

Brandversuche an Fenstern aus unterschiedlichen Werkstoffen
Dipl.-Phys. Egon Barth, Troisdorf, 1975

Sonderdruck aus »plasticconstruction« · Heft 5 · September/Oktober 1975

Hergestellt im Auftrage der Dynamit Nobel AG, Geschäftsbereich Bauwesen, Verkauf TROCAL-Fenster, Troisdorf

Brandversuche an Fenstern
aus unterschiedlichen Werkstoffen

Dipl. phys. E. Barth, Troisdorf

Brandversuche an Fenstern aus unterschiedlichen Werkstoffen

Dipl. phys. E. Barth, Troisdorf*

Das Brandverhalten ist eine der häufigsten Begründungen für den Widerstand, der dem Einsatz von Kunststoffen im Bauwesen immer noch entgegengebracht wird. Während die Verwendung natürlicher brennbarer Baustoffe aus langer Tradition erfolgt und die damit verbundenen Risiken wohl bekannt sind, wird der Einsatz von Kunststoffen häufig abgelehnt, auch wenn er, wie der anderer brennbarer Stoffe, gemäß den »Richtlinien für die Verwendung brennbarer Baustoffe im Hochbau« zulässig ist. Bei dieser oft pauschalen, emotionalen Ablehnung spielen sicher die mangelnde Erfahrung mit dieser jungen Werkstoffgruppe auf der einen und die Enttäuschungen und Fehlschläge auf der

anderen Seite mit, welche beim unbekümmerten bzw. sogar mißbräuchlichen Einsatz eingetreten sind.

Zwar werden bisher in den allgemeinen Bauvorschriften an das Fenster als Bauteil keine definierten Anforderungen hinsichtlich des Brandverhaltens gestellt. Bei Hochhäusern können aber besondere Auflagen gemacht werden. Eine gute Gelegenheit, das Verhalten solcher Bauteile zu testen, sind Großversuche unter möglichst natürlichen Bedingungen. Um das Verhalten von Kunststoff-Fenstern aus PVC zu beurteilen, die für ein neugeschossiges Krankenhaus in Betracht kamen, wurden unter Anleitung und Aufsicht der Feuerpolizei der Stadt Zürich an einem

abbruchreifen Gebäude Brandversuche mit Fenstern aus verschiedenen Materialien durchgeführt. Die Ergebnisse sind als positiv zu betrachten. Es ergab sich, daß die Rahmenwerkstoffe das Brandgeschehen selbst nicht wesentlich beeinflussen. Das gilt sowohl hinsichtlich der Brandlast als auch der Rauchgasdichte, der Toxizität der Brandgase und der Temperatur im brennenden Raum. Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse gestattet die Gebäudeversicherung des Kanton Zürich, daß Fenster aus PVC-Rahmen überall dort eingebaut werden können, wo auch Fenster mit Holzrahmen zulässig sind.

Einleitung

Alle Kunststoffe sind als organische Werkstoffe brennbar. Wie ihre mechanischen und elektrischen Eigenschaften unterscheiden sich die einzelnen Kunststoffarten aber auch in ihrem Brandverhalten. Das muß bei der Beurteilung des Brandrisikos berücksichtigt werden, da es nicht nur vom Werkstoff selbst, d. h. von seiner Entzündlichkeit, Abbrandgeschwindigkeit, seinem Heizwert und seiner Menge, sondern auch von seiner Form, Anordnung, Umgebung und nicht zuletzt von seinem Benutzer abhängt.

Es gibt zwar eine Vielzahl von Tests zur Ermittlung des Brandverhaltens brennbarer Stoffe. Diese lassen in der Regel jedoch Aussagen nur für engebe-

grenzte Versuchsbedingungen zu. Deshalb ist es oft schwierig, aus solchen Versuchsergebnissen auf das Brandverhalten in einem wirklichen Brandfall zu schließen.

Vorgeschichte

Diese Probleme führten schließlich auch zu den hier beschriebenen Versuchen zur Beurteilung des Brandverhaltens von Kunststoff-Fenstern, deren Rahmen aus PVC-Profilen hergestellt sind. An das Bauteil Fenster werden bisher keine definierten Anforderungen bezüglich des Brandschutzes gestellt. In der Deutschen Musterbauordnung § 45.3 heißt es lediglich: »An die Fenster und Türen von Hochhäusern können wegen des Brandschutzes besondere Anforderungen gestellt werden.«

Auch die schweizerische »Wegleitung für Feuerpolizeivorschriften« beschränkt sich unter Punkt 5 - Außenwände, Fassaden, Fensterbrüstungen und -stürze, Fenstertüren und Fenster von Hochhäusern - auf folgenden Hinweis:

5.1 Außenwände dürfen mit Ausnahme der Fensterrahmen und -flügel nur aus nicht brennbarem Material bestehen.

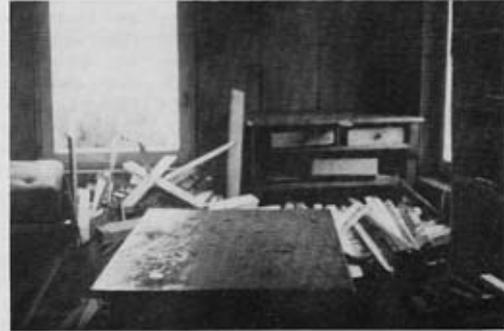
5.2 In jedem Stockwerk muß ein feuerbeständiger (WF = 90 min) umlaufender Streifen von mindestens 90 cm Höhe (inkl. Decke) angeordnet werden. Wenn die ganze Fassade, Fenster und Storen inbegriffen, aus nicht brennbarem Material besteht, kann der Streifen feuerhemmend (WF = 30 min) ausgeführt werden. Der Schutzstreifen ... Für den Bau eines Spital-Hochhauses mit 9 Stockwerken stand auch der Einsatz von PVC-hart-Fenstern zur Diskussion. Da eine exakte gesetzliche Re-

* Dynamit Nobel AG, Troisdorf.

Bild 1. Das Versuchsgebäude vor den Brandversuchen.



Bild 3. Innenansicht des Versuchsraumes 4 im Erdgeschoß vor Beginn des 1. Brandversuches.



gelung nicht vorliegt und entsprechende Brandversuche nicht bekannt waren, wurden drei Großversuche mit insgesamt sechs Fenstern aus unterschiedlichen Rahmenwerkstoffen durchgeführt, um ihr Verhalten im Brandfall beurteilen zu können. Durch die Versuche sollten sowohl die speziellen Risiken des geplanten Einsatzfalles, wie Art, Toxizität und Dichte der Rauchgase, als auch das allgemein im Brandfall interessierende Verhalten von Fenstern erfaßt werden. Die Versuche konnten als Großversuche durchgeführt werden, da von der Fa. Ruegsegger AG, Gossau (ZH) in Zürich-Seebach ein für den Abbruch vorgesehenes 1½-geschossiges ehemaliges Wohngebäude zur Verfügung gestellt wurde (Bild 1). Die Beratung durch die Gebäudeversicherung des Kantons Zürich und die Feuerwehr der Stadt Zürich gewährleistete, daß die Versuchsbedingungen denen eines tatsächlichen Brandes angenähert werden konnten.

Versuchsvorbereitung

Die Inneneinrichtung des freistehenden Gebäudes war weitgehend zerstört bzw. demontiert, das ehemalige Mobiliar zum größten Teil zerschlagen. Alle Fenster und Türen waren zerstört oder herausgerissen. Die an den Zimmerwänden angebrachte Holztafelung war jedoch noch unbeschädigt. Für die Versuche konnten 1 Raum im Erdgeschoß und 3 Räume im Obergeschoß des Gebäudes mit insgesamt 6 Fensteröffnungen ausgewählt werden. Die Größe der Versuchsräume, ihre Anordnung, ihre Lage und Größe der Fenster und Türöffnungen, sowie die Lage der

Temperaturmeßstellen und der Ansaugstellen für die Rauchgase sind in Bild 2 aufgezeichnet.

Als Fensterrahmenwerkstoffe wurden ausgewählt: Holz, Aluminium, PVC-hart erhöht schlagzäh (Formmasse PVC 3334 nach DIN 7748) und PVC-weich. Die PVC-Fensterrahmen wurden aus Trocal®- (PVC hart erhöht schlagzäh) und Mipolam®- (PVC weich)-Fensterprofilen*, angefertigt. Neben einem reinen Holzfenster wurden 2 Holz-Aluminium-Verbundfenster angefertigt (Tab. 1). Bei diesen beiden Fenstern wurden die Alu-Profile einmal an der Außenseite und einmal an der im Versuchsraum liegenden Innenoberfläche der Holzprofile angebracht.

Die Temperaturmessungen erfolgten mit Ni/CrNi-Thermoelementen, welche über Ausgleichsleitungen an einem außerhalb des Gebäudes stehenden Kompensationsschreiber Joens, KBK angeschlossen waren. Die Rauchgase wurden mit einem Staubsauger durch Cu-Rohre 8 x 1 mm abgesaugt. Mit einem Dräger-Gasspürgerät wurden aus einer in die Ansaugleitungen eingesetzten Waschflasche von 2000 cm³ Gasproben abgesaugt. Gemessen wurde der CO- und der HCl-Anteil der Rauchgase mit den Dräger-Röhrchen: Kohlenoxid 0,1% und Salzsäure 1/a. In jedem Raum wurde von einer in Kopfhöhe angebrachten Bohröffnung neben den Zimmertüren eine Raumdichtemessung gegen eines der Fenster mit einem Fototransistor BPY 61 vorbereitet, die jedoch wegen der starken

Hitzeeinwirkung bereits beim 1. Versuch ausfiel.

Die Türöffnungen wurden mit zwei 19 mm dicken Spanplatten verschlossen, welche in Kopfhöhe mit Beobachtungsöffnungen versehen waren. Die vorgesehenen Brandlasten von 30, 40 und 50 kg Holz/m² wurden mittels der noch vorhandenen Möbelreste und getrockneten Fichtenholzplatten in die Versuchsräume eingebracht. Dabei wurden die Fichtenholzplatten direkt unter den Fenstern lose aufgestapelt (Bild 3).

Versuchsablauf

Die Brandversuche wurden unter Anleitung und Aufsicht der Feuerwehr der Stadt Zürich am Vormittag des 16. 2. 1973 in folgender Reihenfolge durchgeführt:

Versuch 1: Im Raum 4 des Erdgeschosses.

Versuch 2: In den Räumen 1 und 2 des Dachgeschosses gleichzeitig.

Versuch 3: Im Raum 3 des Dachgeschosses.

Die Zündung des ersten Versuches wurde um 8.56 Uhr mit Spiritus und Holzwohle vorgenommen. Im Versuchsraum 4 wurden -2° C gemessen und die Außentemperatur betrug -3° C bei bedecktem Himmel und leichtem Wind aus nordöstlicher Richtung.

Die drei Brandversuche zeigten einen unterschiedlichen Ablauf vor allem in der zwischen Zündung und Vollbrand liegenden Phase. Damit bestätigte sich die Erfahrung, daß wegen der unterschiedlichen äußeren Bedingungen jeder

* Warenzeichen der Dynamit Nobel AG, D-521 Troisdorf.

Bild 2. Abmessungen und Lage der Versuchsräume mit den Temperaturmeßstellen und Rauchgasansaugstellen.

Bild 4. Dichte Rauchgase werden beim 2. Versuch durch die bereits gebrochenen Glasscheiben nach außen gedrückt (7 Min. nach Versuchsbeginn).

Bild 5. 10 Min. nach Beginn des 1. Versuches. Die gesamte Öffnung des Trocal®-Fensters ist von Flammen ausgefüllt.

wirkliche Brand einen individuellen Verlauf nimmt. Trotz der beobachteten Abweichungen konnten jedoch Übereinstimmungen in einigen grundsätzlichen Phasen der drei Versuche festgestellt werden.

Bei allen Versuchen kam es nach der Zündung zu einer Verpuffung des Gemisches aus Luft und Zündmitteldämpfen. Dabei stieg die Raumtemperatur innerhalb von 30 Sekunden auf Werte zwischen +300 und +800° C, um ebenschnell wieder auf Werte zwischen +250 und +50° C abzusinken. Nach der Zündung entwickelte sich zunächst ein Schwelbrand. Sehr

schnell trat eine starke Verqualmung der Versuchsräume durch die zunehmend dichter werdenden Rauchgase ein, obwohl sowohl die Möbelreste, als auch die Fichtenholzlatten einen geringen Feuchtigkeitsgehalt besaßen.

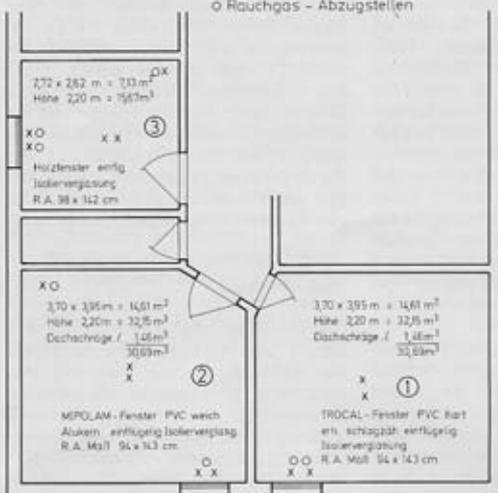
In diesem Versuchsstadium betrug die Sichtweite weniger als 1 m und wurde durch die Reizung der Augenschleimhäute zusätzlich behindert. Dabei stieg die Raumtemperatur allmählich an und die Rauchgase wurden durch die Beobachtungsluke und durch alle Ritzen und Öffnungen aus den Versuchsräumen nach außen gedrückt (Bild 4). In diesem Zeitraum bis maximal zur

8. Minute nach der Zündung kommt es nur vereinzelt zur Flammenbildung. Diese bleibt auf lokal engbegrenzte Stellen beschränkt. Die Flammen flackern an unterschiedlichen Stellen auf, verlöschen teilweise wieder und nehmen nur langsam an Intensität zu. An den Stellen, an denen sich offene Flammen bilden, erreicht die Temperatur schon Werte über +800° C. Mit der zunehmenden Flammenentwicklung und bei ansteigender Temperatur ließ die Rauchdichte in den Versuchsräumen von der Zimmerdecke her nach. Nachdem die Versuchsräume fast völlig frei von Rauchgasen waren, setzte der "flash over", der Feuerübersprung, schlagartig den ganzen Versuchsraum in Brand. Dieser Zustand war bei den einzelnen Versuchen 7 bis 9 Minuten nach der Zündung erreicht. Schon lange bevor alles brennbare Material innerhalb des Versuchsraumes entflammt war, kam es zum Bruch der Verglasung. Zuerst traten Risse in den inneren Scheiben, danach in den äußeren Scheiben auf (Tab. 2).

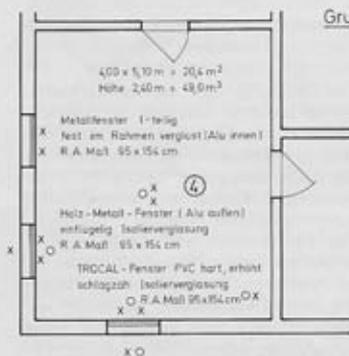
2

Grundriß Dachgeschoß

x Temperatur - Meßstellen
o Rauchgas - Abzugstellen



Grundriß Erdgeschoß



4



5



Tabellen 1 bis 5

Versuch Nr.	Versuch 1			Versuch 2		Versuch 3
Fenster	Trocal®	Alu-Holz (Alu innen)	Holz-Alu (Alu außen)	Trocal®	Mipolam®	Holz
Rahmenwerkstoff	PVC-hart, erhöht schlagzäh	Tanne und Aluminium, eloxiert	Tanne und Aluminium, eloxiert	PVC-hart, erhöht schlagzäh	PVC-weich mit Aluminium- Verstärkung	Föhre, innen 1x lackiert

Tabelle 1 Aufbau und Größe der eingesetzten Fenster

Versuchsraum	4	4	4	1	2	3
Lage des Versuchsraumes	Eckzimmer im Erdgeschoß			Dachgeschoß, Giebelseite		Dachgeschoß über Haus- eingang
Rahmenseitenlänge (cm)	95x154	95x154	95x154	94x143	94x143	98x142
Rahmenbreite (mm)	57	50	45	57	60	60
Lichte Flügelmaße (mm)	770x1330	802x1362	762x1322	730x1220	716x1206	780x1206
Verglasung	Isolierglas, 2x3 mm, Fensterglas mit 12 mm Luftzwischenraum, durch U-Schiene aus Aluminium hergestellt					
Öffnungsart	Drehflügel	Ohne Flügel, Rahmen fest verglast	Drehflügel	Drehflügel	Drehflügel	Drehflügel

Tabelle 2 Beobachtungen an den Fenstern

Erster Bruch in der Innenscheibe (min)	4' 57"	4' 55"	4' 56"	1' 30"	1' 30"	Vor Beginn des Versuches
Erster Bruch in der Außenscheibe (min)	nicht exakt beobachtet	7' 07"	7' 10"	3' 00"	1' 35"	6' 13"
Herausfallen der Scheiben (min)	10' 45"	7' 40"	9' 20"	8' 05"	5' 15"	9' 45"
Erste Flammenbildung bzw. Zersetzung am Rahmen (min)	7' 00"	nicht exakt beobachtet	6' 35"	> 2'30"	1' 10"	9' 20"

Tabelle 3 Temperaturen an den Fensterrahmen und Gewichtsverluste

Maximaltemperatur (°C) am oberen Querholm						
innen	655	870	900	845	820	725
außen	745	nicht gemessen	860	nicht gemessen	nicht gemessen	nicht gemessen
Rahmengewicht (kp) ohne Glas und Beschläge						
vor dem Versuch	13,625	2,643 ²	14,788	12,74	17,247 ³	16,226
nach dem Versuch	12,100	2,020	12,950	6,23	7,590	14,550
Gewichtsverlust durch Abbrand, Schmelzen usw. (kp)	1,525	0,623	1,838	6,51	9,657	1,676

Tabelle 4 Maximale HCl- und CO-Konzentrationen in den Rauchgasen

Maximale Konzentration	CO	HCl	CO	HCl	CO	HCl
(ppm)	1000	11	11 000	13,5	3000	-
(Vol.-%)	0,1	0,0011	1,1	0,00135	0,3	-
Versuchszeit (min)	6' 50"	9' 35"	12' 05"	9' 50"	12' 30"	-
Ansaugstelle	Am Kopfende des Bettes ca. 90 cm über dem Fußboden	Vor dem unteren Querholm des Trocal®- Fensters, innen	Raum 3, vor dem unteren Querholm des Mipolam®- Fensters, innen	Raum 1, vor dem unteren Querholm des Trocal®- Fensters, innen	Raum 3, vor dem unteren Querholm des Holz- fensters, innen	-

¹ Beobachtung mußte nach dieser Zeit abgebrochen werden.

² Nur das Gewicht der Aluminium-Profile.

³ Gesamtgewicht einschließlich Aluminiumverstärkungsrohr.

Bild 6. Während des Vollbrandes entwickeln sich wieder Rauchgase. Das Holzfenster 9'45" nach Beginn des 3. Versuches.



Nach dem «flash over» stieg die Temperatur an allen Meßpunkten, auch am Fußboden, stark an. Nachdem der Brand voll entwickelt war, wurden die Flammen aus den Fensteröffnungen bis zu ca. 2 m und aus den Beobachtungsoffnungen in den Türen nach außen gedrückt (Bild 5). Die Beobachtung an den Türen mußte spätestens nach Eintritt des «flash over» wegen der durch die Beobachtungsluken strömenden heißen Brandgase bzw. den herausschlagenden Flammen aufgegeben werden. Erst bei voll entwickeltem Brand nahm die Rauchgasentwicklung wieder zu (Bild 6) und erreichte z. T. wieder eine hohe Dichte.

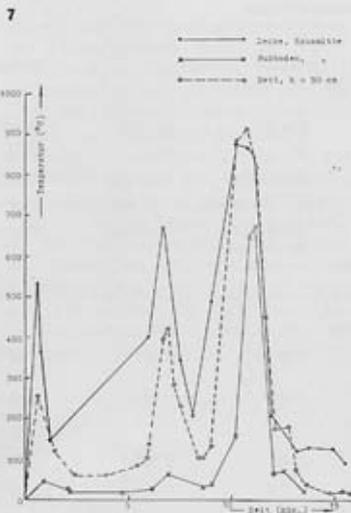
Die Unterschiede im Ablauf der drei Versuche sind auf die unterschiedlichen Versuchsbedingungen zurückzuführen.

Die kleineren Räume heizten sich während des 2. und 3. Versuches schneller auf, als der größere Raum beim Versuch 1.

Der Vollbrand war jedoch immer innerhalb von 10 Minuten nach der Zündung erreicht, so daß die einzelnen Phasen der Brandentwicklung nur um wenige Minuten differieren.

Alle Versuche wurden wenige Minuten, nachdem die Versuchsräume vollständig in Brand standen, von der Brandwache der Stadt Zürich mit Wasser abgelöscht.

Bild 7. Temperaturverlauf während des 1. Versuches.



Versuchsergebnisse

Der beschriebene Versuchsablauf wird durch den Temperaturverlauf an den verschiedenen Meßstellen recht gut wiedergegeben (Bild 7). Die Maximaltemperaturen erreichten immer Werte über 850° C. Die gemessene Höchsttemperatur lag bei 960° C.

Bei allen Fenstern brachen die eingesetzten Doppelscheiben bereits im Anfangsstadium des Brandes. Unabhängig vom Rahmenwerkstoff versagte die Verglasung lange vor der Zerstörung des Rahmens (Tab. 2). Das Bauteil Fenster erreichte bei den durchgeführten Versuchen eine Feuerwiderstandsdauer, die zwischen 1 bis 5 Minuten lag. Der Bruch der Glasscheiben trat nicht erst bei direkter Flammeneinwirkung, sondern bereits unter dem Einfluß der Wärmestrahlung ein, die von lokalen Brandherden in vom Fenster abgelegenen Raumteilen ausging. Für die Trocal®- und Mipolam®-Fenster ist wichtig, daß die Rahmenwerkstoffe aus PVC-hart bzw. PVC-weich bei diesem Vorgang ihre Standfestigkeit behielten und die Verglasung bis zu deren Bruch fest im Flügel der Fenster saß.

Bei keinem der getesteten Fenster fiel die Verglasung als ganze Scheibe aus dem Flügelrahmen. Immer entstanden zuerst Risse und die Scheiben fielen dann in Bruchstücken heraus. Die Grö-

Bild 8. Die Innenseite des Trocal®-Fensters nach dem Brandversuch 1.



ße dieser Bruchstücke war allerdings unterschiedlich und reichte von wenigen cm² bis zu etwa ein Drittel der ursprünglichen Scheibengröße.

Nach dem Ablöschen der Versuchsbrände, nach Versuchszeiten von ca. 12 bis 15 Minuten, waren alle eingesetzten Rahmenmaterialien schon teilweise zerstört, wobei die Holzrahmen als einzige aktiv am Brand beteiligt waren und selbständig weiterbrannten (Tab. 2) (Bild 8-11).

Dies läßt den Schluß zu, daß die eingesetzten Rahmenwerkstoffe PVC-hart, PVC-weich, Holz und Aluminium bei einer genügend langen Brandzeit unter Einwirkung eines vollentwickelten Zimmerbrandes vollständig zerstört werden. Entscheidend ist dabei jedoch, daß mit allen Werkstoffen die Rahmen eine höhere Standfestigkeit erreichen als die Verglasung. Das bedeutet, daß im Brandfalle Rauchgase und Flammen primär nach dem Bruch der Verglasung durch die Fensteröffnung austreten können.

Die Messungen und Beobachtungen lieferten keine eindeutige Beurteilung, ob Zeitpunkt und Intensität des flash over, d. h. das Erreichen des vollentwickelten Brandes, durch die Risse und Brüche in den Glasscheiben beeinflusst werden. Eindeutig zeigte sich, daß von der Zündung an heiße Luft, Brandgase und schließlich die Flammen von dem bei der

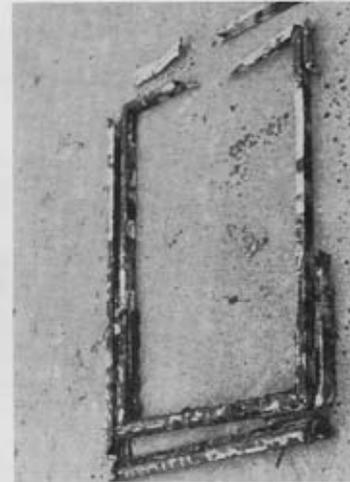
Bild 9. Die Innenseite des Holz-Alu-Fensters nach dem Brandversuch 1 (Anordnung Alu außen).



Bild 10. Die Innenseite des Alu-Holz-Fensters nach dem Brandversuch 1 (Anordnung Alu innen).



Bild 11. Das Mipolam®-Fenster nach dem Brandversuch 2.



Temperaturerhöhung im Versuchsraum entstehenden Überdruck durch alle Raumöffnungen, auch bereits durch die ersten Risse im Glas, nach außen gedrückt werden. Die von einem brennbaren Rahmenwerkstoff ausgehenden Flammen und Rauchgase beeinflussen den Zimmerbrand deshalb nicht, weil sie ins Freie gedrückt werden.

Trotz der starken aus den Fensteröffnungen austretenden Flammen wurde beim 1. Versuch das schräg über dem ocal®-Fenster liegende Mipolam®-Fenster im Obergeschoß nicht beschädigt. Dagegen war die Innenscheibe des Fensters im letzten Versuchsraum nach dem 2. Versuch bereits gerissen.

Für den Abzug der aus dem Rahmenmaterial frei werdenden Zersetzungsprodukte erweist sich das bereits vor Beginn der Zersetzung eintretende Versagen der Verglasung als günstig. Dies zeigen die niedrigen HCl-Konzentrationen, die in den Brandräumen und selbst direkt vor den Fensterrahmen gemessen wurden (Tab. 4).

Bei kritischer Beurteilung der Messung der Rauchgase kann zwar gesagt werden, daß diese durch die Kondensation an der Rohrwand der Ansaugleitungen zu niedrige Meßwerte lieferten. Der Ablauf der Versuche zeigte jedoch, daß die aus dem Rahmenwerkstoff freigesetzten Pyrolysegase weitgehend durch die gebrochene Verglasung ins Freie abgeleitet wurden. Dort kommt es schnell zu einer starken Verdünnung,

so daß auch in der nächsten Umgebung des Versuchsgebäudes trotz der niedrigen Reizschwelle kein HCl (Salzsäure) festgestellt werden konnte; so wie auch die an den Türen befindlichen Beobachter, bis sie wegen der Hitze die Beobachtungsstelle räumen mußten, kein HCl wahrnehmen konnten.

Der Anteil der von den Fensterrahmen in den Brandraum gelangenden Pyrolyseprodukte ist so gering, daß dies weder zu einer kritischen Erhöhung der Toxizität noch der Dichte der im Brandraum bereits vor dem Angriff der Fensterrahmen entstehenden Brandgase führen kann.

In allen drei Versuchen erreichte die Rauchgasedichte in der Anfangsphase, bevor Schäden an den Fensterrahmen eintraten, die höchsten Werte. Dies und die hohen CO-Konzentrationen dürften die Überlebenschance von Personen im Brandraum stark herabsetzen, welche an sich die Temperaturentwicklung während der ersten 5 Minuten am Fußboden der Brandräume bietet. Obwohl bei den Versuchen nur getrocknetes Holz als Brandlast eingesetzt wurde, zeigte

sich, daß das in der Anfangsphase vor dem flash over im Brandraum entstehende Kohlenmonoxyd die Hauptgefahr darstellt. Bereits innerhalb weniger Minuten hätten die gemessenen CO-Konzentrationen zum Tode geführt (Tab. 5). Dagegen hätten selbst um den Faktor 150 höhere HCl-Konzentrationen als maximal gemessen, erst innerhalb von 30 Minuten lebensgefährliche Wirkung gehabt.

Der geringe Einfluß, der von brennbaren Fensterrahmenwerkstoffen auf das Brandgeschehen ausgehen kann, wird schon aus den in Tabelle 3 angegebenen Gewichten ersichtlich, wenn man diese mit den in den Versuchsräumen vorhandenen Brandlasten vergleicht. So enthielt z. B. der Raum, in dem der 1. Versuch stattfand, etwa 800 kg Holz, wobei die Holzverkleidung der Wände noch nicht berücksichtigt ist.

Schlußbetrachtung

Drei praxisnahe Zimmerbrandversuche, die am 16. 2. 1973 in einem 1½-geschos-

Tabelle 5 Toxische Konzentrationen von CO- und HCl-Gasen in ppm

	CO	HCl
geringste durch Geruch erkennbare Konzentrationen	geruchlos	15
für 1 Stunde ohne Folgen	400- 500	50- 100
gesundheitgefährliche innerhalb von 30-60 Minuten	1500-2000	1000-2000
tödliche in 30 Minuten	4000	ca. 2000

sigen Wohngebäude in Zürich-Seebach durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß die Fensterrahmenwerkstoffe das Brandgeschehen selbst nicht wesentlich beeinflussen.

Dies gilt sowohl bezüglich der Brandlast, als auch der Rauchgasdichte, der Toxizität der Rauchgase und der Temperatur im Brandraum. Diese Größen des Brandablaufes können deshalb nur geringfügig von brennbaren Rahmenwerkstoffen beeinflusst werden, weil der im Brandraum entstehende Überdruck die am Fenster entstehenden Brandgase und Flammen durch die zerstörte Verglasung nach außen drückt.

Deshalb ist das Brandverhalten von Fenstern vor allem insoweit wichtig, als die Rahmen ihre Standfestigkeit länger behalten als die Verglasung. Dies war bei allen getesteten Fenstern, auch bei Trocal®- und Mipolam®-Fenstern der Fall.

Die Versuche zeigten auch, daß alle eingesetzten Rahmenwerkstoffe, Holz, PVC-hart, PVC-weich und auch Aluminium, durch einen Vollbrand bei genügend langer Branddauer schließlich zerstört werden. Welches Rahmenmaterial eingesetzt wird, ist danach aus brandschutztechnischer Sicht von untergeordneter Bedeutung. Wenn überhaupt, wird der Brandverlauf durch die beim Bruch der Verglasung, dem zuerst versagenden Teil des Bauteiles Fenster, veränderten Lüftungsverhältnisse beeinflusst.

Der Rahmenwerkstoff selbst stellt keine Erhöhung des Risikos im Brandfall dar. Das gilt auch für die Dichte und Toxizität der Rauchgase. Die geringen HCl-Anteile, die von PVC-Fensterrahmenprofilen in den Brandraum gelangen, erhöhen die Vergiftungsgefahr durch das

von den brennenden Einrichtungsgegenständen freigesetzten CO praktisch nicht. Entsprechend ist auch eine zusätzliche Korrosionsgefährdung der Einrichtungsgegenstände durch Fensterrahmen aus PVC sehr gering.

Auf Grund dieser aus den durchgeführten Brandversuchen mit Fenstern aus unterschiedlichen Rahmenwerkstoffen gewonnenen Erkenntnisse gestattet die Gebäudeversicherung des Kantons Zürich, daß Fenster aus PVC-Rahmen überall dort eingebaut werden können, wo auch Fenster mit Holzrahmen zulässig sind.

(pc 107)