

rekonstruierende Laborversuche zeigen übereinstimmend, daß in textilen Material, das aus Gewerbebetrieben mit einem hohen Anfall von pflanzlichen oder tierischen Fetten oder Ölen stammt, trotz üblicher, fachgerechter Waschprozeduren Restfette oder -öle zurückgehalten werden, die nach einer vorangehenden Trocknung oberhalb 70°C eine wärme-producinge Sauerstoffreaktion eingehen; infolge der dichten Lagerung wird die dabei entstehende Reaktionswärme im Inneren akkumuliert (Wärmestau) und ergibt einen Selbsterhitzungsprozeß, der nach Stunden zu einer so hohen Reak-

tionstemperatur führt, daß die Zündtemperatur des textilen Materials überschritten wird. Der dadurch entstandene Initialbrand im Inneren geht bei Erreichen der gut belüfteten Oberfläche des Stapels in einen offenen Flammenbrand über, durch den bei den zu erwartenden hohen Verzögerungszeiten (fehlende Beaufsichtigung) hohe Sachschäden entstehen können.

Die Kenntnis des Verlaufs und der Merkmale solcher Selbsterhitzungsprozesse gibt Wäschereien und deren Kunden nützliche Hinweise auf ein sicherheitsgerechtes Verhalten.

## Literatur

- [1] Auswertung von Brandschäden in Wäschereien durch kriminaltechnische Untersuchungen im BLKA und BKA
- [2] Schweiz. Wäschezeitung, Stäfa 12, 13 (1973)
- [3] Reiniger und Wäscher, 11, 21 (1977); K. Steiger
- [4] Tappi, 44, 194 A (1961); M. B. Cunningham
- [5] Textilreinigung, 30, 145 (1983); M. Richter
- [6] Schadenprisma, 15, 26 (1986); G. Hellmiß

# Brandausbreitung durch Feuerüberschlag an der Fassade

Von Norbert Thiel und Christoph Kunze

## 1. Begriff des Feuerüberschlagsweges

Der Feuerüberschlagsweg wird als Strecke zwischen Fensteroberkante der Brandraumöffnung und Unterkante des Fensters im darüberliegenden Geschoß definiert. Das Maß des Feuerüberschlagsweges ergibt sich aus der Höhe des Fenstersturzes und der Fensterbrüstung sowie der Dicke der dazwischenliegenden Deckenkonstruktion.

Man versucht zusätzlich durch horizontale Auskragungen den Feuerüberschlag zu verlängern.

Daß dem Feuerüberschlagsweg große Bedeutung zukommt, wird an folgendem Einsatzfernsehen der Berliner Feuerwehr deutlich:

besonderes am 07.01.87  
0172 1740 460  
ringlebenstr. 104, buckow, f3

im zweiten obergeschoß eines sechsgeschossigen wohngebäude brannte eine dreizimmerwohnung in ganzer ausdehnung mit brandueberschlag ueber die hofseitigen fenster in das dritte und vierte obergeschoß...

Bei einem Feuerüberschlag über die Fassade entsteht folgender Phasenablauf:

- Die Fensterscheiben in einem über dem Brandraum liegenden zweiten Raum werden aufgrund der thermischen Belastung zerstört.

- In der Nähe der Öffnung befindliche brennbare Objekte, wie Gardinen, Vorhänge u. a. m., werden entzündet.
- Brennbare Objekte im oberen Raumdrittel werden gezündet.
- Herabfallende, brennende Teile setzen brennbare Gegenstände im unteren Raumdrittel in Brand.
- Der flash over erfolgt im Raum [1].

## 2. Kenngrößen eines Brandes

Bereits seit längerer Zeit beschäftigt man sich mit Brandversuchen, um nähere Einblicke in das Brangeschehen zu erlangen.

Es wurden sowohl Modellversuche als auch Versuche im Maßstab 1:1 durchgeführt [3], [12]:

Zwischen den einzelnen Faktoren eines Brandes konnten die folgenden Beziehungen festgestellt werden.

### 2.1 Branddauer

Die in einem Brandraum gelagerte Brandlast beeinflusst mit ihrer Größe, den Lagebedingungen und sonstigen Eigenschaften die effektive Branddauer.

Hält man die anderen, noch zu erläutern den Randbedingungen konstant, gilt folgende Aussage:



Vollbrand eines Raumes. Feuerüberschlag gefährdet den Dachkasten.  
Foto: Ullstein GmbH

Norbert Thiel, Diplom-Nautiker, Brandoberinspektor-Anwärter  
Christoph Kunze, Dipl.-Bau-Ing., Brandrat  
Berliner Feuerwehr

Je größer die Brandlast ist, desto länger ist die Zeitdauer des vollentwickelten Brandes [3].

Um eine Aussage über die Brandlast in einem Raum machen zu können, wird ein Holzgleichwert definiert. Dies ist erforderlich, da die brennbaren Materialien in einem Raum sich hinsichtlich ihres Heizwertes sehr stark unterscheiden. Aus diesem Grunde wird ihr Heizwert auf den von Holz umgerechnet, wodurch sich die Masse der Brandlast entsprechend verändert.

In den heutigen Wohn- und Bürogebäuden sind Brandlasten zwischen  $5 \text{ kg/m}^2$  und  $40 \text{ kg/m}^2$  Holzgleichwert zu finden. Ihre größte Häufigkeit beträgt in Wohngebäuden  $20 \text{ kg/m}^2$ , in Bürogebäuden  $30 \text{ kg/m}^2$  Holzgleichwert [4].

## 2.2 Abbrandrate

Die Abbrandrate wird als Massenverlust des brennbaren Materials pro Zeiteinheit während der Vollbrandphase definiert. Sie ist in erster Linie von der Größe der Raumöffnung, der Rate der überschüssigen Luft und dem Öffnungsfaktor abhängig [5].

Sie bestimmt die pro Zeiteinheit in einem Brandraum freigesetzte Wärmeenergie.

Von dieser Energie wird ein Teil zur Erwärmung der im Brandraum vorhandenen und eventuell zuströmenden Luft verwendet. Andere Teile erwärmen die inneren Oberflächen des Brandraumes oder werden durch die den Brandraum verlassenden Gase abgeführt.

Die in Brandlasten oft vorzufindenden Kunststoffe beeinflussen die Gesamtdauer eines Brandes nicht (Anteil unter 20%), die auftretenden Gastemperaturen verändern sich nicht wesentlich [4].

## 2.3 Brandraumtemperatur

Die sich entwickelnde Brandraumtemperatur wird hauptsächlich durch die Ventilationsbedingungen beeinflusst [12].

In geringerem Umfang üben auch die Geometrie des Brandraumes und die Brandlast einen Einfluß aus [2].

## 2.4 Raumgeometrie

Beim Abbrand einer Brandlast in einem tiefen Raum stellt sich, bei gleichen Ventilationsbedingungen, eine vergleichsweise längere Branddauer bei einer geringeren Brandraumtemperatur ein, weil die im hinteren Bereich der Räume liegende Brandlast eine vergleichsweise schlechtere Luftzufuhr erhält.



Feuerüberschlag aus dem Brandraum. Die Durchzündung im darüberliegenden Raum ist erfolgt. Foto: Berliner Feuerwehr

Die aufgrund der Pyrolyse gebildeten Gase werden daher verstärkt erst außerhalb des Brandraumes brennen. Dies bedeutet eine Vergrößerung der Flammenlänge im Fassadenbereich [1, 6].

Unterscheiden sich zwei Räume lediglich in ihrer Höhe, so weist der niedrigere Raum die höheren Flammenspitzen auf (Bild 1).

Im niedrigen Raum ist die durch den Brand aufzuheizende Wandfläche geringer, so daß sich höhere mittlere Brandraumtemperaturen ergeben. Da außerdem der mittlere Weg der Heißgase von der Brandlast bis zur Ventilationsöffnung kürzer ist, entweicht mehr Wärme pro Zeiteinheit [4].

## 2.5 Fenster als Brandraumöffnung

Es wurde bereits erläutert, daß den Fenstern des Brandraumes und den damit

verbundenen Ventilationsbedingungen eine besondere Bedeutung beim Brandgeschehen zukommt.

Bereits Seigel [7] stellte in seinen Modellbrandversuchen fest, daß die Größe der Fenster die Luftzufuhr bestimmt sowie Einfluß auf die Brandraumtemperatur und die Abbrandrate ausübt.

Yokoi [5] konnte in seinen Untersuchungen zeigen, daß das Verhältnis von Fensterbreite zu Fensterhöhe die Ausdehnung des Heißgasstromes entscheidend beeinflusst. Weiterhin wurde festgestellt, daß durch großflächige Fenster die Heißgasachse näher an der Fassade entlanggeführt wird [6].

Damit konnte bewiesen werden, daß nicht die absolute Fläche allein das Brandgeschehen vor der Fassade bestimmt.

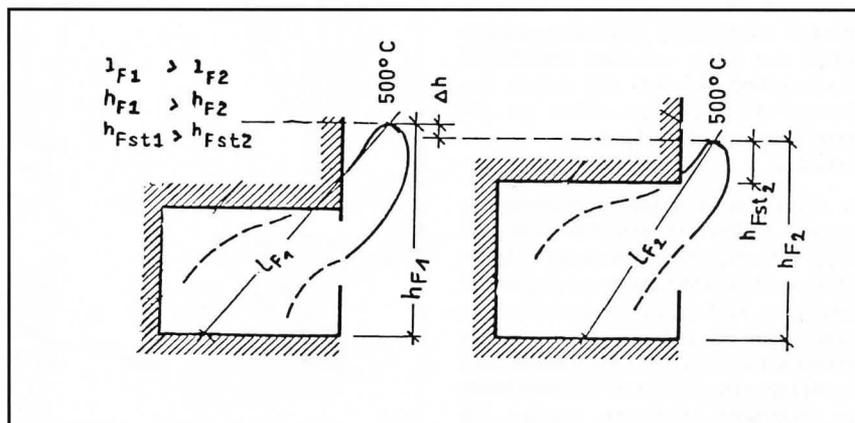


Bild 1. Vergleich der Flammenhöhen in verschiedenen hohen Räumen [2]

Ein guten Überblick über die hier herausgestellten Versuchsergebnisse geben Berechnungen von Bechtold [4]: (Bild 2).

	Fensterfläche m <sup>2</sup>	Abbrandrate kg/m <sup>2</sup> min	Ausströmgeschwindigkeit m/s
Fall I	2	14,3	5,5
Fall II	3	23,5	6,0
Fall III	4	33,9	6,5

Man erkennt, daß bei kleiner Ventilationsöffnung die Energiefreisetzung pro Zeiteinheit am geringsten ist. Jedoch ist der Wärmeaustritt nach außen ebenfalls eingeschränkt, so daß im Brandraum über einen längeren Zeitraum hohe Temperaturen herrschen (Bild 3).

	Fensterfläche m <sup>2</sup>	Verhältnis F.breite/ zu F.höhe	Abbrandrate kg/m <sup>2</sup> min	Ausströmgeschw. m/s
Fall IV	3	3	18,0	4,6
Fall V	3	1	23,5	6,1
Fall VI	3	0,33	31,1	8,1

Es ist zu erkennen, daß bei größer werdendem Verhältnis von Fensterbreite zu Fensterhöhe, bei sonst jedoch gleichen Randbedingungen, die maximale Brandraumtemperatur sinkt und gleichzeitig die Branddauer länger wird.

Ist das Verhältnis von Brandlast zu Fensterfläche größer als 150 kg/m<sup>2</sup>, so liegt ein ventilationsgesteuerter Brand vor. Die Abbrandrate wird von der Ventilation bestimmt. Solche Brände dauern länger und entwickeln höhere Temperaturen als Brände, die ventilationsunabhängig ablaufen. Hier wird die Abbrandrate vor allem durch die Eigenschaft der brennbaren Materialien bestimmt [6].

## 2.6 Heißgasstrom

Die Ausdehnung des Heißgasstromes und die Lage der Stromachse werden durch die Fenstergeometrie und die dadurch beeinflusste Austrittsgeschwindigkeit der Gase aus dem Brandraum entscheidend geprägt. Die Achse des Stromes rückt um so näher an die Fassade, je breiter und flacher ein Fenster ist (Bild 4).

Als Folge der vertikalen Luftbewegung entsteht im Bereich des aufsteigenden Heißgasstromes ein Unterdruck. Gleichzeitig saugt der Heißgasstrom aus seiner Umgebung Kaltluft an. Je schneller der Strom aufsteigt, um so größer wird der Unterdruck und desto mehr Kaltluft wird angesaugt, die sich dann mit dem Heißgas vermischt. Hierdurch werden die Gase abgekühlt, das Rauchvolumen gleichzeitig jedoch stark vergrößert.

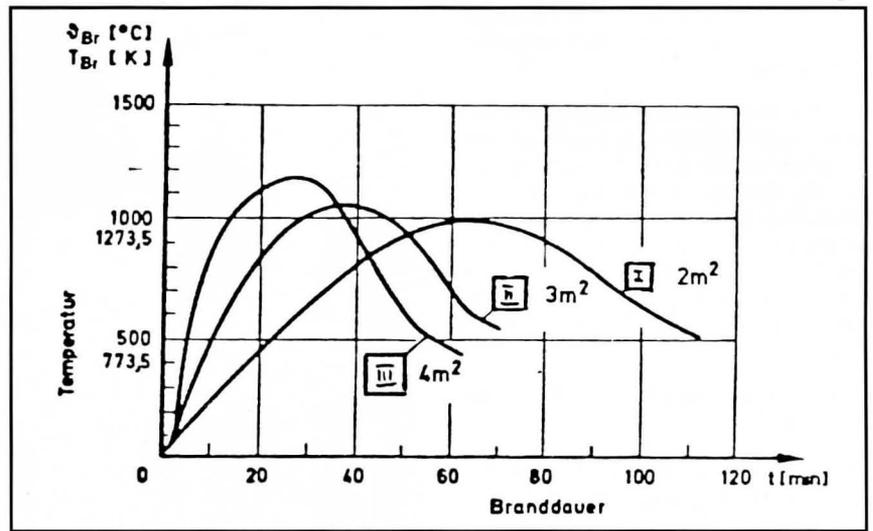


Bild 2. Einfluß der Fensterfläche auf den Brandverlauf bei sonst gleichen Brandraumabmessungen [4]

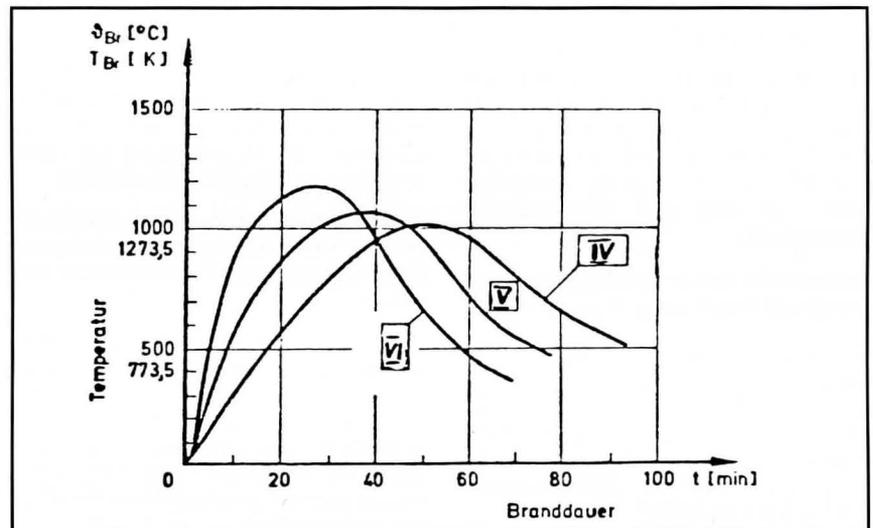


Bild 3. Einfluß der fenstergeometrie auf den Brandverlauf bei sonst gleicher Fensterfläche [4]

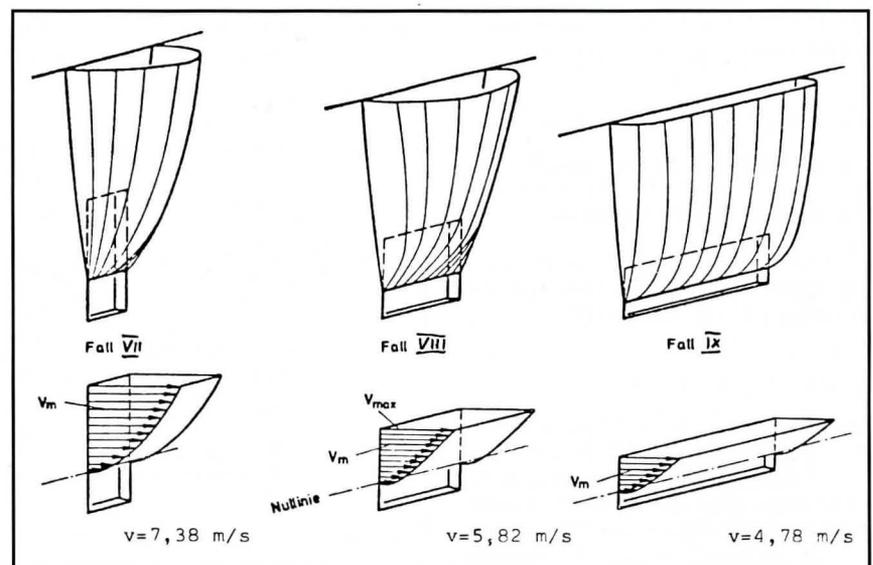


Bild 4. Verlauf des Heißgasstromes bei verschiedenen Fensterformen [4]

Der aufsteigende Heißgasstrom kann im Bereich der angrenzenden Wand keine Kaltluft ansaugen. Deshalb legt er sich infolge des an der Grenzfläche herrschenden Unterdrucks an die Wand an (Bild 5).

Im Falle einer großen Grenzfläche, Fall IX, steigen die Heißgase somit in unmittelbarer Wandnähe auf. Ist die Grenzfläche klein, wie im Fall einer hohen und schmalen Ventilationsöffnung, Fall VII, kann der Strom von der Wand abrücken [4].

### 2.6.1 Isothermen im Heißgasstrom unter verschiedenen Bedingungen

#### 2.6.1.1 Ohne Windeinwirkung

(Bild 6).

Wie die Versuche gezeigt haben, entspricht die 500°C Isotherme etwa dem Umriß der aus dem Brandraum schlagenen Flamme. Während der Phase der Maximaltemperatur im Brandraum erreichte sie eine Höhe von 4,0m bis 4,3 m über Brandraumboden [2] (Bild 7).

Die über dem Brandraum befindliche Öffnung beeinflusst ebenfalls das Temperatur- und Strömungsfeld. In dem dazugehörigen Raum besteht grundsätzlich gegenüber der Umgebung ein leichter Unterdruck, der die Heißgase lediglich geringfügig ansaugt. Solange sich die Ventilationsbedingungen nicht ändern, strömen die Gase nicht in den Raum. In der Nähe der Öffnung befindliche, leicht brennbare Materialien können nur durch Wärmestrahlung entzündet werden und so eine Brandausweitung bewirken.

Sorgt man in dem Raum, z. B. durch Öffnen einer Tür, für Querbelüftung, wird der Unterdruck im Raum abgebaut. Die Heißgase saugen dann Luft aus dem Raum, was dazu führen kann, daß leichte Gardinen mit angesaugt werden und sich entzünden.

#### 2.6.1.2 Mit Windeinwirkung

Weht zusätzlich zu der in Bild 7 gezeigten Situation Wind rechtwinklig zur Fassade auf die Öffnung, ergibt sich folgendes Bild (Bild 8):

Die Heißgase strömen durch die Öffnung an der Decke entlang in den Raum. Dort befindliche brennbare Materialien sorgen für eine Brandausbreitung.

Da in dem tiefer gelegenen Brandraum keine Möglichkeit zur Querbelüftung gegeben war, konnte der Wind den Brandablauf dort nicht beeinflussen.

Ist im Brandraum die Möglichkeit zur Querlüftung gegeben, so können durch den Wind die Flammenlängen frapierend verändert werden.

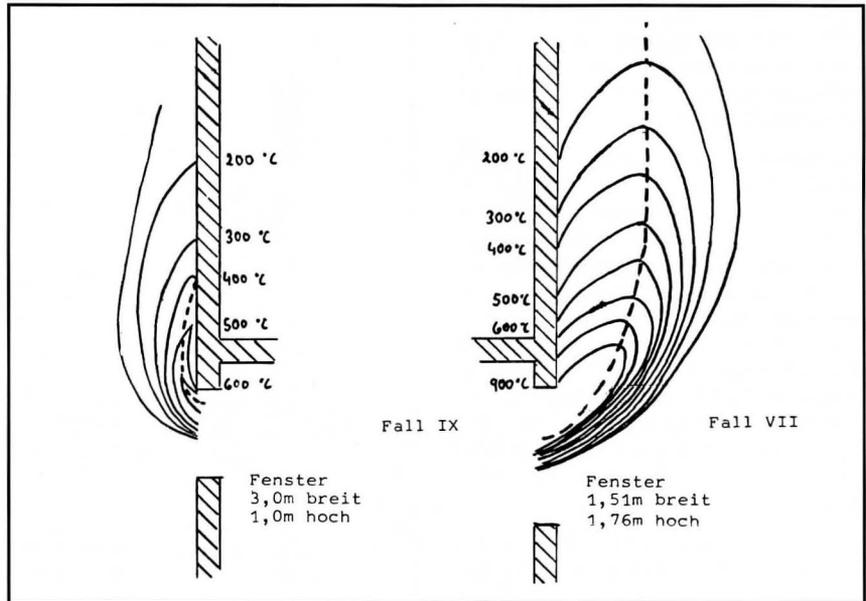


Bild 5. Ablenkung der Stromachse des Heißgasstromes bei verschiedenen Fensterformen [5,2]

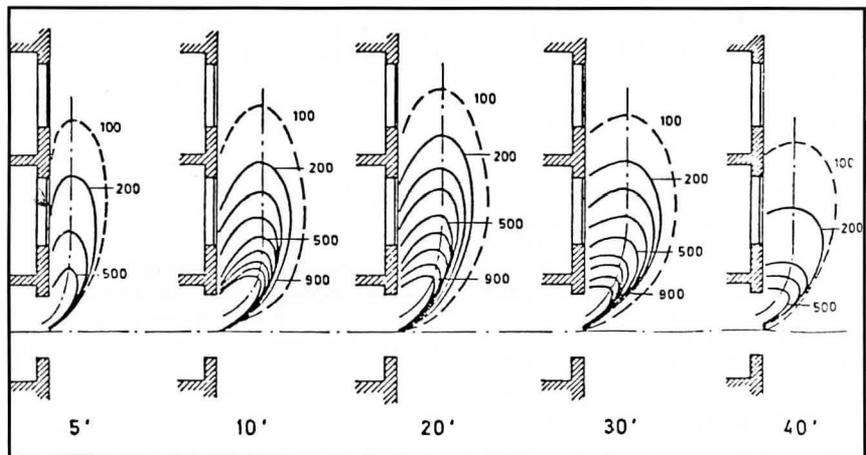


Bild 6. Isothermen des Temperaturfeldes vor der Fassade ohne Windeinfluss (Brandlast 30 kg/m<sup>2</sup>; Fensterbreite 1,76 m, -höhe 1,51 m) [2]

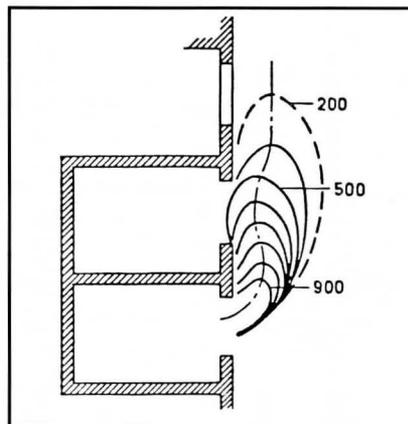


Bild 7. Isothermenverlauf, wenn sich über dem Brandraumfenster eine Öffnung befindet. Kein Wind [2].

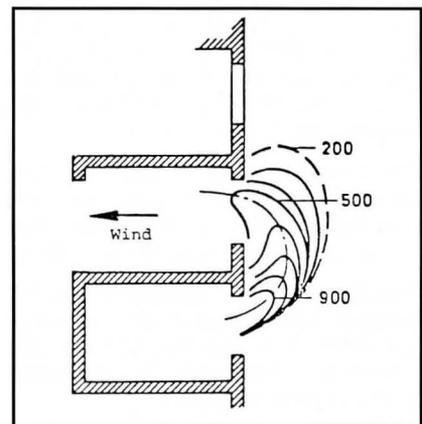


Bild 8. Isothermenverlauf, wenn sich über dem Brandraumfenster eine Öffnung befindet. Wind weht rechtwinklig zur Fassade [2].

Erreicht der Winddruck die Größe des feuerbedingten Überdrucks im Brandraum (ca. 1 mm WS), so strömen die Heißgase nur noch aus der leeseitigen Öffnung [4] (Bild 9).

Der Versuch 1 entspricht dem in Bild 6 dargestellten Isothermenverlauf zur Zeit des maximalen Brandgeschehens. Im Versuch 2 ist derselbe Zeitpunkt dargestellt, jedoch mit einem in den Brandraum einströmenden Wind von 2 m/s. Dieser verlängert die Flamme, d. h. die 500 °C Isotherme auf ca. 2,90 m über Oberkante Brandraumöffnung. Die 200 °C Isotherme reicht bis ca. 4,50 m. Unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren ergibt sich, daß dem mit 2 m/s einströmenden Wind eine tatsächliche Windgeschwindigkeit von ca. 3 m/s entspricht.

Eine Einströmgeschwindigkeit von 4 m/s entspricht eine tatsächliche Windgeschwindigkeit von ca. 5,5 m/s [2]. Bei diesen Geschwindigkeiten lag die Flammspitze bei ca. 4,40 m (Versuch 3) über Oberkante Brandraumöffnung, die 200 °C Isotherme bei ca. 5,80 m.

In Berlin z. B. liegt die Häufigkeit von Windstille bei 2,3%, die Häufigkeit von Winden über 5 m/s bei ca. 25% aller Winde. Eine Windstärke von 1,6–3,3 m/s wurde als häufigste Windstärke ermittelt [13].

Ggf. tritt auch noch eine Windkomponente quer zur Fassade auf, die die Flammenachse neigt (Bild 10).

Es ist ersichtlich, daß bei den in diesem Fall auftretenden Flammenlängen nicht nur der Bereich direkt oberhalb des Brandraumes gefährdet ist. Eine derart verlagerte Flamme erreicht mühelos höher gelegene, seitlich versetzte Fenster.

### 2.6.1.3 Einfluß von Kragplatten

Durch horizontal aus der Fassade auskragende Platten kann ein Einfluß auf den Heißgasstrom ausgeübt werden.

Bei Versuchen von Moulen [9] bewirkten über dem Fenster angebrachte Kragplatten von weniger als 90 cm, daß die Flamme oberhalb der Platte an die Fassade zurückgeführt wurde.

Kragplatten über 1,30 m verhindern das Zurückschlagen der Flamme und verlagern so daß Zentrum des Temperaturfeldes vor die Außenkante der Kragplatte.

Beim Brandversuch Lehrte [2] wurde die Kragplatte durch einen 1,30 m tiefen Balkon gebildet. Er war einmal ohne, das andere Mal mit einer 90 cm hohen Brüstung versehen (Bild 11).

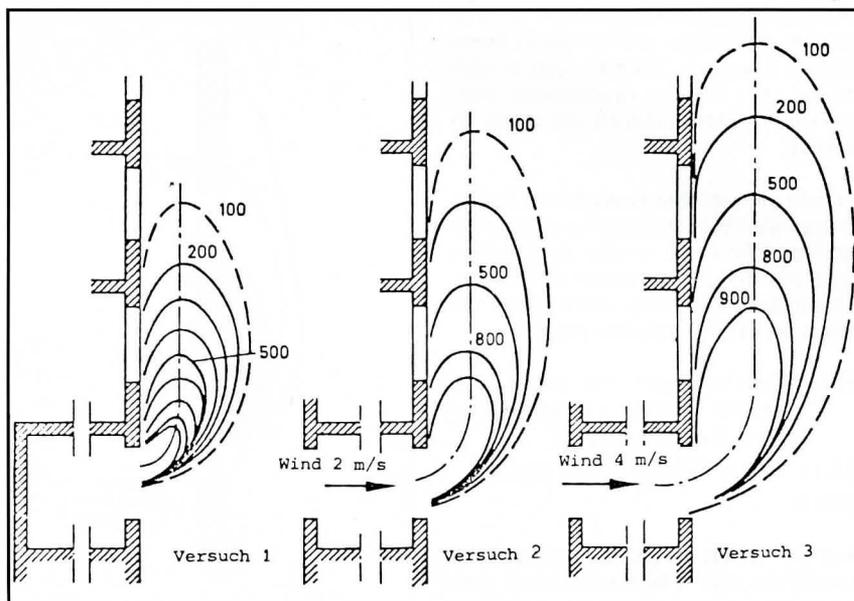


Bild 9. Isothermenverlauf des Temperaturfeldes ohne und mit Windeinfluß bei vorhandener Querlüftung [2].

Die Fenstergeometrie übt einen Einfluß auf die Wirkung einer Kragplatte aus. Bei hohen, schmalen Fenstern ist der Nutzen einer solchen Platte geringer als bei flachen Fenstern [5].

Die Höhen der 500 °C und der 200 °C Isothermen unterscheiden sich in den dargestellten Fällen nicht wesentlich. Beim Vorhandensein einer Kragplatte, mit oder ohne Brüstung, war der gesamte frontnahe Bereich des darüberliegenden Geschosses nur noch von Heißgasen mit einer Temperatur unterhalb von 200 °C ausgefüllt.

Sind auf der Platte keine brennbaren Materialien vorhanden, ist aufgrund der geringen Temperatur der Heißgase ein Übergreifen des Brandes auf den über

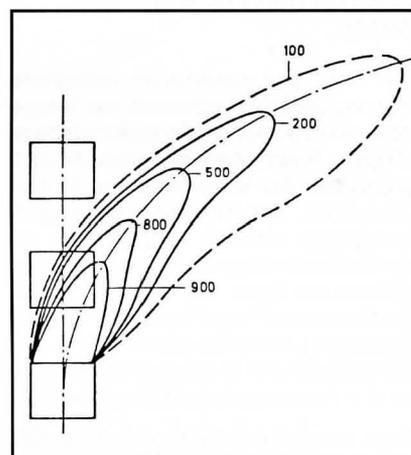


Bild 10. Isothermen im Schnitt parallel zur Wand; Wind wie in Bild 9 Versuch 3 [2].

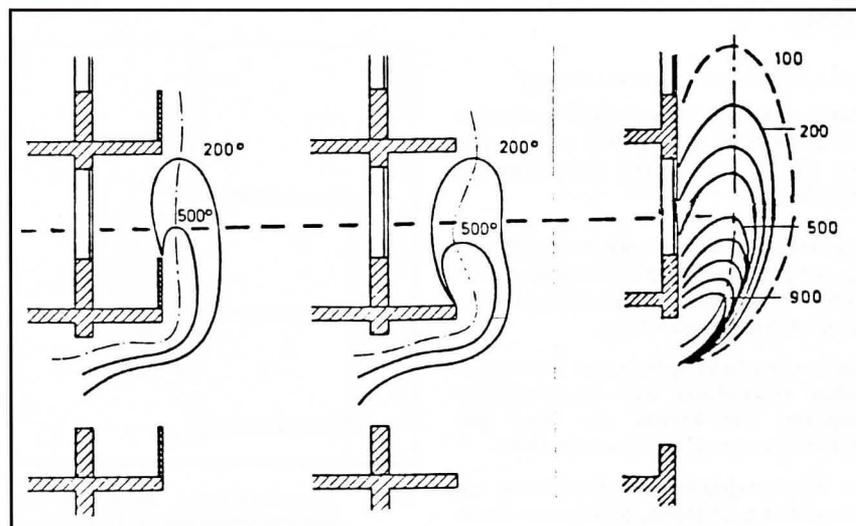


Bild 11. Isothermenverlauf mit und ohne Kragplatte. Kein Wind [2].

<sup>1)</sup> Die nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz auftretenden Wärmestromdichten wären mit  $q \approx 0,3 \text{ W/cm}^2$  zu gering.

dem Brandraum liegenden Raum unwahrscheinlich<sup>1)</sup>. Dies gilt jedoch nur, solange kein Wind weht.

### 2.6.2 Wärmeabgabe des Heißgasstromes

Der aufsteigende Heißgasstrom gibt erhebliche Wärmemengen an seine Umgebung ab.

Die vom Heißgasstrom ausgehende Wärmestromdichte ist letztlich die bestimmende Größe für die Brandausbreitung. Die Abhängigkeit der Wärmestromdichte von den zuvor behandelten Kenngrößen eines Brandes stellt Bild 12 zusammenfassend dar:

Bezogen auf Bild 9 wurden die folgenden Wärmestromdichten festgestellt (Bild 13):

Vor dem Fenster des über dem Brandraum gelegenen Raumes tritt demnach im Mittel eine Wärmestromdichte von ca. 4,8 W/cm<sup>2</sup> auf.

Vor dem Fenster des über dem Brandraum gelegenen Raumes wirkt bei Einfluß eines in den Brandraum strömenden Windes von 2,0 m/s, d. h. bei einer tatsächlichen Windgeschwindigkeit von ca. 3,0 m/s, im Mittel eine Wärmestromdichte von ca. 7,9 W/cm<sup>2</sup>.

Vor dem zwei Geschosse über dem Brandraum liegenden Fenster sind es ca. 1,6 W/cm<sup>2</sup>.

### 3. Zulässige Wärmestromdichten

Die in 2.6.2 angegebene Wärmebelastung wirkt auf die Fassade, die Fensterscheibe und die unmittelbar dahinter befindlichen Gegenstände ein.

Ein Vorhang, der sich in der Regel zuerst entzündende Einrichtungsgegenstand, befindet sich ca. 0,30 m hinter der Fensterebene. Dieser Abstand verringert die Intensität der auf den Vorhang wirkenden Strahlung. Er wird durch die Einstrahlzahl  $\varphi$  berücksichtigt.

Für das oben erwähnte Fenster ergibt sich  $\varphi = 0,67$  [10].

Für die tatsächlich auf eine Empfängerfläche einwirkende Wärmestrahlung ist dann

$$\dot{q} = \varphi \cdot \dot{q}'$$

Ohne Windeinfluß (Bild 13) wirkt damit auf einen über dem Brandraum liegenden Raum in Fensterebene ein Wärmestrom von ca. 3,0 W/cm<sup>2</sup>.<sup>1)</sup>

Mit Windeinwirkung (Bild 14) ergibt sich an derselben Stelle ein Wärmestrom von

<sup>1)</sup>  $\dot{q}' = 0,67 \cdot 4,8 = 3,2 \text{ W/cm}^2$

<sup>2)</sup>  $\dot{q}' = 0,67 \cdot 7,9 = 5,3 \text{ W/cm}^2$

<sup>3)</sup>  $\dot{q}' = 0,67 \cdot 1,6 = 1,1 \text{ W/cm}^2$

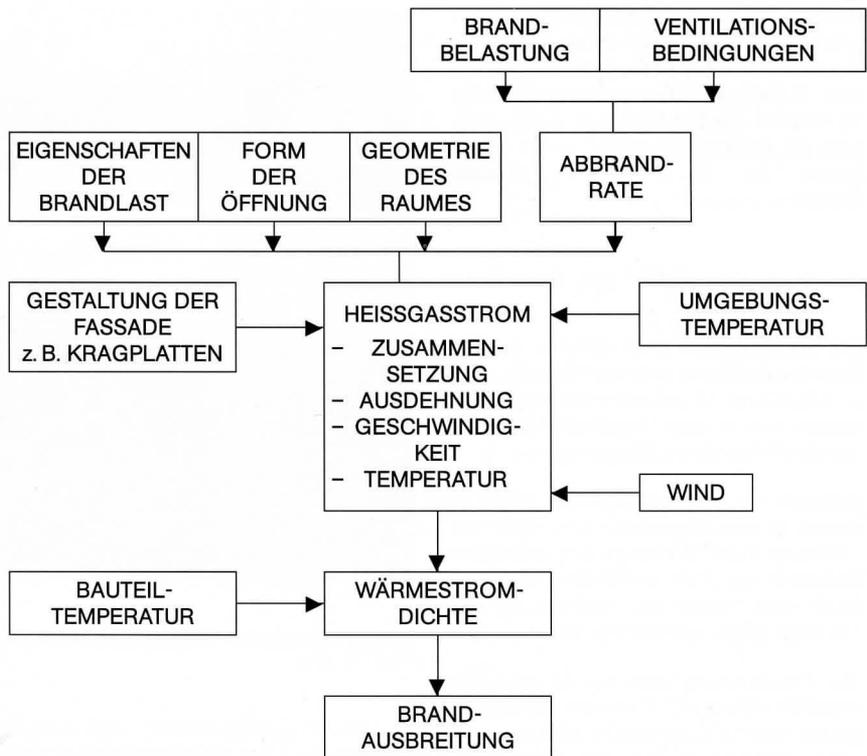


Bild 12. Schematische Darstellung zu Abhängigkeiten der Wärmestromdichte

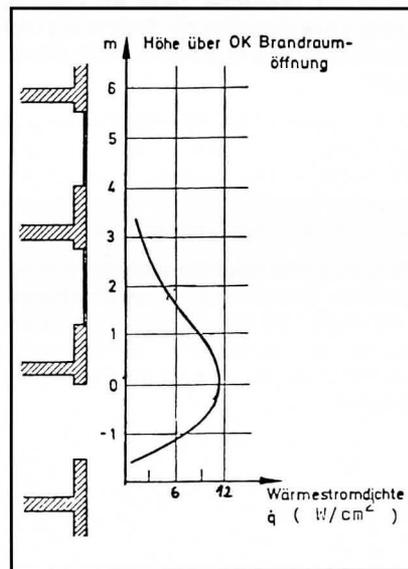


Bild 13. Vom Heißgasstrom in Gebäuderichtung ausgehende Wärmestromdichte. Kein Wind [2].

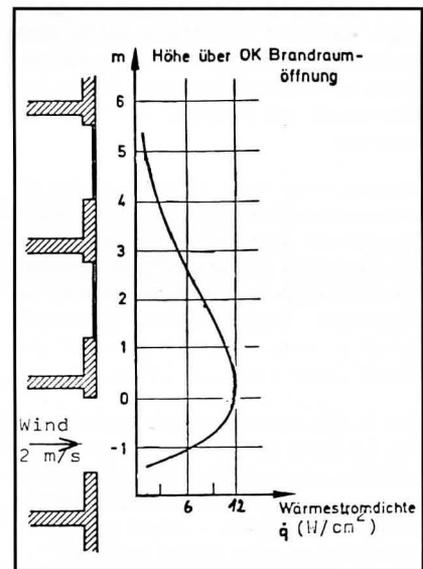


Bild 14. Vom Heißgasstrom in Gebäuderichtung ausgehende Wärmestromdichte, Windeinfluß und Querbelüftung [2].

ca. 5,0 W/cm<sup>2</sup> <sup>2)</sup>, zwei Geschosse über dem Brandraum sind es noch ca. 1,0 W/cm<sup>2</sup> <sup>3)</sup>.

Die üblicherweise verwendete Verglasung kann eine Ausbreitung des Wärmestromes nicht verhindern.

Das Glas wird durch die aufgrund der Temperaturunterschiede zwischen Scheibenmitte und abgedeckten Scheibenrand auftretenden Spannungen zerstört [11].

Nach [8] werden die maximal zulässigen Spannungen bei Einfachverglasung (Float- oder Drahtglas) bereits bei einer Wärmestromdichte von 0,5 W/cm<sup>2</sup>, bzw. 0,3 W/cm<sup>2</sup> bei Doppelverglasung, überschritten. Diesen Werten entsprechen Temperaturen von 167 °C in der Scheibenmitte.

Unter der Annahme, daß ca. 15 Minuten nach Beginn der Vollbrandphase die Brandbekämpfung durch die Feuerwehr

Erfolg zeigt, dürfen Vorhänge (Kunststoff oder Baumwolle) über diesen Zeitraum nur einer maximalen Bestrahlungsstärke von  $0,8 \text{ W/cm}^2$  (Fremdzündung) bzw.  $2,0 \text{ W/cm}^2$  (Selbstzündung) ausgesetzt sein [8]. Andernfalls kann sich der Brand durch ihr Entzünden in andere Geschosse ausbreiten.

#### 4. Notwendige Größe des Feuerüberschlagsweges

Die Einflußfaktoren, im Hinblick auf die Brandausbreitung über die Fassade, sind in Abbildung 12 zusammengestellt. Sie wirken sich in ihrer Gesamtheit letztlich auf den Feuerüberschlagsweg aus.

Schütze [1] schildert mehrere Fälle, in denen Überschlagswege von mehr als 1,40 m, im Extremfall sogar 9 m, eine Brandausbreitung nicht verhindern konnten. Auch eine horizontale Auskragung von 1 m blieb ohne nennenswerten Einfluß.

Der Feuerüberschlagsweg ist entscheidend für die vor den Fenstern höhergelegener Räume auftretende Wärmestrahlung. Folglich müßte der Feuerüberschlagsweg so bemessen werden, daß in Abhängigkeit von den oben angeführten Einflußfaktoren, die Wärmestrahlung in höhergelegenen Geschossen so gering wird, daß dort brennbare Stoffe nicht gezündet werden können. Die in Fensterhöhe befindlichen Vorhänge bilden üblicherweise das wesentliche Gefahrenmoment.

Versuche von Yokoi [5] zeigten, daß das notwendige Maß des Feuerüberschlagsweges mit steigendem Verhältnis von Fensterbreite zu Fensterhöhe abnimmt. Dabei erfordert eine Vergrößerung der absoluten Fensterfläche gleichzeitig einen größeren Abstand zwischen den übereinanderliegenden Öffnungen.

Um in dem hier näher untersuchten Fall alle Einflüsse zu berücksichtigen, müßte das Maß des Feuerüberschlagsweges bei den in unseren Breiten am häufigsten (ca. 75%) auftretenden – relativ geringen – Windstärken, etwa 5,00 m betragen.<sup>1)</sup>

Selbst im günstigsten Fall (kein Wind, keine Querlüftung) wären nach Bild 13 immer noch ungefähr 3,20 m erforderlich.

#### 5. Schlußbetrachtung

Diesen notwendigen Feuerüberschlagsweg z. B. im heutigen Wohnungsbau nur durch Vergrößerung von Fenstersturz und Fensterbrüstung erreichen zu wollen, ist nicht vorstellbar.



Vollbrandphase im 4. Obergeschoß und Brandausbreitung über die Fassade.  
Foto: Dr. Kiel

Es konnte gezeigt werden, daß Auskragungen von 1,3 m eine Brandausbreitung verhindern können, solange der Heißgasstrom durch Wind nicht beeinflusst wird. Bei den häufigsten Windstärken wäre die zwei- bis dreifache Tiefe erforderlich, jedoch aus Gründen der Belichtung und Gestaltung des Gebäudes nicht akzeptabel.

Alle Fenster eines Wohngebäudes mit Brandschutzverglasungen oder mit nicht-brennbaren Einrichtungsgegenständen zu versehen wäre brandschutztechnisch sinnvoll, aber ebensowenig realistisch.

So bleiben die Möglichkeiten des vorbeugenden Brandschutzes eingeschränkt und ein Schutz des Gebäudes an dieser Stelle nur durch den abwehrenden Brandschutz, d. h. durch die Feuerwehr, möglich.

#### 2. Literaturnachweise

- [1] Schütze, W.: Das Feuerrisiko von Frontaußenwänden; Brandschutz Nr. 3, 1967, S. 65–68
- [2] Kordina, K., Jeschar, R., Bechtold, R., Ehler, K.-P., Wesche, J.: Brandversuche Lehrte; Schriftenreihe „Bau- und Wohnforschung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau; Nr. 04.037, 1978, Bonn-Bad Godesberg 1978
- [3] Seekamp, H., Becker, W.: Modellbranduntersuchungen; Arbeitsgemeinschaft Feuerschutz, Forschungsbericht Nr. 5, Berlin 1966

- [4] Bechtold, R.: Zur thermischen Beanspruchung von Außenstützen im Brandfall; Dissertation TU Braunschweig, 1977
- [5] Yokoi, S.: Study on the Prevention of Fire Spread caused by hot Upward Current; Report No 34 of the Building Research Institute, Tokio 1960
- [6] Knublauch, E.: Über das Brandgeschehen vor der Fassade eines brennenden Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung der Feuerbeanspruchung von Außenstützen; Bericht Nr. 25 der Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin 1973
- [7] Seigel, L.G.: The Projection of Flames from Burning Buildings; Fire Technology, 1969, S. 43–51
- [8] Kunze, C.: Herleitung des Gebäudeabstandes unter brandschutztechnischen Gesichtspunkten; Schadenprisma Nr. 4, 1987, S. 54
- [9] Moulén, A. W.: Horizontal Projections in the Prevention of Spread of Fire from Storey to Storey; Department of Works Commonwealth Experimental Building Station, Australien 1971
- [10] Verein Deutscher Ingenieure, (Hrsg.): VDI Wärmeatlas; 3. Auflage, Düsseldorf 1977
- [11] Seidel, H., Kiefer, W.: Das Verhalten von Verglasungen im Normbrand (ETK) nach DIN 4102 und Verbesserung des baulichen Brandschutzes durch Einsatz von Brandschutzverglasung; VFDB-Zeitschrift, Nr. 4, 1977, S. 107
- [12] Thomas, P. H., Heselden, A. J. M.: Fully developed fires in single compartments, a co-operative research programme of the conseil international du bâtiment, Fire Research Note 923, Borehamwood 1972
- [13] Riemer, K. H.: Beilage zur Berliner Wetterkarte des Instituts für Meteorologie der FU Berlin. Neue Durchschnittswerte und Extremwerte von Berlin-Dahlem, Berlin, 31. 03. 1971

<sup>1)</sup>  $q'_{zul} = \dot{q}/\varphi = 0,8/0,67 = 1,2 \text{ W/cm}^2$