

Brandversuch zur Beurteilung der
Leistungsfähigkeit eines
Lüftungssystems zur
Rauchfreihaltung des
Treppenraumes im Bürogebäude
Hamburg 36, Dammtorstraße 29

T 319

T 319

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

Brandversuch zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit
eines Lüftungssystems zur Rauchfreihaltung des
Treppenraumes im Bürogebäude Hamburg 36, Dammtorstraße 29

durchgeführt von der Forschungsstelle für
Brandschutztechnik an der Universität
Karlsruhe (TH)

Auftraggeber:

Institut für Bautechnik, Berlin

Informationsverbundzentrum RAUM und BAU
der Fraunhofer-Gesellschaft
Inventar-Nr. *T 319* lfd. Nr. *1186*



INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Vorbemerkung	1
2.	Sachverhalt	1
3.	Leistungsdaten des Belüftungssystems	2
4.	Brandversuch	3
4.1.	Ablauf des Brandversuches	4
4.2.	Meßwerte	9
5.	Ergebnisse des Brandversuches	9
6.	Beurteilung der Wirksamkeit des Lüftungssystems	11
7.	Zusammenfassung	12

Brandversuch zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Lüftungssystems zur Rauchfreihaltung des Treppenraumes im Bürogebäude Hamburg 36, Dammtorstraße 29

1. VORBEMERKUNG

Die Forschungsstelle für Brandschutztechnik hat mit Schreiben vom 17.1.1978, Zeichen IV/ 1-5 - 181/78 vom Institut für Bautechnik, Berlin, den Auftrag erhalten, den vom Bauordnungsamt - BOA 2 - der Baubehörde der Freien und Hansestadt Hamburg durchzuführenden Brandversuch im Neubau des Bürogebäudes Hamburg 36, Dammtorstr. 29, zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Lüftungssystems hinsichtlich der Rauchfreihaltung des Treppenraumes zu begutachten.

2. SACHVERHALT

Bei dem Neubau, Hamburg 36, Dammtorstraße 29, handelt es sich um ein Bürogebäude mit einem innenliegenden Treppenraum, der jeweils über eine Schleuse von den Büroräumen aus betreten werden kann. Dieses Gebäude besitzt ein Kellergeschoß, ein Erdgeschoß sowie 5 Obergeschosse. Um Rauchgase, die durch Türspalten sowie durch kurzzeitiges Öffnen von Türen in den Treppenraum gelangen, schnell zu verdünnen und abzuführen, wird dieser Treppenraum durch ein mechanisches Lüftungssystem gespült. Mit diesem Lüftungssystem werden im Keller ca. 20 000 m³ Luft pro Stunde in den Treppenraum eingeblasen, die über die Öffnung im oberen Teil des Treppenraumes wieder austreten kann.

Zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit dieses Lüftungssystems ist ein Brandversuch durchgeführt worden. Zur Zeit des Brandversuches war das Gebäude soweit fertiggestellt, daß alle Fenster verglast und alle Türen vom Treppenraum zur Schleuse eingebaut waren. Im 2. Obergeschoß, in dem sich der Brandraum befand, war außerdem die Tür Schleuse / Brandraum eingebaut. Die Aufzugstür in der Schleuse dieses Geschosses war mit Asbestzementplatten abgedeckt.

3. LEISTUNGSDATEN DES BELÜFTUNGSSYSTEMS

Während des Brandversuches wurde das Zuluftgebläse von einem Dieselmotor angetrieben. Dieser Dieselmotor ist als Notantrieb für das Zuluftgebläse beim Ausfall der Stromversorgung vorgesehen.

Bei offenstehender Abluftöffnung im Treppenraum (Hubhöhe der Lichtkuppel 75 cm) und bei geöffneter Eingangstür im Erdgeschoß wurde am Austrittsstutzen des Zuluftgebläses ein Luftvolumenstrom von 20 400 m³/h gemessen.

In Abhängigkeit von der Hubhöhe der Lichtkuppel im Treppenraum ergaben sich die folgenden Druckdifferenzen zwischen Treppenraum und Umgebung, gemessen im 3. Obergeschoß, bei gleichen Temperaturen der Luft im Treppenraum wie in der Umgebung.

Alle Türen im Treppenraum geschlossen:

Hubhöhe cm	Überdruck N/m ²
10	125
15	95
25	42
32	22
56	9
75	6
Lichtkuppel abgenommen	2

Tür Treppenraum/Umgebung im Erdgeschoß geöffnet, alle übrigen Türen geschlossen:

Hubhöhe cm	Überdruck N/m ²
0	7
56	3
75	2
Lichtkuppel abgenommen	0

Der freie Querschnitt der Abluftöffnung im Treppenraum beträgt bei abgenommener Lichtkuppel 1,30 m x 2,37 m.

4. BRANDVERSUCH

Der Brandversuch wurde im 2. Obergeschoß durchgeführt. Wie Bild 1, das den Grundriß der 5 gleichartigen Obergeschosse darstellt, zeigt, wurde ein Raum mit einer Breite von 2,5 m und einer Länge von 5,1 m abgemauert. In diesem Raum wurde eine Brandlastpalette mit einer Brandlast von ca. 180 kg brennbaren Materialien eingebracht. Der Aufbau und die Anordnung der Brandlast geht aus Bild 3 hervor.

Zum Schutz des Gebäudes war die Decke des Brandraumes mit Asbestzementplatten verkleidet und der Fußboden mit einer Sandschüttung versehen. Die Schleuse war ebenfalls mit Asbestzementplatten verkleidet.

Zur Beurteilung des Ablaufes des Brandversuches und der Rauchfreihaltung des Treppenraumes wurden während des Versuches folgende Messungen durchgeführt:

1. Temperaturmessung mittels eines Thermo-
elementes im Brandraum ca. 5 cm unterhalb
der Decke in der Mitte über der Brandlast-
palette (siehe Bild 1).
2. Messung der optischen Rauchdichte über
3 Meßstrecken (siehe Bild 1 und 2).
Meßgröße für die optische Rauchdichte ist die
Verringerung der auf ein Fotoelement auftreffenden
Lichtintensität infolge der Rauchpartikel in
der 1,08 m langen Meßstrecke vom Wert I_0 (ohne Rauch)
auf den Wert I .
3. Druckmessung an einer Meßstelle im Treppen-
raum in Höhe des 3. Obergeschosses zur Be-
stimmung der Druckdifferenz zwischen Treppen-
raum und der Umgebung (siehe Bild 1 und 2).

4. Bestimmung der CO- und CO₂- Konzentration im Treppenraum im Bereich zwischen dem
2. Obergeschoß (Brandgeschoß) und dem
3. Obergeschoß mittels Prüfröhrchen.

Das Lüftungssystem wurde bei diesem Versuch ca. 7 min nach dem Entzünden der Brandlast manuell in Betrieb gesetzt. Die Lichtkuppel über der Rauchabzugsöffnung, im oberen Teil des Treppenraumes (siehe Bild 4) wurde bereits vor Versuchsbeginn in die im Bild 5 gezeigte Stellung (Hubhöhe 75 cm) gebracht. Diese Hubhöhe wird auch durch den im Endausbau der Anlage vorhandenen Hubzylinder erreicht.

4.1. Ablauf des Brandversuches

Vor dem eigentlichen Brandversuch wurde zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der einzelnen Einrichtungen und der Meßgeräte ein Kaltrauchversuch durchgeführt. Bei diesem Versuch wurde in der Schleuse des 2. Obergeschosses bei geöffneter Tür Schleuse/Treppenraum Rauchpulver entzündet. Dieses Rauchpulver erzeugte im Treppenraum eine so starke Verqualmung, daß sich im Treppenraum schon nach kurzer Zeit niemand mehr aufhalten konnte. Das Lüftungssystem wurde bei diesem Versuch unmittelbar nach dem Entzünden des Rauchpulvers manuell eingeschaltet. Nachdem das Rauchpulver verbrannt war, wurde der Treppenraum sehr schnell infolge der zugeführten Luft wieder begehbar. Sobald der Treppenraum wieder völlig frei von Rauchgasen des Kaltrauchversuches war, wurde der Brandversuch begonnen.

Aufgrund der Beobachtungen der 3 mit Diktiergeräten ausgerüsteten Beobachtungsposten ergibt sich der folgende chronologische Ablauf des Brandversuches.

Versuchszeit

Beobachtungen

0	Zündung
1. min	Alle Türen im Treppenraum und zum Brandraum sind geschlossen. Die Temperatur im Brandraum steigt stark an, die Rauchsicht im Brandraum reicht bis zur halben Höhe.
2. min	Der Brandraum ist total verqualmt.
4. min	Der Brandraum ist weiterhin total verqualmt, Flammen werden sichtbar. Die Türen Brandraum/Schleuse und Schleuse/Treppenraum werden geöffnet. Rauch dringt in den Treppenraum.
5. min	Die Verqualmung des Treppenraumes wird stärker.
6. min	Die Tür Brandraum/Schleuse wird geschlossen.
7. min	Die Tür Brandraum/Schleuse wird halb geöffnet. Im oberen Teil der Tür quillt starker Rauch in den Treppenraum.
8. min	Bei einer Versuchszeit von 7,2 min wird das Lüftungssystem eingeschaltet. Im Treppenraum geht die Verqualmung schnell zurück und die Lufttemperatur sinkt. Die Türen Schleuse/Brandraum und Schleuse/Treppenraum werden geschlossen.
9. min	Die Tür Brandraum/Schleuse wird wieder zur Hälfte geöffnet. Im Treppenraum erfolgt eine leichte Verqualmung.
10. min	Die Tür Brandraum/Schleuse wird kurzfristig geschlossen und wieder halb geöffnet. Bei ge-

11. min schlossener Tür Schleuse/
Treppenraum nimmt die Ver-
qualmung des Treppenraumes
leicht zu. Die Scheibe im
Brandraum ist im oberen Drittel
gesprungen.
Die Temperatur im Brandraum
liegt sehr niedrig. Der Treppen-
raum unterhalb des Brandge-
schosses ist vollkommen rauch-
frei. Im Treppenraum oberhalb
des Brandgeschosses ist eine
leichte Verqualmung festzu-
stellen. Die Türen Schleuse/
Brandraum und Schleuse/Treppen-
raum werden ganz geöffnet.
14. min Bei offen stehender Tür Brand-
raum/Schleuse und Schleuse/
Treppenraum nimmt die Ver-
qualmung des Treppenraumes
etwas zu. Die Eingangstür im
Erdgeschoß wird geöffnet.
15. min Die Brandentwicklung im Brand-
raum nimmt nach Öffnen der Zu-
luftöffnung zu. Im Treppenraum
verstärkt sich die Verqualmung.
18. min Die Lüftungsanlage wird abge-
schaltet und die Tür im Erdge-
schoß geschlossen. Die Türen
Brandraum/Schleuse und Schleuse/
Treppenraum sind nach wie vor
geöffnet.
19. min Nach dem Abschalten der Lüftungs-
anlage steigt die Verqualmung
und die Temperatur im Treppen-
raum an. Aus dem Brandraum er-
folgt ein leichter Funkenflug
in den Treppenraum. Mit an-
steigender Brandraumtemperatur
und Brandintensität steigt die

22. min Verqualmung im Treppenraum weiter an.
Die Lüftungsanlage wird wieder eingeschaltet. Etwa zur selben Zeit wird die Tür Brandraum/Schleuse halb geschlossen. Infolge der Frischluftzufuhr sinkt die Rauchdichte und die Lufttemperatur im Treppenraum sehr schnell ab.
23. min Die Tür Schleuse/Brandraum wird wieder voll geöffnet. In den Treppenraum dringt Rauch aus dem Brandraum ein. Die Verqualmung im Treppenraum nimmt rasch zu.
24. min Die Verqualmung des Treppenraumes nimmt weiter zu. Die Tür Treppenraum/Schleuse im 4. Obergeschoß wird geöffnet. Der Treppenraum ist stark verqualmt.
25. min Alle Türen des Treppenraumes einschließlich der Türen zum Brandraum werden geschlossen. Nach dem Schließen der Türen nimmt die Verqualmung des Treppenraumes sehr schnell bis nahe 0 ab.
27. min Die Türen zum Brandraum werden geöffnet. Dichter, schwarzer Qualm dringt in den Treppenraum.
28. min Die Brandintensität im Brandraum geht zurück. Schwarzer Qualm dringt noch immer im oberen Bereich der Tür in den Treppenraum. Der Treppenraum unterhalb des Brandraumes ist vollkommen rauchfrei. Die Verqualmung im Treppenraum oberhalb des Brandraumes nimmt aber schnell ab.

31. min Alle Türen im Treppenraum mit Ausnahme der Türen im Brandgeschoß sind geschlossen.
32. min Die Brandintensität im Brandraum nimmt zu. Die Verqualmung im Treppenraum in Höhe des 4. Obergeschosses ist gerade noch zu ertragen.
34. min Die Tür Brandraum/Schleuse wird geschlossen. Die Verqualmung des Treppenraumes geht wesentlich zurück.
37. min Die Tür Brandraum/Schleuse wird ca. 1 min geöffnet.
38. min Mit dem Öffnen der Tür Brandraum/Schleuse steigt die Verqualmung im Treppenraum stark an. Beim Schließen der Tür Brandraum/Schleuse nimmt die Verqualmung des Treppenraumes ebenso schnell wieder ab.
39. min Die Tür Schleuse/Treppenraum wird geschlossen. Im Brandraum wird das Fenster z.T. eingeschlagen.
40. min Die Tür Brandraum/Schleuse und Schleuse/Treppenraum wird geöffnet. Rauch dringt vom Brandraum in den Treppenraum. Der Brandraum ist stark verqualmt. Im Brandraum ist die eingebaute Glasscheibe weiter eingeschlagen worden.
41. min Die Eingangstür im Erdgeschoß wird geöffnet. Die Brandintensität im Brandraum nimmt zu.
42. min Bei intensiver Brandentwicklung ist der Brandraum fast rauchfrei.

43. min Die Tür zum Erdgeschoß wird für kurze Zeit geschlossen und wieder geöffnet. Im Brandraum herrscht eine starke Brandentwicklung und Verqualmung.
45. min Der Versuch wird beendet. Der Brand wird gelöscht. Bei Beginn des Löschens erfolgt nochmals eine sehr starke Rauchentwicklung im Brandraum und ein Raucheintritt in den Treppenraum.

4.2. Meßwerte

Die während des Brandversuches aufgezeichneten Meßwerte sind in den Bildern 6 und 7 über der Versuchszeit dargestellt. Im Bild 6 ist der zeitliche Verlauf der Temperatur im Brandraum aufgetragen, sowie der Wert $1 - I/I_0$. Diese Größe charakterisiert die optische Rauchdichte im Treppenraum. Für die Darstellung der optischen Rauchdichte wurde der Mittelwert aus den Meßwerten an den 3 Meßstellen genommen. Im Bild 7 ist der gemessene Differenzdruck zwischen dem Treppenraum und der Umgebung sowie die Konzentration an CO und CO₂ in der Luft im Treppenraum über der Versuchszeit aufgetragen. Da hier nur Einzelmessungen vorliegen, sind in diesem Bild die Meßpunkte durch Geraden verbunden worden. In beiden Bildern sind oben die Stellung der Türen und der Betriebszustand des Gebläses angegeben.

5. ERGEBNISSE DES BRANDVERSUCHES

Infolge der kleinen Zuluftöffnung zum Brandraum war die Temperatur im Brandraum wesentlich davon abhängig, ob die Türen der Schleuse zwischen Treppenraum und Brandraum geöffnet oder geschlossen waren. Bei offenstehenden Türen der Schleuse zwischen Brandraum und Treppenraum war jeweils ein Anstieg der Temperatur im Brandraum zu beobachten.

Die im Treppenraum vorhandene optische Rauchdichte nahm beim Einschalten der Treppenraumbelüftung sehr schnell auf Werte ab, die die Benutzbarkeit des Treppenraumes nicht beeinflussen. Beim Öffnen der Türen der Schleuse zum Treppenraum und Brandraum nahm naturgemäß die Verqualmung des Treppenraumes zu. Die Verqualmung des Treppenraumes steigerte sich noch, als nach einer Versuchszeit von ca. 18 min die Lüftungsanlage abgeschaltet wurde. Beim Wiedereinschalten der Lüftungsanlage in der 22. Versuchsminute nahm die optische Rauchdichte im Treppenraum zunächst wesentlich zu. Erst beim Schließen der Türen der Schleuse zwischen Brandraum und Treppenraum wurde der Treppenraum in sehr kurzer Zeit wieder rauchfrei. Diese anfängliche Zunahme der Treppenraumverqualmung beim Wiedereinschalten der Lüftungsanlage ist darauf zurückzuführen, daß in den Treppenraum heiße Rauchgase eingedrungen sind, die mit zunehmender Temperatur auch einen zunehmenden Unterdruck im Treppenraum hervorriefen. Durch diesen Unterdruck erfolgte ein verstärkter Rauchaustritt vom Brandraum in den Treppenraum. Dieser Rauchaustritt in den Treppenraum wurde erst verringert, als sich im Treppenraum wieder ein Überdruck gegenüber dem Umgebungsdruck aufbaute.

Das Öffnen der Tür im Erdgeschoß, die die Verbindung zwischen Treppenraum und der Umgebung herstellt, wirkte sich ebenfalls nachteilig auf die Verqualmung des Treppenraumes aus. Waren die Türen der Schleuse zwischen Treppenraum und Brandraum geöffnet, so stieg beim Öffnen der Tür im Erdgeschoß die Verqualmung des Treppenraumes an.

Die während des Brandversuches gemessenen Druckdifferenzen weisen sehr starke Schwankungen auf. Insbesondere fällt bei diesen Messungen auf, daß sich im Treppenraum gegenüber der Umgebung ein sehr starker Unterdruck in der 21. und 22. Versuchsminute einstellte. Dieser starke Unterdruck, der den verstärkten Raucheintritt in den Treppenraum verursachte, wäre vermieden worden, wenn die Lüftungsanlage nicht abgeschaltet worden wäre.

Während des Versuches wurde im Treppenraum für die CO-Konzentration ein maximaler Wert von 500 ppm und für die CO₂-Konzentration ein maximaler Wert von 2 Vol.-% gemessen. Während der gesamten Versuchsdauer von ca. 45 Minuten ergab sich als Mittelwert für den CO-Gehalt ein Wert von 240 ppm. Dieser Wert liegt wesentlich unter dem kritischen Wert von 800 ppm, der nach [1] nach 45 Minuten zu Gesundheitsstörungen führt. Der Mittelwert für die gemessenen CO₂-Konzentrationen während der Versuchsdauer von 45 Minuten beträgt 0,65 Vol.-%. Dieser Wert liegt nur unwesentlich über dem MAK-Wert von 0,5 Vol.-% und ist damit in der hier vorkommenden Einwirkungszeit von ca. 45 min ebenfalls nicht gesundheitsschädlich.

6. BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DES LÜFTUNGSSYSTEMS

Das hier verwendete Lüftungssystem ist dazu vorgesehen, innenliegende Treppenträume, die jeweils über eine Schleuse oder Vorraum mit den einzelnen Geschossen verbunden sind, im Brandfall so rauchfrei zu halten, daß der Treppenraum benutzbar bleibt. Der Luftvolumenstrom ist so festgelegt, daß der durch Türspalte sowie durch kurzzeitiges Öffnen von Türen in den Treppenraum eindringenden Rauch schnell verdünnt und abgeführt wird.

Der durchgeführte Brandversuch hat ergeben, daß der Treppenraum auch bei langen Öffnungszeiten der beiden Türen der Schleuse zum Brandraum und zum Treppenraum benutzbar blieb. Die optische Rauchdichte ging sehr rasch auf kleine Werte bzw. auf 0 zurück, sobald eine der Türen der Schleuse zum Brandraum und zum Treppenraum geschlossen wurde. Diese rasche Durchspülung des Treppenraumes wurde auch bei geöffneter Eingangstür im Erdgeschoß erreicht. Die gemessenen CO- und CO₂ - Konzentrationen im Treppenraum lagen bei so niedrigen Werten, daß innerhalb von 45 min und länger keine Gesundheitsgefährdung gegeben war.

[1] Hommel, G.

Handbuch der gefährlichen Güter.

Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1973/74

Um diese ausreichende Spülung des Treppenraumes auch bei geöffneter Eingangstür im Erdgeschoß zu erreichen, ist es jedoch erforderlich, daß, wie bei diesem Gebäude, oben im Treppenraum eine große Entlüftungsöffnung vorhanden ist.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Um den innenliegenden Treppenraum eines Bürogebäudes, das aus einem Kellergeschoß, einem Erdgeschoß und 5 Obergeschossen besteht, im Brandfall so gegen einen Raucheintritt zu schützen, daß seine Benutzbarkeit gewährleistet bleibt, wurde ein Lüftungssystem zur Spülung des Treppenraumes vorgesehen.

Mit dem Lüftungssystem werden im Keller 20 400 m³/h Luft in den Treppenraum eingeblasen. Dieser Luftvolumenstrom tritt an der obersten Stelle des Treppenraumes aus einer 1,30 m x 2,37 m großen Lichtkuppel wieder aus.

Mit einem Brandversuch wurde die Wirksamkeit dieses Belüftungssystems überprüft. Für diesen Brandversuch wurde im 2. Obergeschoß ein Brandraum mit einer Breite von 2,5 m und einer Länge von 5,1 m von der übrigen Geschoßfläche abgetrennt. Als Brandlast diente eine Brandlastpalette mit ca. 180 kg brennbaren Materialien. Bei diesem Versuch wurde die Temperatur unterhalb der Brandraumdecke, die optische Rauchdichte an 3 Stellen im Treppenraum, die Druckdifferenz zwischen Treppenraum und Umgebung sowie die Konzentration von CO und CO₂ im Treppenraum gemessen. Beobachter an 3 verschiedenen Orten des Gebäudes haben den Brandablauf auf Diktiergeräten protokolliert.

Der Brandversuch hat ergeben, daß selbst nach langen Öffnungszeiten der Türen der Schleuse zum Brandraum und zum Treppenraum der Treppenraum während der gesamten Versuchszeit benutzbar war. Bei geschlossener Tür Brandraum/Schleuse und offener Tür Schleuse/Treppenraum, blieb der Treppenraum praktisch rauchfrei.

Der in den Treppenraum eingedrungene Rauch wurde sehr schnell abgeführt.

Die im Treppenraum ermittelten CO - und CO₂- Konzentrationen waren so niedrig, daß innerhalb einer Zeit von 45 min und länger keine gesundheitlichen Gefahren auftreten können.

Karlsruhe, den 12. Juni 1978



(Dipl.-Ing. R. John)
Sachbearbeiter



(Dr.-Ing. P.G. Seeger)
Leiter der Forschungsstelle

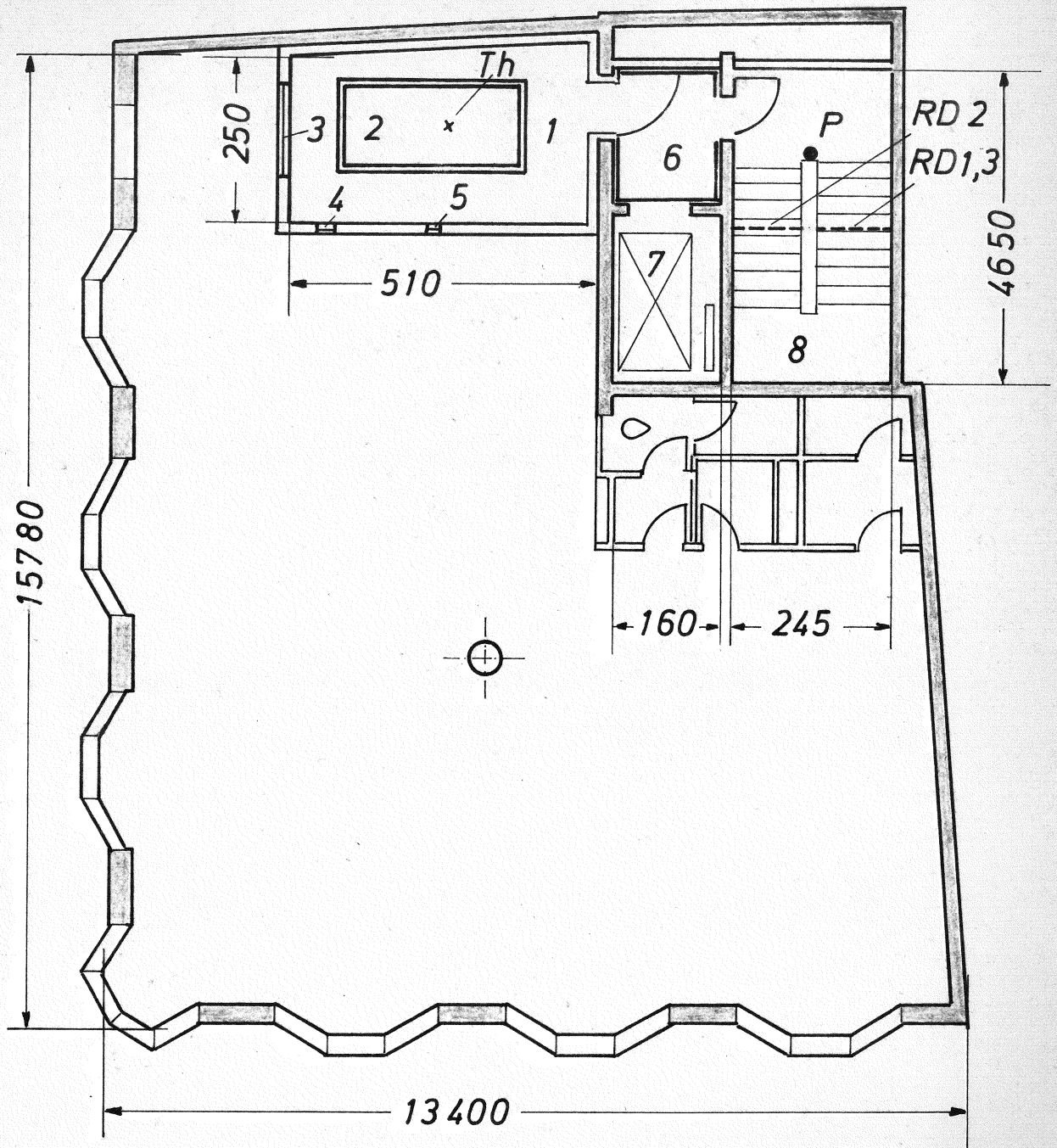


Bild 1 Bürogebäude Hamburg, Dammtorstraße 29
Grundriß mit abgemauertem Brandraum (2.OG.)

- | | | | |
|---|---------------------|----|---|
| 1 | Brandraum | 6 | Schleuse |
| 2 | Brandlastpalette | 7 | Aufzug |
| 3 | Brandraumfenster | 8 | Treppenraum |
| 4 | Zuluftöffnung | Th | Temperaturmeßstelle 5 cm
unter der Decke |
| 5 | Beobachtungsfenster | P | Druckmeßstelle (3.OG.) |
| | | RD | 1-3 Meßstrecken für optische
Rauchdichte |

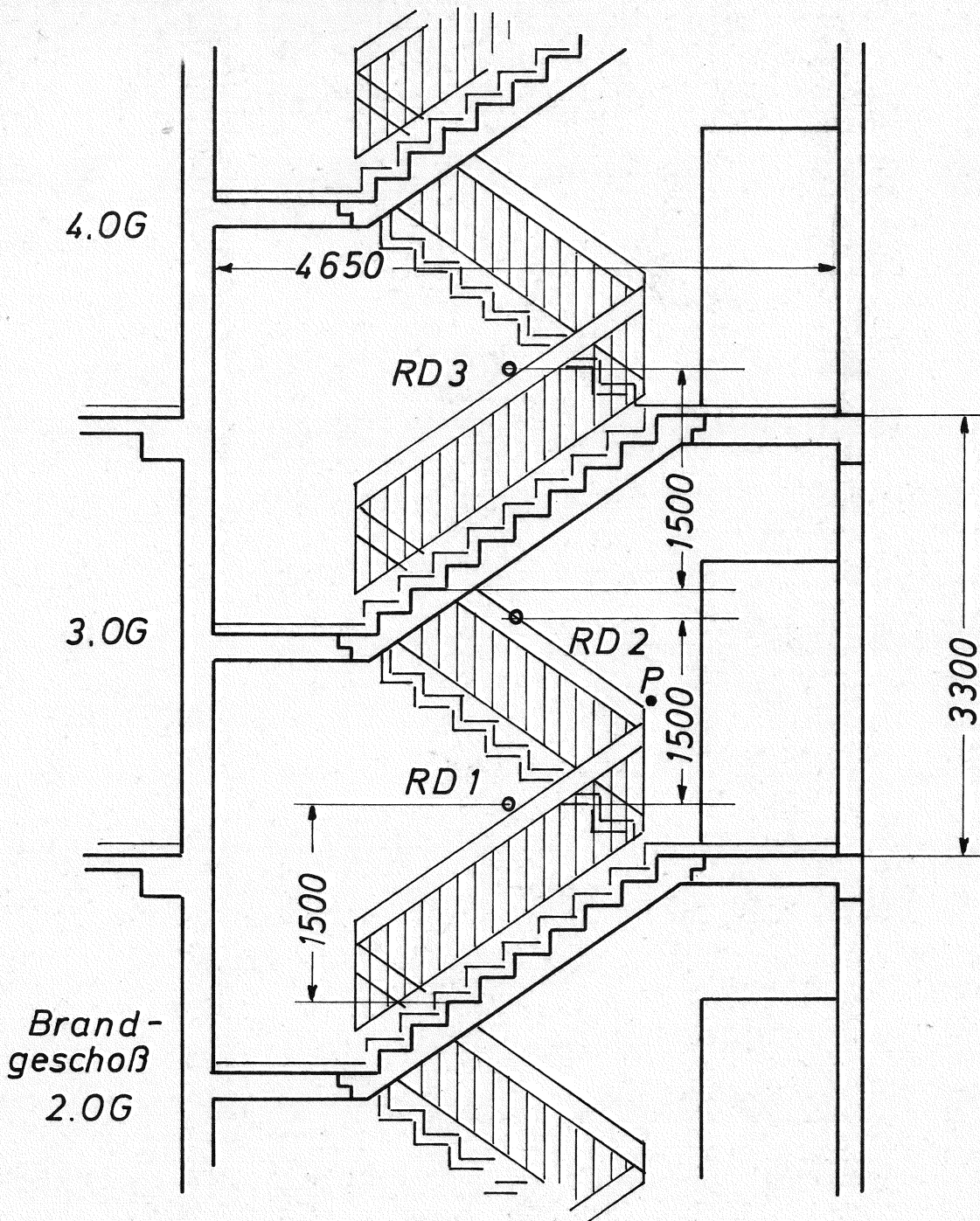


Bild 2 Bürogebäude Hamburg, Dammtorstraße 29
Treppenraum
P Druckmeßstelle
RD 1-3 Meßstrecken für die optische Rauchdichte



Bild 3
Brandraum mit
Brandlastpalette
Brandlast ca. 180 kg



Bild 4
Rauchabzugsöffnung
im Treppenraum
Querschnitt
1,30 m x 2,37 m



Bild 5
Öffnungswinkel
der Lichtkuppel
beim Brandversuch

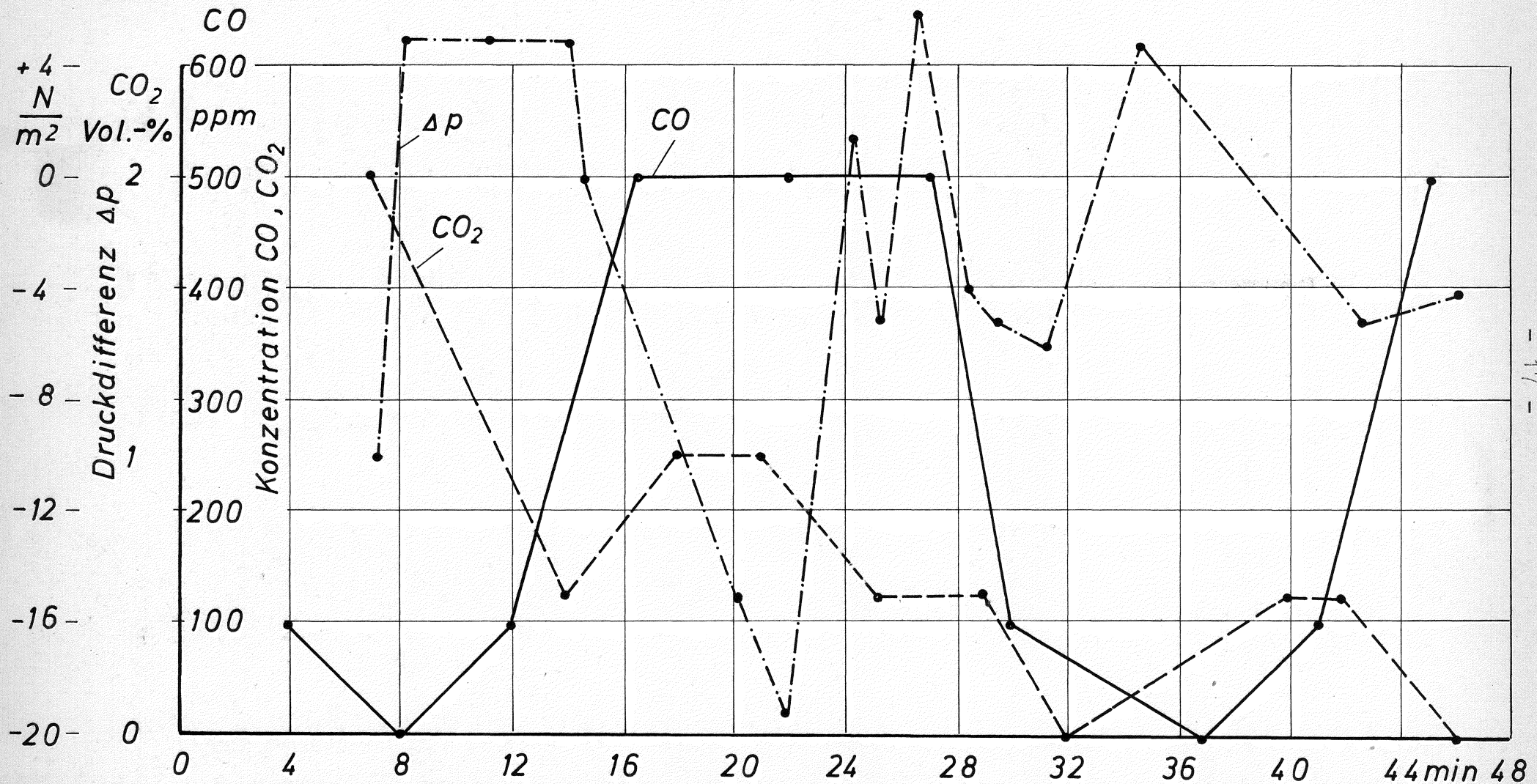
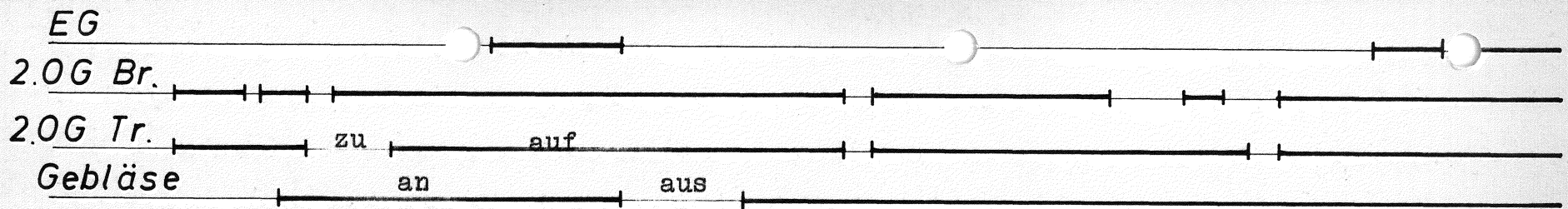


Bild 7 Druckdifferenz zwischen Treppenraum und Umgebung sowie CO- und CO₂-Konzentration im Treppenraum in Höhe des Brandgeschosses in Abhängigkeit von der Versuchszeit

EG Eingangstür im Erdgeschoß

Br Tür Schleuse/Brandraum im 2. OG.

Tr Tür Schleuse/Treppenraum im 2. OG.

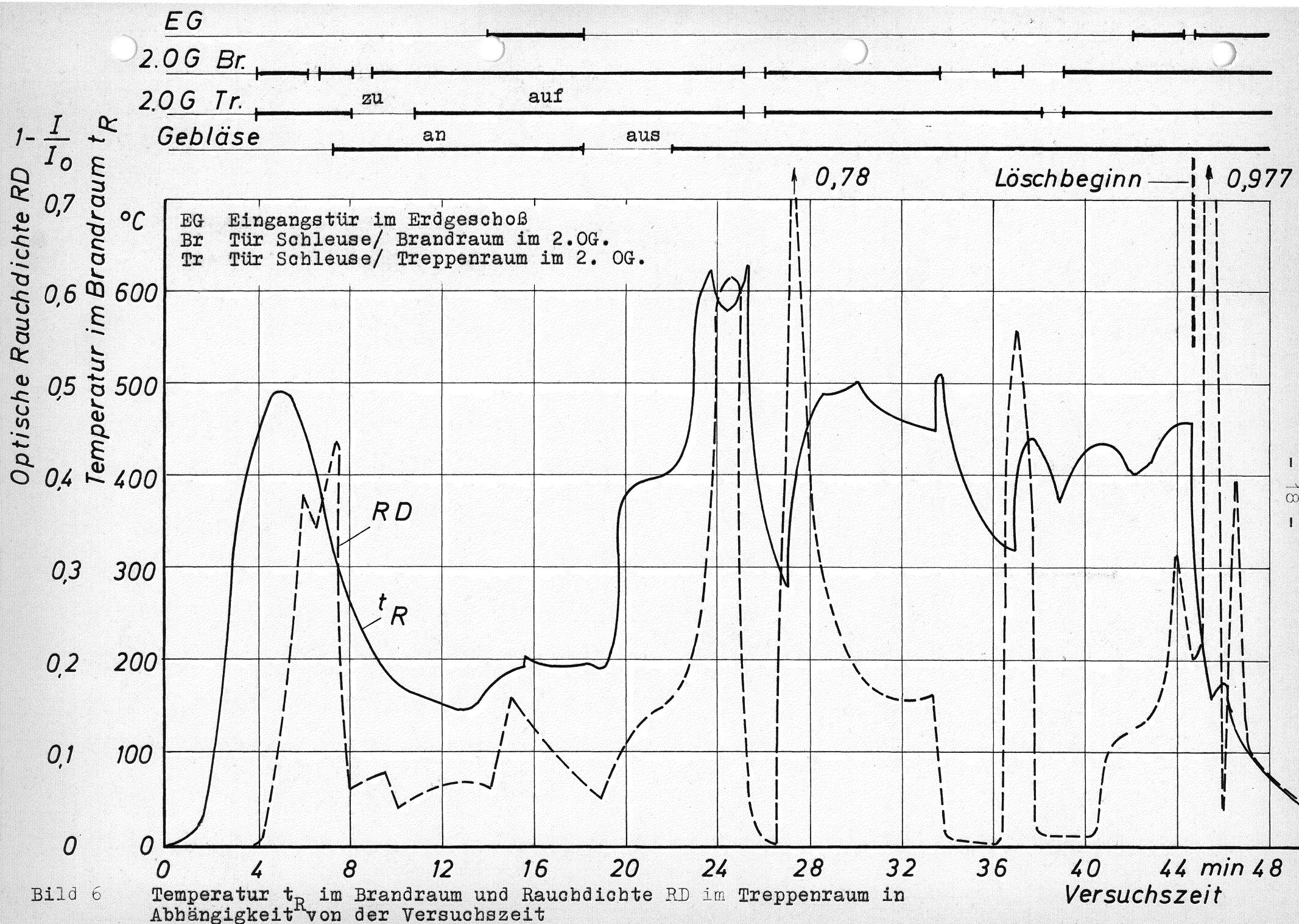


Bild 6 Temperatur t_R im Brandraum und Rauchdichte RD im Treppenraum in Abhängigkeit von der Versuchszeit