

Versuche im Maßstab 1:1 zur Rauch-
entwicklung bei schwerentflammbaren
Fußbodenbelägen

T 1891

T 1891

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

4.61

**STAATLICHES MATERIALPRÜFUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN
DORTMUND**



VERSUCHE IM MAßSTAB 1:1 ZUR
RAUCHENTWICKLUNG BEI SCHWERENTFLAMMBAREN
FUßBODENBELÄGEN

Dipl.-Phys. Thomas Ueberall
Dipl.-Ing. Hans Georg Klingelhöfer

Forschungsauftrag des Instituts für Bautechnik
vom 21.02.1986 Az.: IV 1-5-476/86

1 Aufgabenstellung

Bei einem vorangegangenen Untersuchungsvorhaben /1/ wurde ein Meßverfahren zur Bestimmung der Rauchentwicklung bei schwerentflammaren Fußbodenbelägen erprobt. Auf der Basis einer großen Zahl von Meßergebnissen aus Versuchen nach diesem Verfahren wurden Grenzwerte für die Rauchentwicklung von Fußbodenbelägen vorgeschlagen.

Vor einer endgültigen Festlegung von Grenzwerten sollten noch Brandversuche an Fußbodenbelägen im Maßstab 1:1 in einem Versuchskorridor durchgeführt werden, um festzustellen, ob sich die in dem Laborprüfverfahren auftretende Rauchentwicklung auch beim wirklichen Feuer einstellt.

Die Versuchsanordnung sollte einen Brand in einem Nutzraum simulieren, der an einen Rettungsweg grenzt. Durch eine Türöffnung schlagen Flammen in den Rettungsweg, so daß dort der Fußboden durch Strahlung beaufschlagt wird. Eine Entzündung des Fußbodens erfolgt durch herabfallende Glut.

2 Versuchsmaterialien

Die Auswahl der zu untersuchenden Materialien erfolgte so, daß schwerentflammare Beläge - jedoch im Grenzbereich zwischen schwerentflammaren und normalentflammaren Fußbodenbelägen einbezogen wurden - sowohl Beläge mit starker als auch Beläge mit geringer Rauchentwicklung beim Radiant-Panel-Test.

Folgende Materialien wurden eingesetzt:

Versuchs-Nr.	Art des Belages	Ergebnis des Radiant-Panel-Tests	
		kritische Bestrahlungsstärke (W/cm ²)	Integral der Rauchdichte (% x min)
0	-	-	-
1	gewebter Velours Pol aus Polyamid	0,46	34
2	gewebter Velours Pol aus Polyamid	0,49	278
3	Noppenbelag aus Synthesekautschuk	0,49	901
4	Eichenparkett	0,48	0

Da die Bodenbeläge bei den zugrundeliegenden Laborversuchen jeweils lose auf Kalzium-Silikatplatten aufgelegt waren, wurden sie auch bei den Versuchen im Maßstab 1:1 lose auf Kalzium-Silikatplatten aufgelegt, um einen unmittelbaren Vergleich zu ermöglichen.

3 Versuchsanordnung

Die Fußbodenbeläge wurden in einem 2 m x 8 m x 2,8 m großen Korridor (s.Nr.3 in Abb.1) einer im Amt befindlichen Versuchsanlage für natürliche Brände verlegt. Am südlichen Ende des Korridors befindet sich ein Abzug. An den Korridor grenzt ein Raum (s. Nr.7 in Abb.1), in dem jeweils ein vollentwickelter Brand erzeugt wurde, dessen Flammen und Rauchgase den Fußboden mit strahlender Wärme beaufschlagten.

Als Brandlast wurde, wie in einem vorangegangenen Vorhaben /2/ in Raum 7 (s. Abb. 1) ein Holzstapel aus 200 kg Fichtenholz (40 mm x 40 mm x 1000 mm, Holz: Luft = 1:1) eingesetzt. Bis zur 5. Minute nach Versuchsbeginn wurde die Zuluft bei geöffneter Zugangstür (s. Nr.9 in Abb.1) durch freie Ansaugung an den Brandherd in Raum 7 herangeführt. Danach wurde die Zugangstür verschlossen und die Zuluftmenge in der Lüftungszentrale (s. Nr.6 in Abb.1) auf 6000 m³/h eingestellt. Abweichend von den in /2/ beschriebenen Versuchen war bei den jetzt durchgeführten Versuchen der Durchbruch zum Nachbarraum, der sich gegenüber dem Brandraum befand, durch ein verglastes Wandelement verschlossen. Dieses Wandelement war zum Schutz der Beobachter bei den Versuchen eingebaut worden. Sein Einbau wurde für angemessen erachtet, da auch in der Praxis davon ausgegangen werden muß, daß die Türen zu den an einen Flur angrenzenden Nutzräumen geschlossen sind. Durch den Einbau dieses verglasten Elements ergaben sich, wie die nachfolgenden Diagramme ausweisen, wesentlich höhere Wärmestromdichten.

Während der Versuche wurden die Temperaturen 50 mm unter der Raumecke sowie unmittelbar über dem Boden gemessen. Dabei wurden die Thermoelemente in einem Abstand von ca. 50 mm über dem Bodenbelag angebracht. Die Lage der Meßstellen ist der Abb. 2 zu entnehmen.

Die im Nullpunkt r_0 am Boden sowie in den Abständen $r_1=0,6$ m, $r_2=1,2$ m, $r_3=1,8$ m, $r_4=3$ m und $r_5=4,8$ m auftreffende Strahlungswärmestromdichte (S_0 bis S_5) wurde näherungsweise mit Hilfe des Stephan-Boltzman-Gesetzes für graue Strahler aus der mittleren Temperatur in Bodennähe und unter der Decke in den gleichen Abständen r_i vom Nullpunkt ermittelt. Mit einer angenommenen Emissionskonstante für die Brandgase von $\epsilon_g = 0,8$ und der Stephan-Boltzmannkonstante $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-12} \text{ W/cm}^2/\text{K}^4$ und den mittleren Temperaturen T_0 bis T_5 an den nachstehend aufgeführten Meßstellen:

$$\begin{aligned} T_0 &= (M11+M12+M23+M24)/4 & T_1 &= (M09+M10+M21+M22)/4 \\ T_2 &= (M07+M08+M19+M20)/4 & T_3 &= (M05+M06+M17+M18)/4 \\ T_4 &= (M03+M04+M15+M16)/4 & T_5 &= (M01+M02+M13+M14)/4 \end{aligned}$$

ergeben sich die Strahlungswärmestromdichten nach /3,4,5/ aus

$$S_i = \epsilon_g \cdot \sigma \cdot (T_i + 273,15)^4 \quad (\text{W/cm}^2; i = 0..5)$$

Darüberhinaus wurde bei dem Nullversuch die Strahlungswärmestromdichte im Nullpunkt (Q_0 (NBS) in Abb. 7) mit einem Pyrometer gemessen, das auch im Radiant-Panel-Test eingesetzt wird.

Die Abstand r_i vom Nullpunkt in Fußbodenebene auftreffende Gesamtwärmestromdichte (Konvektions- und Strahlungswärmestromdichte)

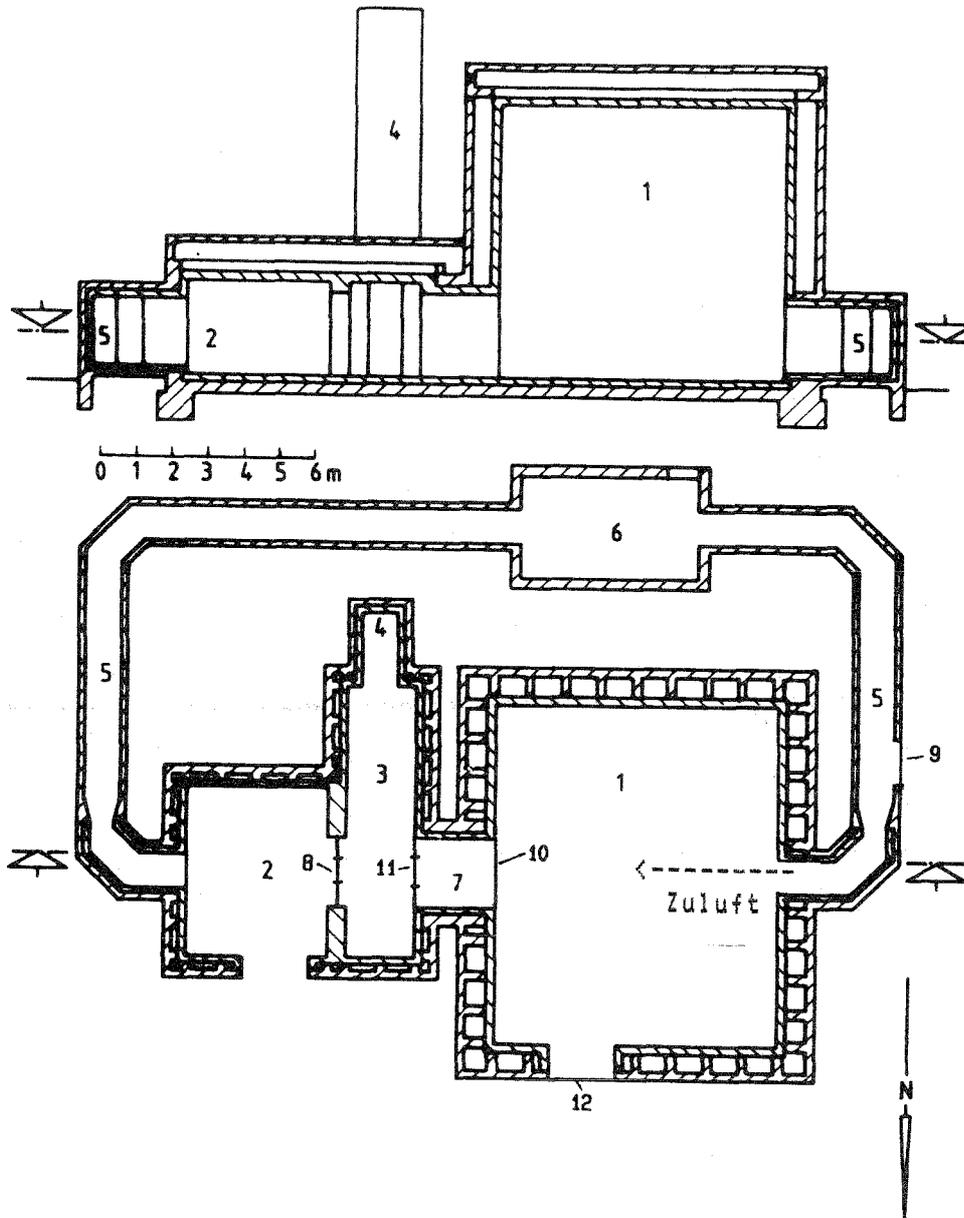
$$Q_i = dm/dt \cdot c_p \cdot (T_{abf100} - T_{zuf100}) / A_i$$

wurde mit Hilfe von selbstgebauten, wasserdurchflossenen Meßgeräten aus Kupfer** ermittelt. Bei dem Nullversuch wurden sechs dieser Geräte in den o.a. Abständen, bei den übrigen Versuchen mit Fußbodenbelägen je ein Gerät im Nullpunkt eingesetzt (s. Abb. 2).

In ca. 6 m Höhe wurden aus dem Schornstein Gasproben für eine kontinuierliche Messung des O₂-, CO und CO₂-Gehaltes abgesaugt.

Die Rauchentwicklung wurde als Eintrübung in 6 m Höhe (feste Meßstrecke) mit einem Rauchdichtemeßgerät gemessen und mit einer Filmkamera im Zeitrafferverfahren aufgezeichnet.

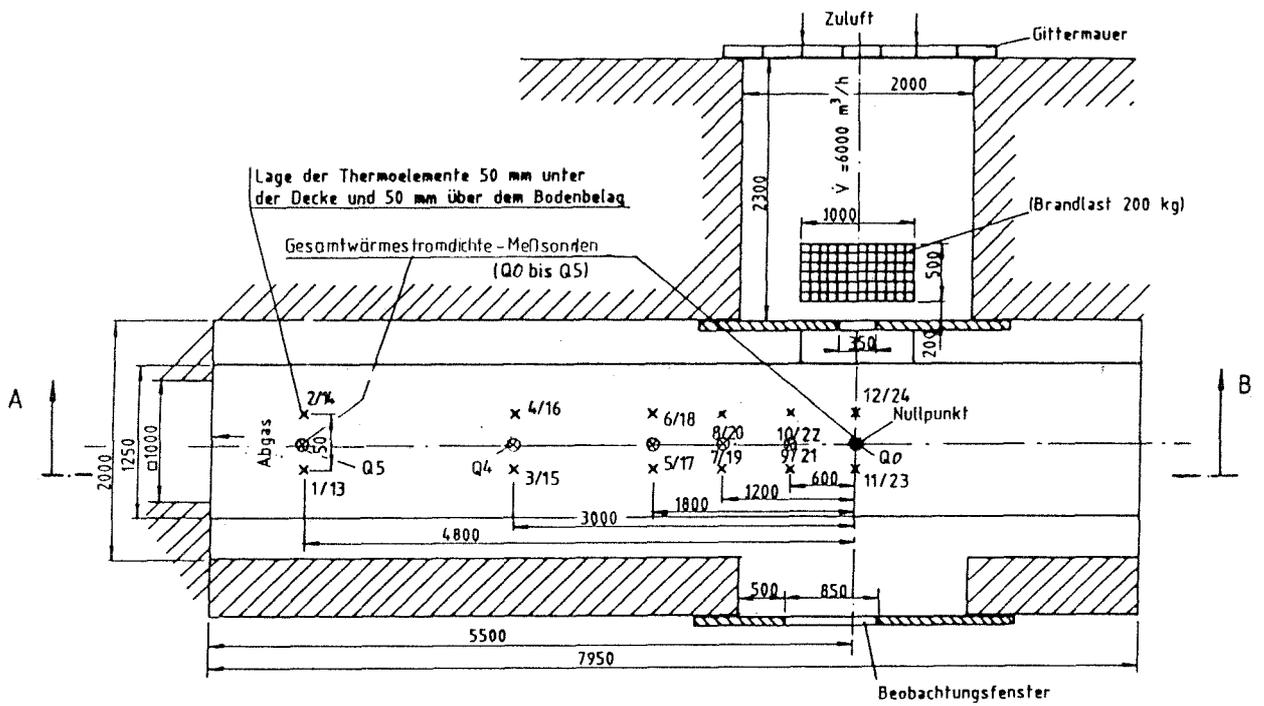
** (spez. Wärme: $c_p = 4,19$ kJ/kg/°C, Durchflußmenge: dm/dt (kg/h), Meßfläche: A_i (cm²))



- 1 = Großer Raum 8 m x 10 m x 8 m
- 2 = Kleiner Raum 4 m x 5 m x 2,8 m
- 3 = Abgaskanal (Versuchskorridor)
- 4 = Schornstein
- 5 = Zuluftkanal
- 6 = Lüftungszentrale
- 7 = Brandraum
- 8 = Beobachtungstür
- 9 = Zugangstür zu 5 (ab der 5. Minute geschlossen)
- 10 = Gitterwand
- 11 = Türspalt 0,35 m x 2 m
- 12 = Zugangstür (verschlossen)

Abb. 1 : Versuchsanlage für natürliche Brände





Schnitt A-B

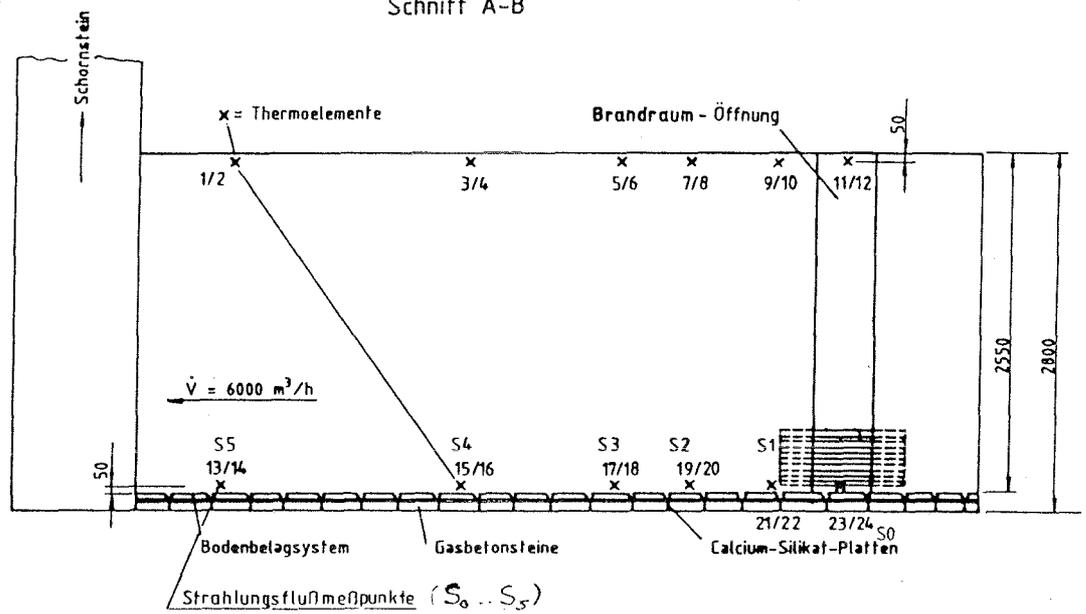


Abb. 2 : Versuchsaufbau bei den Versuchen im Originalmaßstab

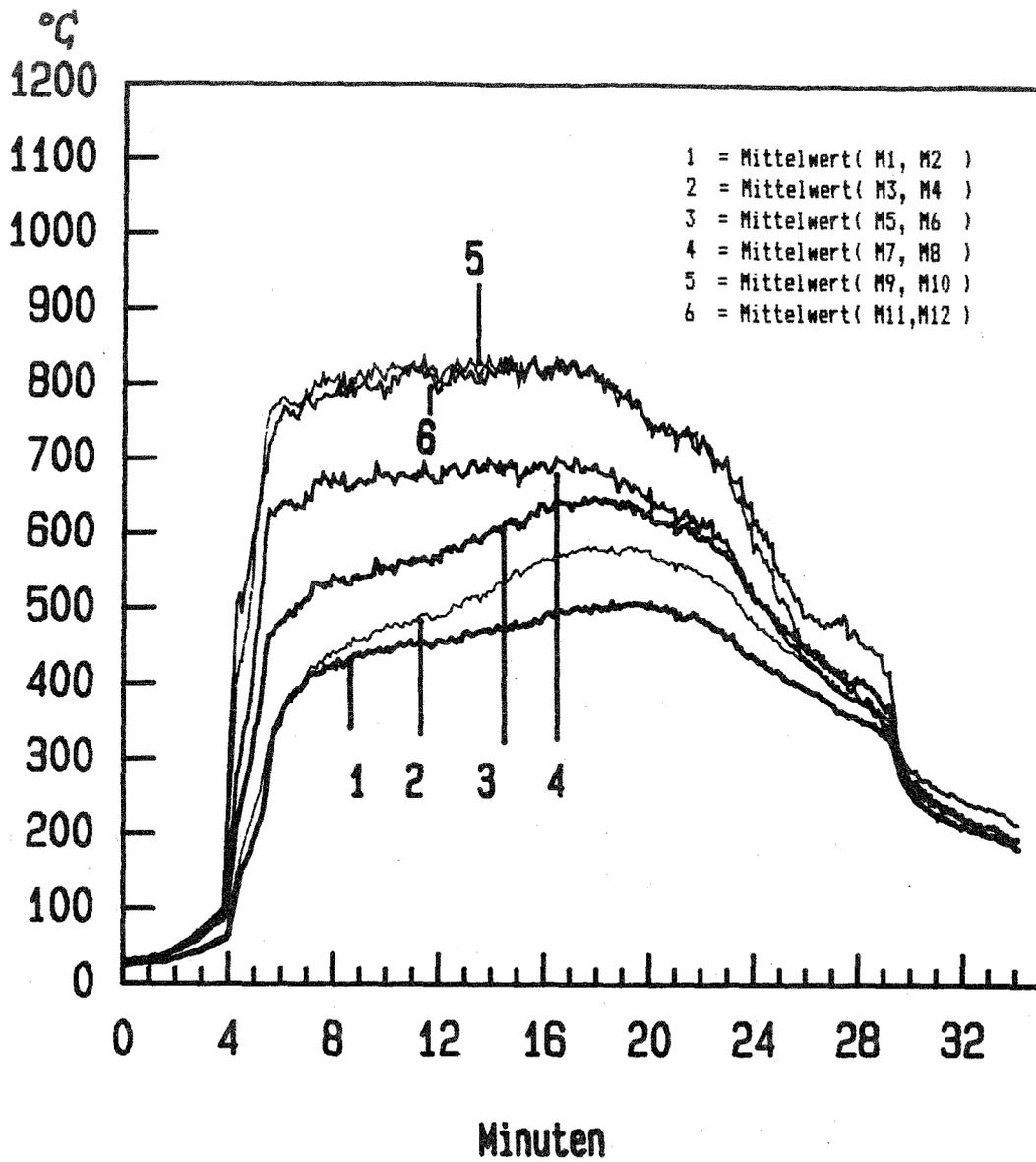
4 Versuchsergebnisse

Die ermittelten Wärmestromdichten sind wie die relative Eintrübung und die Abgaszusammensetzung graphisch, die Temperaturen unter der Decke und in Bodennähe graphisch und tabellarisch dargestellt. Daran schließen eine Skizze des zerstörten Bodenbelages und einige Lichtbilder der Versuchsanordnung vor und nach dem Versuch an.

4.0 Versuch 0 (Nullversuch) zur Bestimmung des Wärmeflußprofils und der übrigen Versuchsrandbedingungen der Versuchsanordnung

Auf dem Boden des Versuchskorridors wurden insgesamt 6 Meßsonden zur Bestimmung des Wärmeflußprofils eingesetzt.

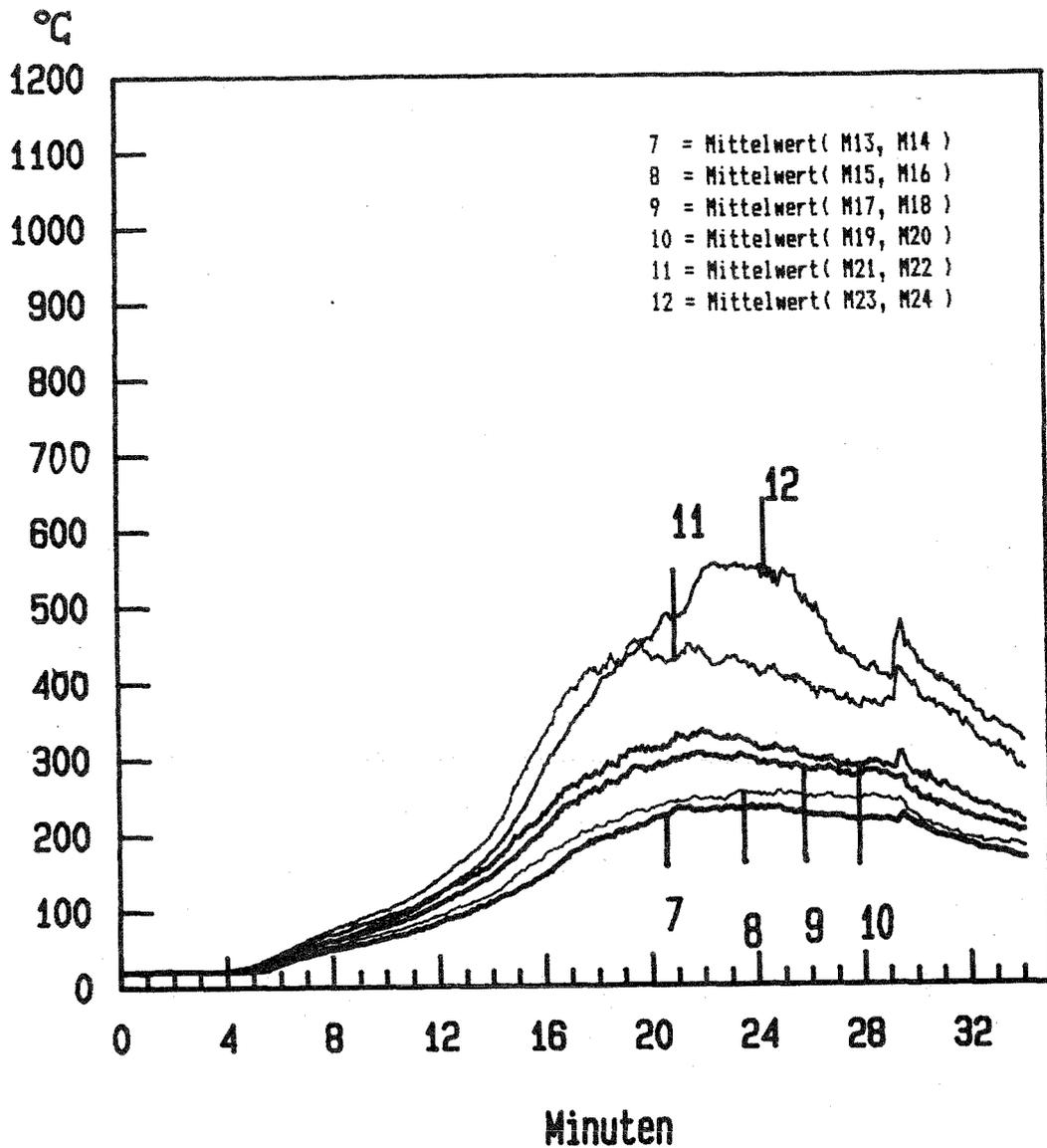




Zeit/Mst (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.00	23.6	23.7	23.8	23.6	25.4	25.0	26.0	28.2	27.3	28.2	27.7	29.7
2.00	34.8	31.7	35.3	33.7	43.3	41.6	45.1	47.0	45.5	53.6	42.9	50.2
4.00	71.8	59.0	78.5	69.8	114.5	107.6	130.6	172.2	210.9	225.5	282.8	291.9
6.00	400.5	318.3	376.0	350.7	507.6	458.2	655.0	626.7	778.1	788.0	721.7	800.1
8.05	454.9	386.1	469.7	409.9	570.7	506.2	694.3	644.5	803.2	811.7	778.3	794.8
10.08	478.4	408.5	510.7	442.6	607.3	503.9	717.3	637.2	835.7	810.6	794.4	788.6
12.12	496.7	417.4	531.4	452.2	630.0	528.0	740.9	642.1	820.8	807.5	816.9	788.1
14.17	508.7	447.6	566.4	503.5	653.6	559.2	744.5	624.3	825.6	815.1	839.7	803.1
16.23	521.4	472.0	588.2	546.1	673.4	597.8	759.3	614.5	838.6	812.0	838.4	780.6
18.27	521.4	484.0	594.0	567.2	691.8	605.6	754.5	608.9	801.6	792.5	841.0	744.9
20.30	519.4	484.9	578.1	557.2	663.5	573.8	713.7	567.5	748.7	734.2	798.8	686.2
22.35	490.3	470.5	551.2	540.2	630.3	554.2	688.8	556.7	720.5	715.3	717.2	693.8
24.35	443.2	418.1	479.0	473.1	543.8	465.5	566.8	443.5	585.6	547.7	627.2	564.7
26.38	401.9	378.0	424.4	415.0	471.2	419.7	496.7	349.8	511.1	365.7	558.8	420.7
28.43	357.6	339.2	373.5	368.6	407.4	390.5	418.9	343.0	427.2	319.3	506.5	398.8
30.47	238.5	239.7	252.9	252.3	261.4	260.5	283.6	265.7	251.9	246.8	244.5	229.8

Abb. 4 : Temperaturverlauf unter der Decke beim Nullversuch





Zeit/Mst (min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.00	20.1	20.0	20.3	20.3	20.4	20.3	20.5	20.4	20.2	20.4	20.1	20.3
2.00	21.1	20.7	21.5	21.1	21.8	21.9	22.3	22.0	22.5	22.2	21.8	22.1
4.00	20.9	20.8	21.6	21.1	22.0	22.0	22.5	22.2	22.9	22.9	22.4	22.7
6.00	29.7	33.0	38.2	32.9	39.2	40.0	45.1	43.6	43.8	47.6	39.6	39.1
8.05	49.9	51.3	58.3	52.9	62.4	61.2	73.7	67.9	71.2	85.2	64.9	60.9
10.08	65.9	65.6	76.0	70.3	82.3	80.9	99.4	92.2	91.3	114.7	93.6	84.4
12.12	91.4	83.8	98.2	92.1	111.9	111.7	131.5	122.1	131.0	162.1	132.6	121.7
14.17	122.3	110.6	132.2	120.2	149.2	152.7	174.9	165.5	212.7	215.5	190.7	179.8
16.23	155.9	147.5	189.1	168.8	203.2	227.8	241.2	235.4	391.0	300.2	280.5	330.2
18.27	208.7	185.7	219.9	202.5	253.8	274.6	293.1	287.2	489.5	355.3	355.8	458.8
20.30	235.4	209.7	247.3	227.8	282.8	303.7	315.1	311.2	491.3	378.7	410.9	529.6
22.35	246.0	218.2	250.2	239.1	292.4	309.5	331.3	326.2	463.4	380.2	480.7	629.1
24.35	245.9	224.7	256.3	244.4	284.9	298.5	315.8	306.6	443.1	378.4	467.4	617.1
26.38	226.1	220.5	256.3	241.8	274.8	294.2	295.2	298.4	412.3	369.8	429.4	539.9
28.43	218.9	218.6	257.4	239.4	277.8	288.2	297.9	293.6	383.1	364.5	374.0	473.6
30.47	200.9	203.5	208.2	219.3	253.2	238.2	307.1	253.9	352.4	400.8	320.0	506.4

Abb. 5 : Temperaturverlauf in Bodennähe beim Nullversuch

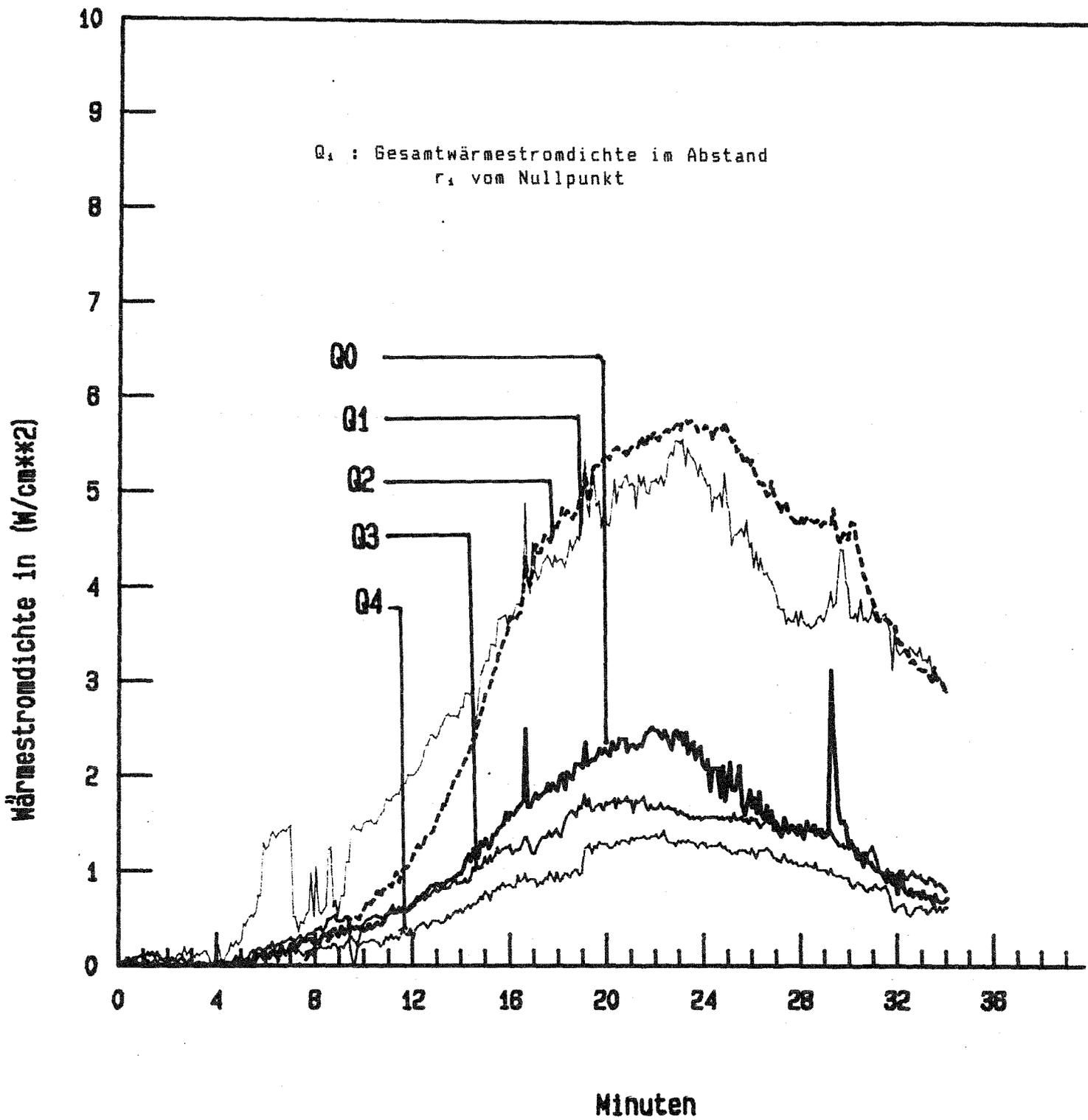


Abb. 6: Gesamtwärmestromdichten bei dem Nullversuch (Q_5 ausgefallen)

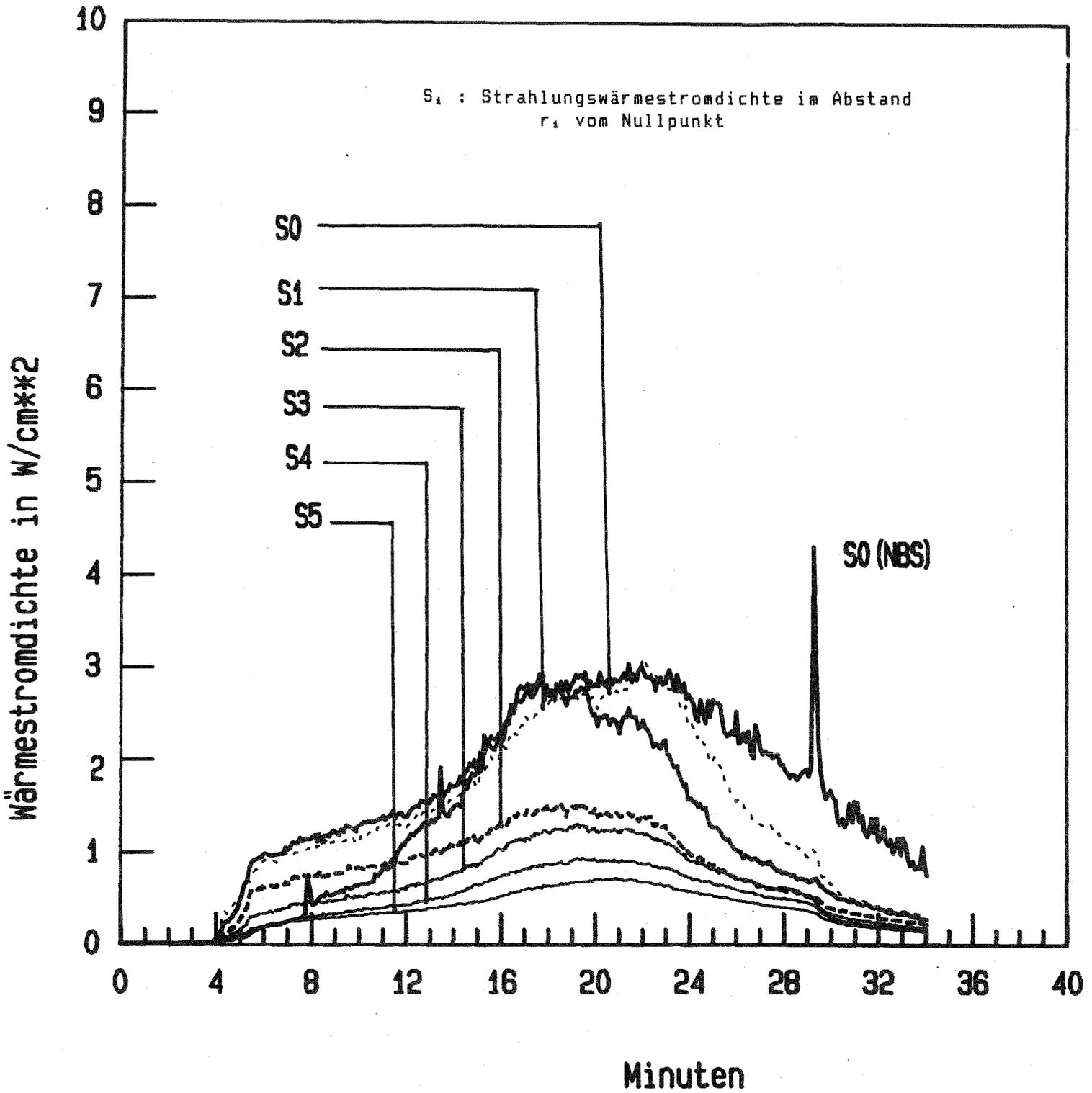


Abb. 7: Strahlungswärmestromdichten bei dem Nullversuch



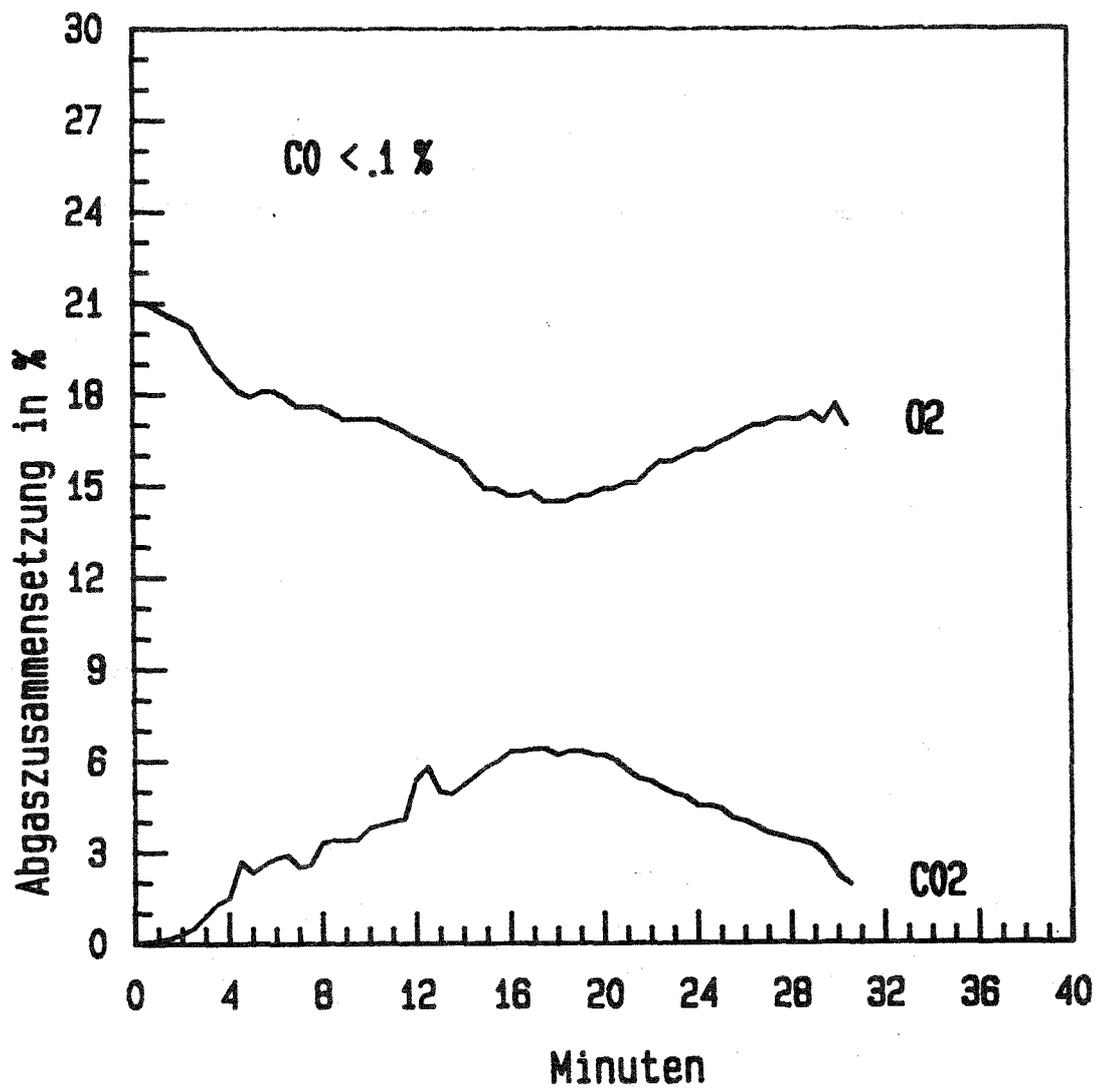


Abb. 10: O_2 -, CO und CO_2 -Anteile der Abgase beim Nullversuch

Beobachtungen während des Versuchs

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtung
0'	Zündung durch zwei mit je 20 ml Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen in der Mitte der Fichtenholzkrippe.
3'	Mäßige Rauchentwicklung.
5'	Einschalten der Zuluft (6000 m ³ /h). Flammen schlagen in den Brandraum und werden dort um ca. 1 m in Abzugsrichtung abgelenkt.
7'	Stapel zu 3/4 in Flammen. Flammenablenkung unter der Decke ca. 1,2 m
9'	Flammenablenkung unter der Decke ca. 2 m.
11'	Stapel vollständig in Flammen.
15'-17'	Flammenablenkung unter der Decke ca. 1,5 m
20'-29'	Stapel zerfällt teilweise. Flammen bis ca. 0,8 m über dem Boden.
32'	Der Stapel ist fast vollständig abgebrannt.
33'	Versuchsende.

4.1 Korridorversuch Nr. 1

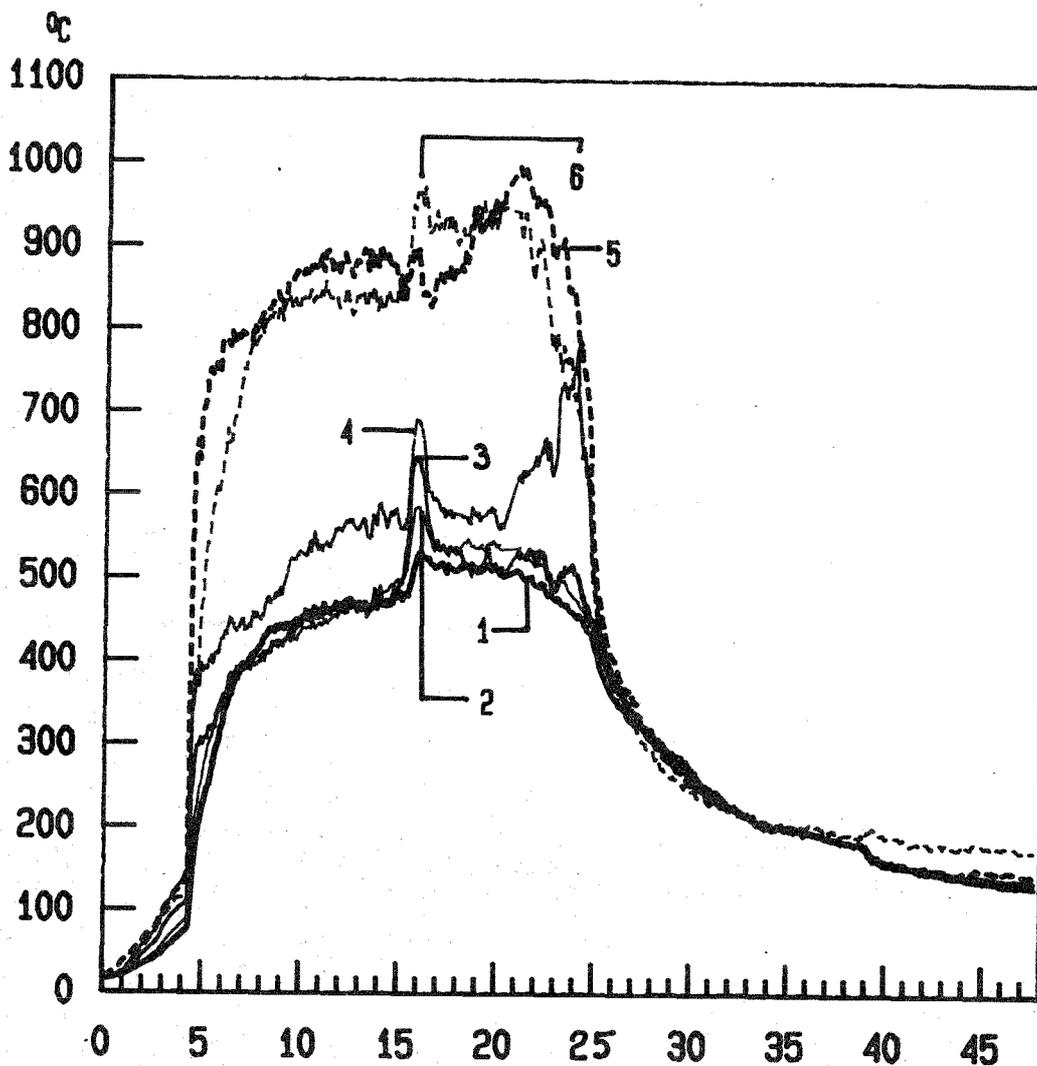
Als Versuchsmaterial wurde ein gewebter Veloursbodenbelag aus Polyamid mit einem Rücken aus Baumwolle, Jute sowie Polyamid mit PVA (Polyvinylazetat)-Appretur eingesetzt. Das Material wies im Radiant-Panel-Test eine kritische Bestrahlungsstärke von 0,46 W/cm² auf. Das Integral der Rauchdichte über die Versuchsdauer betrug beim Radiant-Panel-Test 34% x min. Der Versuch fand am 15.9.1986 statt.

Beobachtungen während des Versuchs

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtung
0'	Zündung durch zwei mit je 20 ml Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen in der Mitte der Fichtenholzkrippe.
4'	Mäßige Rauchentwicklung. Flammen schlagen gegen die Decke des Brandraumes.
5'	Einschalten der Zuluft (6000 m ³ /h). Flammen schlagen in den Korridor und werden dort um ca. 0,6 m in Abzugsrichtung abgelenkt.
7'	Stapel zu 3/4 seiner Höhe in Flammen. Flammenablenkung unter der Decke ca. 1,2 m.
9'	Flammenablenkung unter der Decke ca. 2 m.
13'	Flammenablenkung unter der Decke ca. 2,5 m.
14'	Stapel vollständig in Flammen. Herabfallende Glut schmilzt in den Bodenbelag ein und hinterläßt Brennflecke. Der Bodenbelag wird im Bereich der Flammenbeaufschlagung weich.
15'	Teppichboden brennt im Bereich der Flammenbeaufschlagung mit.
17'	Flammenfront passiert die 1,5 m-Marke. Höhe der Eigenflammen des Bodenbelags ca. 1,8 m.
17'-18'	Flammenablenkung unter der Decke ca. 1,5 m. Stapel zerfällt teilweise. Flammenablenkung unter der Decke geht auf ca. 1 m zurück. Stapel bis zu seiner halben Höhe zusammengefallen.
19'	Flammenfront passiert die 2,5 m Marke
32'	Der Stapel ist fast vollständig abgebrannt. Höhe der Eigenflammen des Bodenbelags ca. 1,5 m.
33'-47'	Brandgeschehen läßt nach. Nur noch ca. 1,5 m hohe Flammen der Krippe. Versuchsende. Nur noch vereinzelte Flammen im Bereich der 2,5 m-Marke.
48'	Versuchsende.

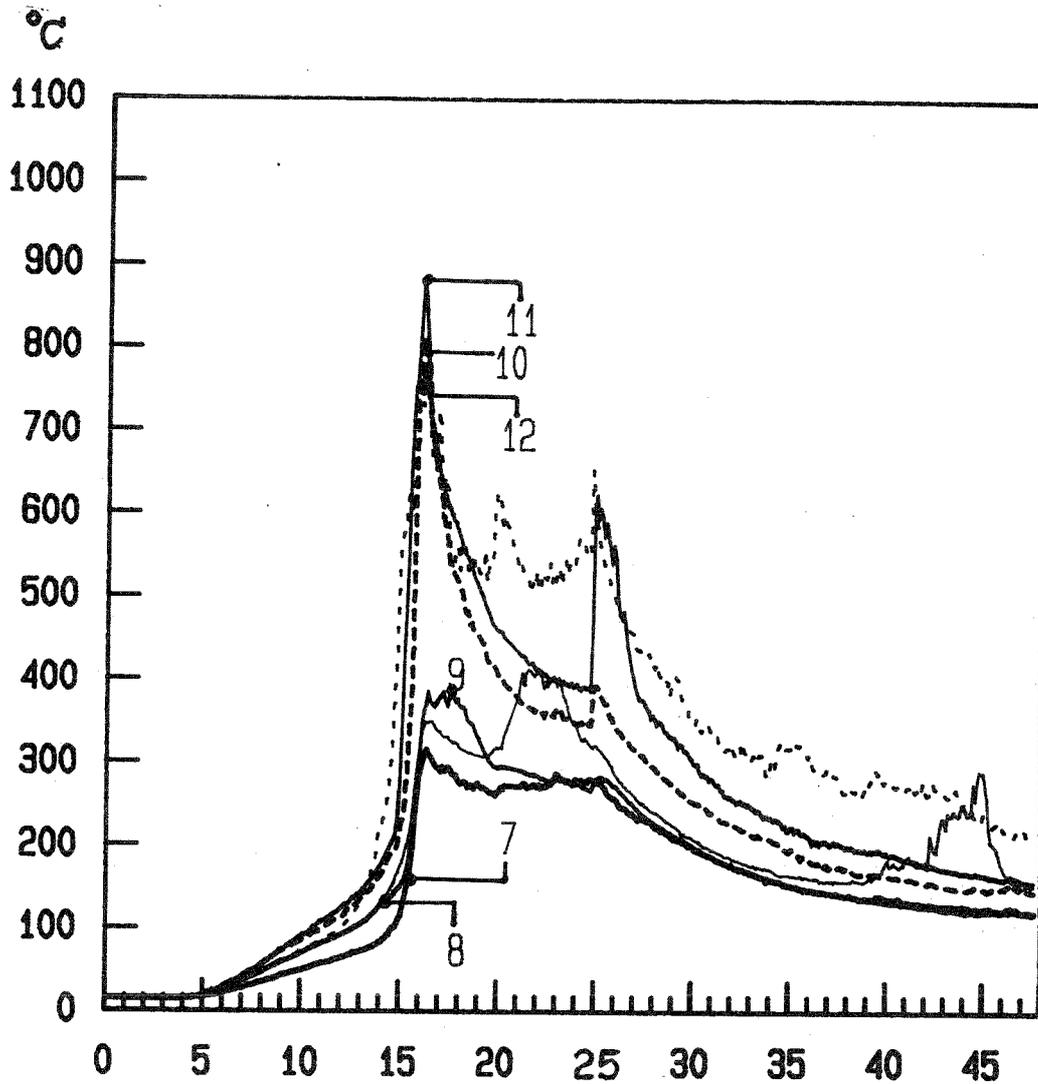
Beobachtungen nach dem Versuch

Der Bodenbelag ist bis zu einer Entfernung von ca. 1,2 m in beiden Richtungen vom Nullpunkt vollständig zerstört bzw. ausgebrannt. Daran schließt sich ein 1,5 m langer Bereich an, in dem der Teppich verkohlt bzw. geschmolzen ist. Von dort aus brannte der Bodenbelag nach dem Öffnen der Beobachtungstür auf zwei schmalen ca. 0,25 m breiten Streifen weiter. Die übrigen Bereiche waren an der Oberfläche gesintert.



Zeit/Mst (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.00	15.1	15.6	15.3	15.2	15.3	15.3	15.7	15.6	17.9	17.6	17.2	18.1
2.50	42.1	36.9	43.2	41.9	58.8	53.8	75.4	64.4	66.6	83.5	59.1	77.5
5.00	252.2	199.6	277.6	236.9	342.4	256.6	527.4	246.1	684.1	721.3	383.6	566.5
7.50	442.4	370.3	431.2	370.2	424.4	374.7	510.9	405.4	827.1	782.0	738.5	829.8
10.00	487.6	415.6	469.0	398.0	471.9	411.6	592.5	468.3	884.6	843.7	784.8	886.1
12.55	501.5	436.7	483.7	442.1	487.3	462.1	635.1	505.0	860.3	863.9	775.1	857.3
15.05	508.2	455.9	524.6	465.9	520.9	474.6	611.4	508.3	882.9	788.9	845.3	890.6
17.55	545.7	485.8	557.4	503.7	543.4	512.4	608.4	547.6	935.5	815.7	908.3	971.2
20.05	538.6	484.7	560.2	516.6	525.0	500.3	614.1	516.7	993.5	907.7	873.8	1001.0
23.20	493.3	455.3	505.6	485.8	523.6	484.6	755.8	680.8	807.2	988.5	702.6	847.6
25.70	377.0	363.4	388.3	387.4	395.7	394.1	413.6	396.1	422.0	426.3	401.7	387.7
28.20	309.6	297.2	315.0	307.1	308.9	300.2	313.6	284.5	312.8	295.5	301.2	264.5
30.70	251.4	245.3	256.8	250.0	246.5	241.6	255.6	232.4	254.2	233.2	259.2	217.8
33.20	213.9	209.7	217.9	212.6	216.7	208.6	224.6	200.7	223.1	208.0	230.3	198.0
35.70	198.9	194.2	201.3	196.3	202.2	193.0	208.0	189.9	207.9	196.0	219.2	191.7
38.20	186.1	182.0	188.6	184.1	185.4	181.7	191.9	175.3	192.7	170.7	212.2	176.8
40.70	161.6	157.2	158.0	157.9	159.1	154.2	164.7	143.8	179.0	140.3	202.2	181.2
43.20	143.1	143.9	148.5	147.8	152.1	144.8	155.7	135.1	169.0	131.7	191.2	169.3

Abb. 11: Temperaturverlauf unter der Decke bei Versuch Nr.1



Zeit/Mst (min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.00	14.4	14.5	14.5	14.6	14.5	14.5	14.4	14.5	14.4	14.5	14.5	14.2
2.50	14.8	14.8	14.7	14.8	14.7	14.8	14.7	14.8	14.6	14.8	14.9	14.6
5.00	17.1	17.3	18.2	18.4	19.6	19.6	20.2	20.0	19.6	21.0	22.2	18.7
7.50	30.0	32.3	38.7	40.5	44.0	43.4	51.2	46.6	48.6	52.5	54.3	35.0
10.00	46.0	52.6	69.0	69.9	75.6	67.3	90.7	79.9	87.8	94.2	92.0	54.2
12.55	65.8	72.2	99.2	99.4	106.9	93.2	133.0	118.0	127.6	143.9	131.4	90.0
15.05	116.2	116.3	167.1	181.8	171.8	133.1	251.1	195.8	316.1	265.5	230.7	877.1
17.55	300.0	284.2	335.0	320.0	489.2	269.0	521.2	557.9	660.5	556.0	470.7	644.8
20.05	271.8	258.9	344.4	290.0	358.2	233.4	416.0	395.5	478.0	442.0	526.9	729.7
23.20	292.9	273.6	502.8	304.8	314.7	247.3	372.4	345.7	410.1	390.2	353.6	719.9
25.70	263.2	259.8	316.3	291.3	301.8	259.3	379.5	351.8	423.8	727.1	391.7	658.8
28.20	221.9	224.6	244.4	237.4	245.8	208.5	291.3	290.5	329.4	364.1	315.1	531.5
30.70	188.3	193.1	202.7	195.6	206.9	178.3	249.2	246.2	280.9	292.9	259.7	415.2
33.20	165.9	168.7	178.4	177.1	180.5	155.2	214.5	212.7	251.5	244.6	246.2	371.8
35.70	144.8	150.9	162.1	163.5	165.3	136.9	185.4	190.9	223.4	212.4	242.4	400.0
38.20	139.5	142.7	153.4	163.9	155.2	127.8	167.8	175.1	206.0	196.3	227.8	314.5
40.70	136.6	137.2	144.7	206.1	146.7	117.9	170.6	155.8	190.6	186.7	258.2	295.4
43.20	129.7	128.7	136.4	347.2	141.3	110.1	161.9	142.3	179.9	167.4	240.6	281.5
45.70	125.1	123.8	131.9	264.0	141.1	105.3	157.7	139.4	169.8	159.6	208.9	248.7

Abb. 12: Temperaturverlauf in Bodennähe bei Versuch Nr.1

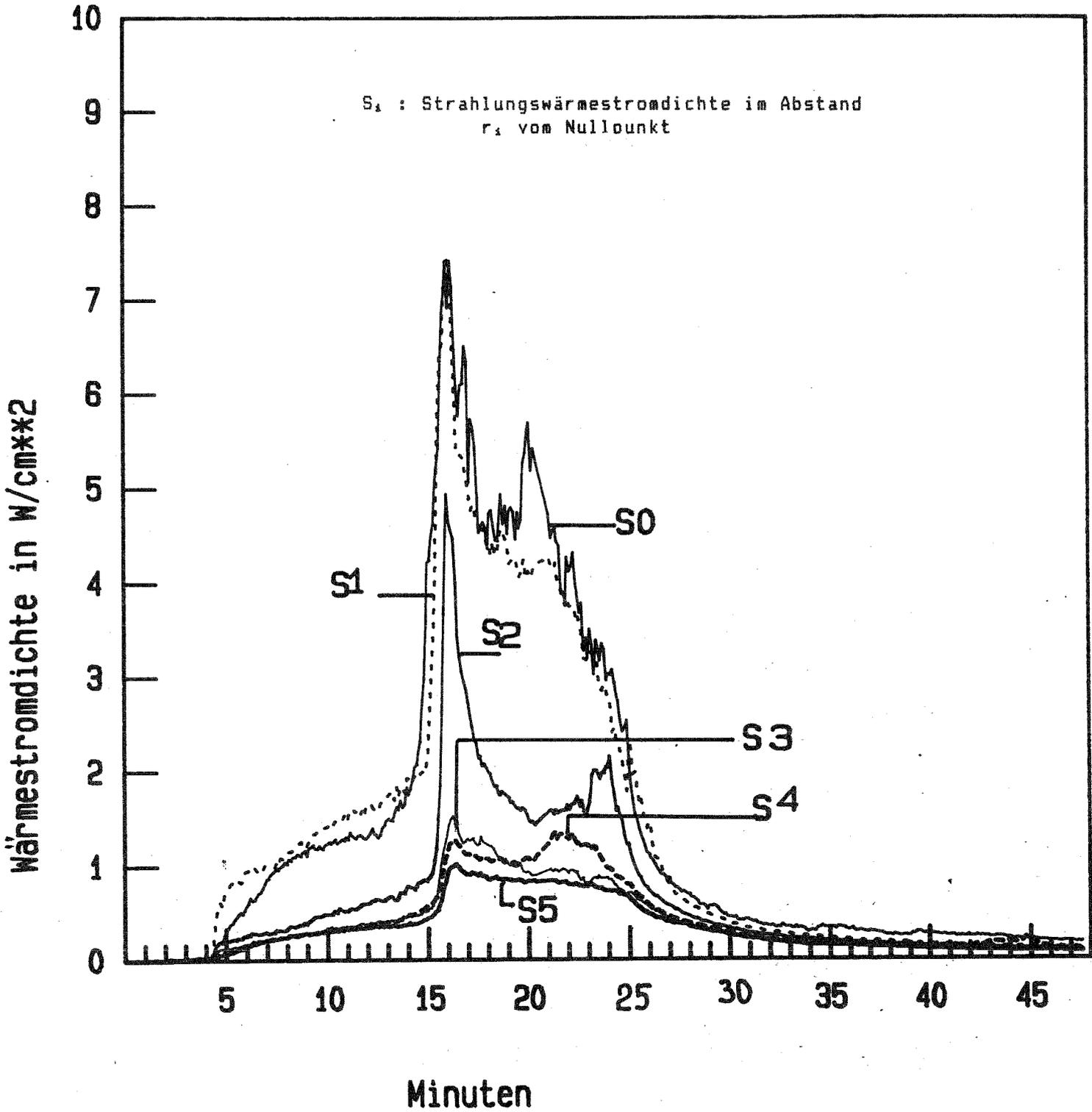


Abb.13: Wärmestromdichten bei Versuch Nr. 1
(Q_0 ausgefallen)

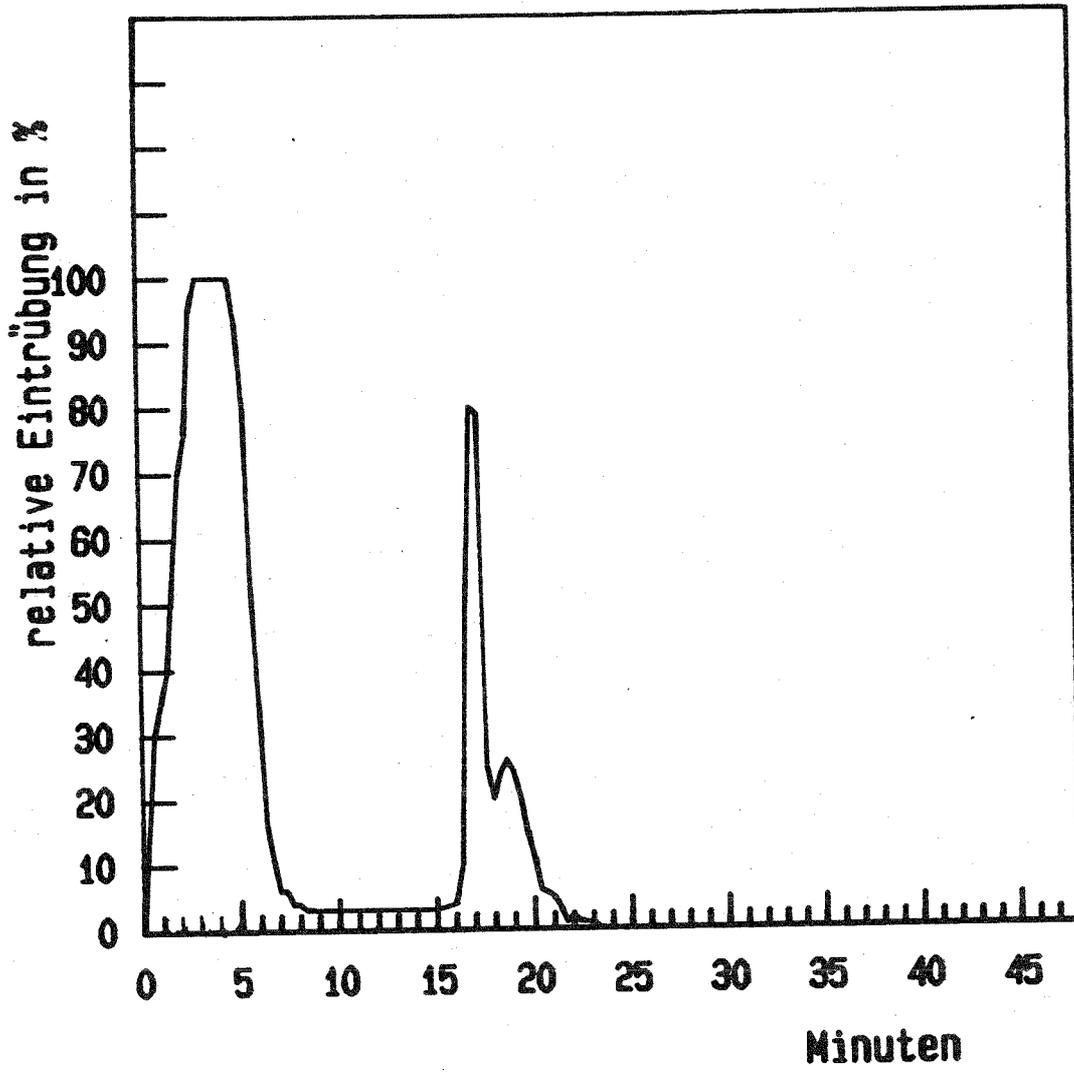


Abb.14: Relative Eintrübung (%) beim Versuch Nr. 1

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49

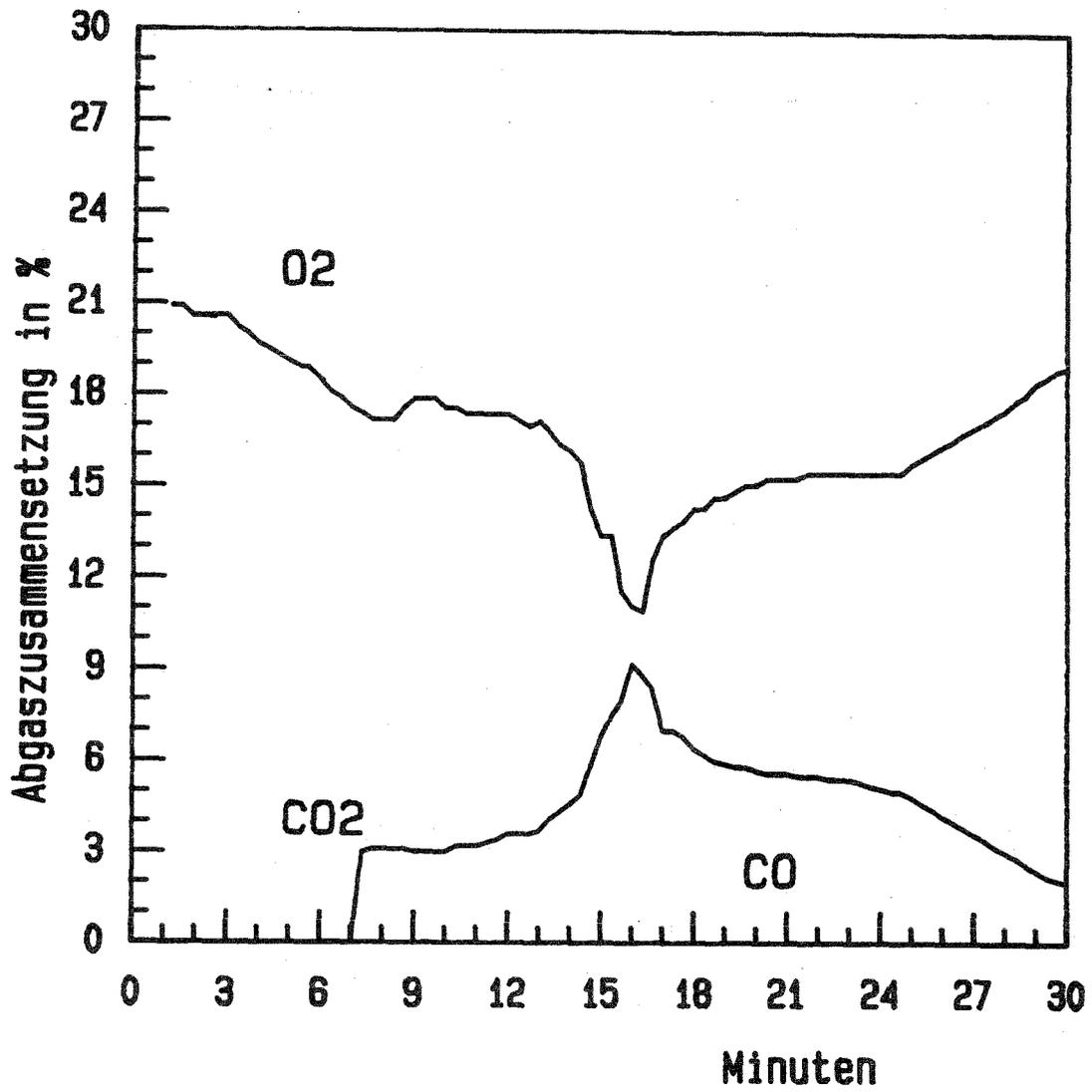
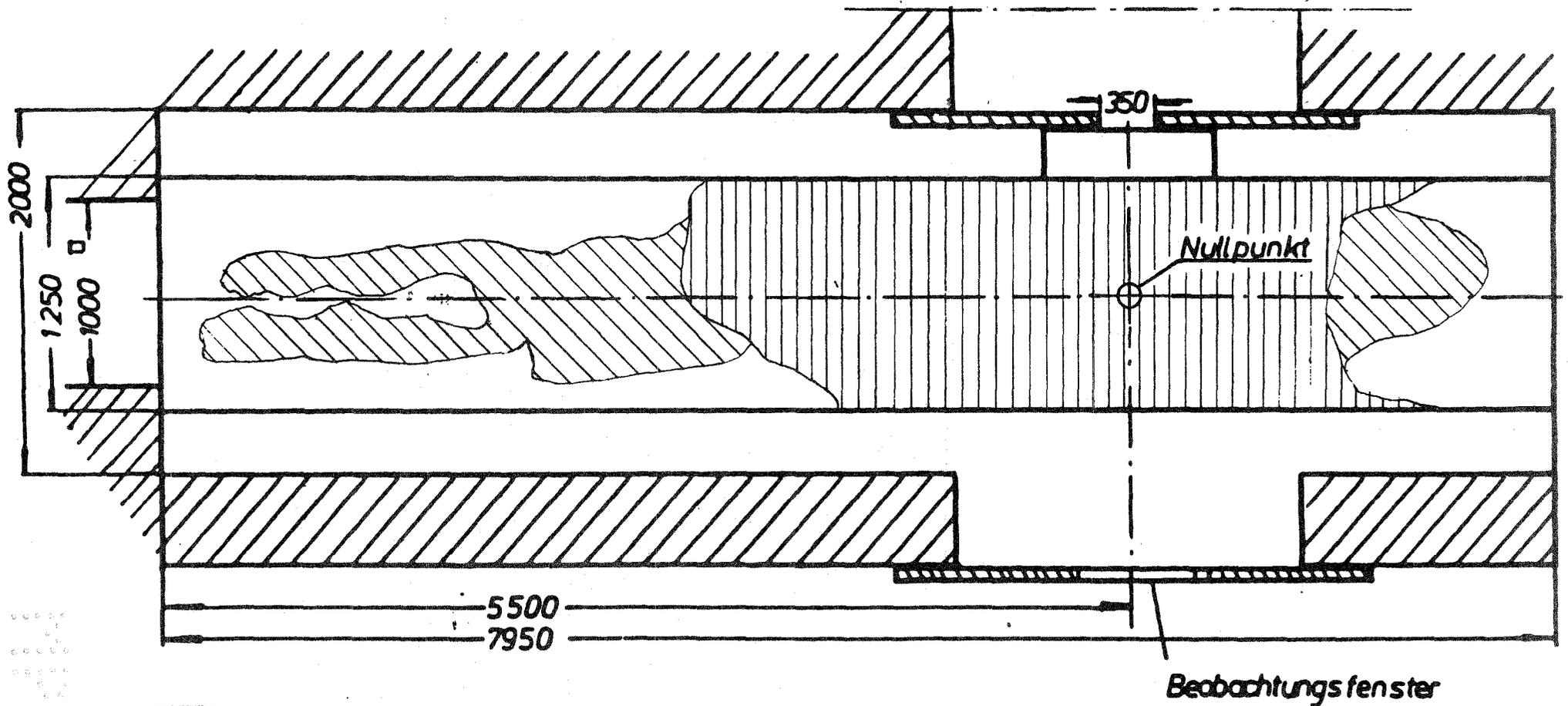


Abb.15: O₂-, CO und CO₂-Anteile der Abgase bei Versuch Nr.1



-  Belag völlig zerstört
-  Belag völlig zerstört; Asche und Gewebereste bedecken die Auflagefläche
-  Belagsoberfläche gesintert; Geweberücken vollständig erhalten

Abb. 16: Skizze der Zerstörungen des Bodenbelags bei Versuch Nr.1

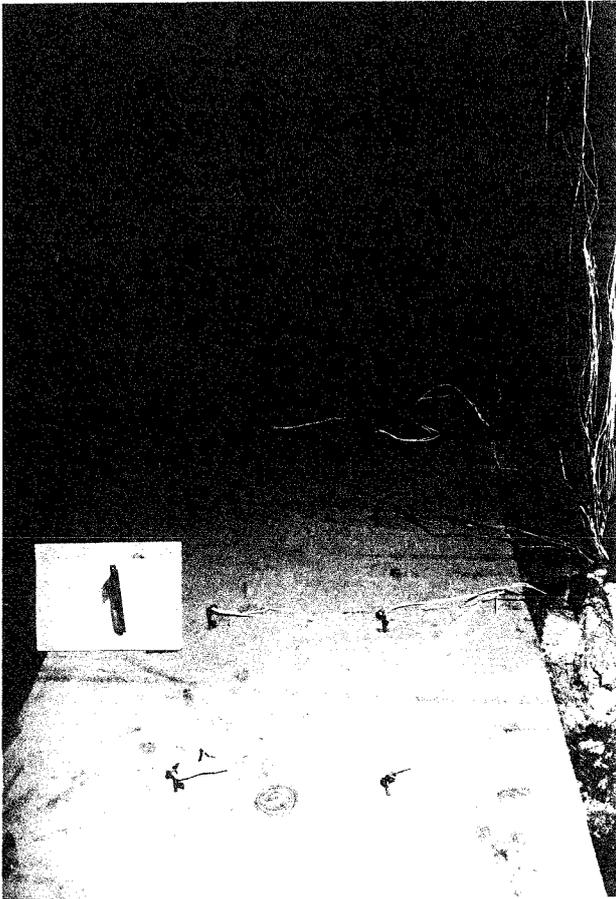


Abb.17: Versuchsanordnung
vor dem Versuch
Nr.1

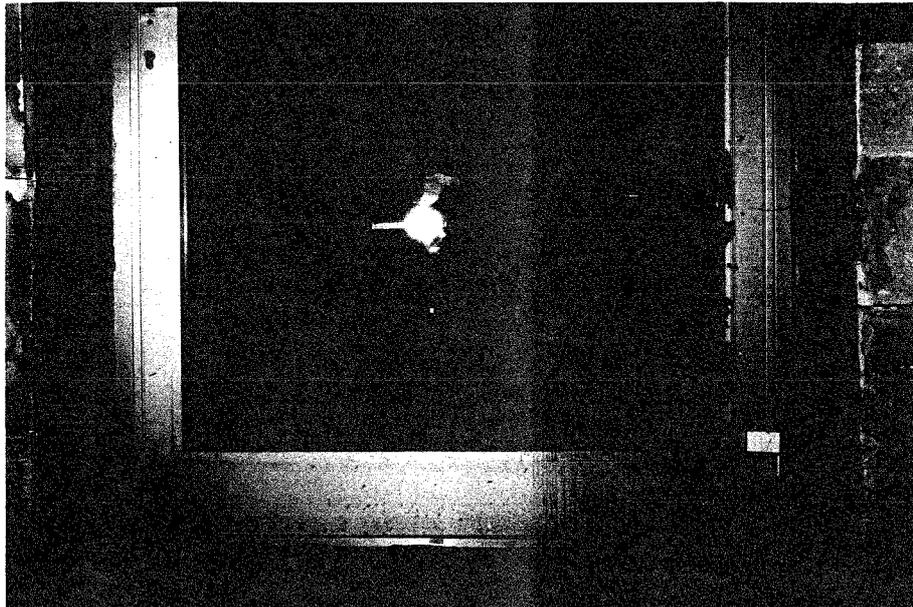


Abb. 18: Sicht durch die Beobachtungstür auf die
Versuchsanordnung vor dem Versuch Nr. 1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



Abb. 19: Zerstörung der Probe in Abzugsrichtung nach dem Versuch Nr. 1

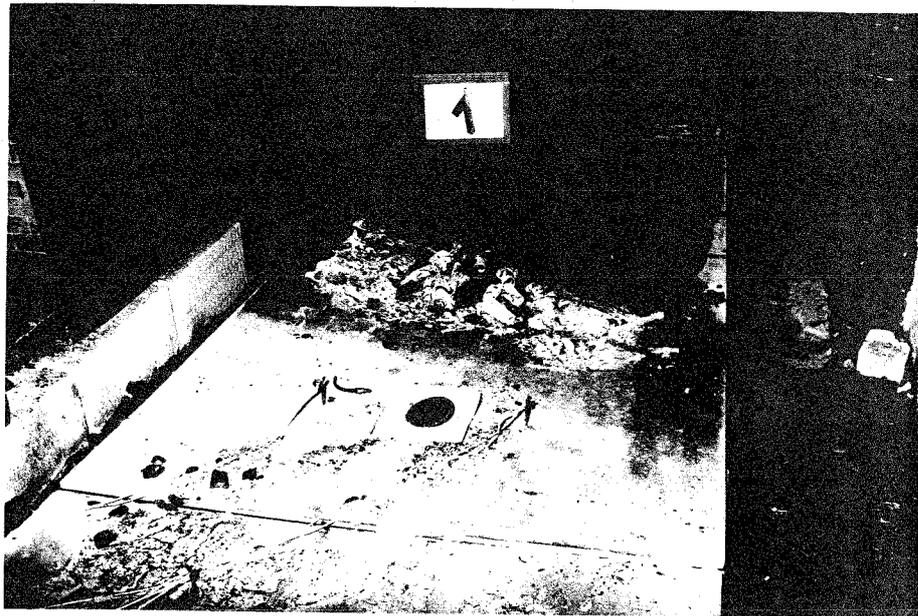


Abb.20: Zerstörungen der Probe im Bereich der Rauchgaseintrittsöffnung

4.2 Korridorversuch Nr. 2

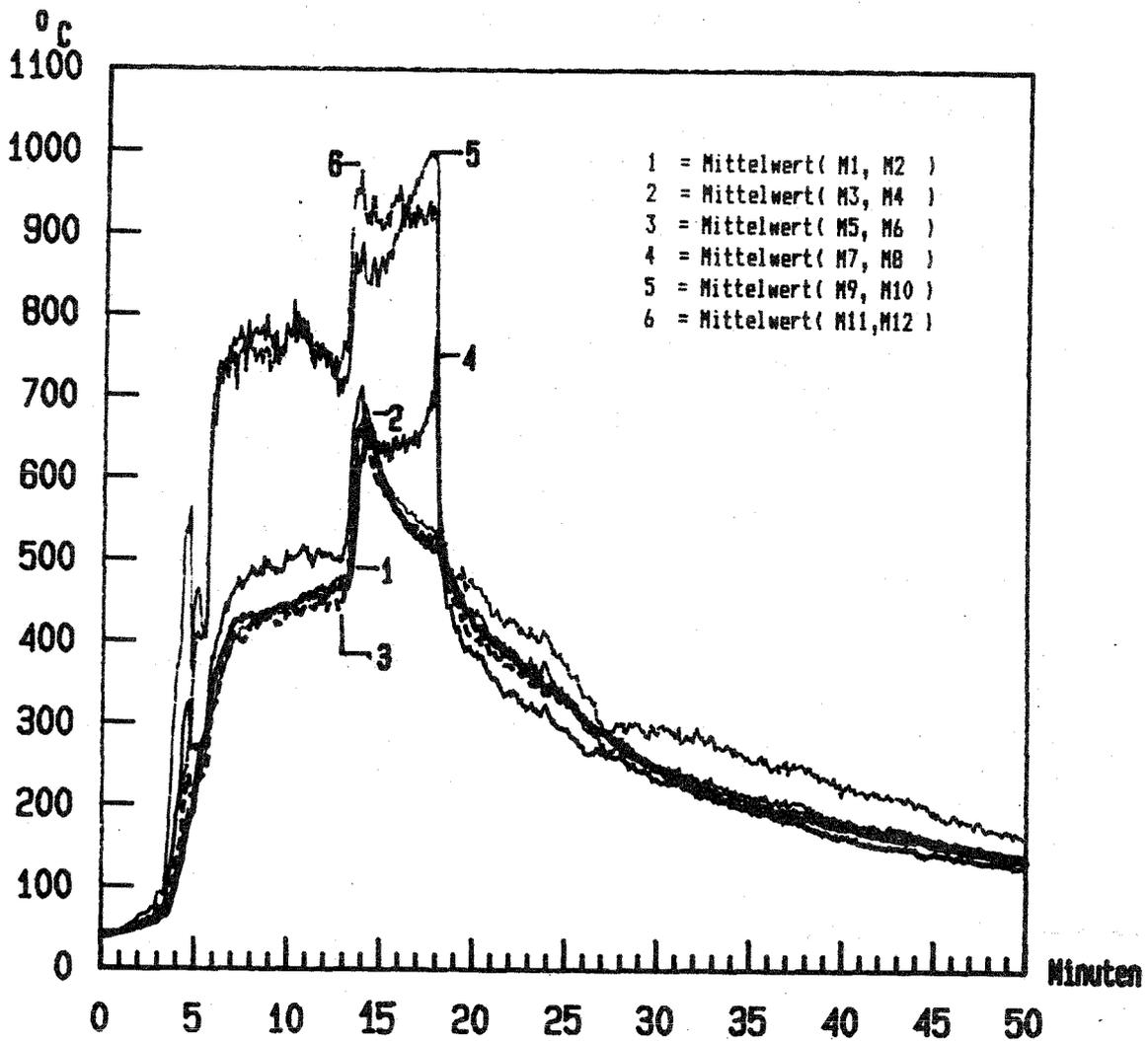
Als Versuchsmaterial wurde ein gewebter Veloursbodenbelag mit einem Pol aus Polyamid und mit einem Rücken aus Mischgewebe mit Synthese-Latex Appretur eingesetzt. Das Material wies im Radiant-Panel-Test eine kritische Bestrahlungsstärke von $0,49 \text{ W/cm}^2$ auf. Das Integral der Rauchdichte über die Versuchsdauer betrug beim Radiant-Panel-Test $278\% \times \text{min}$. Der Versuch fand am 15.9.1986 statt.

Beobachtungen während des Versuchs

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtung
0'	Zündung durch zwei mit je 20 ml Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen in der Mitte der Fichtenholzkrippe.
4'	Mäßige Rauchentwicklung. Flammen schlagen gegen die Decke des Brandraumes.
5'	Einschalten der Zuluft ($6000 \text{ m}^3/\text{h}$). Flammen schlagen in den Korridor und werden dort um ca. 0,8 m in Abzugsrichtung abgelenkt.
7'	Stapel zu 3/4 seiner Höhe in Flammen. Flammenablenkung unter der Decke ca. 1,2 m. Herabfallende Glut schmilzt in den Bodenbelag ein und hinterläßt Brennflecke.
11'	Bodenbelag beginnt zu sintern und wölbt sich auf. Starke Verwerfungen des Bodenbelags im Bereich des Flammeneintritts im Korridor.
12'	Flammenablenkung unter der Decke ca. 2 m. Gesinterte Fläche im Bereich des Nullpunkts ca. $1,5 \text{ m}^2$. Krippe vollständig in Flammen. Geringe Rauchentwicklung des Bodenbelags im Bereich des Nullpunkts.
14'	Bodenbelag zündet. Ca. $0,3 \text{ m}^2$ des Belages brennen im Bereich des Nullpunkts mit.
14'30"	Ca. 1 m^2 des Bodenbelags brennen mit. Belag schäumt auf. Höhe der Eigenflammen des Bodenbelages ca. 2 m. Starke Rauchentwicklung. Zunehmende Flammenausbreitung. Flammenfront passiert die 3 m-Marke.
16'	Höhe der Eigenflammen des Bodenbelags nimmt auf ca. 30 cm ab. Im Bereich des Nullpunkts sind ca. 1 m^2 vollständig verbrannt.
17'	Nur noch einzelne Flammen im Bereich der 2 m-Marke mit einer Höhe von ca. 30 cm.
18'-21'	Vor dem Nullpunkt brennt der Bodenbelag bis auf einen kleinen Bereich mit. Flammenhöhe ca. 50 cm.
22'	Stapel fällt zur Hälfte zusammen. Nur noch vereinzelte Flammen von 10 cm Höhe vor dem Nullpunkt.
31'	Versuchsende.

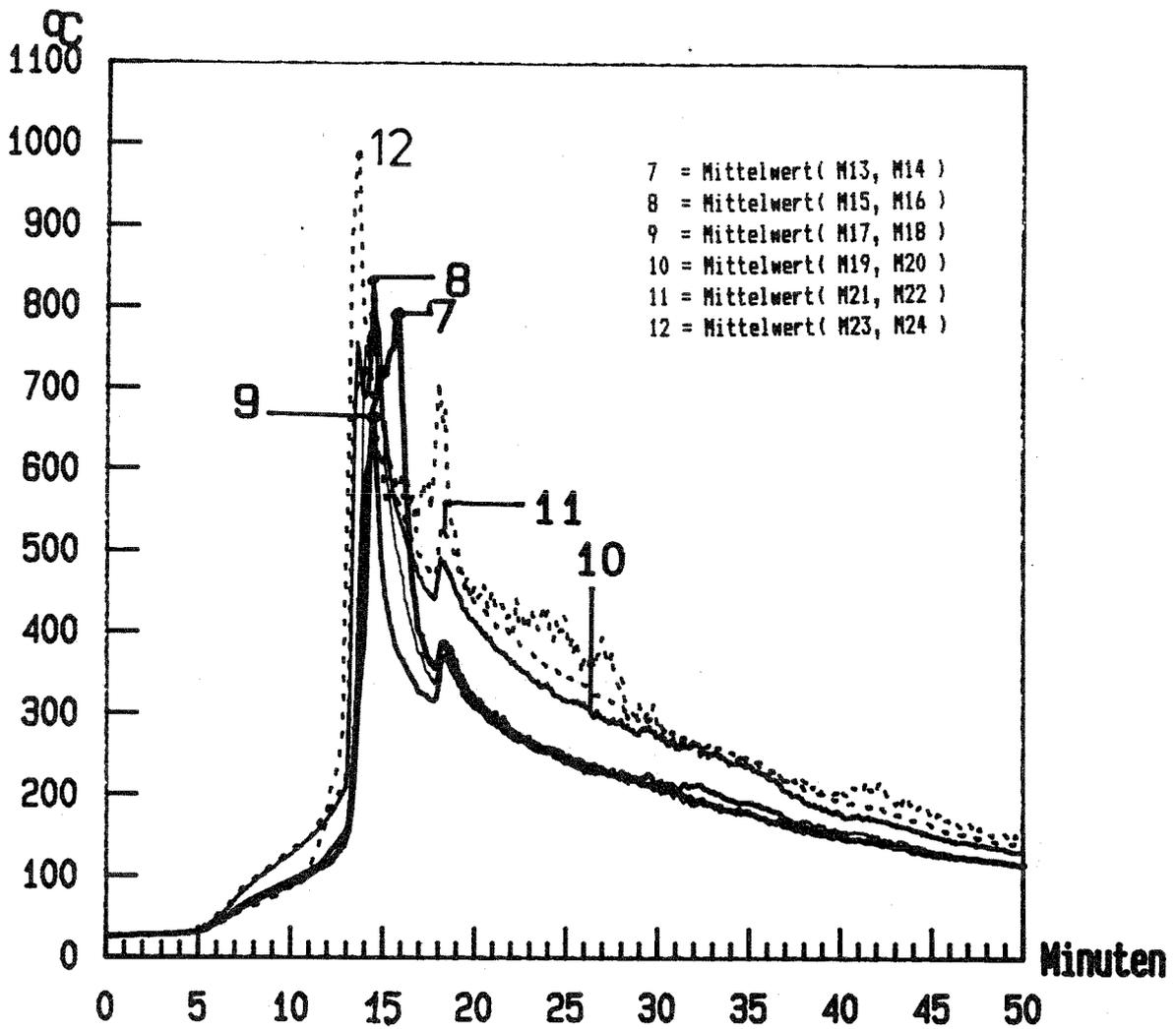
Beobachtungen nach dem Versuch

Der Bodenbelag war bis auf zwei kleinere Flächen an den Belagsenden, auf denen die Oberfläche gesintert war, weitgehend zerstört.



Zeit/Mst (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.00	40.8	42.5	44.1	42.9	44.1	44.1	45.8	43.0	39.8	34.6	50.8	38.6
2.50	54.9	52.1	55.7	53.0	55.3	51.5	58.9	55.4	63.9	72.0	58.4	60.8
5.00	239.2	191.5	221.3	185.9	244.4	187.0	320.3	224.2	430.1	485.7	339.5	460.6
7.50	462.1	401.8	445.4	385.9	418.9	378.9	493.0	434.7	877.9	648.2	703.1	838.2
10.00	468.6	416.4	462.5	417.2	450.3	416.6	530.3	468.9	876.7	666.8	699.8	855.8
12.50	490.9	436.3	497.5	442.2	467.0	422.3	521.8	480.4	837.0	616.9	700.3	797.1
15.00	611.0	593.7	614.9	599.9	605.0	581.3	662.0	603.7	959.7	770.2	862.4	947.6
17.50	527.9	505.9	544.8	532.3	541.9	510.6	712.1	660.3	998.0	1002.2	874.4	1002.0
20.00	420.8	420.4	420.4	427.6	409.5	399.2	401.3	371.1	453.1	416.6	471.1	465.3
22.50	377.2	367.9	369.1	375.5	362.3	361.6	356.6	299.1	393.9	351.2	413.2	410.3
25.00	329.8	325.6	332.0	328.5	324.5	320.1	319.4	269.7	356.3	316.7	375.0	369.4
27.50	283.9	277.8	290.1	284.8	291.6	281.8	285.6	242.3	285.5	252.1	317.8	268.2
30.00	243.5	243.5	250.7	249.2	251.8	245.4	257.8	212.0	275.5	222.5	311.2	266.5
32.50	219.6	220.7	228.6	227.4	227.0	221.5	231.6	195.1	262.7	198.6	295.3	278.5
35.00	199.7	200.3	208.4	205.0	208.0	203.4	211.5	187.1	241.6	186.6	271.6	244.8
37.50	191.3	186.3	200.5	192.8	199.9	191.7	203.2	166.6	236.9	173.9	256.3	241.2
40.00	174.7	171.1	186.4	179.0	184.7	176.8	176.4	155.0	193.7	162.6	223.9	204.7
42.50	166.2	158.6	175.8	165.5	173.6	161.8	161.0	139.8	198.8	151.2	216.6	216.4
45.00	155.3	149.8	163.5	154.8	165.6	154.5	153.9	131.8	175.8	145.7	197.9	193.0
47.50	144.9	142.3	151.6	147.1	155.0	146.5	144.0	124.4	167.9	132.0	170.3	181.2

Abb.21 : Temperaturverlauf unter der Decke bei Versuch Nr.2



7 = Mittelwert(M13, M14)
 8 = Mittelwert(M15, M16)
 9 = Mittelwert(M17, M18)
 10 = Mittelwert(M19, M20)
 11 = Mittelwert(M21, M22)
 12 = Mittelwert(M23, M24)

Zeit/Mst (min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.00	24.6	24.5	24.7	25.1	25.4	26.5	25.9	27.4	24.6	26.7	23.8	23.9
2.50	27.6	27.4	27.4	27.9	27.3	28.2	27.1	28.0	26.4	27.5	26.2	26.2
5.00	31.4	30.8	30.6	31.5	31.6	30.9	32.8	32.9	31.6	33.3	28.3	28.1
7.50	67.2	58.6	66.0	66.5	75.4	57.0	83.3	82.7	85.2	91.5	54.5	60.1
10.00	91.1	85.3	96.8	95.3	109.8	77.8	127.3	126.2	135.8	126.3	81.2	89.5
12.50	137.2	119.0	145.4	138.7	163.1	115.4	188.0	187.1	195.1	201.1	241.4	216.7
15.00	722.9	707.4	714.1	626.1	571.9	367.9	635.7	674.3	656.3	661.9	595.4	585.0
17.50	353.4	379.2	323.2	374.7	366.5	273.0	451.8	447.9	489.3	466.4	600.5	564.1
20.00	307.2	327.5	313.6	307.8	346.9	270.2	423.1	407.3	440.9	433.2	455.4	457.3
22.50	263.7	281.1	271.1	265.1	304.8	231.2	363.0	350.9	390.8	379.5	419.9	428.5
25.00	237.8	253.7	242.2	236.7	270.7	210.8	324.3	313.8	353.4	342.1	409.5	421.7
27.50	228.3	235.1	232.0	227.2	250.2	200.3	301.6	277.4	320.9	309.7	363.9	388.4
30.00	205.1	215.5	213.1	205.7	239.2	188.5	285.9	257.8	291.2	280.3	276.7	300.2
32.50	189.7	196.3	195.4	179.6	241.7	179.7	262.9	249.3	268.8	250.3	239.5	249.6
35.00	172.4	183.0	195.5	164.0	228.0	155.5	240.3	237.3	251.5	247.9	245.6	247.9
37.50	152.3	163.9	182.0	152.4	200.6	134.3	199.7	200.4	212.3	216.9	219.3	219.6
40.00	141.8	153.0	166.9	144.4	176.6	125.6	177.6	179.5	197.9	194.4	208.9	216.1
42.50	138.5	142.1	155.0	135.9	166.7	118.5	168.4	171.0	184.6	177.8	199.0	207.5
45.00	122.9	131.6	143.5	120.2	150.4	109.3	150.5	153.4	166.3	162.4	165.9	178.6
47.50	120.0	125.3	133.4	115.6	139.3	106.1	142.1	138.3	153.7	142.5	152.4	162.2

Abb.22: Temperaturverlauf in Bodennähe bei Versuch Nr.2

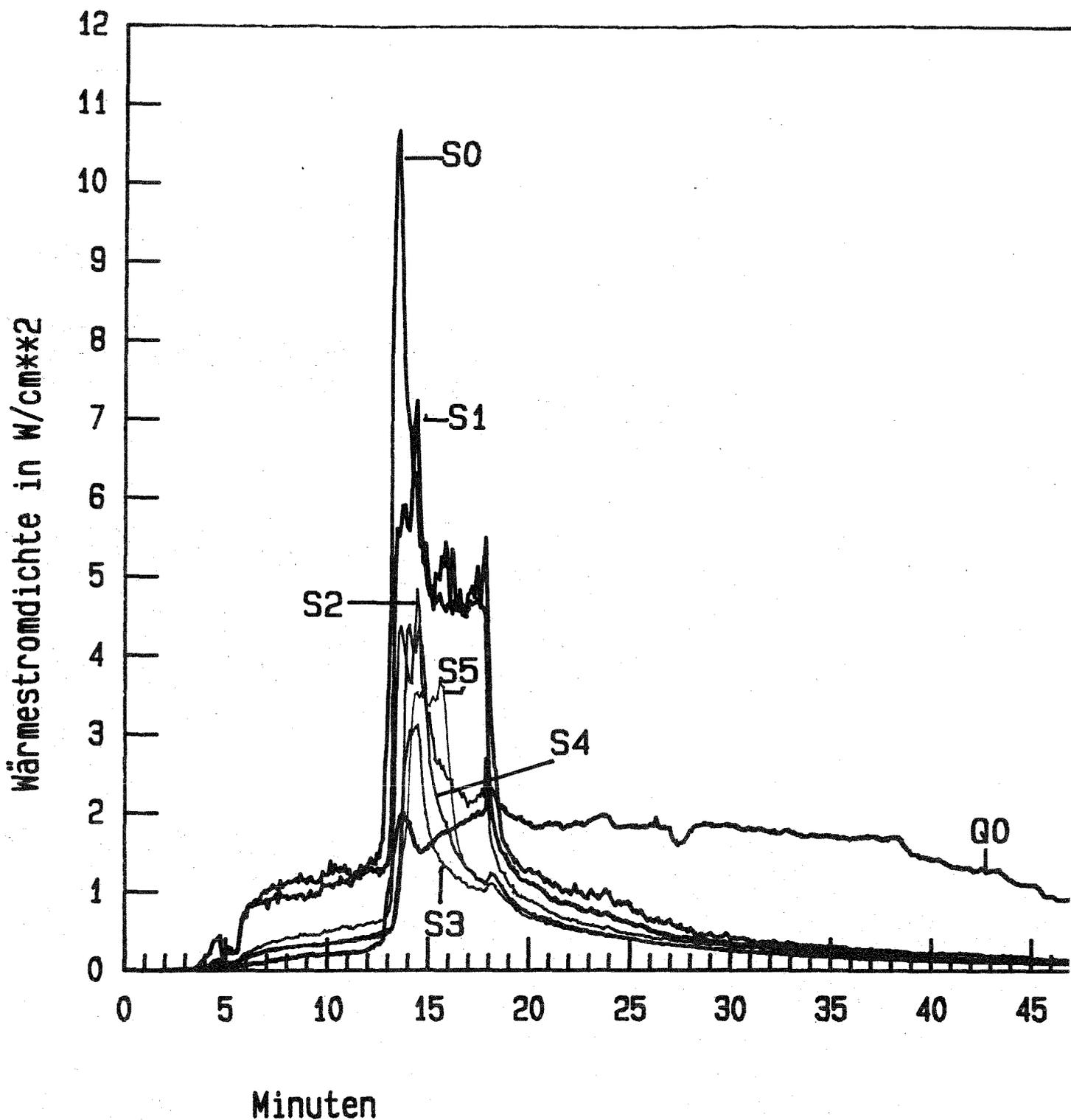


Abb.23: Wärmestromdichten bei Versuch Nr. 2

Q_0 : Gesamtwärmestromdichte im Nullpunkt

Abschattung von Q_0 durch aufwölbenden Bodenbelag

S_i : Strahlungswärmestromdichte im Abstand

Wegen Ausfall des Maurergerätes konnte bei Versuch Nr. 2 die relative Eintrübung nur aufgrund der Beobachtung des Rauchaustritts am Schornstein geschätzt werden:

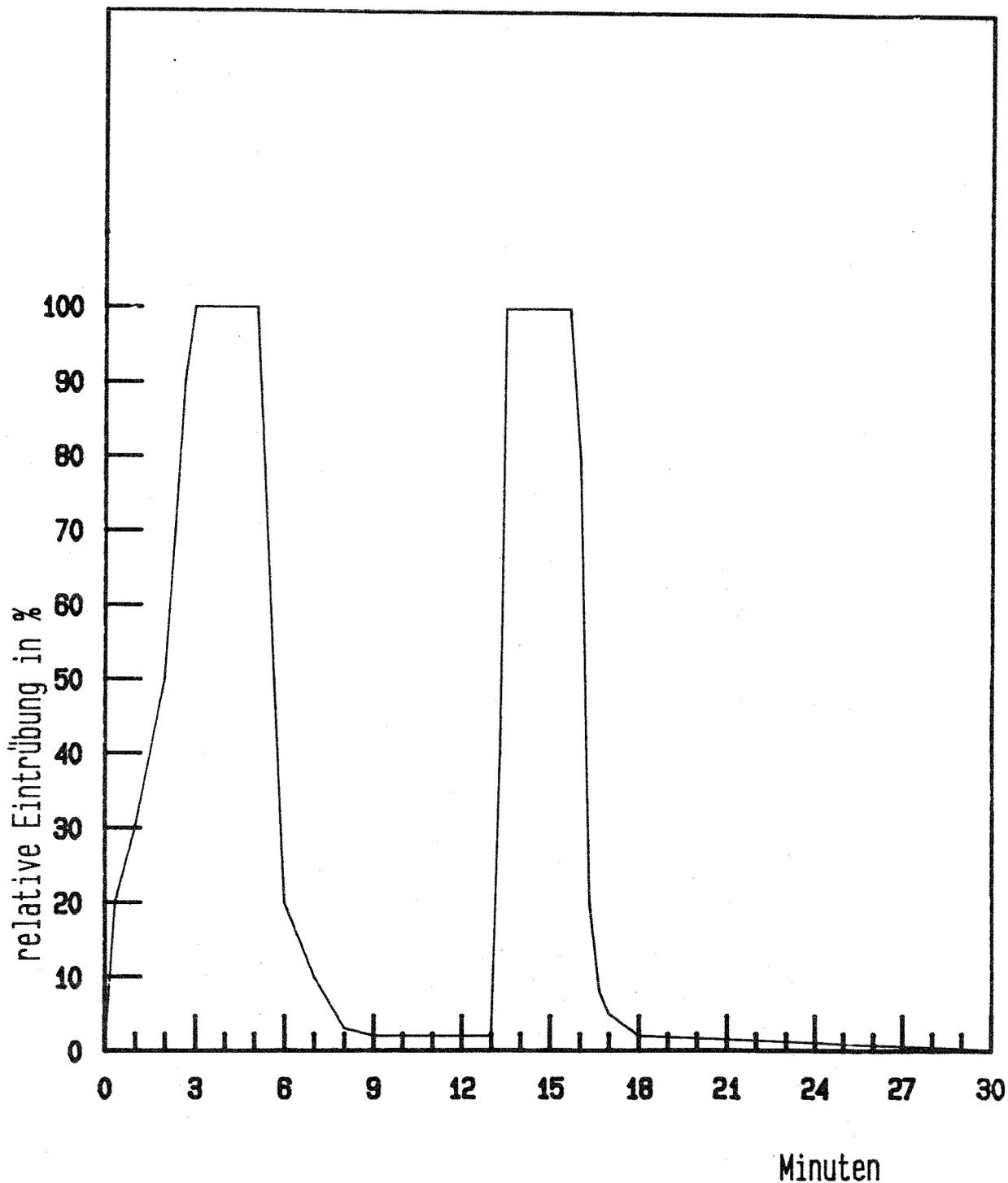


Abb. 24 : relative Eintrübung in % (geschätzt)

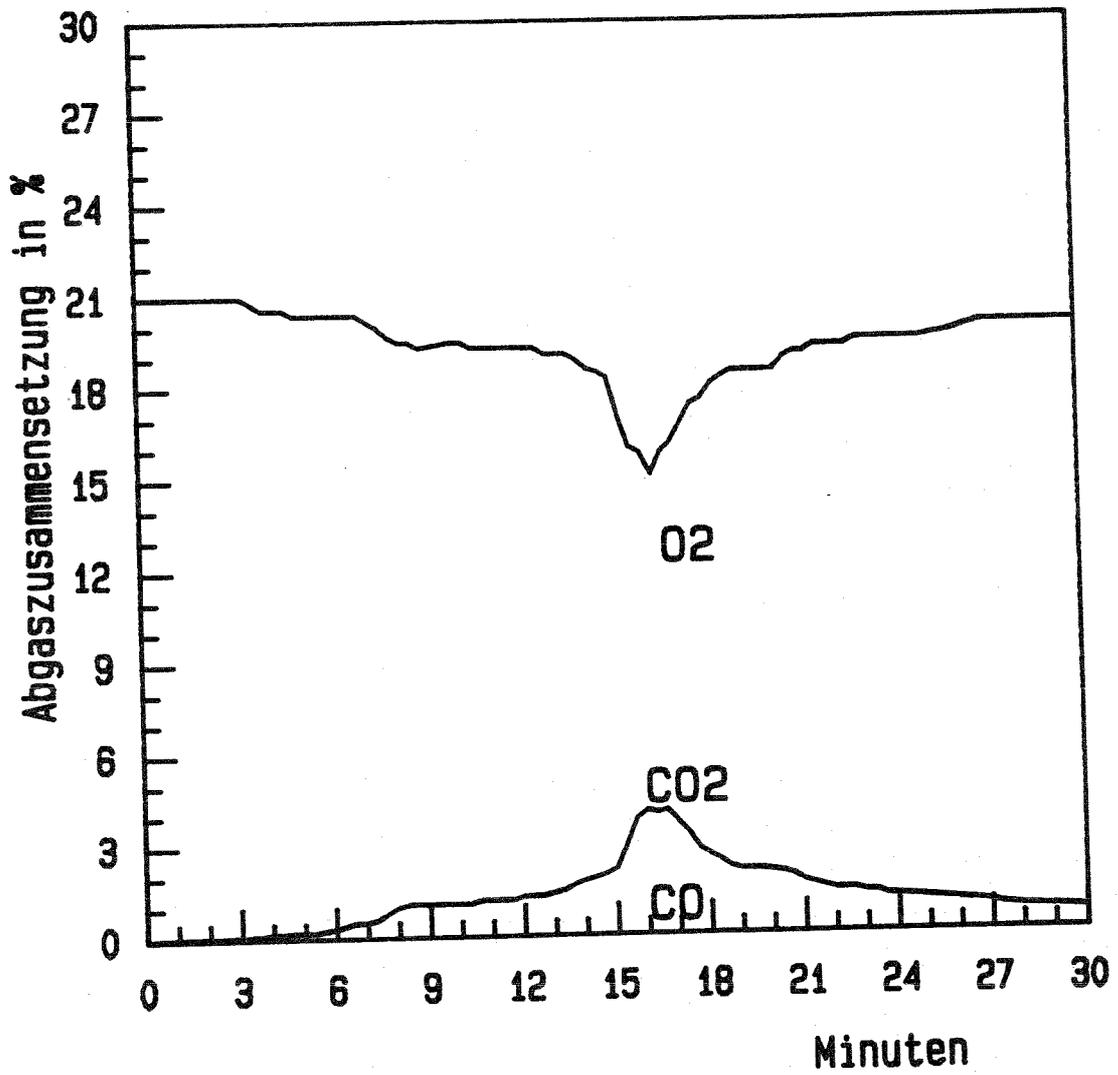
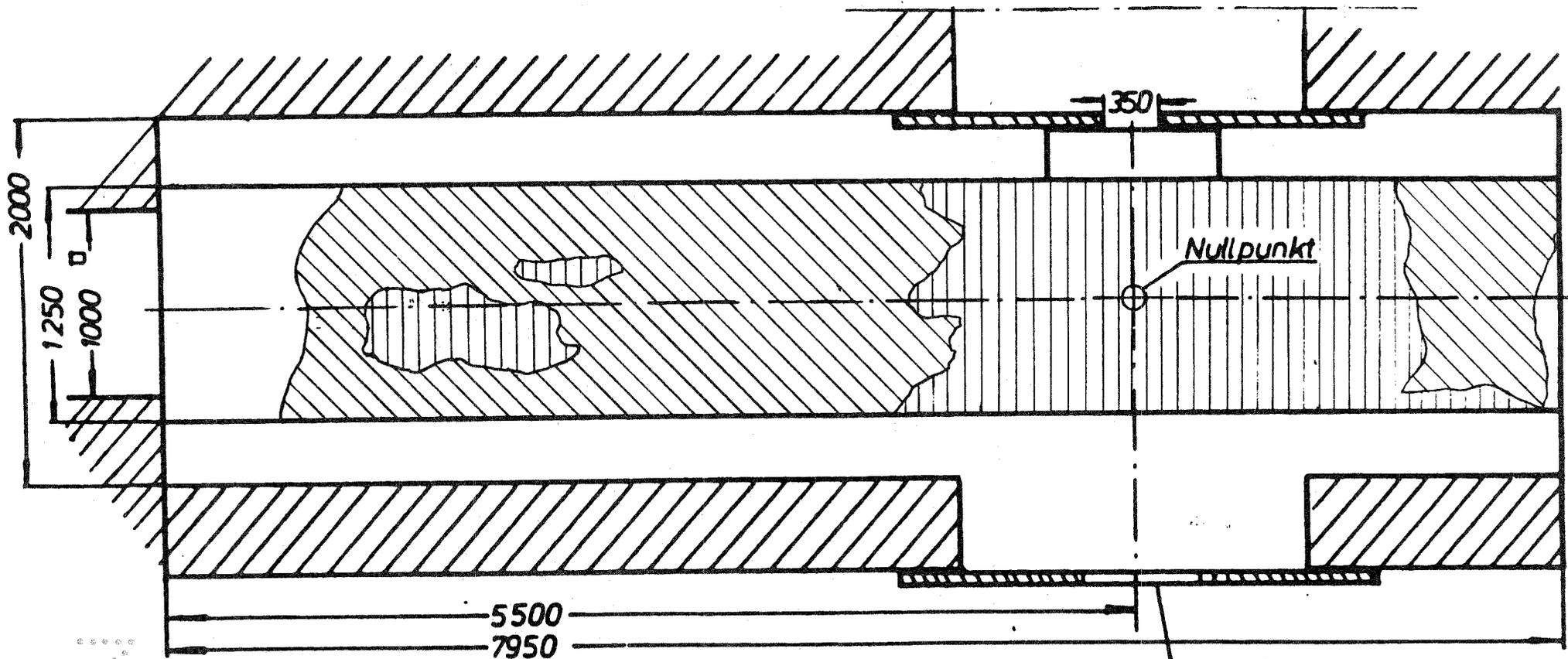


Abb. 25: O₂-, CO und CO₂-Anteile der Abgase bei Versuch Nr.2



-  Belag völlig zerstört
-  Belag völlig zerstört; Asche und Gewebereste bedecken die Auflagefläche
-  Belagsoberfläche gesintert; Geweberücken vollständig erhalten

Beobachtungsfenster

Abb. 26: Skizze der Zerstörungen des Bodenbelags bei Versuch Nr.2

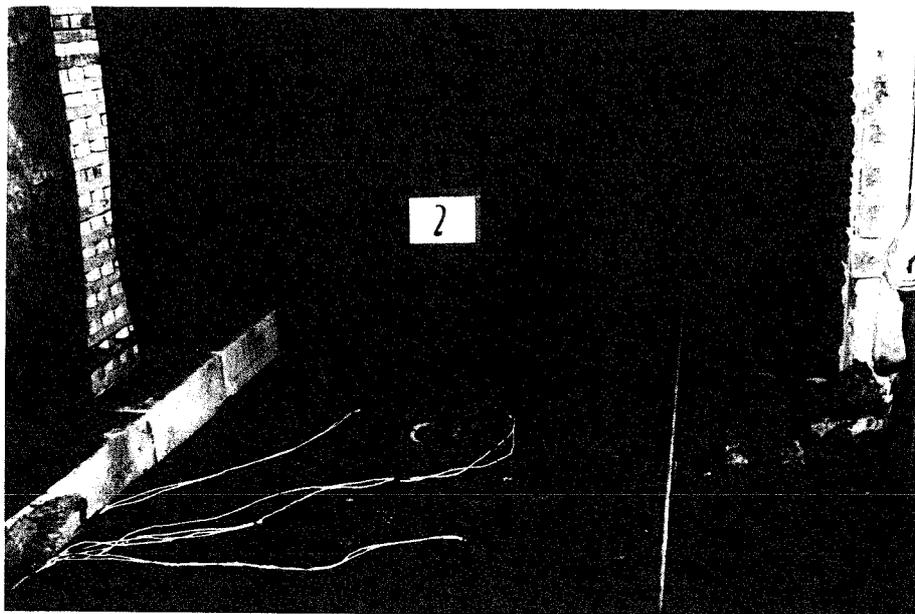


Abb. 27: Versuchsanordnung vor dem Versuch Nr.2
- Bodenbelag im Bereich des Nullpunkts -

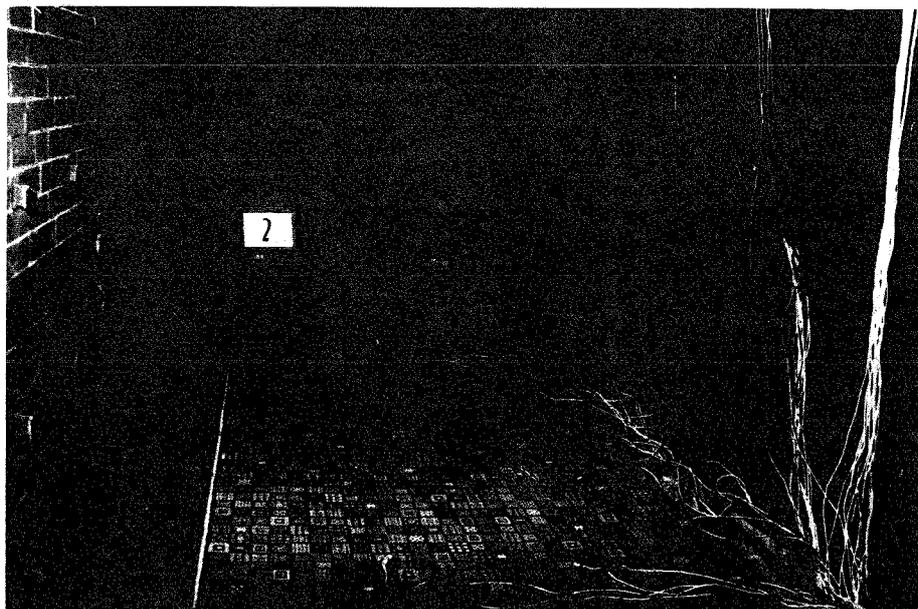


Abb. 28: Versuchsanordnung vor dem Versuch Nr.2
- Bodenbelag im Bereich der Abzugsöffnung -





Abb. 29: Rauch-und Flammeneintrittsöffnung und Probenmaterial nach dem Versuch Nr.2

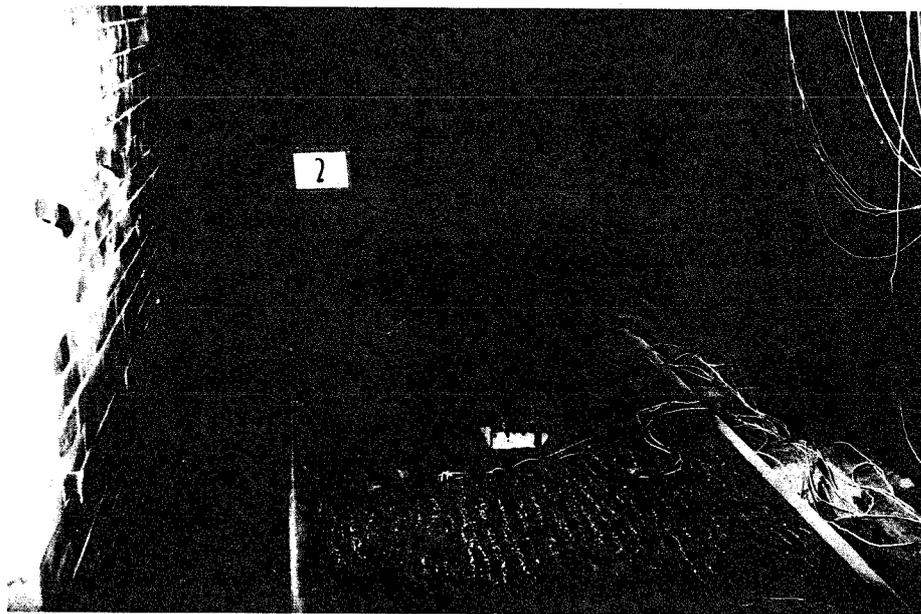


Abb. 30: Probenmaterial im Bereich der Abzugsöffnung nach dem Versuch Nr. 2



4.3 Korridorversuch Nr. 3

Als Versuchsmaterial wurde ein Noppen-Bodenbelag aus Synthese-Kautschuk eingesetzt. Das Material wies im Radiant-Panel-Test eine kritische Bestrahlungsstärke von $0,49 \text{ W/cm}^2$ auf. Das Integral der Rauchdichte über die Versuchsdauer betrug beim Radiant-Panel-Test $901\% \times \text{min}$. Der Versuch fand am 16.9.1986 statt.

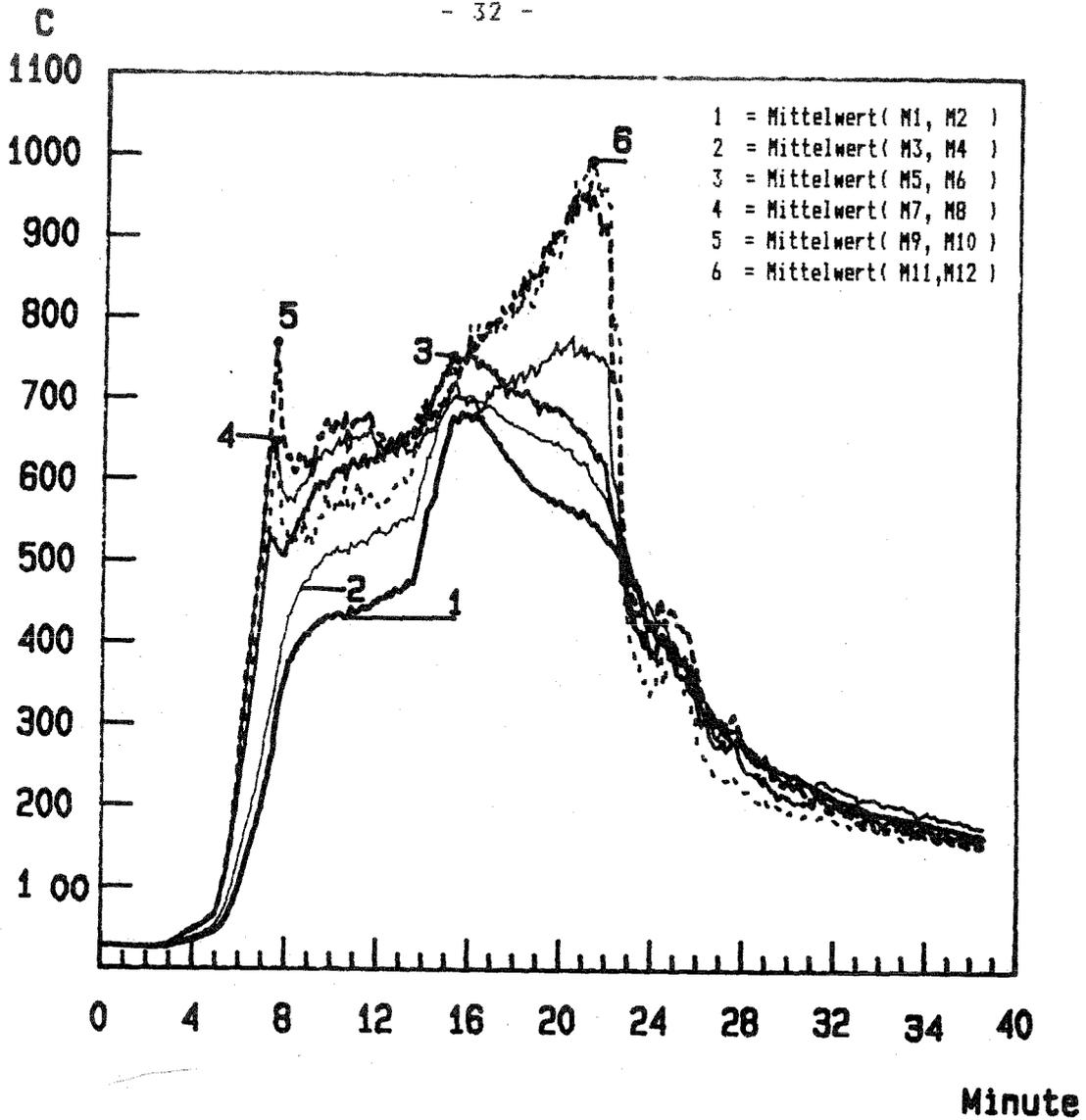
Beobachtungen während des Versuchs

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtung
0'	Zündung durch zwei mit je 20 ml Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen in der Mitte der Fichtenholzkrippe.
4'	Mäßige Rauchentwicklung. Flammen schlagen gegen die Decke des Brandraumes und in den Korridor und werden dort ca. 50 cm in Abzugsrichtung abgelenkt.
5'	Einschalten der Zuluft ($6000 \text{ m}^3/\text{h}$). Flammen schlagen in den Korridor und werden dort um ca. 1 m in Abzugsrichtung abgelenkt.
8'	Bodenbelag wellt sich im Bereich des Nullpunkts. Weitere Verformungen des Bodenbelags bis zur 2 m-Marke.
9'	Stapel zu 3/4 seiner Höhe in Flammen. Flammenablenkung unter der Decke ca. 1,2 m.
9'30"	Krippe vollständig in Flammen. Erste Beflammung des Bodenbelags.
10'	Bodenbelag zündet.
10'30"	Bodenbelag brennt auf einer Fläche von ca. $0,30 \text{ m}^2$ mit. Die Eigenflammen haben eine Höhe von ca. 1 m.
10'30"	Stark zunehmende Flammenentwicklung. Flammenfront passiert die 1,5 m-Marke. Höhe der Eigenflammen ca. 1,2 m.
11'	Flammen schlagen teilweise unter die Kalziumsilikatplatten. Seitlich von den Kalziumsilikatplatten abgefallenes Material brennt am Boden mit.
16'	Flammenfront passiert die 2,5 m-Marke.
17'	Flammenfront passiert die 3,5 m-Marke, Höhe der Eigenflammen ca. 1 m.
18'	Höhe der Eigenflammen geht auf ca. 0,3 m zurück. Der Bodenbelag brennt im Bereich vor dem Nullpunkt mit einer Flammenhöhe von ca. 0,4 m mit.
21'	Stapel fällt zur Hälfte zusammen. Brandgeschehen läßt nach.
38'	Versuchsende.

Beobachtungen nach dem Versuch

Der Bodenbelag ist bis auf einen kleinen Bereich vor und hinter dem Nullpunkt vollständig zerstört bzw. ausgebrannt.

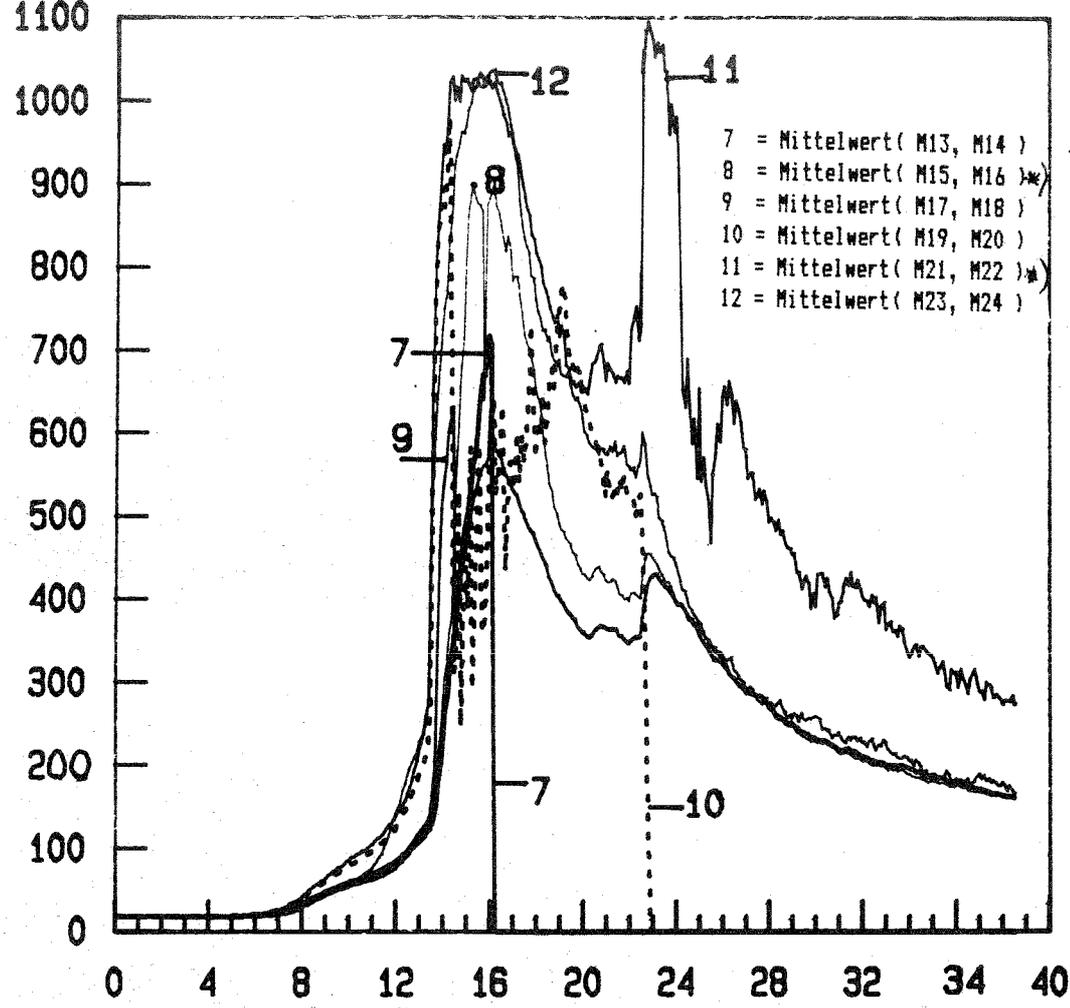




Zeit/Mst (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.00	27.4	27.5	28.5	27.4	29.0	28.3	28.5	29.0	29.3	28.6	30.0	25.8
3.97	35.7	33.7	38.9	37.8	45.7	46.8	46.7	52.6	43.0	53.2	42.5	50.4
5.97	115.4	93.5	145.0	132.0	212.4	218.8	220.4	298.0	210.6	321.8	197.8	294.3
7.97	389.5	331.1	428.1	401.5	519.8	495.0	601.7	543.8	656.1	597.0	530.7	532.0
9.97	455.2	409.3	520.3	503.6	626.3	579.0	674.0	601.5	654.1	658.6	559.7	560.9
11.97	471.9	438.5	546.4	537.4	665.6	606.9	691.1	606.7	664.0	649.4	578.5	549.8
13.97	562.0	528.8	608.6	615.6	677.8	662.6	711.9	606.5	719.9	679.3	697.7	692.5
15.97	680.8	671.8	703.7	705.6	756.4	751.3	780.8	616.7	777.3	746.4	769.8	750.2
17.97	623.2	610.2	665.9	674.5	747.7	668.5	787.5	665.1	838.3	815.0	807.0	822.3
19.97	581.3	564.4	643.0	642.4	729.6	637.2	809.8	723.4	908.3	925.6	864.8	920.7
21.97	534.5	519.6	576.6	571.4	652.7	573.3	784.5	696.9	892.9	905.6	876.1	1007.8
23.97	423.0	423.4	436.3	450.4	382.2	405.9	386.5	392.3	407.8	431.4	348.8	344.9
25.97	331.9	336.4	353.0	358.0	325.3	343.4	352.8	347.1	360.4	365.5	297.0	267.4
27.97	276.1	277.9	283.3	286.3	253.2	259.2	278.5	273.7	278.2	282.9	233.8	213.4
29.97	237.8	242.7	240.5	245.0	208.9	218.0	227.6	234.7	235.2	241.3	203.7	185.8
31.97	211.2	216.7	211.5	215.6	192.8	206.2	228.1	221.1	194.1	197.4	193.3	179.8
33.97	190.4	197.3	192.7	196.6	185.9	187.2	213.5	204.8	175.4	177.9	183.1	170.0
35.97	177.5	184.5	184.9	185.8	177.6	181.7	198.0	191.5	173.6	173.1	171.7	159.4

Abb.31: Temperaturverlauf unter der Decke bei Versuch Nr.3

°C
1100



*) Nach Ausfall der Meßstelle 15 bzw. 21 wurden die Kurven nach den verbleibenden Meßstellen erstellt.

Zeit/Mst (min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.00	18.6	18.4	18.6	18.9	18.7	18.4	18.4	19.2	18.0	18.4	17.6	18.0
3.97	18.5	18.4	18.5	18.6	18.6	17.9	18.3	18.9	17.8	18.4	17.6	17.8
5.97	19.6	19.5	19.6	19.9	20.5	19.5	20.7	20.7	19.8	22.0	20.5	20.8
7.97	31.5	30.8	32.4	33.8	36.8	30.9	40.9	40.0	36.9	47.1	35.0	32.5
9.97	56.4	54.9	59.1	59.8	68.6	49.7	79.6	77.2	79.1	93.7	58.5	54.4
11.97	80.0	79.7	81.5	80.4	104.2	66.4	122.0	123.9	129.4	150.7	128.5	155.6
13.97	260.4	206.2	269.8	260.7	800.2	216.4	988.4	800.5		947.8	517.9	933.5
15.97	718.4			882.1	870.7	575.2	559.1			1023.2	983.5	1083.5
17.97				656.7	767.6	472.1	570.2			818.3	661.9	869.3
19.97				430.6	548.3	359.2	649.7			657.5	507.3	742.4
21.97				398.7	487.3	346.8	528.0			661.4	461.9	660.8
23.97				400.8	494.5	398.7				980.9	397.8	494.0
25.97	Ausfall			334.2	392.1	323.0		Ausfall		645.7	274.9	382.1
27.97				269.3	331.5	273.2				493.9	237.2	304.5
29.97				229.0	289.0	232.2				392.4	207.2	312.7
31.97				205.0	265.7	209.8				404.1	182.8	273.4
33.97				190.3	245.1	195.8				331.1	165.3	246.7
35.97				175.9	225.1	179.3				312.6	153.6	214.4
37.97				162.4	209.2	163.2				273.7	145.9	213.9

Abb.32: Temperaturverlauf in Bodennähe bei Versuch Nr. 3



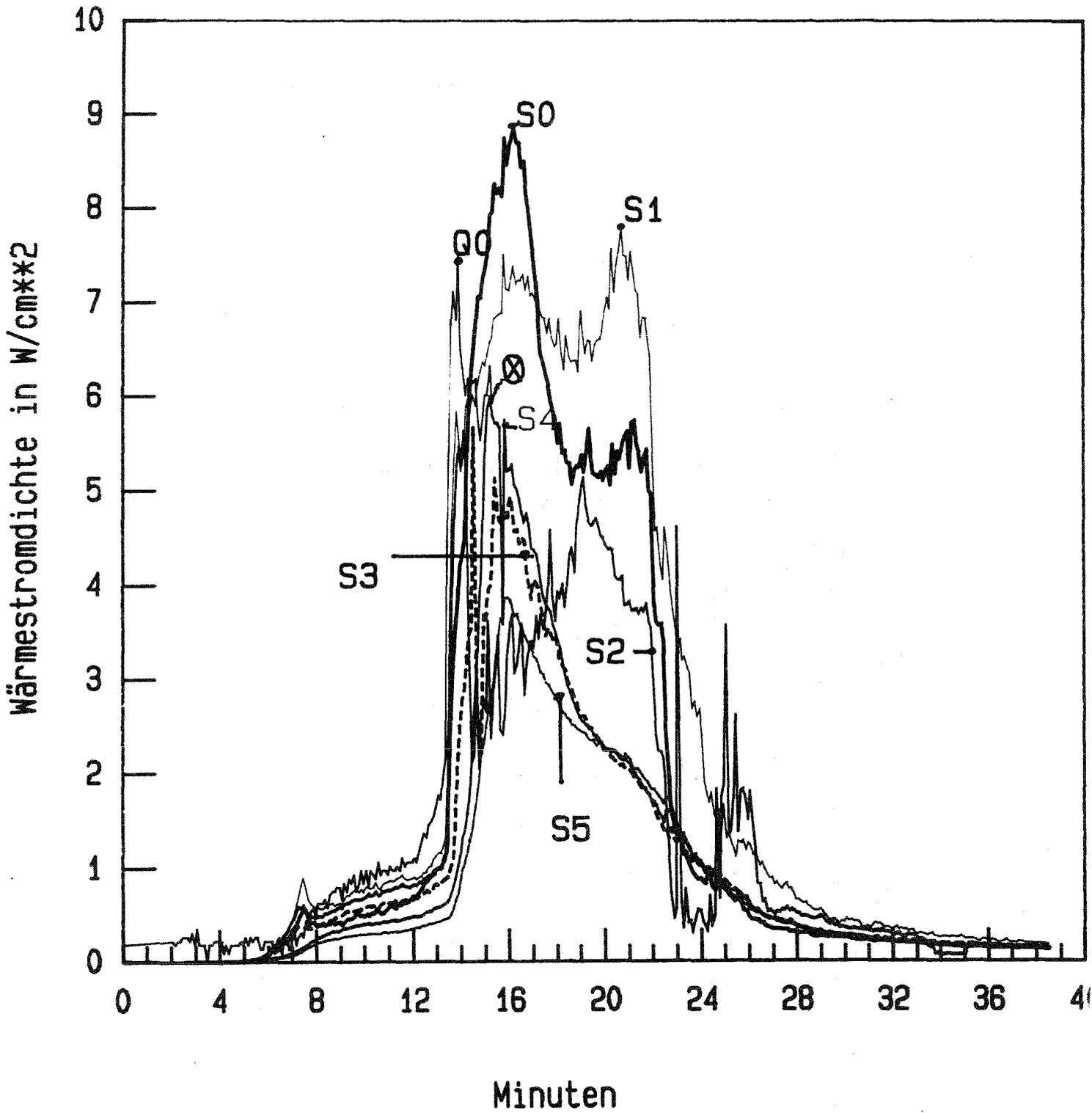


Abb.33: Wärmestromdichten bei Versuch Nr. 3

Q₀ : Gesamtwärmestromdichte im Nullpunkt (Ausfall in 16. Minute) ⊗

S_i : Strahlungswärmestromdichte im Abstand r_i vom Nullpunkt

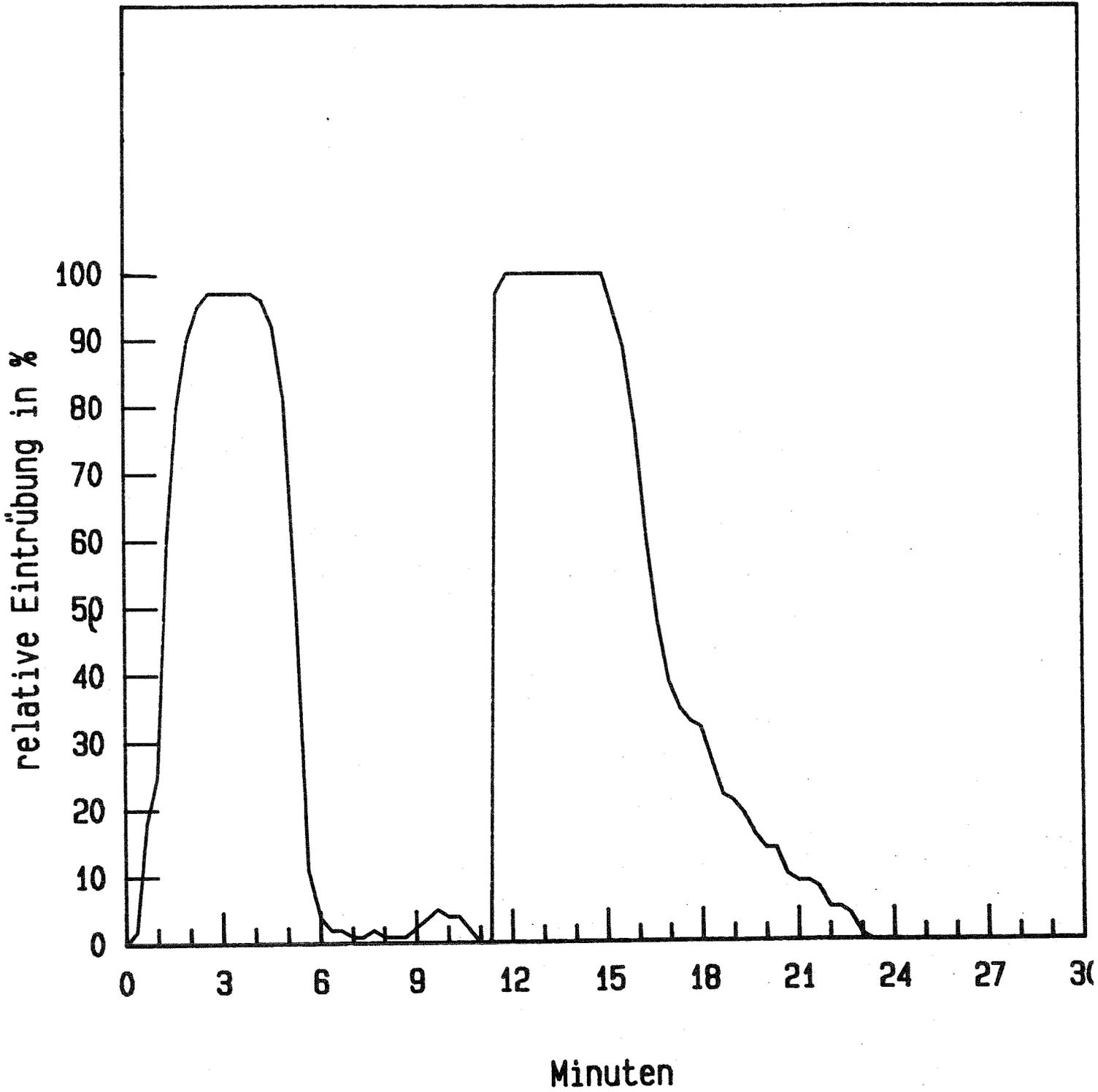


Abb. 34: Relative Eintrübung (%) bei Versuch Nr.3



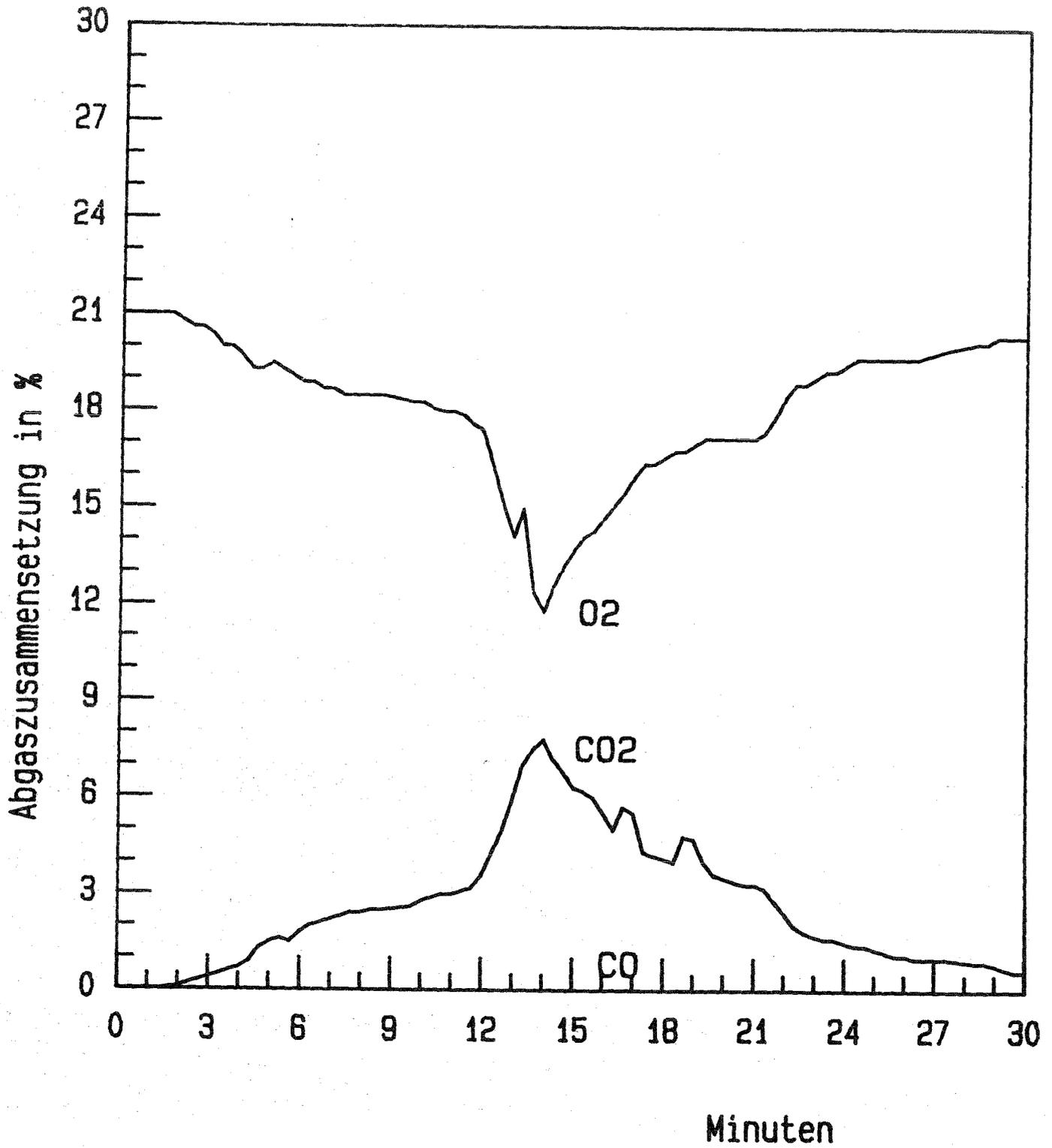


Abb. 35: O₂-, CO und CO₂-Anteile der Abgase bei Versuch Nr.3

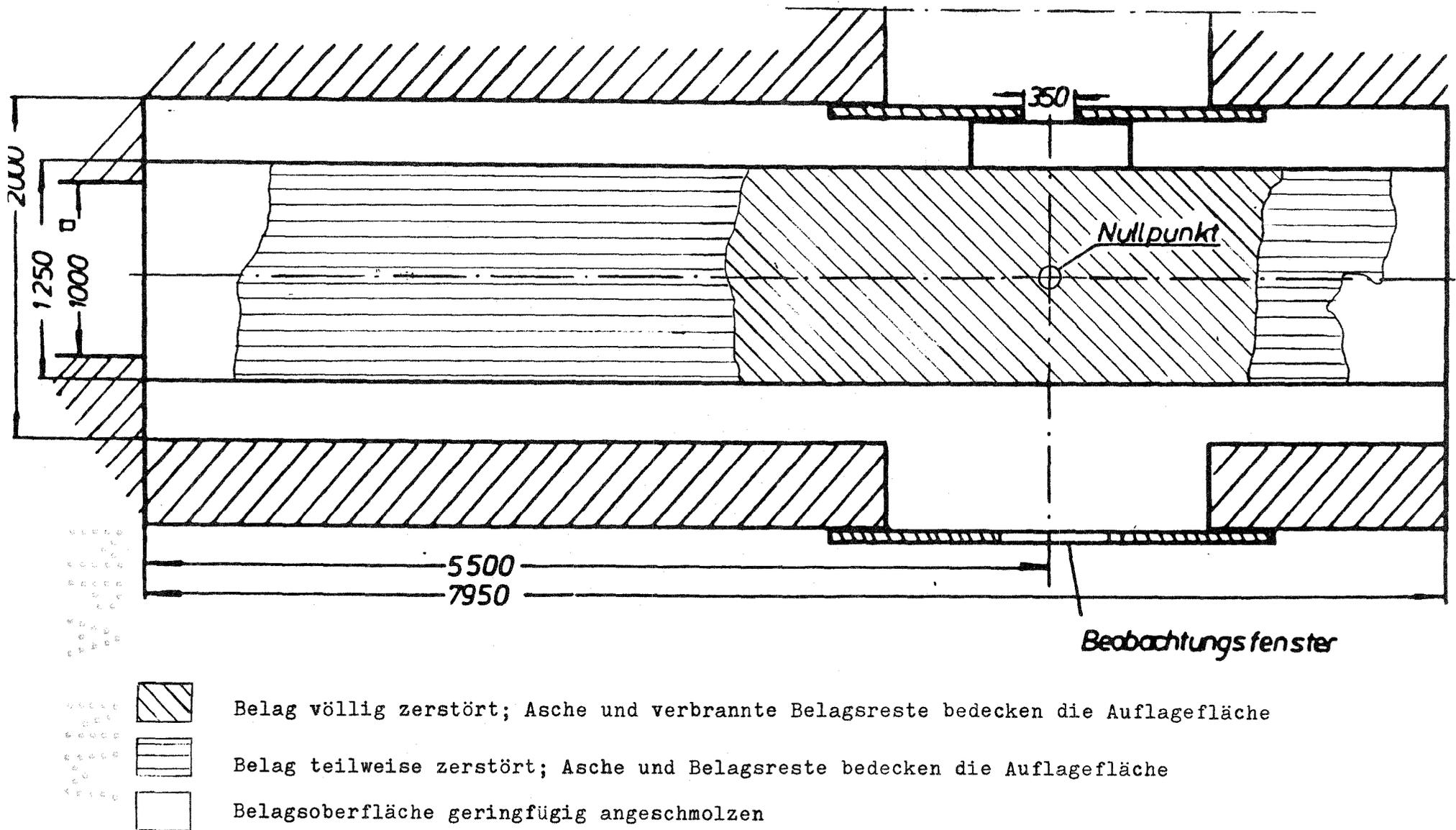


Abb. 36: Skizze der Zerstörungen des Bodenbelags nach Versuch 3

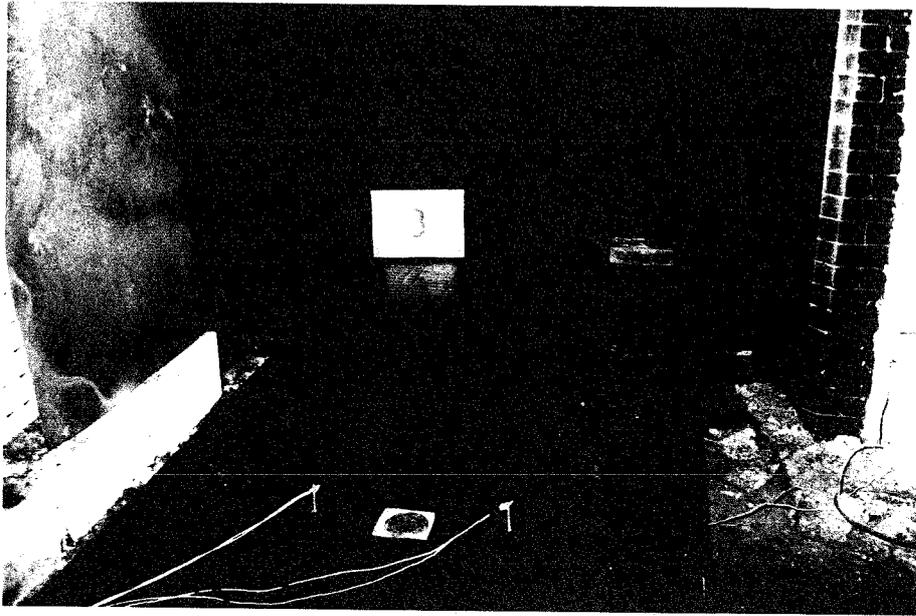


Abb.37: Versuchsanordnung vor dem Versuch Nr.3
- Bodenbelag im Bereich des Nullpunkts -

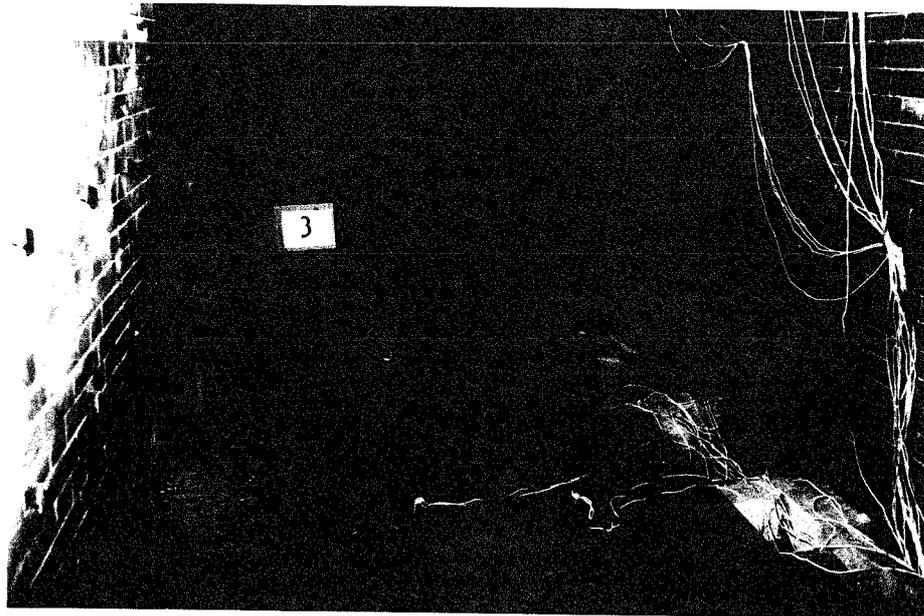


Abb. 38: Versuchsanordnung vor dem Versuch Nr. 3
- Bodenbelag im Bereich der Abzugsöffnung -

• • • • •
• • • • •
• • • • •
• • • • •
• • • • •

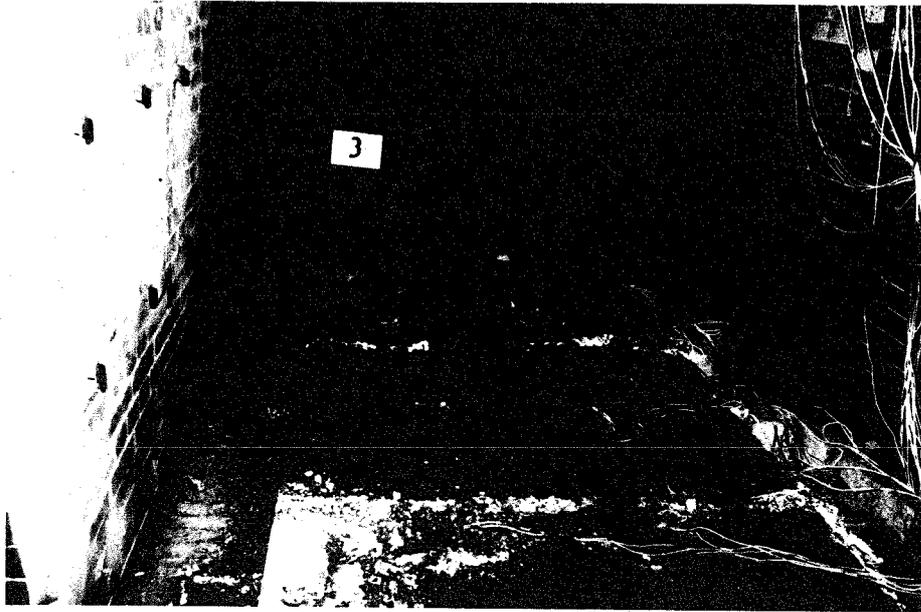


Abb. 39: Zerstörung der Probe in Abzugsrichtung nach dem Versuch Nr. 3

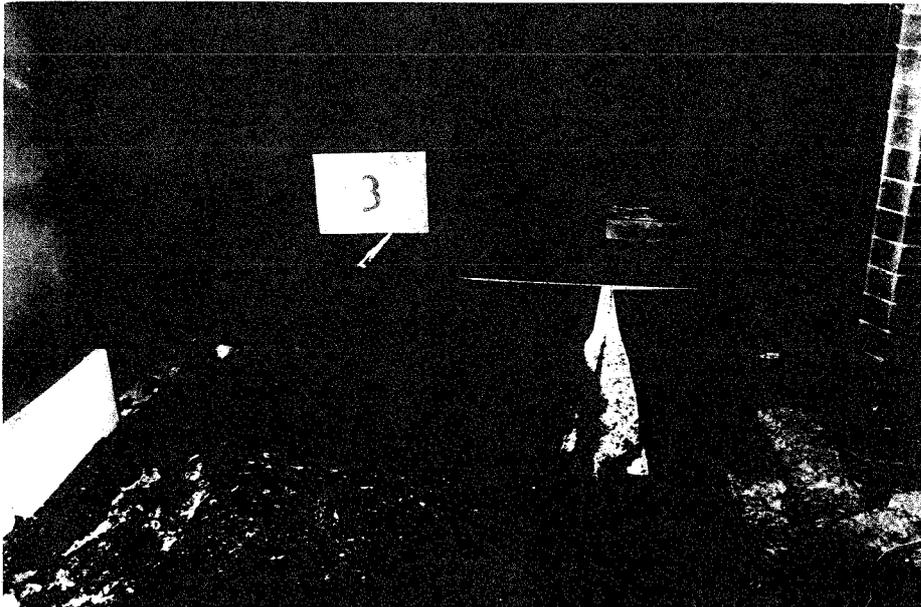


Abb.40: Zerstörungen der Probe im Bereich der Rauchgaseintrittsöffnung nach Versuch Nr.3

© 1980 by the American Society of Mechanical Engineers
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of the American Society of Mechanical Engineers, 345 Park Avenue East, New York, N.Y. 10017.

4.4 Korridorversuch Nr. 4

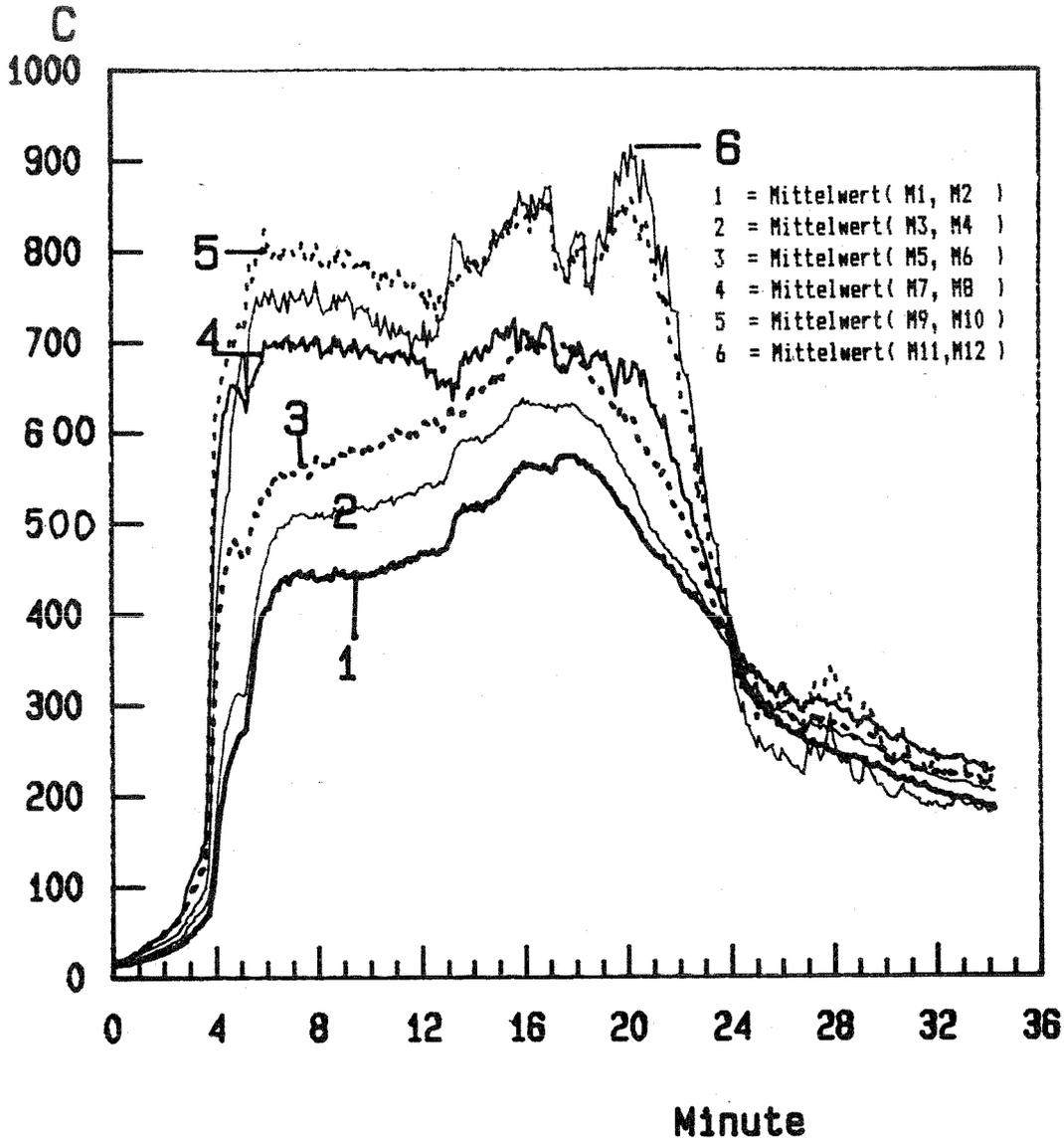
Als Versuchsmaterial wurde ein Eichenparkett eingesetzt. Die Oberfläche des Parketts war mit einem Gemisch aus 30 g/m² Polyesterlack und 25 g/m² Acryl-Lack beschichtet. Das Material wies im Radiant-Panel-Test eine kritische Bestrahlungsstärke von 0,48 W/cm² auf. Das Integral der Rauchdichte über die Versuchsdauer betrug beim Radiant-Panel-Test 0 % x min. Der Versuch fand am 19.9.1986 statt.

Beobachtungen während des Versuchs

Zeit nach Versuchsbeginn	Beobachtung
0'	Zündung durch zwei mit je 20 ml Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen in der Mitte der Fichtenholzkrippe.
3'	Mäßige Rauchentwicklung. Flammen schlagen gegen die Decke des Brandraumes.
5'	Einschalten der Zuluft (6000 m ³ /h). Flammen schlagen in den Korridor und werden dort um ca. 1 m in Abzugsrichtung abgelenkt.
6'	Stapel zu 3/4 seiner Höhe in Flammen.
10'-11'	Flammenablenkung unter der Decke ca. 1,2 m. Parkett verfärbt sich im Bereich des Nullpunkts. Erster Rauchaustritt aus dem Bodenbelag.
11'30"	Stapel vollständig in Flammen. Bodenbelag zündet. Brandfläche ca. 0,2 m ² .
12'	Flammenfront passiert 1,2 m-Marke. Höhe der Eigenflammen ca. 0,8 m.
13'	Flammenfront passiert 1,5 m-Marke. Höhe der Eigenflammen ca. 1,2 m.
15'	Bodenbelag auf einer Länge von ca. 1 m vor dem Nullpunkt in Flammen. Höhe der Eigenflammen 30-80 cm.
16'	Höhe der Eigenflammen im Bereich des Nullpunkts ca. 1 m. Flammenablenkung unter der Decke ca. 2,5 m.
18'	Flammenfront passiert die 3,5 m-Marke. Stapel zerfällt teilweise. Flammenablenkung unter der Decke geht auf ca. 1 m zurück. Stapel bis zu seiner halben Höhe zusammengefallen.
32'	Der Stapel ist fast vollständig abgebrannt.
33'	Versuchsende.

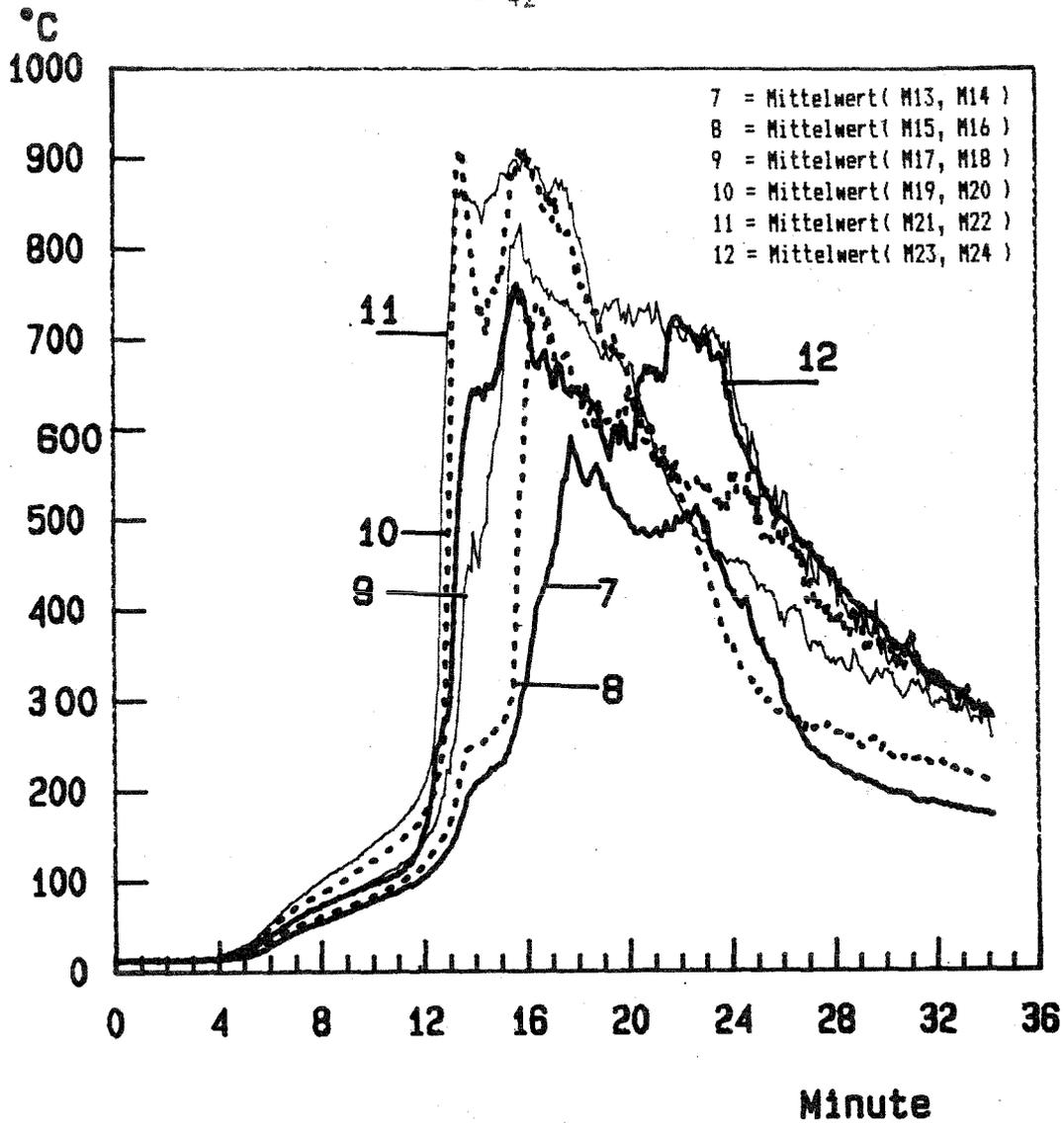
Beobachtungen nach dem Versuch

Der Bodenbelag ist auf einer Länge von ca. 4 m vollständig zerstört bzw. ausgebrannt. Daran schließen sich vor und hinter dem Nullpunkt Bereiche an, in denen der Bodenbelag mehr oder weniger stark verkohlt ist. An den Enden des Bodenbelages sind die Oberflächen verbrannt.



Zeit/Mst (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.00	13.7	13.3	14.3	14.2	15.2	16.0	15.3	16.7	16.0	17.7	16.2	15.3
2.00	29.3	26.1	34.5	32.7	46.7	49.9	41.9	53.8	46.1	55.1	39.5	40.1
4.00	156.1	111.2	185.0	151.4	350.0	310.8	411.4	573.2	502.4	648.8	317.8	387.3
6.00	434.9	377.1	469.8	442.4	580.6	495.9	705.1	697.7	809.4	838.2	694.7	815.7
8.00	449.5	425.5	525.5	496.7	623.8	521.2	722.7	687.5	807.1	811.7	710.7	821.7
10.00	452.9	431.6	510.2	516.2	629.6	548.8	709.1	679.5	789.4	797.9	686.0	786.4
12.00	476.2	458.6	530.6	547.8	650.7	562.9	696.0	656.7	745.7	765.1	669.1	734.6
14.00	533.7	502.9	585.6	601.8	691.4	577.7	719.4	636.4	798.2	756.8	762.7	807.6
16.00	584.3	548.4	632.3	642.4	734.8	665.6	772.8	653.0	859.2	803.6	833.6	866.1
18.00	591.6	556.2	626.7	634.1	707.9	660.0	742.7	639.6	810.7	769.7	797.4	820.6
20.00	531.9	497.8	546.7	557.8	621.4	604.3	746.7	559.8	861.1	806.6	862.0	952.0
22.00	449.3	431.7	450.8	462.7	521.5	516.6	616.2	510.5	672.6	682.9	669.5	793.1
24.00	381.0	368.7	374.4	377.8	387.1	383.5	410.2	382.3	366.9	361.1	372.2	362.2
26.00	275.3	276.9	289.2	294.1	298.0	298.7	329.9	313.0	324.0	326.1	258.0	244.7
28.00	247.0	246.9	271.7	271.4	283.9	274.6	312.6	286.4	327.5	326.3	267.6	254.0
30.00	228.1	228.3	247.0	247.1	252.7	244.0	288.6	250.9	241.3	243.7	208.7	201.0
32.00	203.1	203.8	221.0	220.0	230.0	221.1	262.1	226.0	240.6	243.5	195.9	186.5
34.00	188.5	188.7	210.9	203.7	217.0	206.6	244.7	208.9	209.7	215.4	182.2	178.2

Abb. 41 : Temperaturverlauf unter der Decke bei Versuch Nr. 4



Zeit/Mst (min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.00	12.7	12.6	12.9	12.9	13.1	13.0	13.1	13.1	13.1	13.2	13.1	13.2
2.00	12.9	12.7	13.0	13.1	13.2	13.1	13.2	13.3	13.3	13.3	13.3	13.4
4.00	13.7	13.4	15.1	14.0	14.7	15.2	14.9	16.7	16.8	16.3	16.9	16.2
6.00	28.0	29.3	39.6	33.0	37.1	42.8	46.4	51.9	51.1	54.6	44.9	37.0
8.00	54.4	54.6	63.6	58.3	69.2	72.9	81.4	94.3	94.2	107.5	85.3	61.7
10.00	78.7	78.1	87.9	80.6	99.3	104.4	116.8	131.2	124.7	158.0	111.0	83.2
12.00	107.7	102.9	128.8	110.8	137.2	151.7	168.7	182.1	195.0	215.9	157.3	156.8
14.00	202.1	214.8	273.3	228.1	575.5	396.6	891.5	644.8	857.7	844.9	679.3	609.7
16.00	290.1	352.3	826.0	421.6	860.5	717.0	963.9	862.3	900.1	909.9	649.9	835.6
18.00	604.2	541.5	659.7	625.4	801.8	652.4	819.7	721.2	844.0	810.1	675.0	618.3
20.00	522.4	486.6	707.0	572.5	691.4	633.0	676.9	657.6	814.0	620.4	559.1	614.5
22.00	554.1	441.4	563.8	523.2	542.0	494.1	583.8	510.7	803.1	623.4	610.6	838.1
24.00	474.1	372.1	344.6	387.7	483.2	428.1	582.3	517.4	631.4	762.5	544.5	737.9
26.00	356.3	259.5	279.8	298.1	404.3	390.3	433.7	505.0	394.3	633.0	428.7	577.5
28.00	233.7	220.3	261.1	264.7	348.7	343.2	370.2	406.3	319.7	572.1	384.9	488.4
30.00	205.6	195.0	261.9	241.0	325.9	341.7	348.8	387.3	298.6	433.0	326.3	432.6
32.00	189.7	183.7	234.8	219.7	287.7	307.9	286.5	332.8	244.4	394.6	287.7	363.0
34.00	179.0	171.5	216.9	206.4	291.6	299.6	270.8	312.1	222.8	348.0	252.4	326.1

Abb.42: Temperaturverlauf in Bodennähe bei Versuch Nr.4

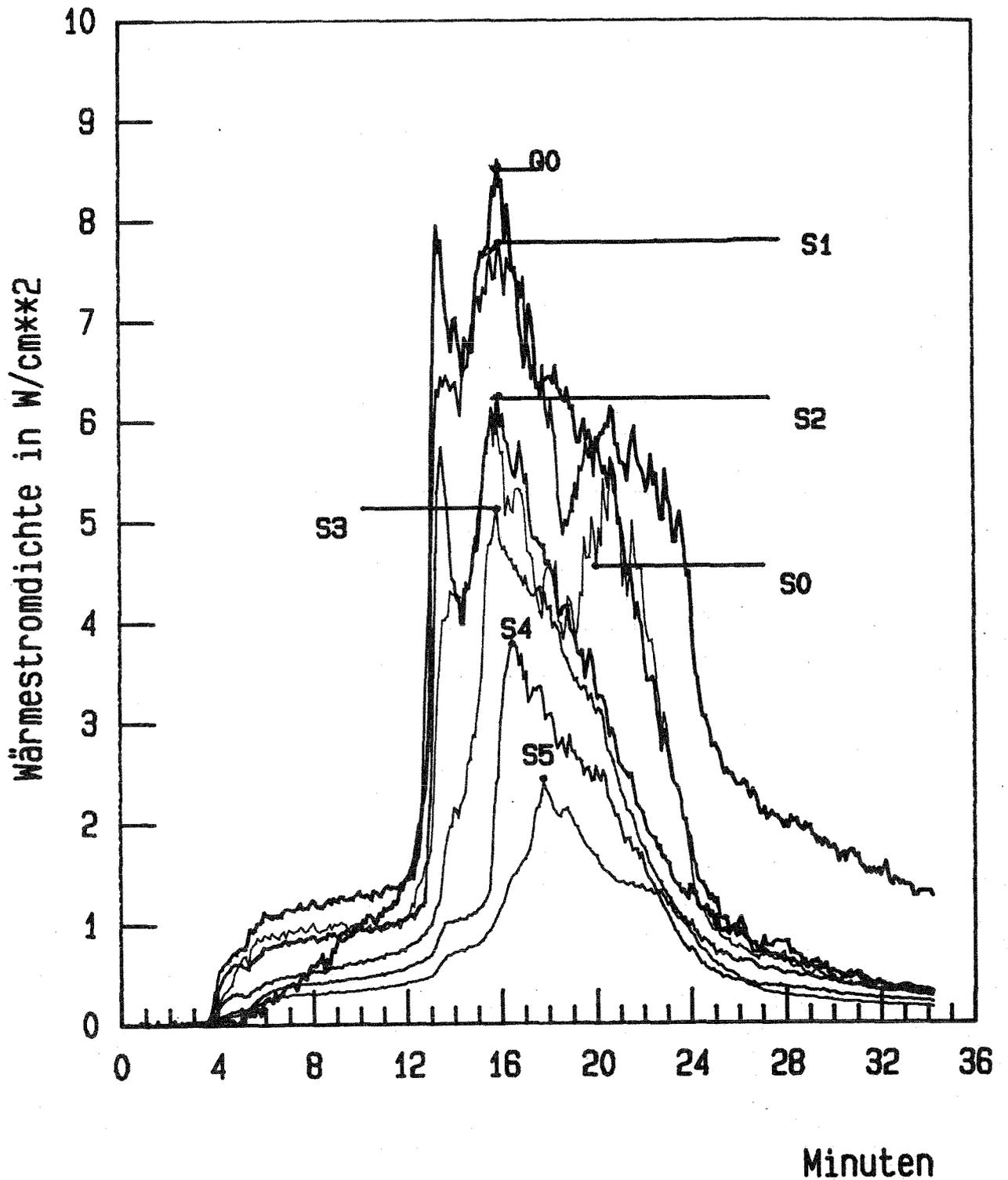


Abb. 43: Wärmestromdichten bei Versuch Nr. 4

Q_0 : Gesamtwärmestromdichte im Nullpunkt

S_i : Strahlungswärmestromdichte im Abstand r_i vom Nullpunkt

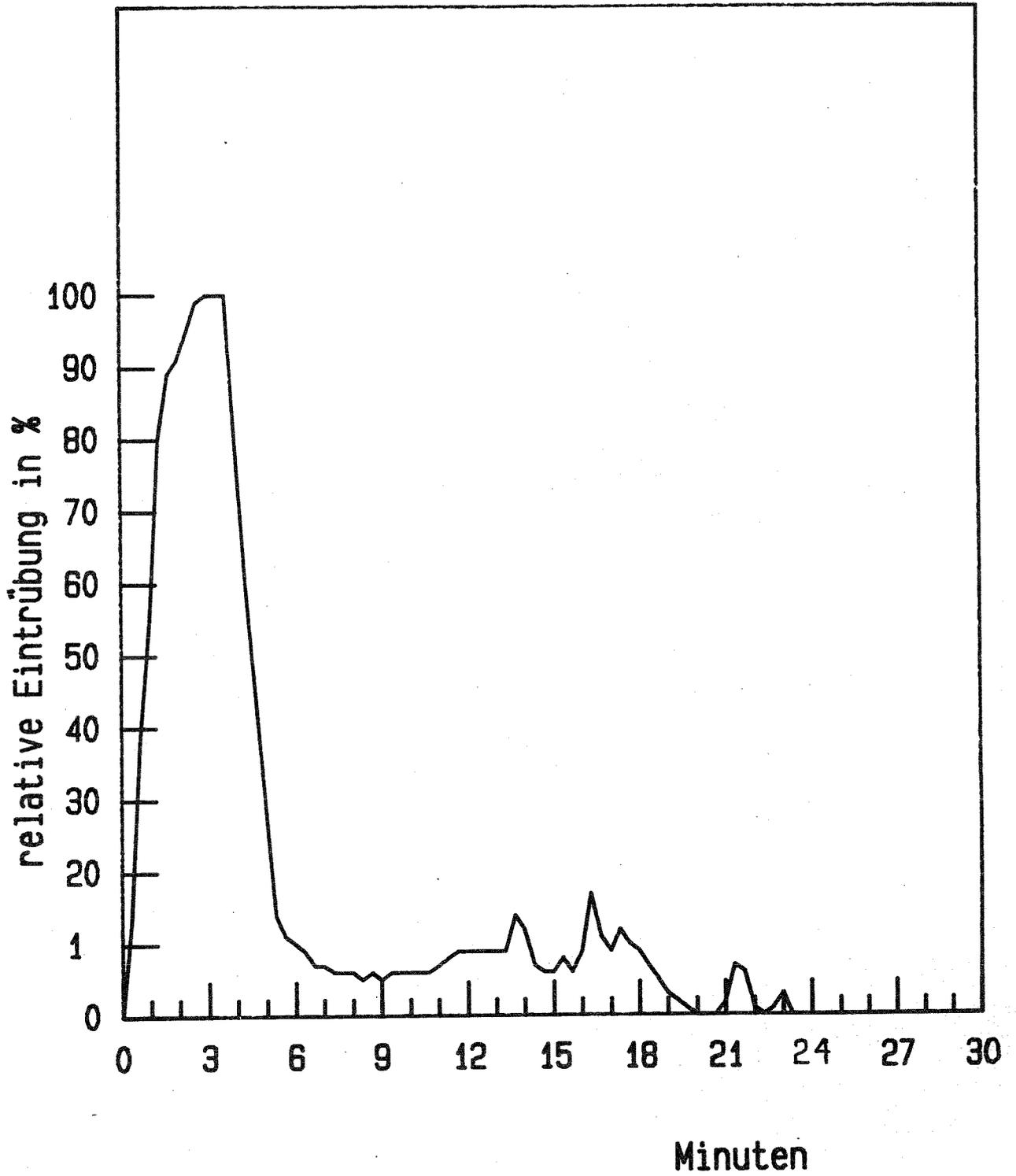


Abb.44: Relative Eintrübung (%) bei Versuch Nr.4



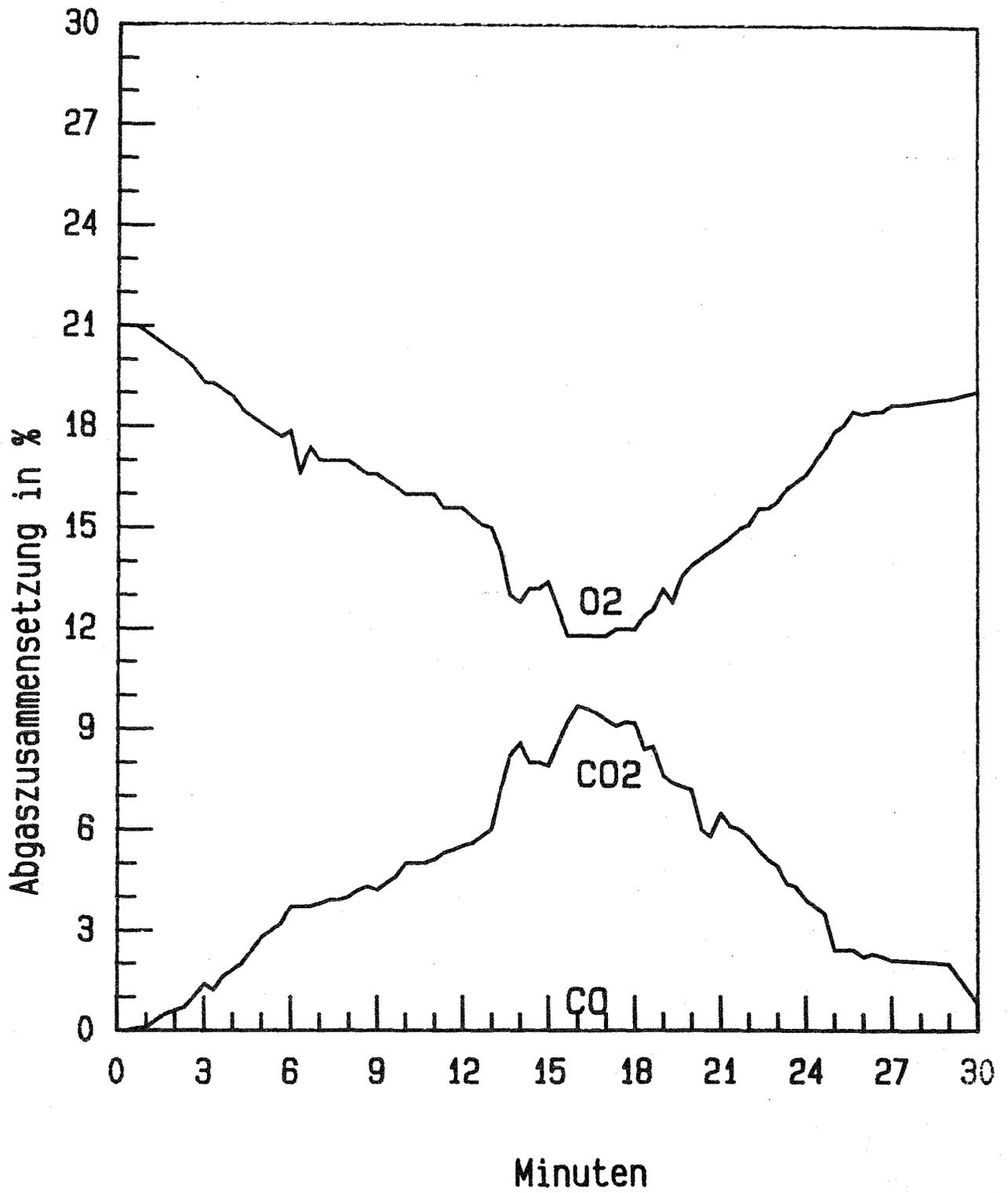


Abb. 45: O₂-, CO und CO₂-Anteile der Abgase bei Versuch Nr.4

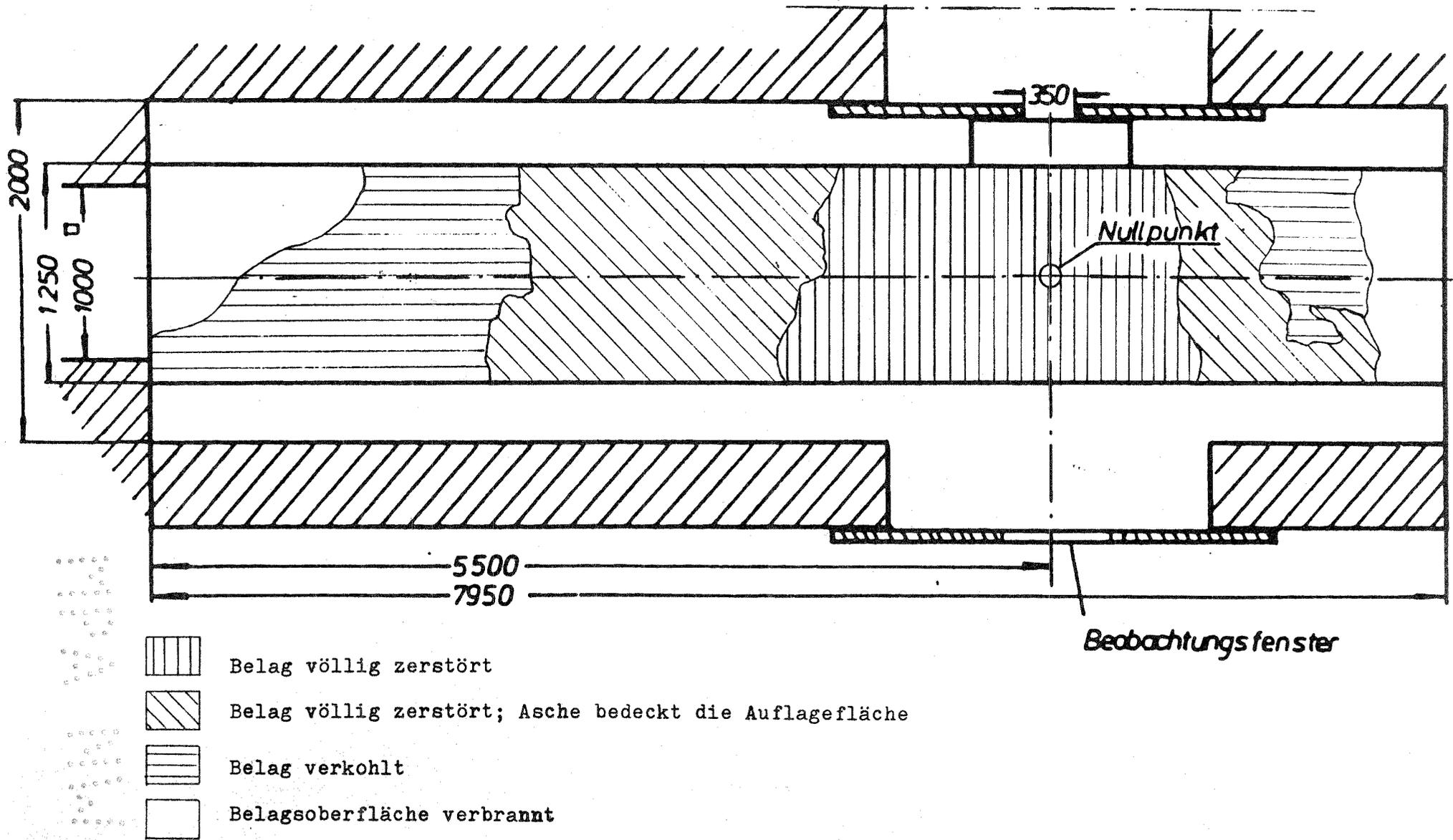


Abb. 46: Skizze der Zerstörungen des Bodenbelags nach Versuch 4

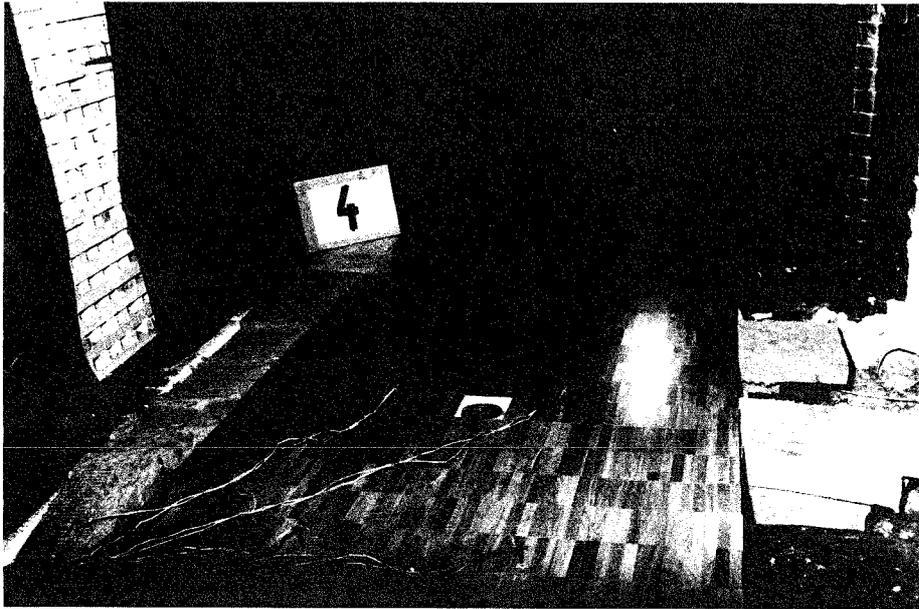


Abb.47: Versuchsanordnung vor dem Versuch Nr.4
- Probenmaterial im Bereich des Nullpunkts -

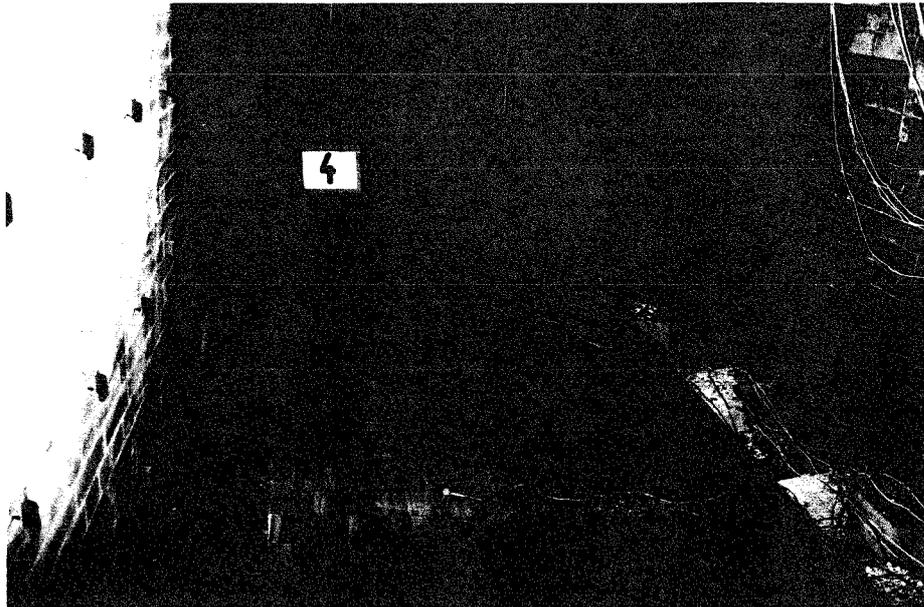


Abb.48: Versuchsanordnung vor dem Versuch Nr. 4
- Probenmaterial im Bereich der Abzugsöffnung -



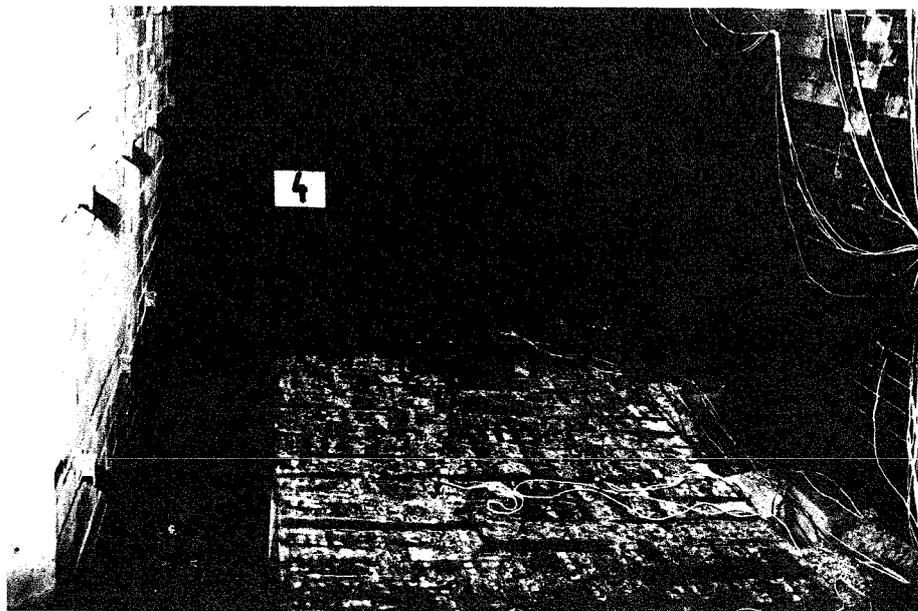


Abb. 49: Zerstörung der Probe in Abzugsrichtung nach dem Versuch Nr. 4

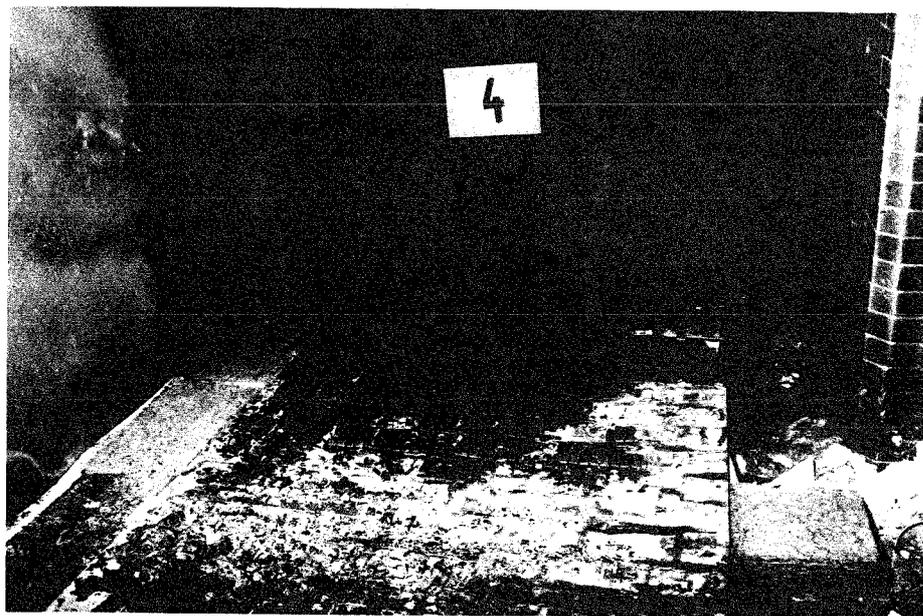


Abb.50: Zerstörungen der Probe im Bereich der Rauchgaseintrittsöffnung nach Versuch Nr.4

5 Zusammenstellung wesentlicher Versuchsergebnisse

5.1 Rauchdichte und Integral der Rauchdichte

In Abb. 51 und 52 sind die Rauchdichte und das Integral der Rauchdichte über die Versuchsdauer für den Nullversuch und die Versuche 1 bis 4 graphisch dargestellt.

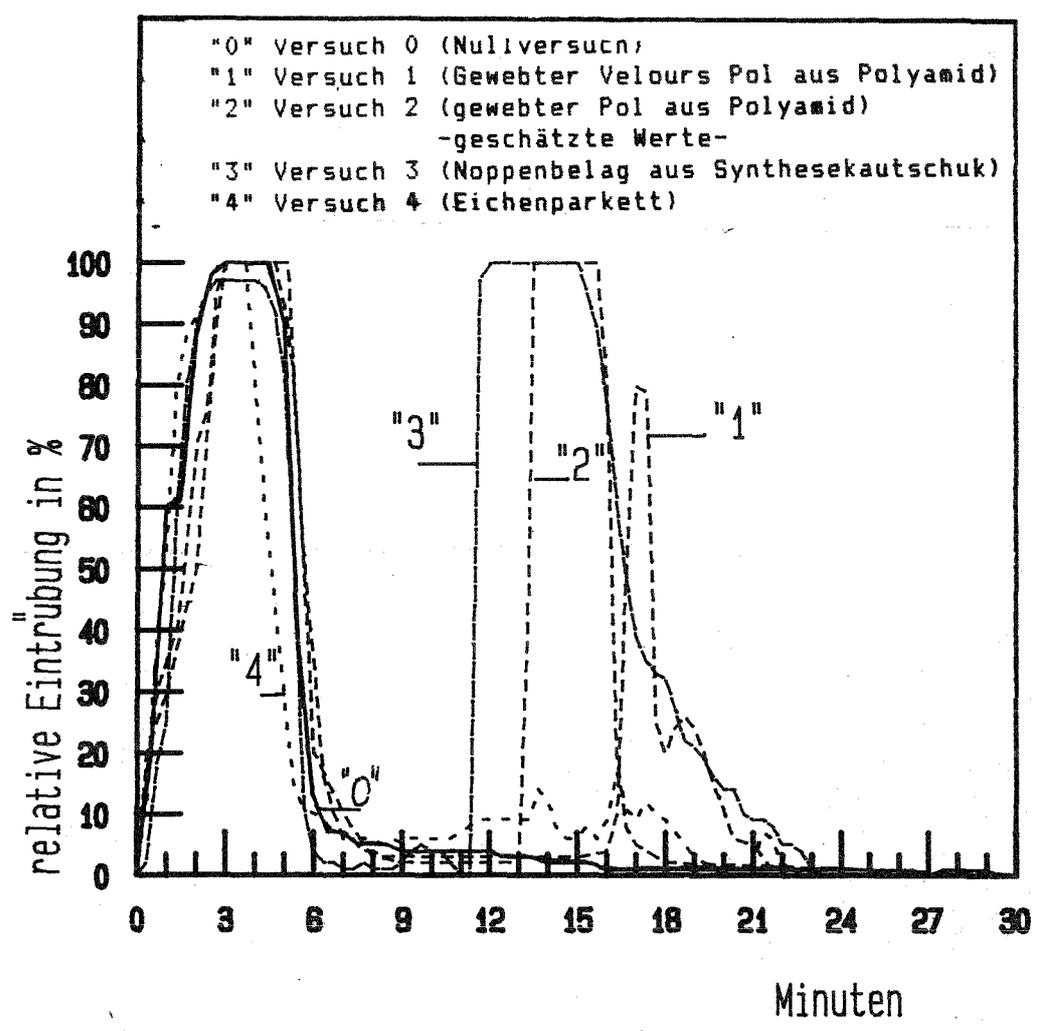


Abb.51: Relative Eintrübung für die Versuche 1 bis 5

In der nachfolgenden Abb. 52 ist die Reihung der Integrale der Rauchdichte bei den Versuchen im Maßstab 1:1 deutlich erkennbar. Wie die in Abschnitt 6 aufgeführte tabellarische Gegenüberstellung ausweist, ist die Reihung der Integrale der Rauchdichte im Vergleich zu den Werten der Laborversuche zufriedenstellend wiedergegeben.

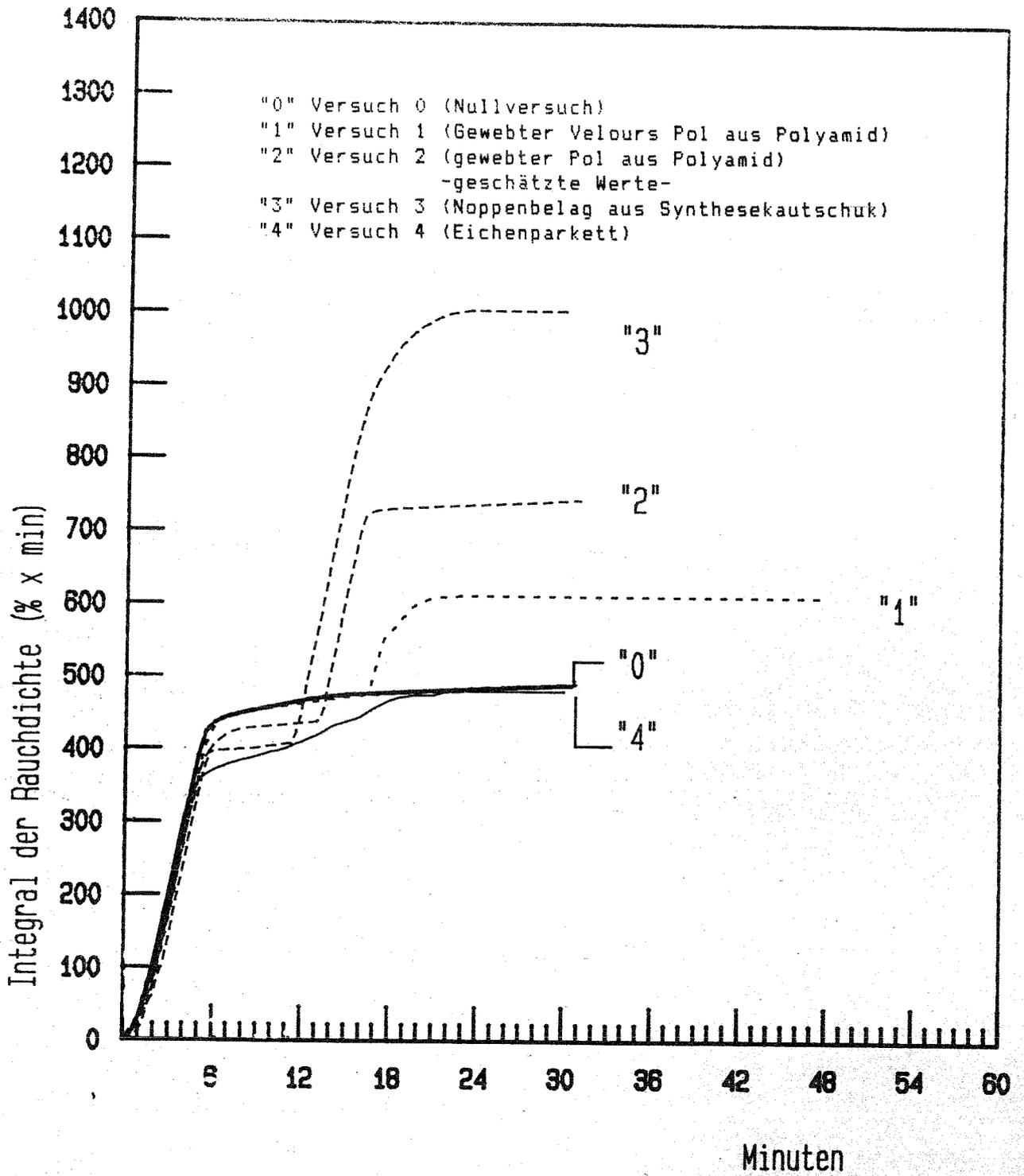


Abb.52: Rauchdichte-Integral für die Versuche 1 bis 5

5.2 Zerstörungen

Wie die bei den Versuchen festgestellten Zerstörungen ausweisen, war - bis auf Versuch 1 - bei allen Versuchen eine großflächige Zerstörung des Bodenbelags festzustellen. Eine deutliche Differenzierung im Brandverhalten war aufgrund der Zerstörungsbilder nicht möglich.

Aufgrund der sich in den Temperatur - bzw. Wärmestromdiagrammen dokumentierenden hohen Brandbeanspruchung sind die Versuchsmaterialien ausnahmslos sehr weitgehend verbrannt.

Aus diesem Grunde ist die Übertragung der in /2/ gefundenen Ähnlichkeitszahl (Ergebnisse der Versuche im Maßstab 1:1/Ergebnisse der Laborversuche) auf diese Versuche nicht sinnvoll.

5.3 Wärmestromdichten

Der in den Korridor schlagende Flammenkörper hatte eine maximale Länge von ca. 2 m und füllte - meist von der 10. bis zur 20. Minute des Versuchs - die gesamte Türöffnung. Durch die Zuluftrate von 6000 m³/h wurden die heißen Rauchgase mit ca. 2 m/s in den Korridor eingeleitet. Die im Bereich des Nullpunkts auftreffende Gesamtwärmestromdichte von 5-6 W/cm² während des Nullversuchs ist daher auf einen hohen konvektiven Anteil zurückzuführen. Der Anteil der Strahlungswärmestromdichte betrug hierbei maximal 3 W/cm². Wenngleich diese Werte deutlich über den Werten des Radiant-Panel-Tests liegen, so kann eine thermische Belastung in dieser Größenordnung als durchaus praxisgerecht angesehen werden. Durch die Wahl der Zuluftrate von 6000 m³/h und der Brandlast von 200 kg sollten die Auswirkungen eines vollentwickelten Brandes simuliert werden, bei dem bereits nach wenigen Minuten die Fensterscheiben des Brandraumes durch thermische Einwirkung zerstört wurden und die Tür zum Korridor von flüchtenden Personen nicht geschlossen wurde. Die für die Versuche eingesetzte Zuluftrate ist daher als durchaus realistisch anzusehen und entspricht etwa den Verhältnissen, die sich auch bei freier Ventilation im Gebäude ergeben können. Die Wahl und Anordnung der Brandlast von 43 kg/m² wurde entsprechend den in der Praxis durchaus anzutreffenden Brandlasten vorgenommen.

Die bei den Versuchen an Bodenbelägen ermittelten Strahlungswärmestromdichten lagen im Bereich des Nullpunkts mit Spitzenwerten von 6-11 W/cm² deutlich über den Werten des Nullversuchs. Dies ist auf den sehr intensiven Abbrand der Bodenbeläge zurückzuführen, bei dem in Bodennähe Temperaturen zwischen 800 und 1000°C erreicht wurden.

6 Zusammenfassung

In einem Versuchskorridor (2 m x 8 m) der Versuchsanlage für natürliche Brände wurden Bodenbeläge einem Brandversuch im Maßstab 1:1 unterzogen. Die Auswahl der zu untersuchenden Materialien erfolgte so, daß Beläge mit starker und geringer Rauchentwicklung im Radiant-Panel-Test einbezogen wurden. Die Beläge erfüllten gerade noch die Anforderungen an Baustoffe der Klasse B1.

Die Versuchsanordnung sollte einen vollentwickelten Brand in einem Nutzraum simulieren, der an einen Rettungsweg grenzt. Durch die Türöffnung schlagen Flammen aus einer Primärbrandlast (bei den Versuchen 200 kg Fichtenholz) in den Rettungsweg, so daß dort der Fußboden durch Strahlungs- und Konvektionswärme beaufschlagt wird.

Es wurden drei Versuche an synthetischen Bodenbelägen sowie ein Versuch an Eichenparkett durchgeführt. Die Bodenbeläge wurden jeweils lose auf 15 mm dicke Kalzium-Silikatplatten aufgelegt.

Die im Laborprüfverfahren beobachtete Rauchentwicklung wird - um sowohl Rauchmenge als auch Rauchdichte zu bewerten - durch das Zeitintegral der Rauchdichte über die Versuchsdauer ausgedrückt. Der Vergleichbarkeit halber erfolgt dies hier auch. Dabei wird das Zeitintegral der Rauchdichte des Nullversuchs von den Werten der Versuche mit Bodenbelägen abgezogen. Nach Abzug des Integrals für den Nullversuch ergibt sich die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesene Reihung:

Versuchs- Nummer	Art des Belages	Integral der Rauchdichte (% x min)	
		1:1 Versuche	Radiant-Panel- Test
0	-	489	-
1	gewebter Velours Pol aus Polyamid	612 - 489 = 123	34
2	gewebter Velours Pol aus Polyamid	744 - 489 = 255	278
3	Noppenbelag aus Synthesekautschuk	1004 - 489 = 515	901
4	Eichenparkett	481 - 489 -> 0	0

Wie die o.a. Tabelle ausweist, ergibt sich eine den Ergebnissen der Laborversuche vergleichbare deutliche Abstufung und Reihung des Zeitintegrals der Rauchdichte für die untersuchten Materialien.

Die in der Tabelle sich dokumentierende Differenzierung der Rauchentwicklung der unterschiedlichen Beläge ist selbstverständlich im Zusammenhang mit den Versuchsrandbedingungen - insbesondere Höhe der Strahlungswärmestromdichte und Ventilationsbedingungen zu betrachten. Sie läßt sich nicht ohne weiteres auf andere mögliche Brandszenarien übertragen. Insbesondere muß davon ausgegangen werden, daß bei geringerer Ventilation eine nicht so deutliche Differenzierung erfolgt wäre. Bei geringeren Ventilationsbedingungen wäre der O₂-Gehalt deutlich niedriger gewesen und ein nennenswerter CO-Gehalt gemessen worden. Dabei hätte auch die Rauchentwicklung aus dem Abbrand des Holzes die aus dem Abbrand des Bodenbelages wesentlich stärker überlagert. Die Versuchsbedingungen stellen somit eine im Hinblick auf die Rauchentwicklung gegenüber der Mehrzahl der Schadensfälle verschärfte Situation dar.

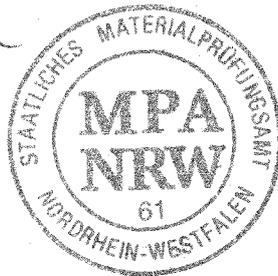
Trotzdem erscheint es gerechtfertigt die Ergebnisse zur Begründung der Regelung heranzuziehen, die Bewertung der Rauchentwicklung von Fußbodenbelägen anhand der bei dem Radiant-Panel-Test festgestellten Rauchentwicklung vorzunehmen.

Für eine Festlegung von Grenzwerten für die Rauchentwicklung von Fußbodenbelägen bieten diese Ergebnisse allein keine ausreichende Grundlage. Hierzu sind weitere Überlegungen erforderlich. Einzelheiten hierzu sind in /1/ abgehandelt.

Dortmund, den 20.05.1987

Ueberr

Ueberr



Literaturhinweise:

- /1/ Prüfverfahren zur Rauchentwicklung von Fußbodenbelägen
Klingelhöfer, 1984, MPA NRW
- /2/ Prüfung von Fußbodenbelägen auf Brandverhalten
Klingelhöfer, Ueberall, 1981, MPA NRW
- /3/ Brandversuche Lehrte aus der Schriftenreihe Bau-und
Wohnforschung des Bundesministers für Raumordnung
Bauwesen und Städtebau
- /4/ Untersuchung über die Strahlung von Gaskörpern
ungleicher Temperatur
Dissertation B. Pandya 1961
- /5/ Wärmeträgertechnik mit organischen Medien
W. Wagner 1977