

AGF

BERICHTE

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

"Modellbrandversuche" Versuche zur Bestimmung
des Brandverlaufs in Modellräumen im Rahmen
des zweiten internationalen Forschungsprogramms

- Kurzfassung -

12

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LANDESDIENSTSTELLEN
FÜR FEUERSCHUTZ IN DEN BUNDESLÄNDERN (AGF)

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

AGF

Forschungsbericht Nr.12

"Modellbrandversuche"

Bericht über die im Rahmen des zweiten internationalen Forschungsprogrammes an der Forschungsstelle für Brandschutztechnik durchgeführten Versuche zur Bestimmung des Brandverlaufes in Modellräumen

von

Dipl.-Ing. Wolfgang Hoffmann

und

Dipl.-Ing. Reiner John

Forschungsstelle für Brandschutztechnik
an der Universität Karlsruhe (TH)

191 Seiten mit 117 Bildern, 71 Tabellen und 3 Literaturstellen

Auszugsweise Wiedergabe von Dipl.-Ing. W. Hoffmann

Forschungsstelle für Brandschutztechnik
an der Universität Karlsruhe (TH)

Karlsruhe

FA.Nr.33 (5/67)

Februar 1969

EINLEITUNG

Die Grundlagen des vorbeugenden Brandschutzes beruhten lange Zeit auf den Erfahrungen, die bei der Brandbekämpfung gewonnen wurden. Im natürlichen Maßstab, unter bestimmten Bedingungen ausgeführte Versuche dienten meistens dazu, den Brandablauf bei großen Schadenfeuern zu rekonstruieren, und konnten die Erfahrungen nur ergänzen. Die dabei erhaltenen Ergebnisse beeinflussten wesentlich die Vorstellungen über den Verlauf von Bränden in Gebäuden und bildeten somit in den meisten Ländern die Grundlage der Bestimmungen für die Einteilung in Brandentwicklungsstufen. Deswegen ist es notwendig, diese Bestimmungen auf eine solidere und wissenschaftlichere Grundlage zu stellen, als es Erfahrungen sein können.

In den letzten Jahren wurden daher systematische Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeiten des Brandablaufes in Räumen in Angriff genommen. Da bei Verwendung von Versuchsobjekten im natürlichen Maßstab die Vielzahl der Variationsmöglichkeiten und ungleichmäßige Versuchsrandbedingungen eine große Zahl von Versuchen und damit einen hohen finanziellen Aufwand erfordern, begann man zunächst damit, maßstäblich verkleinerte Modelle sowohl der Gebäude selbst als auch der Inneneinrichtung herzustellen, und mit ihrer Hilfe unter genau definierten Bedingungen den Brandablauf in Räumen zu untersuchen.

Die ersten Versuche wurden von der britischen Joint Fire Research Organization durchgeführt, die bei den weiteren Untersuchungen dazu übergang, die maßstäblich verkleinerten Modelle in ihren Abmessungen und der Anordnung der Brandlast zu abstrahieren. Dabei stellte den Modellraum ein mit Asbestplatten ausgekleideter Kasten mit bestimmten Öffnungen dar. Die Brandlast bestand aus Holzstäben quadratischen Querschnittes, die krippenförmig übereinander gelegt wurden. Der Abstand der Holzstäbe zueinander und die Länge der Stäbe wurde variiert. Um alle Variationsmöglichkeiten auszunutzen und zufällige Fehler auszuschalten, waren eine große Anzahl

von Versuchen notwendig. Daher regte der Direktor der Fire Research Station der Joint Fire Research Organisation, Mr. D.I. Lawson, an, im Rahmen der Zusammenarbeit im Conseil International du Bâtiment (CIB), Commission 14, der Gruppe, die sich mit der Koordinierung der Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des vorbeugenden Brandschutzes beschäftigt, Gemeinschaftsversuche auszuführen. An diesem Forschungsprogramm beteiligten sich zehn Institute aus verschiedenen Ländern. Mit Hilfe dieses ersten internationalen Versuchsprogrammes wurden Kenntnisse über den Einfluß der Raumgröße, der Ventilation, der Größe der Brandlast und der Brandlastverteilung auf den Ablauf eines eingeschlossenen, vollentwickelten Brandes gewonnen [1]. Die Federführung und die Auswertung aller Versuchsergebnisse lag in den Händen der britischen Fire Research Station in Boreham Wood.

Als Fortsetzung dieser ersten Untersuchung wurde von der CIB, Commission 14, auf ihrer Sitzung in Kopenhagen im Mai 1966 die Durchführung eines weiteren internationalen Forschungsprogrammes beschlossen. Im Rahmen dieses zweiten Versuchsprogrammes, das wiederum von der Fire Research Station aufgestellt wurde, sollte untersucht werden, welche Faktoren die Anfangsstadien der Ausbreitung eines Brandes in einem Raum beeinflussen. Die Versuche wurden von acht Instituten aus acht Ländern durchgeführt. In Deutschland beteiligte sich die Forschungsstelle für Brandschutztechnik an der Universität Karlsruhe (TH) an diesen Untersuchungen.

VERSUCHSPROGRAMM

Das mit Hilfe statistischer Methoden aufgestellte Programm besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil über den in der hier vorliegenden Arbeit berichtet wird, beschränkte man sich darauf, festzustellen, wie groß die Abweichungen in den Ergebnissen der einzelnen Institute sind und ob eine Verwirklichung des Versuchsprogrammes in befriedigender Weise möglich ist. Es wurden daher möglichst viele Faktoren

berücksichtigt, deren Einfluß bei jeweils zwei verschiedenen Anordnungen auf die Zündung und Entwicklung eines eingeschlossenen Brandes untersucht wurden.

Es wurden folgende Zustandsgrößen jeweils zwischen zwei verschiedenen Anordnungen variiert:

1. Abmessungen des Modellraumes
 - a) Breite 2 m, Tiefe 1 m, Höhe 1 m
 - b) Breite 1 m, Tiefe 2 m, Höhe 1 m

2. Lage der Zündquelle
 - a) in der Ecke des Modellraumes
 - b) in der Mitte des Modellraumes

3. Größe der Zündquelle
 - a) 16 cm²
 - b) 144 cm²

4. Größe der Ventilationsöffnung
 - a) 1/4 der Modellraumbreite, 1 m hoch
 - b) ganz offen

5. Höhe der Brandlast
 - a) 16 cm
 - b) 32 cm

6. Stababstand im Stapel
 - a) 2 cm
 - b) 6 cm

7. Brandlastverteilung
 - a) ein großer Holzstapel mit einer Grundfläche von 170 cm x 70 cm
 - b) 21 kleine Holzstapel mit je einer Grundfläche von 20 cm x 20 cm

8. Art der Auskleidung des Modellraumes
- a) Asbest
 - b) Hartfaserplatten

Die Kombination dieser Zustandsgrößen mit ihren Variationen ergibt 256 Möglichkeiten. Sieht man für jede dieser Möglichkeiten noch einen Wiederholungsversuch vor, so ergeben sich 512 Versuche. Da die Auswertung mit Hilfe statistischer Methoden vorgenommen wird, reduziert sich die Anzahl der Versuche auf 256. Diese wurden auf acht Institute verteilt, so daß jedes Institut 32 Versuche, darunter jeweils 16 Wiederholungsversuche durchzuführen hatte. Die von der Forschungsstelle für Brandschutztechnik übernommenen 32 Versuche wurden in der Versuchshalle der Abteilung Feuerungstechnik des Institutes für Gastechik, Feuerungstechnik und Wasserchemie durchgeführt.¹⁾

VERSUCHSAUFBAU

Der Modellraum hatte eine lichte Grundfläche von 2 m x 1 m und eine lichte Höhe von 1 m. Der Modellraum wurde mit 10 mm dicken Asbestplatten ausgekleidet. Um gleiche Bedingungen bei allen Instituten zu gewährleisten, mussten bestimmte Materialeigenschaften für die Asbestplatten eingehalten werden. Die Variation der beiden verwendeten Modellräume ergab sich dadurch, daß die Ventilationsöffnung für den einen Teil der Versuche in der großen Seitenwand (2m x 1m) und für den anderen Teil der Versuche in der kleinen Seitenwand (1m x 1m) angeordnet war. In den anderen Seitenwänden waren kleine Beobachtungsfenster aus Glimmer angebracht. Über dem Modellraum befand sich eine Rauchabzugshaube.

Als Brandlast wurden krippenförmig angeordnete, quadratische Stäbe, Kantenlänge 2 cm, aus Kiefernholz, mit einem mittleren spezifischen Gewicht von $0,54 \text{ g/cm}^3$ verwendet. Die Holz-

¹⁾ Für die bereitwillige Überlassung der Versuchshalle sei hier dem Direktor der Abteilung Feuerungstechnik Professor Dr.-Ing. R. Günther besonders gedankt.

feuchtigkeit mußte, auf das Trockengewicht bezogen, 10 ± 2 % betragen. Die Einhaltung dieses Feuchtigkeitsgehaltes ist von großer Bedeutung, da im Anfangsstadium eines Brandes die Holzfeuchte die Ergebnisse wesentlich beeinflußt. Die bei den Versuchen eingesetzten Stäbe wiesen einen Feuchtigkeitsgehalt von 9 bis 10 % auf.

Die Kanthölzer wurden krippenförmig zu Stapeln mit den Abmessungen 170 cm x 70 cm und 20 cm x 20 cm verleimt.

Die Zündquelle bestand aus einer quadratischen Stahlwanne, die in die auf der Bodenplatte zusätzlich liegende Asbestplatte eingelassen war. Die kleine Wanne hatte die Abmessungen 4 cm x 4 cm und die große 12 cm x 12 cm. Die Entzündung erfolgte entweder in der Ecke des Modellraumes oder in seiner Mitte. Zur Zündung wurde die kleine Wanne mit 3 ml, die große mit 25 ml Äthylalkohol von technischer Reinheit gefüllt.

Die Hälfte der Versuche wurde im Modellraum, der lediglich mit Asbestplatten ausgekleidet war, durchgeführt. Bei den restlichen wurden auf die Asbestplatten 5 mm starke Hartfaserplatten aufgeschraubt.

Die Hartfaserplatten wurden mit Schrauben derart auf den Asbestplatten befestigt, daß die glatte Oberfläche dem Feuer zugewandt war. Es wurden nur die Decke und die Seitenwände damit ausgekleidet.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Der Abbrand wurde durch Messen der zeitlichen Gewichtsänderung des Modellraumes mit Hilfe einer elektromechanischen Waage bestimmt. Die Wägevorrichtung bestand aus drei Biegekraftaufnehmern, die an einem Gestell unter dem Modellraum befestigt waren. Der Modellraum ruhte auf einem gleichseitigen Dreieck aus Profilträgern und stützte sich über geeignete Einbauhilfen auf den Biegekraftaufnehmern ab.

Die Lagerung erfolgte auf Schneiden.

Die Brandlast wurde vor dem Einsetzen in den Modellraum auf 0,1 kg genau gewogen. Der Gewichtsverlust konnte mit Hilfe der elektromechanischen Wägevorrichtung auf 0,1 kg genau bestimmt werden.

Während des Versuches wurde die Temperatur an der Decke des Modellraumes mit einem Thermoelement gemessen und mit einem Kompensationspunktdrucker registriert.

Die von der Fensteröffnung ausgehende Wärmestrahlung wurde mit einem von der Fire Research Station entwickelten Strahlungspyrometer [2], das der Forschungsstelle für Brandschutztechnik für die Versuche zur Verfügung gestellt wurde, bestimmt. Das Gerät war in der Mitte vor der Öffnung in einem Abstand, der der Breite des Modellraumes entsprach, aufgestellt. Um Fehler infolge der Erwärmung des Gehäuses zu vermeiden, wurde der Strahlungsdichtemesser mit Wasser gekühlt.

Von der Fire Research Station wurde vorgeschlagen die Rauchdichte wie folgt zu definieren:

Rauchdichte =

$$\frac{I_g \text{ Intensität eines Lichtstrahles beim Durchgang durch Luft}}{\text{Intensität eines Lichtstrahles beim Durchgang durch Rauch}}$$

Die Rauchdichte wurde über die ganze Breite des Modellraumes im Abstand von 10 cm von der Ventilationsöffnung 10 cm unterhalb der Decke bestimmt. Dazu wurde ein gebündelter Lichtstrahl erzeugt, dessen Intensitätsabnahme beim Durchgang des Rauches über eine Photozelle bestimmt werden konnte. Als Lichtquelle diente eine Wolframbandlampe. Der Lichtstrahl wurde mit Hilfe einer Linse gebündelt und auf einen Empfänger einjustiert. Der Empfänger bestand aus einem zylindrischen Gehäuse, das verchromt war, um eine Erwärmung durch Strahlung herabzumindern. In der Öffnung des Gehäuses war eine Schlitzblende angebracht. In dem Gehäuse befand sich ein handelsüblicher Belichtungsmesser, dessen Anzeige mittels

eines Luxmeters in Lux geeicht wurde. Da hier nicht die absoluten Werte sondern nur das Verhältnis zweier Absolutwerte interessieren, genügt es, dafür zu sorgen, daß die Anzeige des Belichtungsmessers linear ist. Mit Hilfe der Schlitzblende konnte der Meßbereich des Belichtungsmessers derart gewählt werden, daß dessen abgegebenen mV-Spannung der Lichtstärke direkt proportional war.

Zur Bestimmung des Kohlendioxid-, Kohlenmonoxid- und Sauerstoff-Gehaltes des Rauchgases wurde das Abgas mit einer wassergekühlten Sonde abgesaugt und über einen Trockenturm zu den Gasanalysatoren geleitet. Der Kohlendioxid- und Kohlenmonoxid-Gehalt wurde jeweils mit einem Ultrarotspektrometer (URAS) und der Sauerstoff-Gehalt mit einem MAGNOS bestimmt.

Neben den bisher angeführten Messungen, deren Ergebnisse mit einem Kompensationspunktdrucker registriert wurden, waren visuelle Beobachtungen der Flammenausbreitung und -höhe von großer Bedeutung. Als Meßpunkte für den zeitlichen Ablauf der Flammenausbreitung auf der Oberfläche eines großen Stapels wurden die einzelnen Holzstäbe, deren Abstand genau festgelegt war, herangezogen. Waren 21 Stapel im Modellraum angeordnet, so wurde der Flammenübersprung (flash over) von einem Stapel zum anderen zeitlich festgehalten. Die Flammenhöhe wurde jede Minute bestimmt. Vor allem wurde sowohl der Zeitpunkt T_f , an dem die Flammen die Decke erreichten, als auch die Zeit T_w ermittelt, bei der sie aus der Öffnung des Kastens schlugen. Weitere Beobachtungen bezogen sich auf den Zeitpunkt T_{L1} der Entzündung der Auskleidung und auf die Zeit T_{L2} , nach der die Auskleidung an der Decke vollständig in Flammen stand. Da im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nur das Anfangsstadium des Brandes untersucht werden sollte, konnten die Versuche als beendet angesehen werden, wenn ca. 40 % der Brandlast verbrannt waren.

VERSUCHSERGEBNISSE UND VERSUCHSAUSWERTUNG

Als Versuchsergebnisse wurden der zeitliche Verlauf des Gewichtsverlustes, der Deckentemperatur, der Strahlungsdichte, der Rauchdichte, der Rauchgaszusammensetzung, der Flammenausbreitung und der Flammenhöhe bestimmt. Weiterhin wurden folgenden charakteristischen Zeiten der Flammenausbreitung ermittelt:

- T_f die Zeit, nach der die Flammen die Decke erreichten.
 T_w die Zeit, nach der die Flammen aus dem Fenster schlugen.
 T_{L1} die Zeit, nach der sich die Hartfaserplatten entzündeten.
 T_{L2} die Zeit, nach der die Auskleidung an der Decke vollkommen in Flammen stand.
 T_a die Zeit, nach der sich der erste benachbarte Holzstapel entzündete, d.h. der erste Flammenübersprung (flash over) von dem Stapel, der entzündet wurde, auf einen der benachbarten erfolgte.
 T_2 die Zeit, bis zum letzten Anstieg der Flammenausbreitungskurve. Diese Zeit wurde den Kurven entnommen, die den zeitlichen Verlauf der Flammenausbreitung darstellen. Die Flammenausbreitungskurven lassen drei verschiedene Steigungen erkennen (Bild 1). Die Schnittpunkte der Tangenten an die Kurve ergeben die Zeiten T_1 und T_2 , die die Flammenausbreitung charakterisieren.
 T_3 die Zeit, nach der die Holzstapel auf der Oberseite in Flammen standen. Diese Zeit charakterisiert den Übergang von der Anfangsphase in das Stadium eines vollentwickelten Brandes.

Dazu wurden noch die Flammenausbreitungsgeschwindigkeiten R_1 , R_2 und R_3 berechnet. Da sich die Kurve, die den zeitlichen Verlauf der Flammenausbreitung darstellt, durch drei Tangenten annähern läßt (Bild 1), konnte mit Hilfe der Steigungen dieser Tangenten die entsprechenden Flammenausbreitungsgeschwindigkeiten bestimmt werden.

Die Auswertung aller Versuchsergebnisse wird von der Fire Research Station durchgeführt. Da im Rahmen dieses Berichtes nur ein Achtel der Versuche erfaßt werden konnte, können endgültige Aussagen über den Einfluß der einzelnen Zustandsgrößen auf die Entwicklung eines Brandes nicht gemacht werden. Jedoch läßt sich aus den Ergebnissen eine gewisse Charakteristik erkennen, so daß ein erster grober Überblick gegeben werden kann.

Der Einfluß der Modellraumabmessungen auf die Zeit T_2 ist im Vergleich zu den anderen variierten Zustandsgrößen gering. Zu dem gleichen Ergebnis führt auch ein Vergleich der Flammenausbreitungsgeschwindigkeiten, so daß wahrscheinlich die Luftzufuhr durch die gewählten Abmessungen nur in kleinerem Maße behindert wird. Die größere Abweichung bei der Strahlungsdichte wird wohl in der Hauptsache auf den verschiedenen Abständen zwischen Strahlungsdichtemesser und Modellraum beruhen, da beim Übergang von den Modellraumabmessungen 121 zu 211 die Strahlungsdichte mit dem Quadrat des vergrößerten Abstandes abnimmt, während sich die strahlende Fläche nur verdoppelt.

Wird die Zündquelle von der Ecke des Modellraumes in die Mitte verlegt, breitet sich der Brand schneller aus. Dies trifft aber nicht für die Zeit unmittelbar nach der Entzündung zu; hier ist die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit geringer. Dies erklärt sich daraus, daß, wenn in der Mitte gezündet wird, die Luftzufuhr zur Zündstelle, da die Zündquelle vollkommen von Holzstäben umgeben ist, stärker behindert wird als in der Ecke, bei der dies nur an zwei Seiten der Fall ist. Im weiteren Brandverlauf kommt dieser Tatsache keine Bedeutung mehr zu, da sich nun die Flammen auf der Oberfläche des Holzstapels ausbreiten und hier die Luftzufuhr zur Mitte hin wesentlich ungehinderter von statten geht. Daß die rasche Flammenausbreitung nur von der Oberfläche bestimmt wird, ist daran zu erkennen, daß hiervon der Gewichtsverlust und die Decktemperatur unbeeinflusst bleiben, d.h., in dieser Phase werden nur geringe Mengen brennbaren Materials verbraucht.

Die größere Strahlungsdichte ist darauf zurückzuführen, daß sich bei Zündung in der Mitte die Flammen rascher zur Öffnung ausbreiten, wodurch der Abstand zwischen Flamme und Strahlungsmesser geringer wird. Die gleichen Einflüsse sind auch bei der Änderung der Größe der Zündquelle von 16 cm^2 auf 144 cm^2 zu beobachten. Jedoch ist eine Abweichung zu beachten. Die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit des Anfangsstadiums wird im Gegensatz zu den obigen Überlegungen erheblich größer, da die größere Oberfläche der Zündquelle eine schnellere Brandausbreitung bewirken muß.

Brandlasthöhe und -verteilung haben einen geringen Einfluß auf die verschiedenen Größen. Eine größere Veränderung tritt nur bei der Strahlungsdichte beim Übergang von einem großen Stapel zu 21 kleinen Stapel auf. Hierbei verringert sich die Strahlungsdichte. Wahrscheinlich sind die Flammen bei der Ausbreitung auf dem großen Stapel optisch dichter, wodurch sie eine größere Strahlungsintensität haben.

Von größerer Bedeutung ist der Stababstand im Stapel. Je weiter die Abstände sind, um so ungehinderter kann die Luft hinzutreten. Dies zeigt sich daran, daß die Zeit T_2 kleiner wird und die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit zu Beginn stark zunimmt. Der Gewichtsverlust, die Deckentemperatur und die Strahlungsdichte zeigen keine nennenswerten Veränderungen.

Es konnte festgestellt werden, daß eine kleinere Ventilationsöffnung die Brandausbreitung stark beschleunigt. Da ein Wärmeaustritt aus dem Modellraum infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit der Asbestplatten hauptsächlich nur durch die Ventilationsöffnung erfolgen kann, verbleibt bei kleineren Öffnungen eine größere Wärmemenge im Modellraum als im Fall der großen Öffnung, wodurch die Flammenausbreitung wesentlich gefördert wird. Hingegen wird die Abnahme der Brandlast entgegengesetzt beeinflusst. Die kleinere Öffnung hat eine geringere Luftzufuhr zur Folge, was zu einem geringeren Abbrand und zu einer niedrigeren Deckentemperatur führt. Die Strahlungsintensität muß beim Übergang zur großen Öffnung zunehmen, da damit auch eine Vergrößerung der strahlenden Fläche verbunden ist.

Im wesentlichen beschränkt sich der Einfluß der Auskleidung auf die Flammenausbreitung. Wird der Modellraum mit Hartfaserplatten ausgekleidet, so bewirkt dies eine beträchtliche Vergrößerung der Flammenausbreitungsgeschwindigkeit. Zwei Faktoren sind maßgebend. Die Hartfaserplatten bilden eine zusätzliche Isolierung und vermindern dadurch die Wärmeabgabe noch mehr, wodurch gleichzeitig der Wärmestau im Modellraum gefördert wird.

Einen weiteren großen Einfluß auf die Brandentwicklung hat auch die Flammenausbreitung auf den Hartfaserplatten. Die Flammen breiten sich sehr rasch aus.

EINFLUSS DER VERSCHIEDENEN ZUSTANDSGRÖSSEN AUF DEN VOLLENTWICKELTEN BRAND

Der Verlauf eines Feststoffbrandes läßt sich in drei Abschnitte unterteilen. Der erste Abschnitt entspricht der Zeit, in der sich der Brand ausbreitet, bis der ganze Raum in Flammen steht. In diesem Zeitabschnitt der Zündung und der Zunahme des Brandes verbrennt nur eine geringe Menge des brennbaren Materials. Im zweiten Abschnitt, der Phase des vollentwickelten Brandes, wird die größte Masse des brennbaren Materials und im letzten Abschnitt die kohlenstoffhaltigen Rückstände zu Asche verbrannt. In Bild 2, das den charakteristischen Verlauf der zeitlichen Gewichtsabnahme bei Modellräumen darstellt, sind diese drei Abschnitte eingetragen. Für den vollentwickelten Brand wurde von Thomas [3] auf Grund einer großen Zahl von Untersuchungen folgende Gleichung für die Abbrandgeschwindigkeit abgeleitet:

$$R = K \cdot A \cdot \sqrt[5]{H} \quad \text{mit} \\ K \approx 6 \text{ kg/m}^{5/2} \text{ min}$$

Darin bedeuten

- R Abbrandgeschwindigkeit in kg/min,
- A Fläche der Ventilationsöffnung in m²,
- H Höhe der Ventilationsöffnung in m.

Diese Gleichung ergibt in doppeltlogarithmischer Darstellung eine Gerade. Bild 3 zeigt diese Gerade und die ihr zugrunde liegenden Untersuchungsergebnisse.

Da bei der hier vorliegenden Arbeit der jeweilige Versuch erst als beendet angesehen wurde, wenn noch ein Restgewicht von 60 % vorhanden war, war es möglich, aus den Kurven des Gewichtsverlustes die Abbrandgeschwindigkeit des vollentwickelten Brandes zu ermitteln. Diese Werte sind in Abhängigkeit von dem Ventilationsparameter $A \cdot \sqrt{H}$ im Bild 3 mit eingetragen. Aus dieser Darstellung läßt sich nachweisen, daß der vollentwickelte Brand auch hier nur von der Größe der Ventilationsöffnung abhängig ist. Alle übrigen Zustandsgrößen wie Brandlastverteilung und -höhe, Art der Auskleidung, Stababstand im Stapel, Größe und Lage der Zündquelle, die den Brand in seinem Anfangsstadium wesentlich bestimmen, üben keinen Einfluß mehr aus, wenn sich der Brand vollentwickelt hat.

ZUSAMMENFASSUNG

Von der Forschungsstelle für Brandschutztechnik an der Universität Karlsruhe (TH) wurden 32 Versuche im Rahmen eines internationalen Forschungsprogrammes, das in 256 Versuchen den Einfluß verschiedener Zustandsgrößen auf das Anfangsstadium eines Brandes in Modellräumen untersuchen sollte, durchgeführt. Zwischen jeweils zwei verschiedenen Anordnungen wurden die Modellraumabmessungen, die Größe und Lage der Zündquelle, die Größe der Ventilationsöffnung, die Brandlasthöhe und -verteilung, der Stababstand im Stapel sowie die Art der Auskleidung variiert.

Gemessen wurden der Gewichtsverlust, die Deckentemperatur, die Strahlungsdichte, die Rauchdichte und die Rauchgaszusammensetzung. Außerdem wurde der zeitliche Verlauf der Flammenausbreitung und der Flammenhöhe bestimmt.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse zeigt, daß die Größe und Lage der Zündquelle, der Stababstand im Stapel und die Art der Auskleidung den Verlauf eines eingeschlossenen Brandes in seinem Anfangsstadium bestimmen. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, daß diesen Zustandsgrößen in der Phase des vollentwickelten Brandes keine Bedeutung zukommt. Hier ist die Abbrandgeschwindigkeit nur noch eine Funktion der Größe der Ventilationsöffnung, wie es die Auswertung früherer Versuchsergebnisse schon gezeigt hat.

Endgültige Aussagen über den Einfluß der einzelnen Zustandsgrößen können nicht gemacht werden, da nur ein Achtel der Versuchsergebnisse vorlag. Die vollständige Auswertung der Versuchsergebnisse aller acht an diesem Forschungsprogramm beteiligten Forschungsinstitute wird von der Fire Research Station in Boreham Wood durchgeführt.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Seekamp, H. und
Becker, W.: "Modelluntersuchungen" - Bericht über die in Deutschland im Rahmen einer internationalen Gemeinschaftsuntersuchung ausgeführten Versuche. Forschungsbericht Nr. 5 der Arbeitsgemeinschaft Feuerschutz (AGF), 1966.
- [2] Webster and Gregsten: A Disc - Type Radiometer
Instruments in Industry, April 1956.
- [3] Thomas, P.H.: Über neuere Untersuchungen von Bränden an Modellen.
VFDB-Zeitschrift, 10 (1961), Nr. 4,
S. 146 - 154.

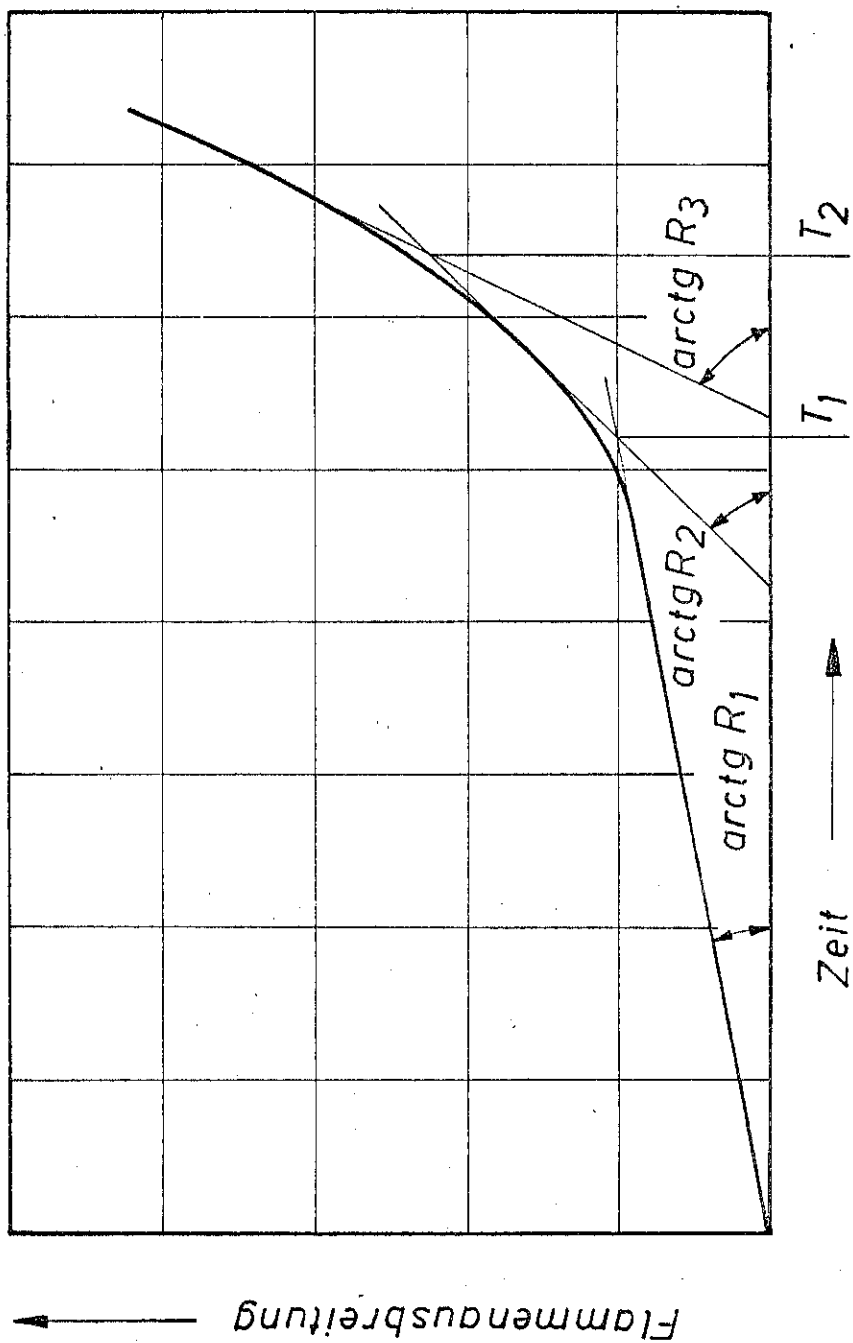


Bild 1. Charakteristischer Verlauf der Flammenausbreitung bei Holzbränden im Modellmaßstab

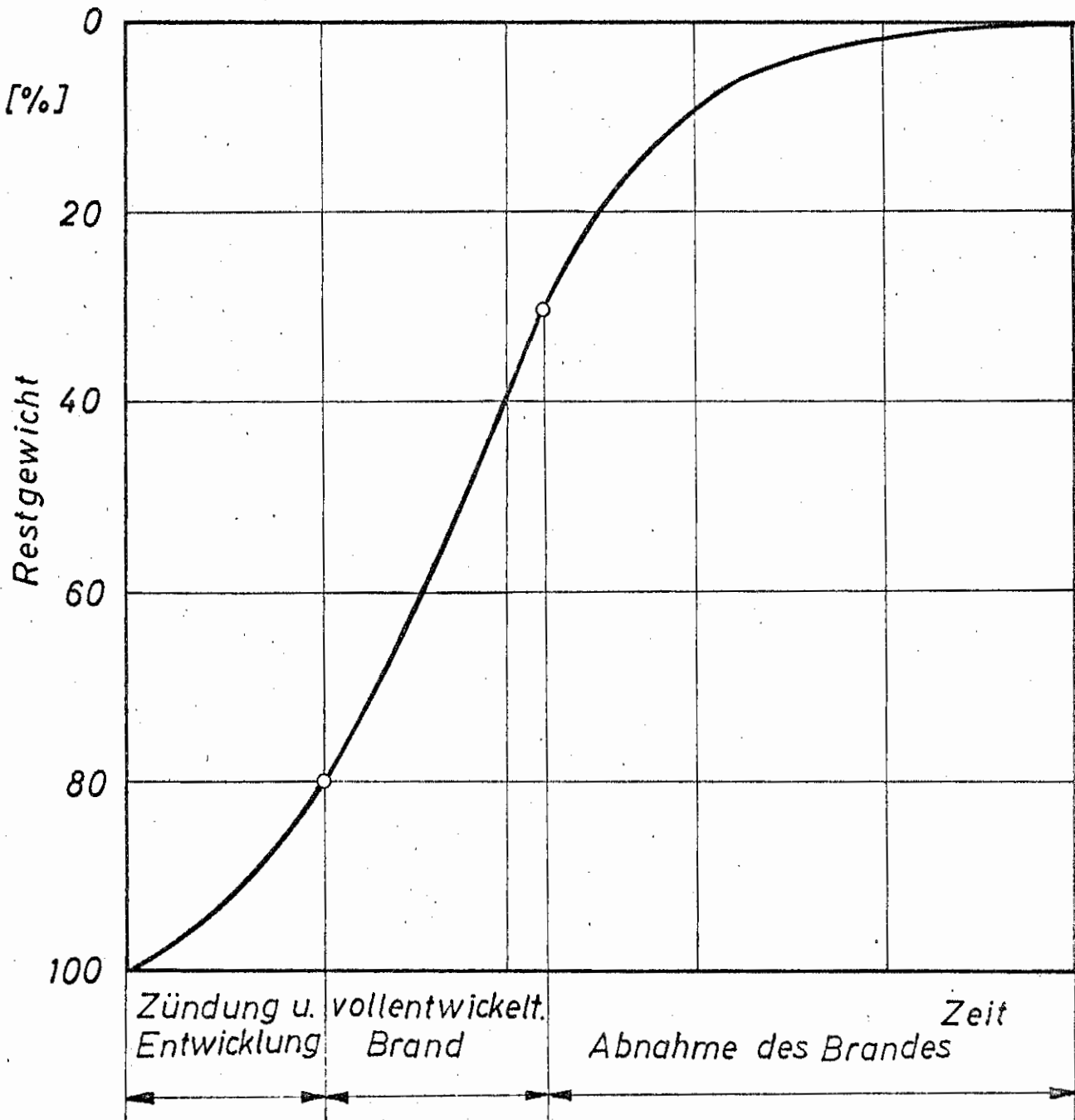
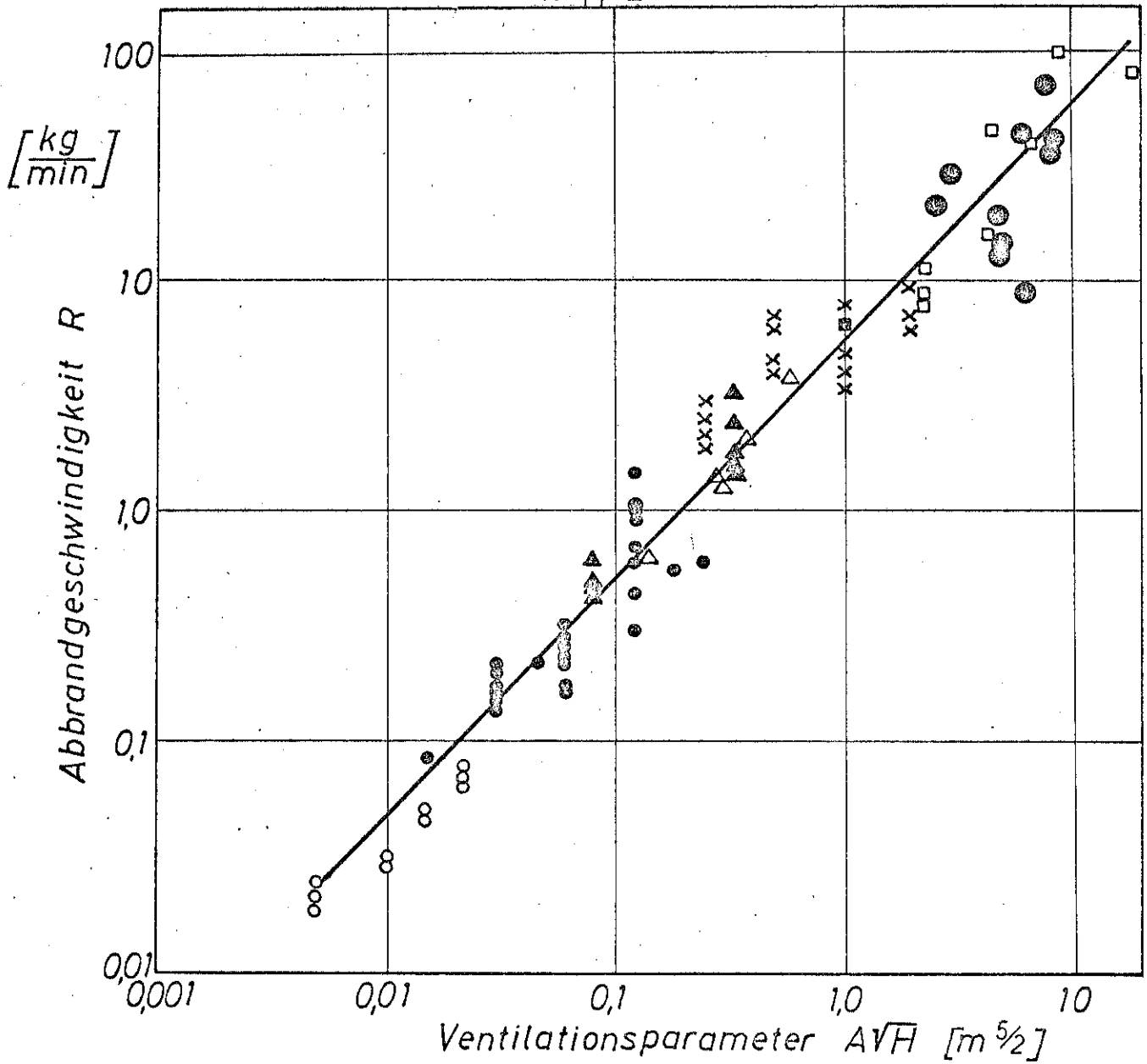


Bild 2. Charakteristischer Verlauf der Gewichtsabnahme bei Holzbränden im Modellmaßstab



Autoren	Grundfläche des Modellraumes in m ²	Symbol
Hird and Wraight	0,093	○
	0,37	⊙
	0,83	△
Hird and Fischl	3,2	□
Kawagoe	1,0	△
	9,0	□
Ashton and Malhotra	9,0	⊙
Forschgs.Stelle f.Brandsch.Techn.	2,0	×

1) Literaturangaben siehe in [3]

Bild 3. Abbrandgeschwindigkeit und Ventilationsparameter