

# Brandsicherheit von wärmegegedämmten Stahltrapezprofildächern

Abschlußbericht des Arbeitskreises „Dächer“ des Referates 4 im TWB der VFDB\*  
Nachdruck mit freundl. Genehmigung aus VFDB Zeitschrift „Forschung und Technik im Brandschutz“ Heft 2, Mai 1984

## 1. Arbeitskreis Dächer: Ausgangssituation und Zielsetzung

Ausgehend von einigen spektakulären Brandfällen seit Beginn der 50er Jahre in mehreren Industrieländern wurde auch in Deutschland über die Brandsicherheit von wärmegegedämmten Stahltrapezprofildächern in verschiedenen Kreisen diskutiert. Zahlreiche Forschungsinstitutionen bemühten sich seitdem unter den verschiedensten Gesichtspunkten, brandsicherheitsliche Fragen im Zusammenhang mit diesen Dächern durch Versuche zu klären. Dabei standen die einschaligen Stahltrapezprofil-Warmdächer im Vordergrund des Interesses.

Anläßlich der VFDB-Jahresfachtagung 1978 in Aachen wurde in mehreren Referaten über diesen Problembereich zusammenfassend referiert. Die seinerzeitigen Beiträge sind in der VFDB-Zeitschrift [1] veröffentlicht worden. Sie können als Darstellung des damaligen Standes des Wissens angesehen werden, nachdem die an gleicher Stelle veröffentlichte Aufforderung des Referates 4 zur Angabe weiteren Basisschrifttums über das Brandverhalten von Stahltrapezprofildächern zu keinem Hinweis auf notwendige Ergänzungen führte.

Anläßlich der erwähnten VFDB-Jahresfachtagung wurden mehrere Vorschläge zur Verbesserung des Brandverhaltens von Stahltrapezprofildächern unterbreitet. Kurze Zeit danach waren weitere Anstrengungen auf diesem Gebiet von verschiedenen Seiten zu verzeichnen und Vorbereitungen zu weiteren Brandversuchsreihen bekannt geworden. So war zum Beginn des Jahres 1979 die Situation auf diesem Arbeitsgebiet durch eine Vielzahl von Aktivitäten im Bereich zwischen Forschung, Entwicklung und Ausarbeitung von Anwendungsregeln gekennzeichnet. Das Referat 4 sah sich daher im Sinne der Ziele der VFDB aufgerufen, im April 1979 auf neutraler Ebene einen Arbeitskreis „Dächer“ als Plattform zur Problemlösung zu bilden.

Der Arbeitskreis sollte sich insbesondere mit folgenden Aufgaben befassen:

- Diskussion von Forschungsvorhaben zur Untersuchung des Brandverhaltens von Dächern und Beratung der ausführenden Institutionen über Versuchsziele, Versuchsausführung und die Anwendung der Versuchsergebnisse in der Praxis.
- Sammlung und Diskussion von Vorschlägen zur Förderung des baulichen Brandschutzes bei Dächern. Zusammenfassung der Ergebnisse und Information der zuständigen Institutionen und der Öffentlichkeit.

Bei der Besetzung des Arbeitskreises waren Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft angemessen zu berücksichtigen. Die Mitglieder des Arbeitskreises sollten für die beiden genannten Aufgabengebiete sachverständige Beiträge aufgrund von Branderfahrungen, Kenntnis im In- und Ausland ausgeführter Untersuchungen sowie konstruktiver Möglichkeiten und bauphysikalischer Notwendigkeiten leisten können.

Als Mitglieder wirkten dementsprechend persönlich benannte Sachverständige und sachverständige Vertreter von Verbänden mit:

- für die Verwaltung die Herren Baudirektor Hertel, Berlin, Regierungsbau- direktor Klose, Düsseldorf, Ministerialräte Imig und Krohn, Stuttgart,
- für die Feuerwehr die Herren Branddirektor Günther, Hamburg, Ltd. Branddirektor Dr. Schubert, Berlin,
- für die wissenschaftlichen Institutionen Dipl.-Ing. Brein und Dr. Seeger, Karlsruhe, Akad. Oberrat Jagfeld, Stuttgart,
- für die Versicherungswirtschaft Dr. Beenken, Köln, Chefingenieur Pröb- dorf, München, Abteilungsdirektor Hammer, Köln,
- für die Wirtschaft Dipl.-Ing. Becker, Neustadt/Weinstr., Dipl.-Ing. Federolf, Kreuztal, Direktor Herken, Frankfurt, Prok. Schalk, Ludwigshafen, Ber. Ing. Wolf, Köln und Sachverständige der Industrieverbände „Hartschaum“, Heidelberg, „Polyurethan-Hart- schaum“, Stuttgart, und „Anorga- nische Dämmstoffe“, Mannheim, sowie des Fachverbandes Mineralfaserindustrie.

Um eine möglichst breite Basis zu erhalten, wurden auf besonderen Wunsch zahlreiche weitere Firmen, Verbände und Persönlichkeiten laufend über die Aktivitäten in dem Arbeitskreis informiert und es wurde Gelegenheit gegeben, sich an den Arbeiten zu beteiligen und bei den Versuchen anwesend zu sein. Die Leitung des Arbeitskreises lag in den Händen der Obleute des Referates 4, die Protokollführung übernahm Herr Dipl.-Ing. Hofmann, Ketsch.

Es war ein besonderer Glücksfall, daß drei Tage vor Gründung des Ausschusses das seinerzeit auch für die Bauaufsicht zuständige Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen der Forschungsstelle für Brandschutztechnik an der Universität Karlsruhe Forschungsmittel in Höhe von nahezu 300 TDM für „Brandversuche an wärmegegedämmten Stahltrapezprofildächern“ bewilligt hatte. Es war daher dem Arbeitskreis möglich, seine erstgenannte Zielsetzung zumindest bei diesem Forschungsvorhaben zu verwirklichen.

## 2. Einschalige Stahltrapezprofil-Warmdächer

### 2.1 Konstruktion und Dachaufbau

Häufig werden große Dächer von Industriebauten, Messehallen und öffentlichen Gebäuden mit Stahltrapezprofilen überdacht. Wegen des Preisvorteils kommen überwiegend einschalige Warmdächer nach Bild 1 (vgl. anschließende „Empfehlungen“) mit dem Stahltrapezprofil als tragender Schalung und einem Dachaufbau aus Wärmedämmung und Dachhaut, evtl. auch mit einer zusätzlichen Dampfsperre auf dem Stahltrapezprofil, zur Anwendung.

Das Stahltrapezprofil-Warmdach wird in der Regel mit einer Dachneigung von 3 Grad und mehr verlegt, es werden jedoch auch häufig Dächer fast ohne Dachneigung angetroffen.

Die Trapezprofile werden im allgemeinen für den Lastfall Eigengewicht und Schnee bemessen.

Stahltrapezprofile werden vom Institut für Bautechnik zugelassen. Sie sind entsprechend den Zulassungsbestimmungen sowie den Richtlinien des Instituts zur Förderung des Bauens mit Stahlblech zu verlegen.

\*) Referat „Brandwirkung auf Baustoffe und Bauteile“ des Technisch-Wissenschaftlichen Beirates (TWB) der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (VFDB);  
Leiter des Referates 4:  
Direktor Dipl.-Ing. Wolfram Becker, Neustadt-Hambach an der Weinstraße; BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen;  
Ltd. Branddirektor Dr.-Ing. Karl-Heinz Schubert, Berliner Feuerwehr

Über weitere Einzelheiten der Konstruktion und des Dachaufbaues haben Haushofer und Federolf in [1] bereits eingehend berichtet. Die in diesen Beiträgen herangezogenen „Flachdachrichtlinien“ sind inzwischen durch die Ausgabe 1982 ersetzt worden [2]. Die Autoren nahmen auch zu bauphysikalischen Fragen Stellung; diese Ausführungen sind zum Verständnis der Vorgänge im Prinzip auch heute noch gültig, insbesondere wenn die Notwendigkeit bauphysikalischer einwandfreier Konstruktion mit den Erfordernissen des Brandschutzes in Übereinstimmung gebracht werden soll.

## 2.2 Bewertung der Dächer nach DIN 4102

### 2.2.1 Feuerwiderstandsfähigkeit nach DIN 4102, Teil 2

Ungeschützte Stahltrapezprofil-Wärmdächer haben keine nach DIN 4102, Teil 2, klassifizierbare Feuerwiderstandsfähigkeit; sie gelten also nicht als feuerhemmend (F 30) oder feuerbeständig (F 90) bei der vorgeschriebenen unterseitigen Feuerbeanspruchung nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK).

Damit diese Dächer beispielsweise in die Klasse F 30 eingereiht werden können, bedürfen sie eines besonderen Brandschutzes, z. B. durch eine Unterdecke. Für diese Einstufung müssen auch Binder und Stützen der gleichen Feuerwiderstandsklasse angehören. Derartige Maßnahmen sind bekannt (vgl. z. B. DIN 4102, Teil 4).

Das Interesse des Arbeitskreises „Dächer“ konzentrierte sich deshalb auf Maßnahmen zur Verbesserung des Brandverhaltens ungeschützter Dächer in einem Bereich, die – auf DIN 4102, Teil 2, bezogen – zwar noch nicht zu ihrer Klassifizierung als feuerhemmend (F 30) führen werden, jedoch ihre aktive Beteiligung am Brandgeschehen bei unterseitiger Feuerbeanspruchung deutlich verzögert.

Mit diesen Ausführungen soll allerdings nicht gesagt sein, daß es ausgeschlossen ist, nach entscheidenden brandschutztechnischen Verbesserungen für eine ansonsten ungeschützte Stahltrapezprofildachkonstruktion mit dem beschriebenen Aufbau den Nachweis F 30 nach DIN 4102, Teil 2, zu erbringen.

### 2.2.2 Widerstandsfähigkeit gegen Flugfeuer und strahlende Wärme nach DIN 4102, Teil 7

Nach DIN 4102, Teil 7, wird bekanntlich die Weiterleitung eines Brandes auf der Dachhaut und das Durchdringen des Feuers durch einen Dachaufbau hindurch bei außenseitiger Feuerbeanspruchung (Korb mit 600 g Holzwohle) bewertet.

Für Stahltrapezprofil-Wärmdächer, die meistens eine brennbare Dachabdichtung erhalten, ist entsprechend ihrem Anwendungsgebiet praktisch in jedem Falle der Nachweis der Widerstandsfähigkeit gegen Flugfeuer und strahlende Wärme („harte Bedachung“, auch als „harte Dachung“ bezeichnet) zu erbringen. Ein besonderer Nachweis durch Prüfung nach Teil 7 von DIN 4102 ist nicht erforderlich, wenn die Dachhaut (Dachabdichtung), ggf. mit schwerem Oberflächenschutz aus einer 5 cm dicken Schüttung aus Kies 16/32, einer der in DIN 4102, Teil 4, Abschnitt 7.5, aufgeführten Ausführungsmöglichkeiten entspricht. Die Prüfungen für diese Angaben in der Norm wurden auch an wärmegeprägten Stahltrapezprofil-dächern ausgeführt.

Für die nicht in DIN 4102, Teil 4, aufgeführten Dacheindeckungen ist der Nachweis der Klassifizierung als harte Bedachung durch Prüfung nach Teil 7 von DIN 4102 erforderlich. Diese Prüfung, die normgemäß an einem Dachaufbau auf einer tragenden Unterlage aus Holz ausgeführt wird, kann bei Stahlprofilblechen zu ungünstigeren Werten führen, wenn das Feuer bei dem Versuch bis zur tragenden Unterlage durchdringt. In diesen Fällen ist die Prüfung nach dieser Norm auch an einem wärmegeprägten Stahltrapezprofildach auszuführen.

Der Arbeitskreis „Dächer“ ging bei seinen Überlegungen davon aus, daß die Brandbeteiligung einer Dachhaut bei intensiveren Feuerbeanspruchungen, als sie den üblichen Flugfeuerbeanspruchungen (vgl. 4102, Teil 7 und ähnliche ausländische Prüfnormen) zugrunde liegen, erheblich intensiver sein kann, als bei der genormten Flugfeuerprüfung. Dies kann insbesondere bei Wind zusammen mit stärkerer Primärfeuerbeanspruchung, z. B. bei Dacharbeiten mit Propangasbrennern oder durch längere Zeit an der Gebäudewand oder durch Dachöffnungen hochschlagende Flammen der Fall sein.

Die aus den Überlegungen, Versuchs- und Branderfahrungen des Arbeitskreises resultierenden Empfehlungen für Brandschutzmaßnahmen an der Oberseite von Stahltrapezprofil-Wärmdächern gehen von dem Anwendungsbereich dieser Dächer mit ausgedehnten, häufig viele 1000 m<sup>2</sup> großen Dachflächen aus. Für diese Dächer werden besondere Schutzmaßnahmen empfohlen, um die Ausbreitung eines Entstehungsbrandes zu behindern, so daß die Feuerwehr nur den Brand in einem kleineren Bereich zu bekämpfen braucht. Dies dient auch dem erhöhten Sachschutz für die vom Brand betroffenen Betriebe.

Es ist nicht das Ziel dieser Ausführungen, eine Minderbewertung der bauaufsichtli-

chen Anforderungen an Bedachungen von Wohngebäuden und ähnlich ausgedehnten Dächern anderer baulicher Anlagen zum Ausdruck zu bringen.

### 2.2.3 Baustoffklassifizierung nach DIN 4102, Teil 1

Das Brandverhalten der in wärmegeprägten Stahltrapezprofil-dächern verwendeten Baustoffe wird nach DIN 4102, Teil 1, beurteilt.

Es ist zunächst zu beachten, daß nach den neueren Bauordnungen generell, also auch für die Herstellung dieser Dächer, heute keine Baustoffe der Klasse B 3 – leichtentflammbar – mehr verwendet werden dürfen.

Sofern im übrigen die Bewertung des Brandverhaltens der Baustoffe in Dächern von Bedeutung ist, sollte beachtet werden, daß nach Teil 1 von DIN 4102 diese Beurteilung nicht am Einzelbaustoff allein zu erfolgen hat, sondern unter Berücksichtigung seines Verbundes mit anderen Baustoffen, den Verbindungsmitteln sowie der Verarbeitungstechnik. In diesen Fällen ist für die Klassifizierung dieser Wärmdächer nach Teil 1 von DIN 4102 das Brandverhalten der freiliegenden Dachhaut und der an die Sicken angrenzenden Schichten im Einbaustand maßgebend.

Von dem Arbeitskreis „Dächer“ wurde jedoch auch anhand der bei den Brandversuchen an Stahltrapezprofil-dächern ermittelten Versuchsergebnisse festgestellt, daß die Baustoffklassifizierung der einzelnen Baustoffe allein keine hinreichende Auskunft über das Brandverhalten der Dächer als Bauteile gibt, zumal Schmelz- oder Glimmvorgänge, wie sie für das Brandverhalten der Dächer relevant sein können, bei den Baustoffprüfungen nach Teil 1 der DIN 4102 nur begrenzt erfaßt werden. Vielmehr ist ihr gesamter Aufbau und ihre Konstruktion entsprechend den bauphysikalischen Notwendigkeiten und den wirtschaftlichen Möglichkeiten unter den verschiedenen Dach-spezifischen Brandbeanspruchungen in Betracht zu ziehen. Auf diese Zusammenhänge wird auch in dem Abschlußbericht [3] der Forschungsstelle für Brandschutztechnik beispielhaft hingewiesen, wie aus der im folgenden Abschnitt 2.4 wiedergegebenen Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu erkennen ist.

## 2.3 Branderfahrungen

Über Brände mit Beteiligung von Stahltrapezprofil-dächern hatte Hertel, Stuttgart, bereits in [1] berichtet. Inzwischen ereigneten sich auch in Deutschland einige

weitere Brandfälle. Die bei einigen dieser Brände gewonnenen Erfahrungen flossen ebenfalls in die Überlegungen zur Weiterführung der Versuche in Karlsruhe und die von dem Arbeitskreis schließlich erarbeiteten Empfehlungen ein.

Der insbesondere auch bei früheren Versuchsreihen der Forschungsstelle für Brandschutztechnik [4] und in dem holländischen Brandforschungsinstitut der TNO, Delft, beobachtete Transport erwärmter gasförmiger Zersetzungsprodukte von Bitumen, Klebe-, Dämm- und Isolierstoffen dieser Dächer durch die hohlen Sicken zu von der Brandstelle entfernt gelegenen Stellen der Versuchseinrichtungen, der auch bei einigen Brandfällen jüngerer Zeit angenommen wird [5], führte zur Erprobung von Sickenabschottungen während der beiden Karlsruher Versuchsreihen [3, 4] und zu entsprechenden Empfehlungen.

## 2.4 Neuere Versuche – Ziele und Erfahrungen

### 2.4.1 Versuche der Forschungsstelle für Brandschutztechnik, Karlsruhe

Über die bis zum Jahre 1978 bekannt gewordenen und für die Beurteilung des Brandverhaltens von Stahltrapezprofildächern weltweit ausgeführten maßgeblichen Brandversuche hatte bereits Hofmann [1] berichtet.

Das eingangs erwähnte neue Forschungsvorhaben, das von der Forschungsstelle für Brandschutztechnik, Karlsruhe, ausgeführt wurde, schloß unmittelbar an die von dieser Stelle im Jahre 1977 ausgeführten Versuche an, die mit kleineren Brandlasten ausgeführt worden sind und über die Brein in [1] berichtet hatte [vgl. auch 4]. Bei diesem neuen, vom Land Nordrhein-Westfalen in Auftrag gegebenen Forschungsvorhaben, bei dem derselbe Brandraum verwendet wurde, den bereits Brein in [1] und [4] beschrieb, wurden höhere Punktbrandlasten, ebenfalls in Form von Holzkrippen, bis zu 400 kg angewandt. Die thermischen Bedingungen im Brandraum wurden insbesondere durch Anordnung einer Schürze unterhalb des Daches, die die Höhe der freien Öffnung an der einen Seite des Brandraumes verringerte, verschärft.

Alle Versuche, über die die Forschungsstelle in [3] berichtet hat, wurden an einschaligen, wärmegeämmten Stahltrapezprofildächern ausgeführt. Dabei standen folgende Phänomene des Brandverhaltens dieser Dächer im Vordergrund des Interesses:

- Entzündung unterseitig oder im Inneren des Daches sowie oberhalb der Dachhaut (Dachabdichtung),
- Feuerweiterleitung an den vorgenannten Orten, auch durch etwaiges Abfallen brennender Teile in den Brandraum, sowie in einen angrenzenden Raum,
- Wärmebilanz im Brandraum,
- Wärmeverluste über die Dachkonstruktion,
- Rauchentwicklung im Brandraum,
- Schadensumfang an der Dachkonstruktion.

Variiert wurde bei den Versuchen, abgesehen von der Feuerbeanspruchung, insbesondere der Aufbau der Versuchsdächer:

- die Versuche wurden teilweise mit, teilweise ohne Dampfsperre ausgeführt,
- als Dämmstoffe kamen genormte Kunststoff-Hartschaumstoffe mit thermoplastischem Verhalten oder mit nichtthermoplastischem Verhalten, Faserdämmstoffe mit nichtthermoplastischem Verhalten und nicht genormte Dämmstoffe mit nichtthermoplastischem Verhalten zur Anwendung,
- verschiedene Befestigungen und Verbindungen der Stahltrapezprofile wurden erprobt,
- die Abschottungen der Sicken der Stahltrapezprofile wurden variiert,
- die Wirkung eines schweren Oberflächenschutzes wurde erprobt.

Parallel zu den Modellbrandversuchen wurden zur Kostenminderung weitere Vorversuche an kleineren Dachabschnitten als „Kleinbrandversuche“ auf einem Prüfstand nach DIN 4102, Teil 8, mit unterseitiger Feuerbeanspruchung (Temperaturzeitkurve – abgeminderte ETK – nach DIN 4102, Teil 3) ausgeführt, um den Einfluß einer Dampfsperre auf das Verhalten des Dachaufbaues zu ermitteln und um festzustellen, ob verschiedene Dämmstoffe das Brandverhalten des Dachaufbaues beeinflussen.

Von Seeger und Brein werden in [3] die Versuchsergebnisse wie folgt zusammengefaßt:

„Bei der Bewertung des Einflusses der Dampfsperre zeigte sich die bei den Kleinbrandversuchen formulierte Aussage bestätigt, daß die bituminöse Dampfsperre in den ersten Minuten

den Haupteinfluß für die Entstehung von Qualm und Zersetzungsgasen sowie Schmelzprodukten darstellt und damit das Materialverhalten der Dämmstoffe zunächst überlagert, das erst zu einem späteren Zeitpunkt zum Tragen kommt. Die Eigenschaft des thermoplastischen Polystyrolhartschaumes (PS), bereits bei niedrigen Temperaturen zu sintern und anschließend zu schmelzen sowie die des nichtthermoplastischen Polyurethanhartschaumes, sich zu zersetzen und anschließend ein Restkohlegerüst unter gleichzeitiger Dickenverminderung aufzubauen, führte bei beiden Dämmstoffen zu höheren Temperaturen auf der Dachoberseite als bei den nichtthermoplastischen Dämmstoffen der Gruppe c. Bei den Blechtemperaturen führte die gute Wärmeentlastung durch den Schmelzvorgang des Polystyrols zu niedrigeren Werten als bei PUR und den Dämmstoffen der Gruppe c. Allerdings wurde dabei der Dachaufbau so sehr aufgeheizt, daß es bei einem PS-Versuch zum Durchbrand bei 400 kg Brandlast kam, der bei demselben Dachaufbau mit Kiesauflast nicht auftrat, da diese Auflast im Entstehungsbrandfall in Verbindung mit PS eine wirkungsvolle zusätzliche Wärmesenke darstellt, die sich sogar erniedrigend auf die Temperaturen im Brandraum ausgewirkt hat. Es zeigte sich bei den Brandversuchen deutlich, daß die Baustoffklasse der Dämmstoffe nach DIN 4102, Teil 1, für sich allein geprüft, keinen Rückschluß auf das brandschutztechnische Verhalten des wärmegeämmten Stahltrapezprofildaches erlaubt, sondern daß das Auftreten von Schmelzvorgängen, Zersetzungs Vorgängen und die Geschwindigkeit, mit der diese Vorgänge bei Brandbelastung auftreten, zusammen mit einer Reihe anderer Faktoren, wie der Ausbildung der Stoßverbindungen der Profiltafeln, der Abschottungen im Sickenbereich, der Art der Befestigung des Dachaufbaues auf dem Stahltrapezprofil, zusammenwirken und aus der Kombination dieser Einflußgrößen das Brandverhalten resultiert.

Die Versuche haben weiter gezeigt, daß durch einige einfache konstruktive Maßnahmen wie geeignete nichtbrennbare Abschottungen im Querstoßbereich und an den Dachrändern sowie durch die Wahl geeigneter, hinreichend lange flüssigkeitsdichter Niete, die auch im Brandfall ein Aufklaffen der Längsstöße und ein Abtropfen von Schmelze aus den Nietverbindungen zuverlässig verhindern, das Brandverhalten dieser

Dächer wesentlich verbessert werden kann.

Für die Dämmstoffe der Gruppe c haben sich mechanische Befestigungsmittel aus Kunststoff als weniger vorteilhaft erwiesen, da nach dem Wegschmelzen dieses Kunststoffes die heißen sauerstoffhaltigen Rauchgase direkt auf die ungeschützten Dämmstoffe im Lochbereich einwirken konnten und dort exotherme Vorgänge hervorriefen, die bei einem Dämmstoff (Holzfaser, bituminiert) nach Beendigung des Versuches zu Glimmbränden geführt haben."

Erläuterung zu dem in [1] verwendeten Begriff „Dämmstoffe Gruppe c“: Dämmstoffe mit nichtthermoplastischem Verhalten, die im eingebauten Zustand auch unter längerer Wärmeeinwirkung bei höheren Temperaturen eine nur geringe Volumenreduktion aufweisen.

#### 2.4.2 Versuche der Allianz Versicherungs-AG

In dem Brandversuchsraum der Allianz Versicherungs-AG in Ismaning und im Freien wurden Brandversuche an Stahltrapezprofildächern ausgeführt, über die Eberwein und Weiß in [6] berichteten. Die Versuche wurden an verschiedenen Dachaufbauten oberhalb verzinkter Stahltrapezprofile ausgeführt. Als Feuerbeanspruchung wurde die Beflammung mit einem handelsüblichen Propangasbrenner (Brennermundstück Durchm. 35 mm) gewählt, die entweder unterseitig oder oberseitig auf die Dächer einwirkte. Die Beflammungsdauer richtete sich nach dem Brandverhalten des Probedaches und betrug zwischen 2 min und 50 min.

Bei den Dächern, die keinen Voranstrich der Stahltrapezprofile erhielten und ohne Trenn- und Ausgleichsschichten ausgeführt waren, wurden die Art der Dampfsperre, die Dämmschichten und die Dachabdichtungen (Dachhaut) variiert. Als besondere Variante wurde zusätzlich eine mit einem Dämmschichtbildner beschichtete Glasvliesbahn teilweise über, teilweise unter der Dämmschicht verlegt.

Als Anregung zur Verbesserung der Brandsicherheit ziehen die Verfasser aus den Ergebnissen ihrer Untersuchungen folgendes Fazit:

„Mit einer Polyethylen-Aluminium-Verbundfolie anstelle einer Bitumen-Dampfsperre und mit einer Brandschutzbahn unter der (brennbaren) Dachabdichtung läßt sich – unabhän-

gig von der Art des verwendeten Dämmstoffes – die Entzündbarkeit von Stahlprofildächern bei punktueller Beflammung von oben oder unten wesentlich verbessern, sofern Dampfsperre, Dämmstoff, Brandschutzbahn und Dachabdichtung (bei mehrlagiger Abdichtung nur die unterste Bahn) mechanisch befestigt werden.“

#### 2.4.3 Einordnung der Brandversuche in die allgemeinen Sicherheitsüberlegungen

Bei den von der Forschungsstelle für Brandschutztechnik und der Allianz-Versicherungs-AG ausgeführten Brandversuchen [2, 3, 6] wurde als „Feuermodell“, d. h. als primäre Brandbeanspruchung, ein lokal begrenzt auf die Dächer einwirkender Entstehungsbrand, simuliert durch Holzkrippen unterhalb des Daches (Karlsruhe) oder unter- bzw. oberseitig auf die Dächer einwirkende Propangasbrenner (Allianz), gewählt.

Diese Feuerbeanspruchungen sind selbstverständlich nicht einer Brandbeanspruchung nach DIN 4102, Teil 2, wie sie zum Nachweis der Klasse F 30 (feuerhemmend) angewendet wird, gleichzusetzen.

Nachdem in verschiedenen Diskussionen die Frage gestellt wurde, warum im Rahmen der Forschungsvorhaben nicht von vornherein das Feuermodell mit der Einheits-Temperaturzeitkurve nach DIN 4102, Teil 2, angewendet worden ist, soll an dieser Stelle auf die Einordnung der Brandversuche in die allgemeinen Sicherheitsüberlegungen eingegangen werden.

Im Abschnitt 2.2 wurde bereits ausgeführt, daß ungeschützte Stahltrapezprofildächer nicht in die Feuerwiderstandsklasse F 30 einzureihen sind, wie es auch aus Schadenbildern nach Brandfällen [7] ohne weiteres abgeleitet werden kann. Weitere Versuche mit Feuerbeanspruchungen nach DIN 4102, Teil 2, waren nach dem bisherigen Kenntnisstand also nicht mehr erforderlich. Sie hätten wegen der rasch abfolgenden Vorgänge bei der Brandbeteiligung der Dächer nach einer gewissen, deutlich unter 30 Minuten liegenden Feuerbeanspruchung auch zu einer umfangreichen Zerstörung der Probebauteile geführt, die spätere Rückschlüsse auf den Verlauf ihrer Brandbeteiligung nur begrenzt und dann auch nur zumeist spekulativ ermöglichen hätten.

Zur Aufklärung der Ursachen, die zu einer aktiven Mitwirkung dieser Bauteile am

Brandgeschehen führen, erschien es deshalb ratsam, mit abgestuften Feuermodellen zu arbeiten. Sie erlauben es, während der Brandphase den zeitlichen Verlauf der aus den verschiedenen Vorgängen resultierenden und sich auch unterschiedlich auswirkenden Brandbeteiligung des Probedaches messend und beobachtend zu verfolgen. Bei rechtzeitiger Beendigung der Versuche, die verschiedentlich durch Ablöschen des Probedaches und der Reste des Primärbrandes erzwungen wurde, konnten aufgrund des Schadenbildes an den Probedächern sichere Rückschlüsse auf potentielle Schutzmaßnahmen und die Grenzen ihrer Wirksamkeit gezogen werden.

Insbesondere die Arbeiten der Forschungsstelle für Brandschutztechnik, sicherlich aber auch die der Allianz Versicherungs-AG, sollten Erkenntnislücken schließen, so daß der Arbeitskreis „Dächer“ und damit das Referat 4 des TWB der VFDB in die Lage versetzt wurde, versuchstechnisch abgesicherte Maßnahmen zur Verbesserung des Brandschutzes wärmegeämmter Stahltrapezprofildächer zu empfehlen. Sie sollten ferner den an derartigen Konstruktionen interessierten Erzeugern von Baustoffen ebenso wie den Herstellern der Konstruktionen Hinweise für Weiterentwicklungen geben, die tatsächlich zu einer Verbesserung des Brandverhaltens dieser auch in Zukunft verbreitet angewendeten Bauweise führen. Dieses Ziel konnte nur durch das gewählte Vorgehen, das man auch als „Anatomie des Brandablaufes“ bezeichnen könnte, erreicht werden.

#### 2.5 Maßnahmen zur Begrenzung der Brandbeteiligung von wärmegeämmten Stahltrapezprofildächern

Der Arbeitskreis „Dächer“ hatte es sich zur Aufgabe gemacht, die Summe der vorliegenden und hinzugewonnenen Ergebnisse aus Versuchen, Beobachtungen, vieljährigen Erfahrungen, Diskussionen und Vermutungen in eine für die Praxis verwendbare Form zu bringen. Dank intensiver Vorarbeiten engagierter Fachleute entstanden die diesem Abschlußbericht beigefügten und damit der Öffentlichkeit übergebenen

Empfehlungen für eine Begrenzung der Brandübertragung bei einschaligen wärmegeämmten Stahltrapezprofildächern.

Diese Empfehlungen werden im folgenden noch näher erläutert:

##### 2.5.1 Allgemeine Voraussetzungen

Zunächst ist festzustellen, daß bei der

Durchführung wünschenswerter oder gar notwendiger Maßnahmen zur Förderung des Brandschutzes andere Sicherheitsaspekte nicht außer acht gelassen werden dürfen. Im vorliegenden konkreten Fall der wärme gedämmten Stahltrapezprofil dächer handelt es sich um sensible Systeme, bei denen Probleme der Dauerhaftigkeit unter natürlichen Einflüssen, vor allem durch Wetter- und Windbeanspruchungen, und bauphysikalischer Vorgänge, insbesondere des Feuchtetransports innerhalb der Konstruktion und der Feuchteaufnahme und -abgabe der Baustoffe im Dachinneren, in erster Linie zu lösen sind.

Alle Maßnahmen zur Verbesserung des Brandschutzes sind deshalb unter dieser Prämisse auszuführen. Es muß nachdrücklich davor gewarnt werden, daß Brandschutzdienststellen im bauaufsichtlichen bzw. baurechtlichen Verfahren oder Bauherren Forderungen zum Dachaufbau, z. B. hinsichtlich der Notwendigkeit oder der Art einer Dampfsperre stellen, die außerhalb des Erfahrungsbereiches des Dachdeckerhandwerks liegen. Es ist sonst nicht auszuschließen, daß aus Gründen des Brandschutzes bauphysikalisch bedingte Schäden programmiert werden.

### 2.5.2 Oberseitige Brandschotte

In den „Empfehlungen“ werden unter Ziffer 1.3 dachoberseitige Brandschotte angeführt. Die Anregungen zu einer solchen Brandschutzmaßnahme gehen nicht zuletzt auf die Ergebnisse früherer Untersuchungen von Professor Ödeen in Stockholm zurück, über die Hofmann in [1] berichtete.

Derartige Brandschotte sollen innerhalb der durch Brandwände (Komplextrennwände) begrenzten großen Brandabschnitte eine seitliche Brandfortleitung an der Dachoberseite behindern. Dies schließt ein, daß auch die Weiterleitung heißer Zersetzungsprodukte der Dachbaustoffe, seien sie gasförmig oder flüssig, bei diesen Begrenzungen an der Weiterleitung innerhalb der Dächer gehindert werden. Es ist jedoch wegen der Wartungsarbeiten auf Dächern, wegen der Dachentwässerung und natürlich auch aus Kostengründen darauf zu achten, daß die Brandschotte nicht zu engmaschig angeordnet werden. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß bei dem Entwurf und der Ausführung dieser Brandschotte die Folgen dieser als Strömungswiderstände wirkenden Aufbauten auf die Gesamtkonstruktion in Rechnung zu stellen sind.

### 2.5.3 Beanspruchungsgrad der Stahltrapezprofile

Auch die Ausführungen zur Bemessung der Stahltrapezprofile im Abschnitt 2.1 bedürfen einiger Erläuterungen für diejenigen, die sich nicht ständig mit Fragen des konstruktiven Brandschutzes zu befassen haben. Stahltrapezprofile versagen im Brandfall erst bei Erreichen der „kritischen“ Stahltemperatur. Die Höhe dieser Temperatur hängt ab von dem Beanspruchungsgrad der Stahlprofile, d. h. dem Quotienten aus der tatsächlich während der Brandeinwirkung vorhandenen Schnittgröße und der rechnerisch zulässigen Schnittgröße. Ein kleiner Beanspruchungsgrad führt zu einer höheren kritischen Temperatur und damit zu einem späteren Versagen unter der brandbedingten Temperatureinwirkung. Bei einem höheren Beanspruchungsgrad sind die Verhältnisse entsprechend umgekehrt. Deshalb sind anzustreben

- ein möglichst kleiner Beanspruchungsgrad. Dies ist ohnehin der Fall bei Konstruktionen, die bei der statischen Berechnung auf Durchbiegung bemessen sind, weil die zulässigen Schnittgrößen nicht ausgenutzt werden können. Sofern auf den Dächern kein Schnee liegt oder der Schnee unter der Brandwärme schmelzen und das Wasser abfließen kann, liegt der Beanspruchungsgrad erheblich unter dem zulässigen Grenzwert von 1,0.
- eine Verlegung als Mehrfeldträger, weil über mehrere Unterstützungen durchlaufende Stahltrapezprofile länger tragen, insbesondere wenn sie nicht auf voller Länge mit gleich hoher Brandwärme beansprucht werden.
- die Endauflager der Stahltrapezprofile so ausgebildet sind, daß ein Abrutschen auch unter Brandeinwirkung erschwert wird; dies kann in erster Linie nur durch eine ausreichende Auflagerlänge erreicht werden.

### 2.5.4 Stoßausbildung

Am Querstoß versagen die Befestigungen in vielen Fällen unter dem Einfluß der aus Temperaturdehnungen der Trapezprofile resultierenden Kräfte. Bei dünneren Blechen kann auch der Lochlaibungsdruck zu „Langlöchern“ oder zum Ausreißen der Befestigungen führen. Die Querstoßsicherung kann daher praktisch nur mit hinreichender Auflagerlänge erreicht werden.

An den Kreuzungsstellen von Quer- und Längsstoß liegen je nach Verlegeart 3 – 4 Untergurte der Stahltrapezprofile übereinander. Ihre Befestigung an diesen Stellen sollte mit Schrauben erfolgen.

Eine überragende Bedeutung für die Behinderung des Brandbeitrages durch brennbare Bestandteile des Dachaufbaues kommt dagegen der Verbindung der Stahltrapezprofile im Längsstoß zu.

Die Stahltrapezprofile werden im allgemeinen an ihrem Längsrand mit Blindnieten oder Bohrschrauben mit dem Nachbarprofil verbunden. Dadurch verbleibt für längere Zeit auch im Brandfall eine hinreichend dichte Fläche, die die Zersetzungsprodukte der brennbaren Bestandteile des Dachaufbaues von dem Brandgeschehen unterhalb der Dachfläche trennt. Auch bei den ersten Versuchsbränden in Karlsruhe bestätigte sich die verschiedentlich berichtete Brand Erfahrung, daß sich nicht hinreichende Längsstoßverbindungen öffneten; dies führte sowohl zum Abfallen oder Abfließen von Bestandteilen des Dachaufbaues in den Brandraum als auch zu raschem Durchbrand an dieser Stelle.

Als schädlich sind auch Blindniete anzusehen, bei denen der Stift herausgefallen ist, weil an diesen Stellen primär ein Austritt von Brandgasen und abtropfenden Dachbestandteilen erfolgen kann, wie auch bei den Versuchen festgestellt worden ist.

### 2.5.5 Sickenabschottung

Für die Ausbildung der Sickenabschottung oberhalb der Stahltrapezprofilbleche, die im Abschnitt 2.8 der Empfehlungen angesprochen ist, könnten die folgenden Überlegungen zugrunde gelegt werden:

- die fertige Abschottung sollte von erhitztem, flüssigem Bitumen nicht durchdrungen werden können,
- sie sollte auch bei Temperaturen von ca. 800<sup>0</sup> C für ca. 30 Minuten nicht schwinden, sintern oder schmelzen,
- als vorgefertigtes Teil sollte sie mit gewisser Elastizität für den Toleranzausgleich der Trapezprofilgeometrie zusammengedrückt werden können.

Es mag als Hinweis hilfreich sein, daß sich bei den Brandversuchen nach [3, 4] vor Ort eingebrachter Perlit-Mörtel aus vor-

gefertigter Trockenmischung oder vorgefertigte Formteile aus diesem Material bewährt haben. Andere Baustoffe, die die vorstehend genannten Anforderungen erfüllen, können jedoch in gleicher Weise wirksam sein.

## 2.6 Weitere Brandschutzmaßnahmen nach bauaufsichtlichen Bestimmungen

Durch Anwendung der Empfehlungen des Arbeitskreises „Dächer“ werden die nach bauaufsichtlichen Bestimmungen bei bestimmten Situationen geforderten Brandschutzmaßnahmen keinesfalls überflüssig. Als solche seien vorsorglich besonders erwähnt

- die feuerwiderstandsfähige Ausbildung von Dächern, die an Gebäude mit aufgehenden Wänden mit Fenstern angrenzen und die dann notwendige Bekiesung einer brennbaren Dachhaut
- der Abstand von Dachoberlichtern, die nicht hinreichend widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sind, zu den Dachüberführungen von Brandwänden
- die Gebäudeabstände untereinander und zur Grundstücksgrenze.

## 2.7 Brandschutz auf Baustellen

Feuarbeiten auf dem Dach stellen ein besonderes Brandrisiko dar. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn die Dächer noch nicht fertiggestellt sind und in diesem Zustand als „weiche Bedachung“ zu bewerten sein würden.

In ähnlicher Weise können große Lagermengen brennbarer Baustoffe auf den Dächern ein erhebliches Gefahrenpotential darstellen. Durch geschickte Bauleitung und Materialdisposition können sich in der Regel diese heute leider häufig üblichen großen Mengen unnötiger Brandlast erheblich reduzieren lassen.

Auf jeden Fall sind die mit den Dacharbeiten Beschäftigten auf die Brandschutzbestimmungen der Unfallverhütungsvorschriften (UVV) der Berufsgenossenschaft hinzuweisen.

## 2.8 Ausblick

### 2.8.1 Weitere Brandversuche

Bereits vor einigen Jahren hat die Studiengesellschaft für die Anwendung von

Eisen und Stahl einen Antrag beim Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) zur Erforschung des Einflusses der Dachrandausbildung und der Anordnung von Dachdurchbrüchen gestellt. Diese Versuche sollen ebenfalls bei der Forschungsstelle für Brandschutztechnik in Karlsruhe ausgeführt werden. Sie stellen eine praxisbezogene Ergänzung der Versuchsserien nach [4] und [3] dar. Es ist zu hoffen, daß diese Forschungsmittel in absehbarer Zeit bereitgestellt werden können, damit die Ergänzungsforschung unter den gleichen Bedingungen erfolgen kann, unter denen die bisherigen Arbeiten ausgeführt worden sind.

### 2.8.2 Weitere Entwicklungen

Bei den bereits im Abschnitt 2.4.2 aufgeführten, von Eberwein und Weiß beschriebenen Brandversuchen wurde erwähnt, daß auch im Dachbereich die Anwendung von Baustoffen, die unter dem Einfluß von Brandwärme aufschäumen und eine Dämmschicht bilden, wirksame Brandschutzmaßnahmen darstellen können. Nach diesen und weiteren Informationen konzentrieren sich die Entwicklungen auf die Anwendung der Dämmschichtbildner

- in der Fläche unterhalb oder oberhalb der Dämmschicht
- als Brandschutzausrüstung von Anstrichen auf der obersten Abdichtungslage
- für die Herstellung von Sickenabschottungen, die die bisher vorhandenen Vorteile offener Sicken nicht einschränken.

Weitere Anwendungen liegen durchaus im Bereich des Möglichen.

Weiterhin ist auch die Verwendung von Verbunddämmstoffen, bestehend aus einer unteren nichtthermoplastischen Schicht denkbar. Vergleichbare Entwicklungen wurden aus den USA bekannt.

Die ebenfalls von Eberwein und Weiß erwähnte Alternative für Dampfsperren in Form von PE/AL-Verbundfolien könnte einen Teil der Probleme lösen, die in brandschutztechnischer Hinsicht bei der Anwendung bituminöser Dampfsperren aufgetreten sind, wenn sie sich im rauen Baubetrieb als gebrauchstauglich erwiesen haben.

## 3. Dank und Anerkennung

Die wesentlichsten Erfahrungen erhielten die an dem Arbeitskreis „Dächer“ Beteiligten durch die in Karlsruhe ausgeführten Brandversuche. Den Mitarbeitern der Forschungsstelle, die mit großem Engagement die Versuche unter Leitung der Herren Dr. Seeger und Dipl.-Ing. Brein ausführten, den Männern, die sachkundig die Probedächer aufbauten und nicht zuletzt den Männern der Feuerwehr Karlsruhe unter Leitung von Branddirektor Wiechmann sei daher besonders gedankt. Dies gilt auch für die Mitarbeiter des Otto-Graf-Instituts, Stuttgart, die die Kleinbrandversuche ausführten.

Dank und Anerkennung gebührt auch den Leitern der Unterausschüsse, Frau Dipl.-Biol. Sauerbrunn und Herrn Dipl.-Ing. Brein, sowie den Mitarbeitern des Arbeitskreises, den Sachverständigen der beteiligten Verbände sowie den sachkundigen Gästen anderer Verbände und interessierter Firmen für ihren Einsatz und die Bereitschaft zum Erreichen eines gemeinsam getragenen Ergebnisses. Dies ist um so anerkennenswerter, als zu Beginn der Arbeiten des Arbeitskreises wegen teilweise unterschiedlicher Erfahrungs- und Interessenslage nicht immer ein zukunftsweisendes Arbeitsergebnis zu erwarten war.

Wolfram Becker

### Literaturhinweise:

- [1] VFDB-Zeitschrift 27 (1978) 4 mit Beiträgen von W. Becker, D. Brein, S. Federolf, B. Haushofer, H. Hertel, K. Hofmann, T. Pröbldorf
- [2] Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen – Flachdachrichtlinien, Fachschrift des Dachdeckerhandwerks, Berlin, 1982
- [3] Forschungsstelle für Brandschutztechnik: Brandversuche an wärme gedämmten Stahltrapezprofil dächern; Versuchsbericht vom 30. 4. 82
- [4] idem: Brandversuche an Dachkonstruktionen und Innenwandverkleidungen für den Fall eines Entstehungsbrandes; Versuchsbericht vom 2. 5. 78
- [5] Anonym: „Brand- und Explosionsunglück in Brunsbüttel“ und „5 Millionen DM Brandschaden in einem Supermarkt“; Die Feuerwehr 32 (1982) 1 und 5
- [6] Eberwein, K.-H. und A. Weiß: Beflammungsversuche an nicht durchlüfteten Flachdächern; Der Maschinenschaden 55 (1982) 5
- [7] Bayerische Versicherungskammer: Schadenbilder aktuell 2/81; München 1981