	102	32	70	95	113	30	81	166	165	21	25	202	171	28
9:00	106	187	141	32	60	120	98	34	72	106	117	33	84	263	178	22	28	243	165	32
10:00	110	164	138	30	73	130	98	31	78	111	126	32	89	189	171	24	31	184	158	33
11:00	110	154	145	28	84	127	98	32	80	108	133	33	91	174	181	25	33	165	168	37
12:00	115	153	151	29	89	128	101	34	84	111	142	35	94	158	212	26	35	157	175	43
13:00	121	142	216	30	95	123	114	36	88	109	178	40	96	163	346	32	37	151	227	65
14:00	137	160	286	38	106	135	177	41	95	117	237	47	110	177	322	47	41	165	240	80
15:00	171	259	226	40	120	180	169	42	120	147	197	52	139	287	227	71	47	232	199	106
16:00	174	261	201	40	139	185	155	47	126	153	177	59	146	258	197	86	52	224	179	112
17:00	219	254	183	41	193	197	148	53	144	163	167	64	175	242	183	92	62	216	172	108
18:00	197	231	165	48	202	203	134	58	140	158	158	68	153	244	166	97	81	222	161	100
19:00	201	203	173	68	168	177	137	75	123	157	157	78	130	224	167	192	102	208	160	143
20:00	195	197	154	87	160	183	128	83	132	172	148	83	138	199	154	162	180	189	151	123
21:00	208	201	136	101	185	181	121	90	148	181	139	84	166	200	140	180	209	186	142	118
22:00	329	236	135	135	264	169	118	97	169	187	141	88	211	225	136	156	294	199	143	111
23:00	285	206	120	120	224	171	111	92	177	176	134	85	211	204	126	127	233	184	136	102
24:00	242	184	115	107	206	169	110	87	178	152	127	83	195	185	120	119	202	168	130	98
25:00	150	118	84	92	165	154	87	81	169	110	110	80	146	128	98	104	125	129	111	91
26:00	83	70	58	77	120	134	70	71	145	83	93	74	107	85	78	87	82	98	92	81
27:00	59	53	47	68	94	118	63	63	126	69	82	69	87	69	67	76	66	82	81	74



- 1 = PS- und PVC-Platten zerstört
- 2 = PVC-Platten durch thermische Einwirkung verformt
- 3 = PVC-Platten verbrannt und zerstört
- 4 = PS geschmolzen und gesintert, PVC-Platten durch thermische Einwirkung verformt
- 5 = Alu-Profil und Deckleiste zerstört
- 6 = Deckleiste verformt

Abb. 50: Zerstörungen an einer PVC-Fassade mit einer Wärmedämmung aus PS-Hartschaumplatten nach Versuch Nr. 4

Beobachtungen während des Versuches

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
0'	Zündung durch vier mit Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen.
9' 20"	Flammen erreichen die Oberkante der Fichtenholzkrippe.
1' 34"	Flammen erreichen die Fassade im Bereich der Oberkante der Prallvorrichtung. Die PVC Platten verformen sich in diesem Bereich.
2' 26"	Flammenhöhe ca. 0,3 m über der Oberkante der Prallvorrichtung.
3'	Flammenhöhe ca. 1 m über der Oberkante der Prallvorrichtung.
3' 21"	Im Einwirkungsbereich der Flammen an der Nordwand entstehen Blasen in der Oberfläche der PVC-Platten. Die PVC-Platten brennen in diesem Bereich zeitweise mit, werden weich und sinken nach unten.
4' 3"	Die in diesem Bereich freigelegten Polystyrol-Hartschaumplatten werden weich, schmelzen und tropfen ab. Schmelzendes PVC im zweiten Feld der Nordwand (von der Ecke aus gezählt) fällt auf den Brandraumboden.
4' 44"	Rauch tritt an der Oberkante der Fassade aus. Flammen schlagen in ca. 2,70 m Höhe hinter die PVC-Platten der Nordwand. Das zweite Feld der Nordwand (von der Ecke aus gezählt) ist in bis ca. 2,70 m Höhe zerstört.
5' 44"	Erste Verfärbungen der PVC-Platten an der Westwand im Bereich der Holzkrippe. Die PVC-Platten werden weich und reißen. In ca. 3 m Höhe des ersten und zweiten Feldes der Nordwand löst sich erweichtes PVC und fällt zu Boden.

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
6' 20"	Im dritten Feld der Westwand werden in Höhe der Zündkrippe die PVC- und die Polystyrol-Platten weich und fallen zu Boden. Im zweiten Feld der Nordwand brennt PVC im Einwirkungsbereich der Flammen mit.
7' 20"	Zunehmende Rauchentwicklung. Flammenspitzen bis in 4 m Höhe. Flammen schlagen in ca. 3 m Höhe hinter die PVC-Platten an der Nordwand. Das am Boden liegende Material brennt teilweise mit.
8' 14"	Im Bereich der Nordwand tropft und fließt erweichtes Polystyrol in 2 bis 5 m Höhe von der Wand herab.
8' 37"	Flammen schlagen bis in ca. 5 m Höhe hinter die Fassade der Westwand. Die PS-Hartschaumplatten brennen kurzzeitig mit.
8' 54"	Nach Abbrand des geschmolzenen Polystyrol in 6 bis 7 m Höhe der Nordwand nimmt das Brandgeschehen in dieser Höhe ab.
10' 30"	Reste der PVC-Platten brennen in ca. 2 m Höhe im zweiten und dritten Feld der Nordwand mit.
11' 26"	Starke Rauchentwicklung.
11' 53"	Das Brandgeschehen breitet sich an der Nordwand nach der Seite hin aus.
14'	Zunehmendes Brandgeschehen. Flammenspitzen bis zu einer Höhe von ca. 7 m. PVC-Reste brennen bis in einer Höhe von 5 m im Bereich der Halteprofile an der Nordwand mit. Starke Rauchentwicklung. Die Rauchschiehtuntergrenze liegt ca. 1 m Höhe über den Brandraumboden.

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtungen
15' 52"	Das am Boden liegende Material brennt mit ca. 0,8 m hohen Flammen mit. Das Brandgeschehen breitet sich an der Westwand im ersten und zweiten Feld (von der Ecke aus gemessen) aus. Dort schmelzen Polystyrol-Platten bis in ca. 2,70 m Höhe.
18' 4"	Flammenhöhe im Eckenbereich ca. 2,80 m.
18' 38"	Im Eckenbereich brennen die Materialreste an den Halteleisten mit. Das Brandgeschehen breitet sich an der Nordwand nach der Seite hin weiter aus. Starke Rauchentwicklung. Flammenhöhe an der Nordwand ca. 3 m.
19' 48"	Die Krippe fällt teilweise zusammen.
20' 17"	Das am Boden liegende Material (PVC, geschmolzenes Polystyrol und Aluminium) brennt auf seiner gesamten Länge mit ca. 0,8 m hohen Flammen mit.
21' 18"	Zunehmendes Brandgeschehen am Rand der Nordwand und im zweiten Feld der Westwand, wo flüssiges Polystyrol kurzzeitig mitbrennt. Flammenhöhe ca. 2,50 m.
23' 23"	Wegen der starken Rauchentwicklung wurden das auf dem Boden liegende Fassadenmaterial sowie die Krippenreste von der Werksfeuerwehr abgelöscht.
26' 34"	Brand gelöscht. Versuchsende.

...

Beobachtungen nach dem Versuch von 26 Minuten Dauer

Die PVC-Platten und die Polystyrol-Hartschaumplatten sind bis unter die Decke im ersten und zweiten Feld der Nord- und Westwand zerstört. Die Alu-Profile sind im Eckenbereich bis zu einer Höhe von max. 1,7 m zerstört. Die Alu-Profile an der Westwand sind bis in 1 m Höhe zerstört. Im Bereich der Nordwand sind die Alu-Profile im ersten Feld bis zu einer Höhe von 1,60 m, im zweiten Feld bis in ca. 0,4 m Höhe zerstört.

In den am Boden liegenden Resten befindet sich geschmolzenes Aluminium. In 3 bis 7 m Höhe der Nordwand sind glasartige Rückstände geschmolzenen Polystyrols.

Die Art und die Ausdehnung der verschiedenen Zerstörungen sind der Abbildung 50 sowie den nachfolgenden Abb. 52 bis 65 zu entnehmen.

Erläuterungen zu den Abb. 51 bis 65

- Abb. 51: Sicht auf die Versuchsanordnung - Westwand - vor dem Versuch 4
- Abb. 52: Sicht auf die Versuchsanordnung - Nordwand - vor dem Versuch 4
- Abb. 53: PVC-Fassade mit hinterlegten PS-Hartschaumplatten
- Abb. 54: Brandgeschehen nach 1'
- Abb. 55: Brandgeschehen nach 9'
- Abb. 56: Brandgeschehen nach 9,5'
- Abb. 57: Brandgeschehen nach 12'
- Abb. 58: Brandgeschehen nach 12,5'
- Abb. 59: Brandgeschehen nach 13'
- Abb. 60: Brandgeschehen nach 13,5'
- Abb. 61: Brandgeschehen nach 14,5'
- Abb. 62: Fassadenecke von 1,3 m bis in 8 m Höhe nach dem Versuch 4
- Abb. 63: Fassadenecke von 1,6 m bis in ca. 6,5 m Höhe nach dem Versuch 4
- Abb. 64: Fassadenecke bis in ca. 4,8 m Höhe
- Abb. 65: Fassadenecke bis in ca. 1,3 m Höhe

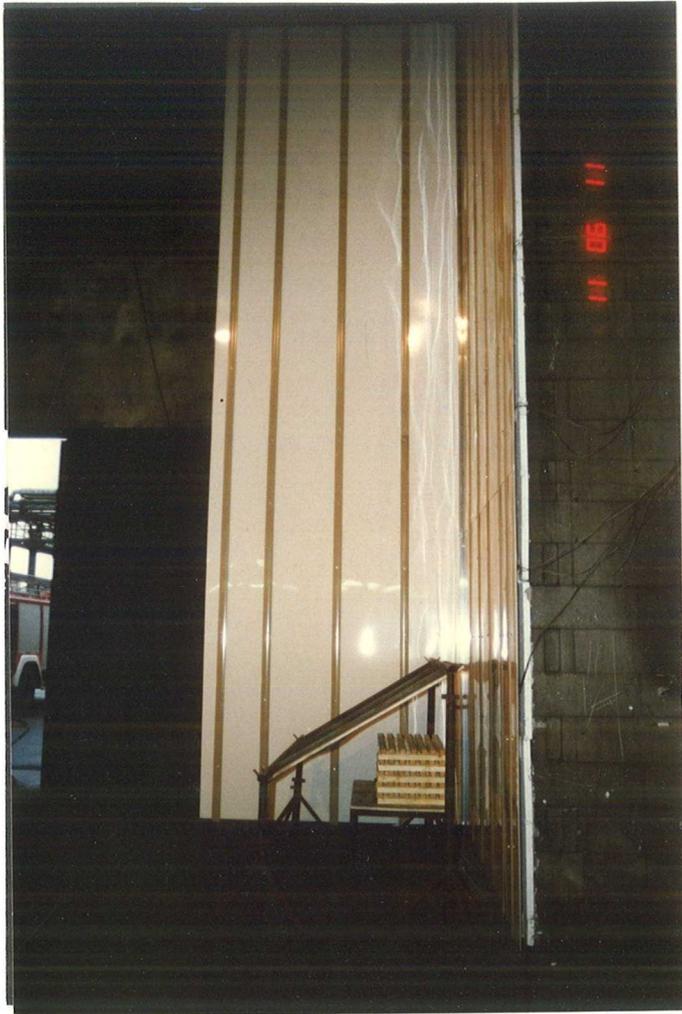


Abb. 51

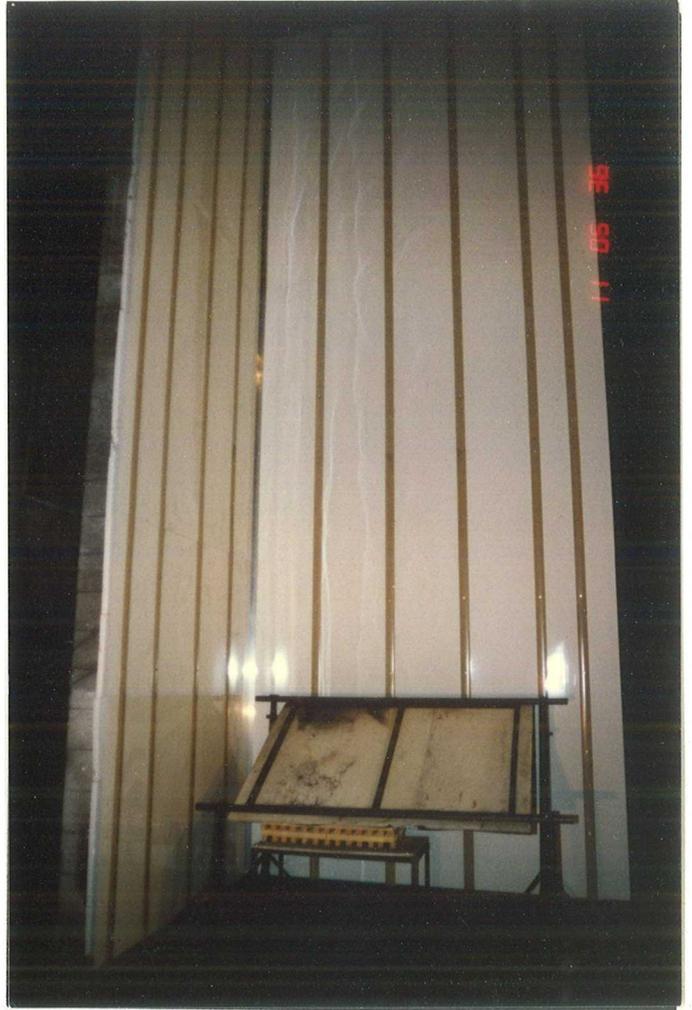


Abb. 52

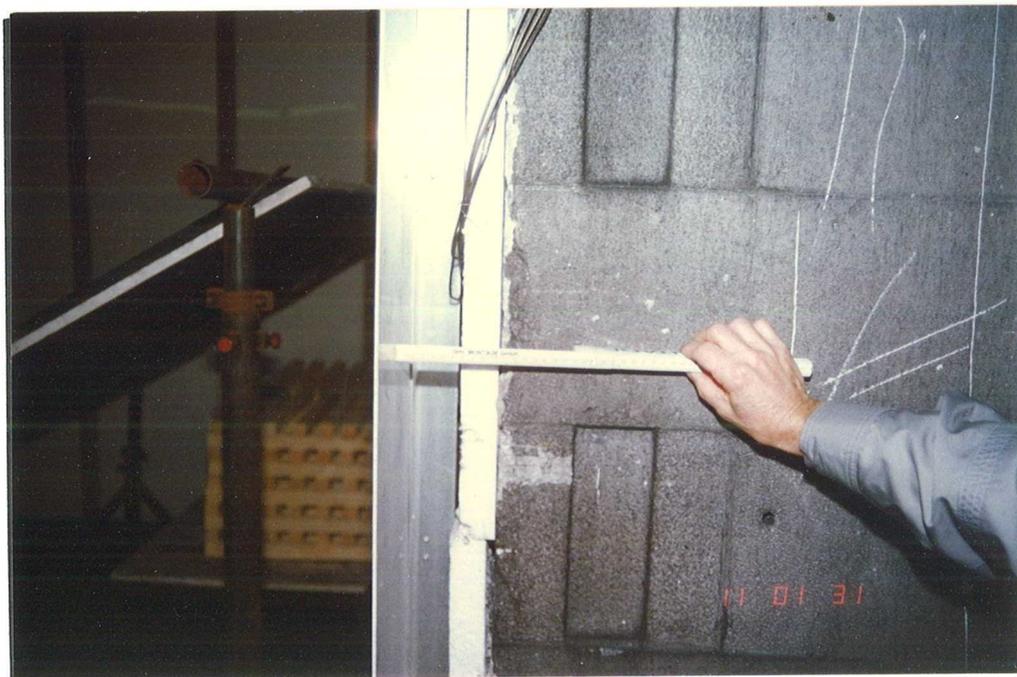


Abb. 53

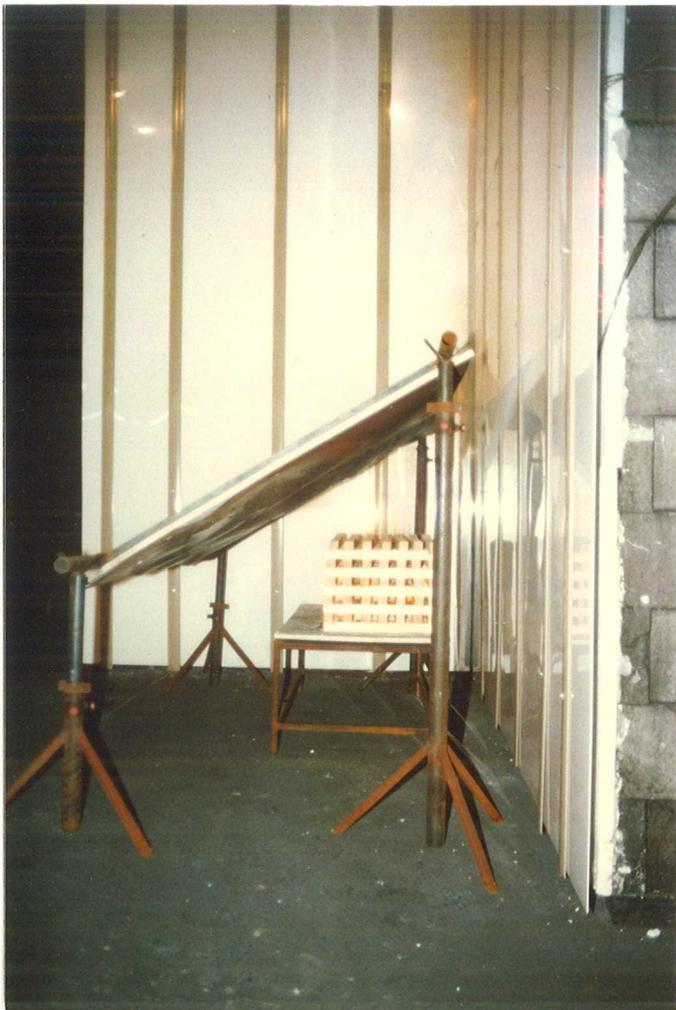


Abb. 54



Abb. 55

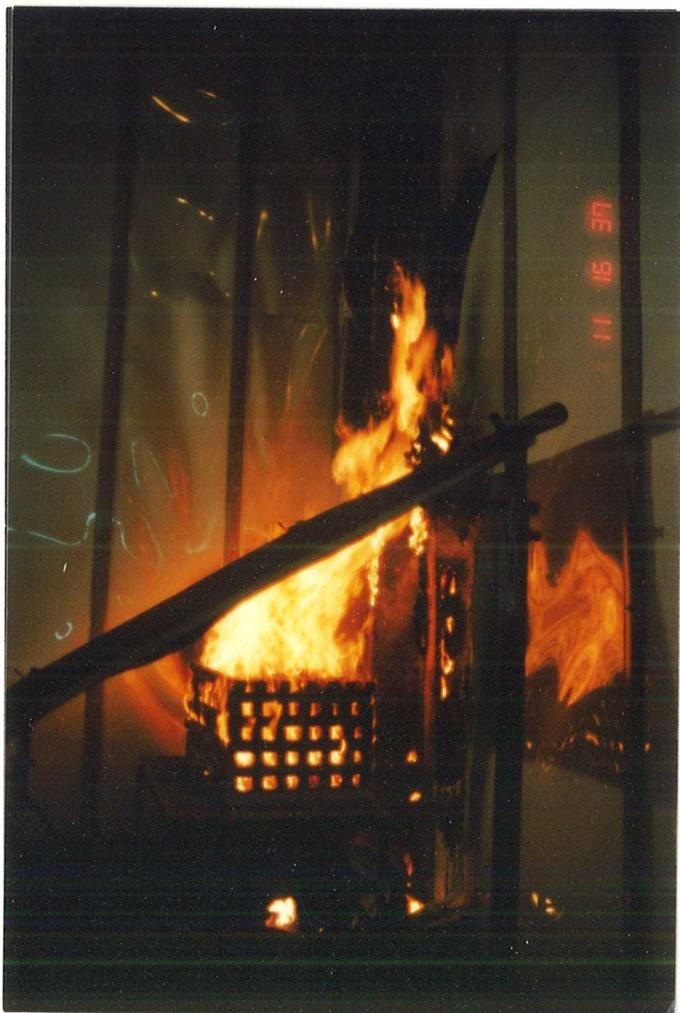


Abb. 56



Abb. 57



Abb. 58



Abb. 59



Abb. 60



Abb. 61

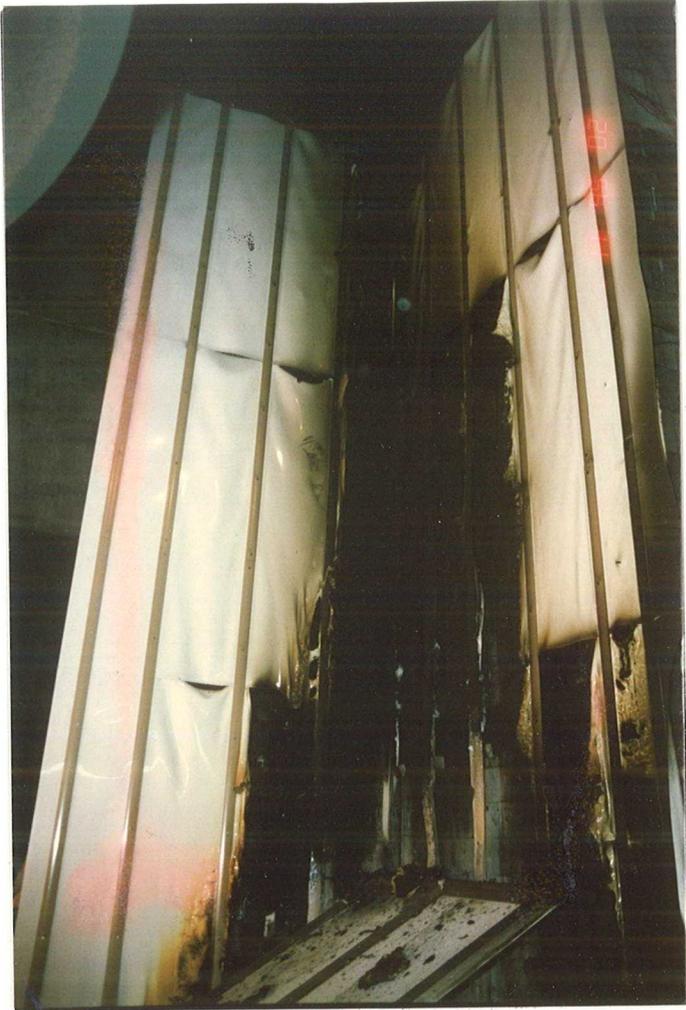


Abb. 62

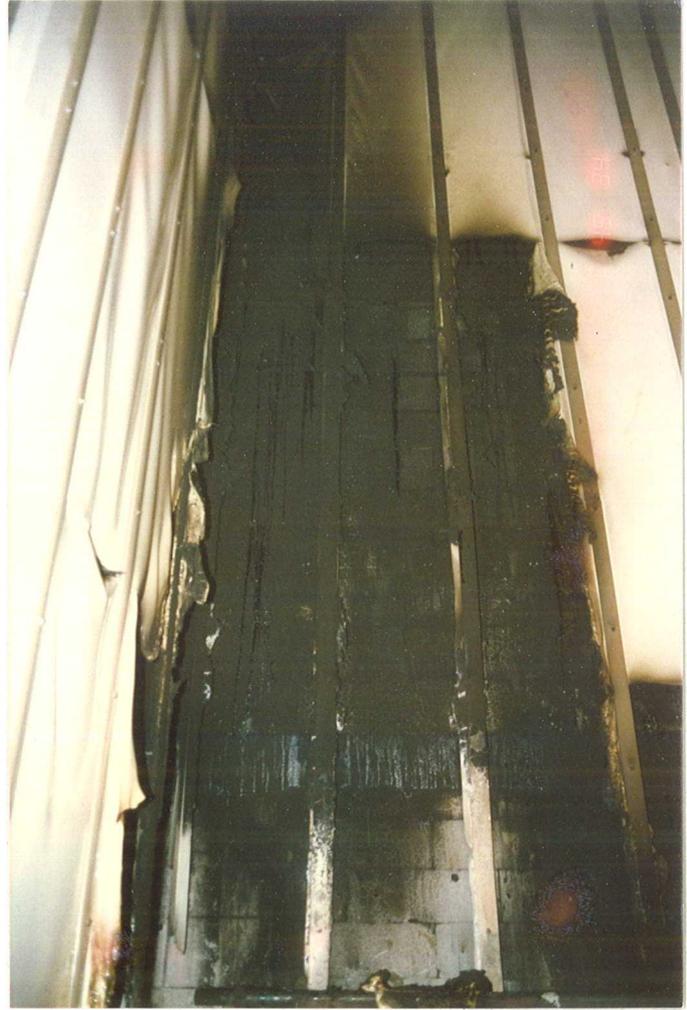


Abb. 63



Abb. 64

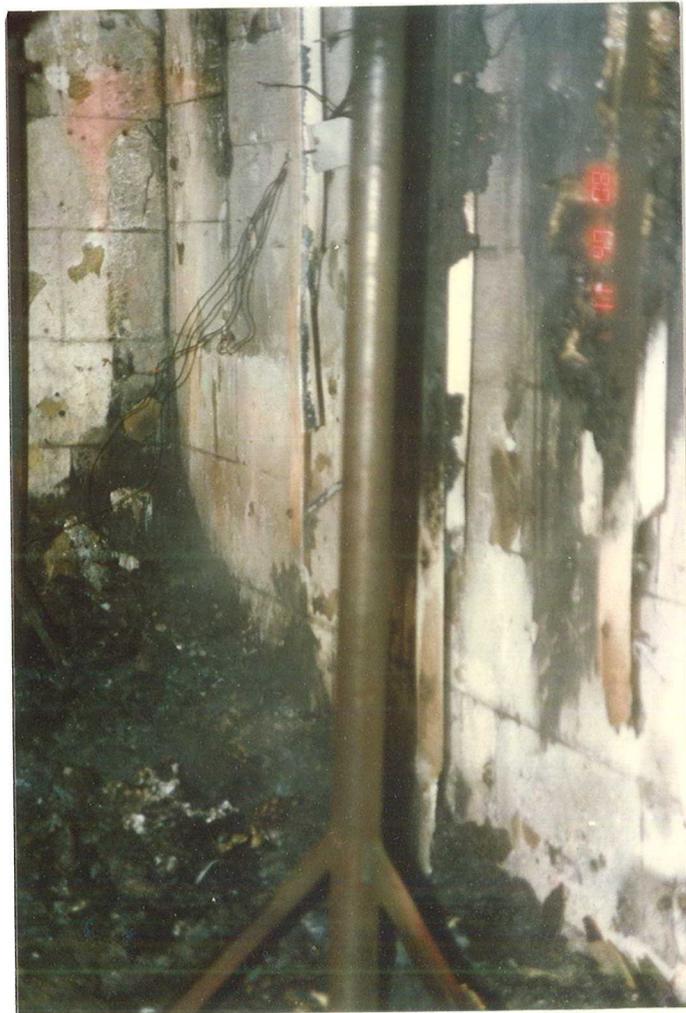


Abb. 65

4 Zusammenstellung wesentlicher Versuchsergebnisse und Schlußfolgerungen

4.1 Flammenhöhe

Im nachstehenden Diagramm sind die bei dem Vorversuch sowie bei den Versuchen 1 bis 4 beobachteten Flammenhöhen (Flammenspitzen über Fußboden) eingetragen.

Bei dem Versuch Nr. 1 (ohne Wärmedämmung) wurde etwa die gleiche Flammenhöhe beobachtet wie bei dem Nullversuch. Dies bedeutet, daß die Abbranderscheinungen der Fassade nahezu ausschließlich auf den Bereich der Flammen aus der Primärbrandlast bechränkt blieb.

Die Flammenhöhe bei den Versuchen 2 und 3 waren nicht wesentlich höher als die des Nullversuchs; auch hier trat eine wesentliche Flammenausbreitung nicht auf.

Bei Versuch Nr. 4 reichten die Flammenspitzen erkennbar -zumindest zeitweise bis in eine Höhe von 7 m. Aufgrund der intensiven Rauchentwicklung bei diesem Versuch kann jedoch nicht zuverlässig ausgeschlossen werden, daß die Flammen das obere Ende der Fassade erreicht haben.

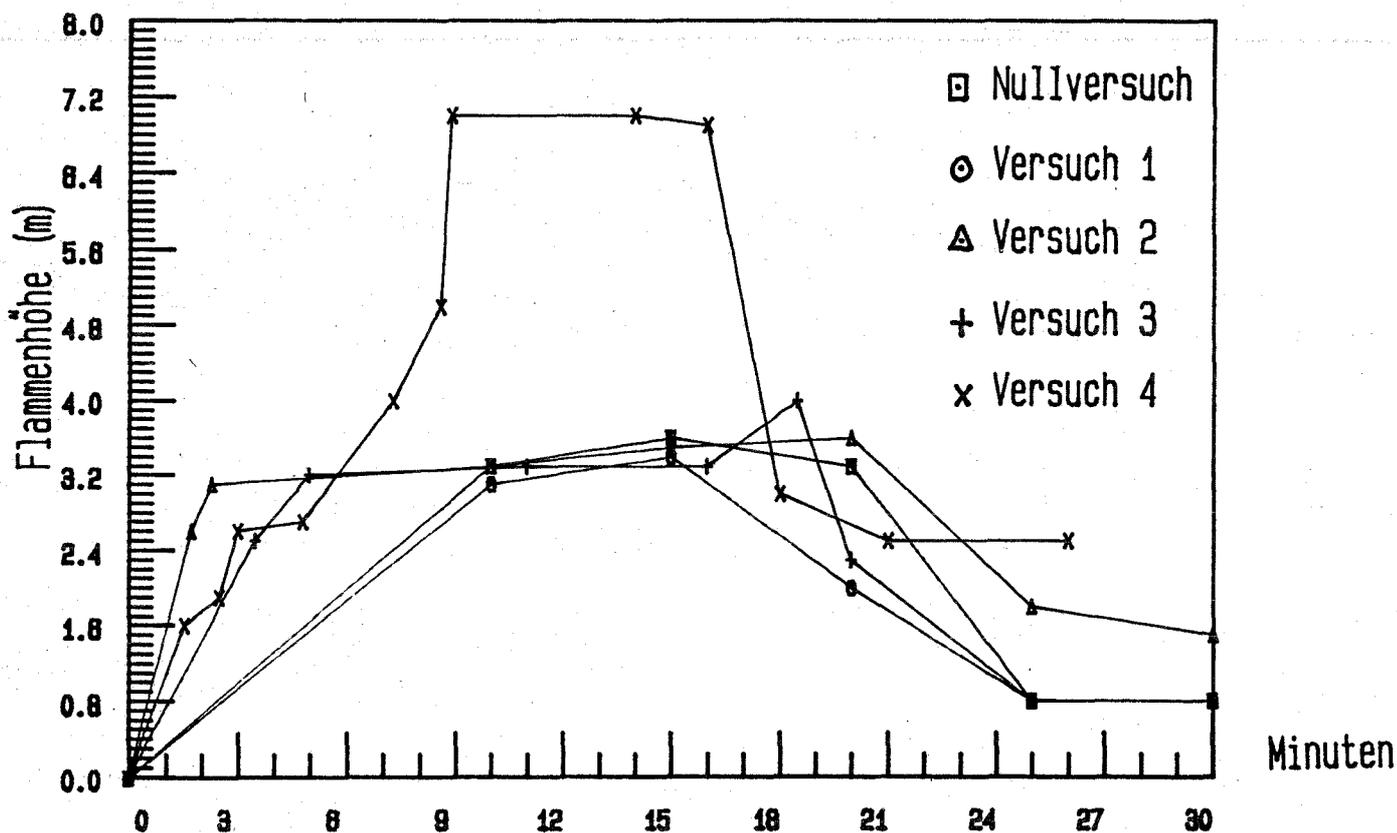


Abb. 66: Beobachtete Flammenhöhen

4.2 Beschädigungen der Fassadenverkleidungen

Wie die bei den Versuchen angegebenen Schadensbilder ausweisen, blieb die Schädigung der Fassade bei Versuch Nr. 1 (ohne Wärmedämmung) auf einen Bereich von 5,5 m Höhe beschränkt.

Auch innerhalb dieses Bereiches sind Teilzerstörungen auf Schmelzen und Erweichen - nicht auf die unmittelbare Flammenausbreitung - zurückzuführen.

Bei den Versuchen Nr. 2 und 3 reichte die Zerstörung der PVC-Fassade etwas höher (bis auf 6,5 m bzw. 6 m Höhe). Auch in diesen Bereichen sind Teilzerstörungen nicht auf den unmittelbaren Abbrand zurückzuführen.

Bei Versuch Nr. 4 reichten die Zerstörungen an den oberen Rand der Fassade. Teilweise fand hierbei eine deutliche Ausbreitung zu den Seiten hin statt.

Die vorstehenden Ergebnisse der Bewertung der Zerstörungen der Fassade stimmen also im wesentlichen mit den Ergebnissen der Beobachtungen der Flammenhöhen überein.

4.3 Temperaturmeßergebnisse

In Abb. 68 sind die ermittelten Maximaltemperaturen in unterschiedlichen Raumhöhen in einem Balkendiagramm gegenübergestellt. Die mit der Bezeichnung A bis G gekennzeichneten Maximalwerte wurden an folgenden Meßstellen ermittelt.

Maximalwert	Meßstelle	In Höhe der Westwand	Nordwand
A	vor den PVC-Platten	5	2 m
B		7	2 m
C		13	4 m
D		15	4 m
E		21	7,9 m
F		23	7,9 m
G		31	7,9 m

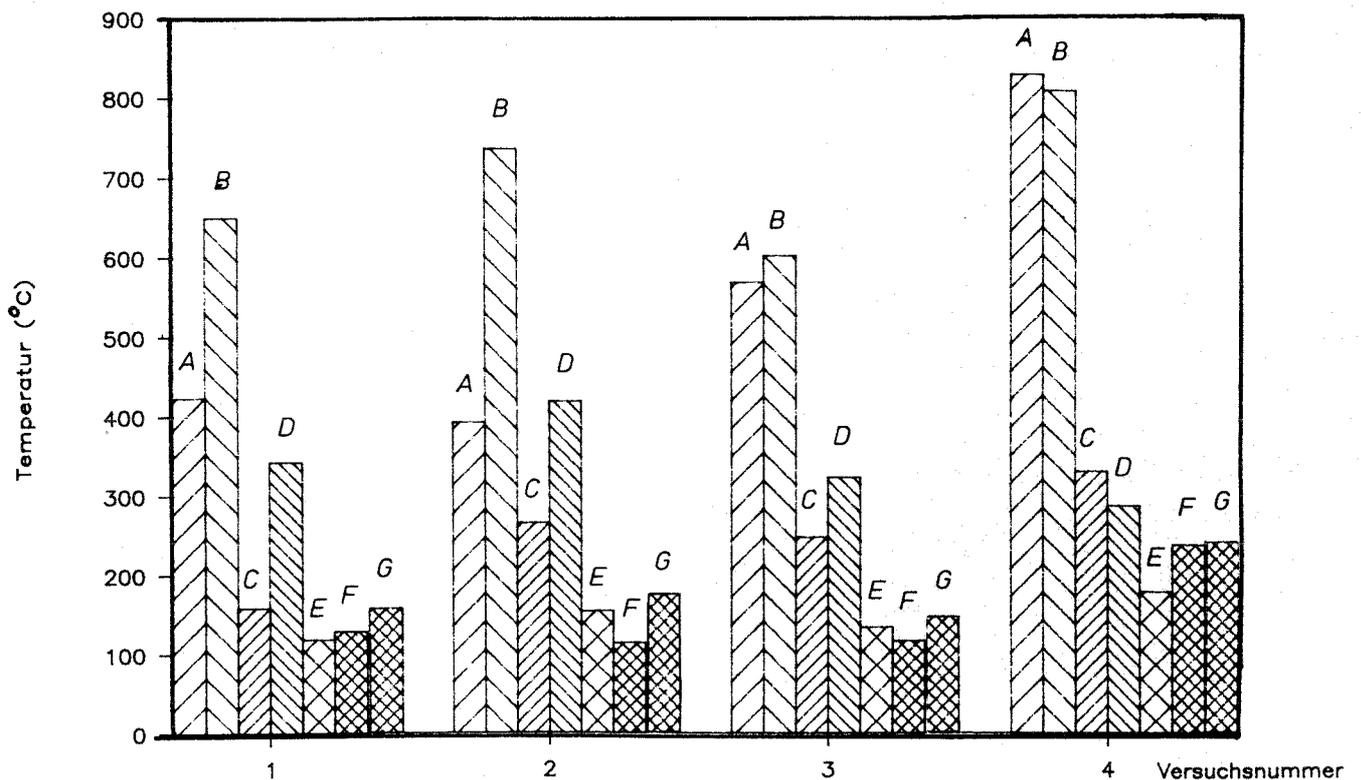


Abb. 67: Maximaltemperaturen für die Versuche 1 bis 4

Die bei den Versuchen an Meßstelle 23 und 31 10 cm unter der Decke vor und hinter den PVC-Platten der Nordwand gemessenen Temperaturen sind in der Abb. 68 und 69 graphisch dargestellt.

Wie die Diagramme und Darstellung der Maximaltemperaturen in 2, 4 und 7,9 m Höhe ausweisen, entsprechen die Temperaturmeßergebnisse den Beobachtungen über die beschädigten Bereiche.

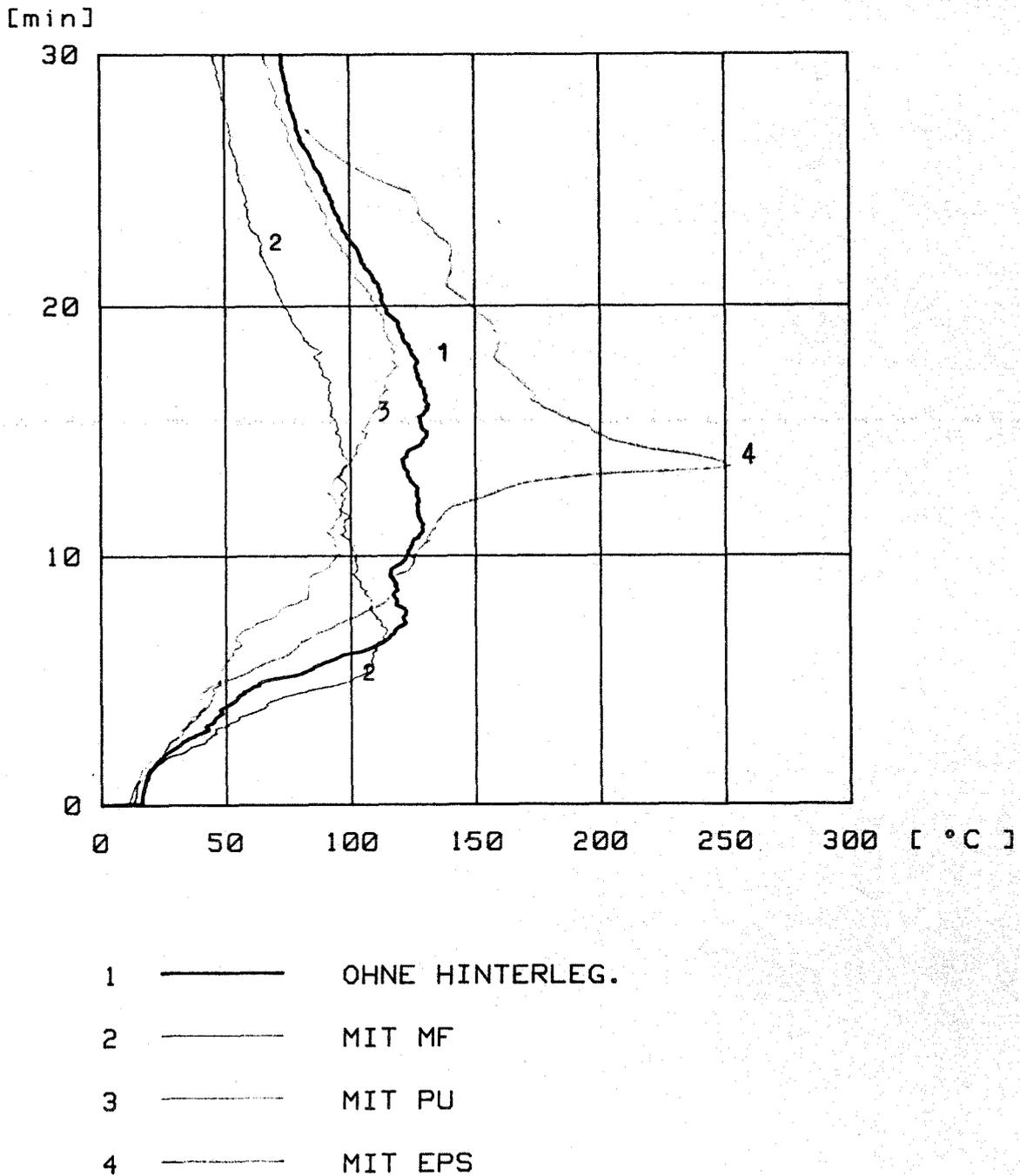
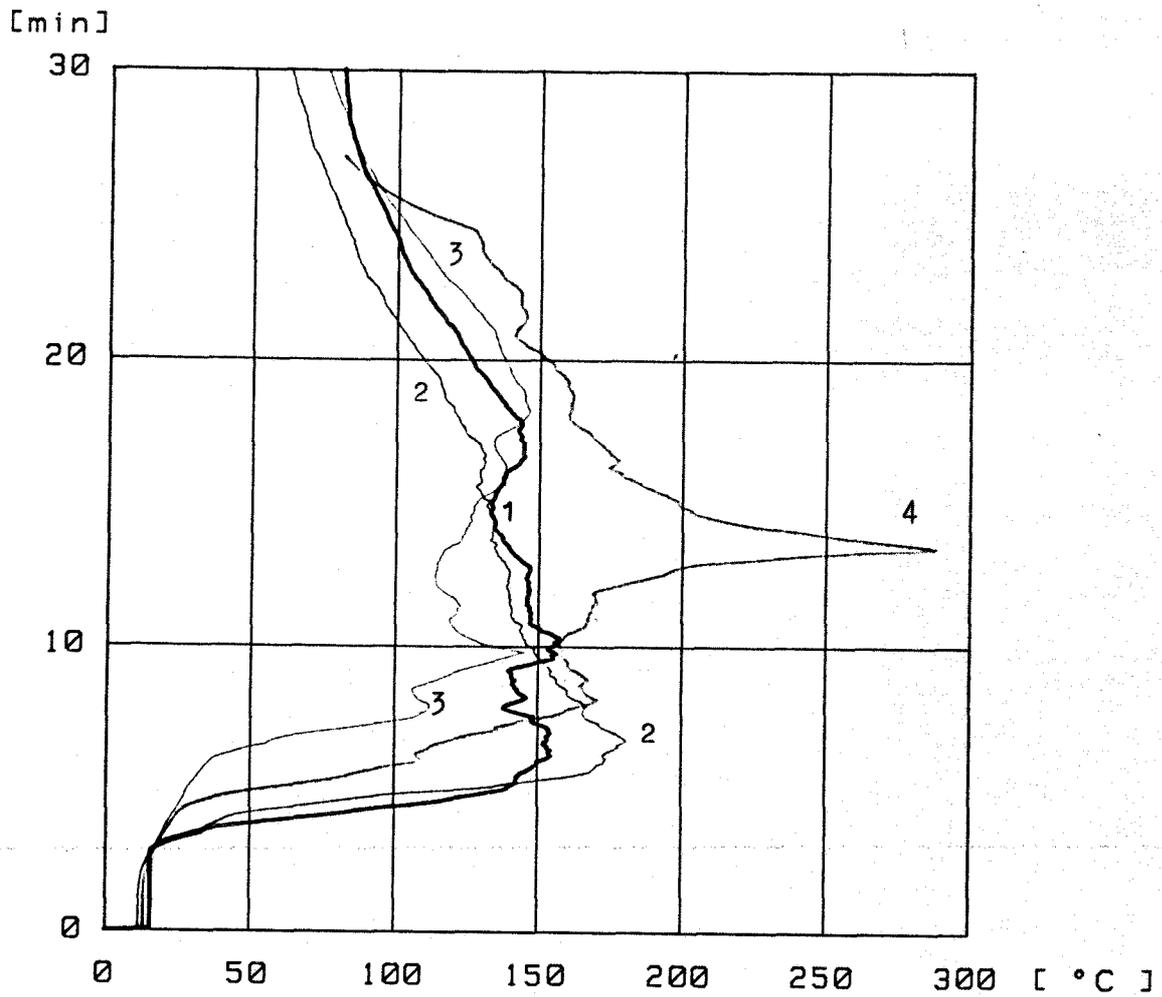


Abb. 68: Temperatur 10 cm unterhalb der Decke vor der Fassade (Meßstelle 23)



- 1 ——— OHNE HINTERLEG.
- 2 ——— MIT MF
- 3 ——— MIT PU
- 4 ——— MIT EPS

Abb. 69 : Temperatur 10 cm unterhalb der Decke hinter der Fassade (Meßstelle 31)

4.4 Bewertung der Ergebnisse im Vergleich zu denen der Brandschachtversuche

Die Fassade ohne Dämmstoffhinterlegung erzielte beim Brand - schachtversuch mit Restlängen von 40 cm im Hinblick auf die Flammenausbreitung vergleichsweise gute Ergebnisse. Auch beim Versuch im Maßstab 1:1 ergab sich keine wesentlich über die Flammen der Primärbrandlast hinausgehende Flammenausbreitung. Das Verhalten dieser Fassade wird also durch den Brandschachtversuch gut dargestellt.

Bei der Fassade Nr. 2 (PVC-Platten mit MIFA-Hinterlegung) fand im Brandschachtversuch ein vollständiger Abbrand statt.

Offensichtlich beruhte dieser Abbrand auf der durch die MIFA-Platten vorgegebenen Wärmedämmung, die dazu führte, daß die PVC-Platten auf nahezu voller Probenlänge einer intensiven Wärmebeaufschlagung ausgesetzt waren.

Beim Versuch im Maßstab 1:1 zeigte sich jedoch ein durchaus zufriedenstellendes Bild im Hinblick auf die Flammenausbreitung. Dabei wirkte sich die bessere Wärmeabstrahlung in den Raum aus, die dazu führte, daß die PVC-Platten in Bereichen außerhalb der Einwirkung der Flammen aus der Primärbrandlast nicht auf Entzündungstemperatur gelangten. Das im Brandschacht aufgrund der geringeren Probenlänge und der schachtartigen Anordnung der Proben aufgetretene negative Brandverhalten trat bei dem Versuch im Maßstab 1:1 nicht auf.

Die Fassade mit einer Wärmedämmung aus PU-Hartschaumplatten (Versuch Nr.3) brannte beim Brandschachtversuch ebenfalls vollständig ab. Beim Versuch im Maßstab 1:1 verhielt sich diese Fassade ähnlich wie die mit MIFA-Platten gedämmte Fassade. Auch der kalorische Beitrag aus dem Abbrand der PU-Hartschaumplatten reichte nicht aus, um eine selbständige Brandweiterleitung zu erzeugen.

Die Fassade mit einer Dämmung aus PS-Hartschaumplatten verhielt sich im Brandschachtversuch ähnlich gut wie die ungedämmte Fassade. Dies ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß die PS-Hartschaumplatten nach kurzer Wärmebeaufschlagungsdauer wegschmolzen bzw. sinterten, so daß ihre wärmedämmende Wirkung aufgehoben wurde. Der aus ihrem Abbrand resultierende kalorische Beitrag war dem gegenüber von zweitrangiger Bedeutung.

Beim Versuch im Maßstab 1:1 fand eine wesentlich größere Brandausbreitung als bei den übrigen Fassadenversuchen statt. Die Zerstörungen reichten bis zur Oberkante der Fassade, obwohl die verbrannte Fläche sich nach oben hin verzüngte, ließ sich nicht feststellen, in welcher Höhe die Brandausbreitung bei einer höheren Fassade zum Stillstand gekommen wäre.

Bei Versuch Nr. 4 - PVC-Fassade mit Wärmedämmung aus PS-Hartschaumplatten - fand eine Brandausbreitung bis unter die Brandraumdecke statt. Dieses Ergebnis steht nicht im Einklang mit den positiven Ergebnissen des Brandschachtversuches an Ausschnitten des gleichen Fassadenaufbaues.

Dortmund, den 1. August 1988

Ubesall

Exposée courte sur l'incendie de façade aérée et composée des plaques du chlorure de polyvinyle avec une isolation thermique montée derrière

Dans une salle d'expérience (15 m x 12 m x 12 m) d'incendie réel on avait soumettre d'expérience d'incendie réel avec quatre façades différentes pour investiger l'influence des matériaux d'isolation thermique sur le propagation des flammes aux surface de façade aérée.

En l'expérience 1 une façade des plaques du chlorure de polyvinyle sans l'isolation thermique, en expérience 2, une isolation thermique des plaques de fibre minéral, en expérience 3 et 4 une isolation thermique des plaques mousse dur de polyuréthane et de polystyrène avaient choisi.

Les plaques de chlorure de polyvinyle avaient une épaisseur de 3 mm.

La charge calorifique était composée du bois de sapin (40 mm x 40 mm x 100 mm) en relation entre le bois et l'air comme 1 et 1.

La charge calorifique était placée sous une chicane isolée thermique, qui avait une angle d'inclination de 30°.

Cette charge calorifique était choisi pour créer des flammes passent d'une fenêtre rompu et sans participation des matériaux de façade les flammes avaient une hauteur de 1,7 m - 2 m au dessous de la borde supérieur de chicane isolée thermique.

La niveau de sûreté, que était démontrée en expérience 1 avec une façade des plaques du chlorure de polyvinyle sans isolation thermique, correspondait à des requêtes de la classe B1 de DIN 4102 part 1.

A les expériences 2 et 3 avec une façade des plaques de chlorure de polyvinyle et une isolation thermique des fibres minéral et des plaques mousse dur des polystyrène, la propagation des flammes a arrêté à une hauteur de 6,5 m et de 6 m.

Cettes façades présentaient une réaction au feu satisfaisant en considération de la propagation des flammes, malgré les résultats d'expérience de "BRANDSCHACHT" n'avaient pas présentée les requêtes des matériaux de bâtiments de classe B1 (difficilement inflammable) de DIN 4102 part 1.

Au cours d'expérience 4 avec une façade des plaques du chlorure polyvinyle et une isolation thermique des plaques mousse dur des polystyrène montée en derrière, le propagation des flammes procède sous la plafond de salle d'expérience.

Cette résultats ne correspondaient pas avec les résultats positif d'expérience de "BRANDSCHACHT" aux sections de la même façade compositée.

Pur une clarification de niveau de sûreté de cette façade autres expériences sont à effectuer.

Short report on "REACTION TO FIRE OF VENTILATED FACADES CONSISTING OF PVC-PLATES BACKED WITH HEAT INSULATING MATERIAL"

In a test hall (15 m x 12 m x 12 m) for real fires four tests on different PVC-facades without an insulation (test 1) and on PVC-facades backed with heat insulating plates of mineral wool (test 2), polyurethane foam (test 3) and polystyrene foam (test 4) were performed in order to investigate the influence of different heat insulating materials of a ventilated facade on the spread of flame.

In test 2 to 4, 40 mm thick plates of mineral wool (test 2), 40 mm thick rigid foam plates of polyurethane foam (test 3) and polystyrene foam (test 4) were used as a heat insulating material.

The PVC-plates were 3 mm thick.

The fire load consisted of fir slabs (40/40/100) and had a packing ratio of wood to air as 1:1.

In order to simulate flames ejecting from a destroyed window, the fire load had been placed under a shielding plate which had an angle of inclination of 30°.

The wooden crib of 50 kg weight had been chosen in order to have a fire duration of about 30 minutes and to produce flames with a height of 1,7 m to 2 m above the upper rim of the shielding plate.

The safety level demonstrated in test 1 on a noninsulated PVC-facade was in correspondence to the requirements on building materials of class B1 of DIN 4102 part 1.

In test 2 and 3 on facades of PVC-plates backed with a heat insulation of mineral wool and plates of polyurethane foam the propagation of flames stopped at a height of 6,5 m and 6 m.

The facades showed satisfying results with respect to the spread of flame behaviour, although the "Brandschacht"-test results had shown that the requirements on building materials of class B1 were not fulfilled.

In test 4 on a facade of PVC-plates backed with rigid foam-plates of polystyrene the spread of flame reached the upper end of the facade beneath the ceiling. This result does not correspond to the positive results of "Brandschacht"-tests on sections of the same composite facade. Further tests are regarded necessary in order to assess the safety-level involved with that kind of backed and ventilated facades.