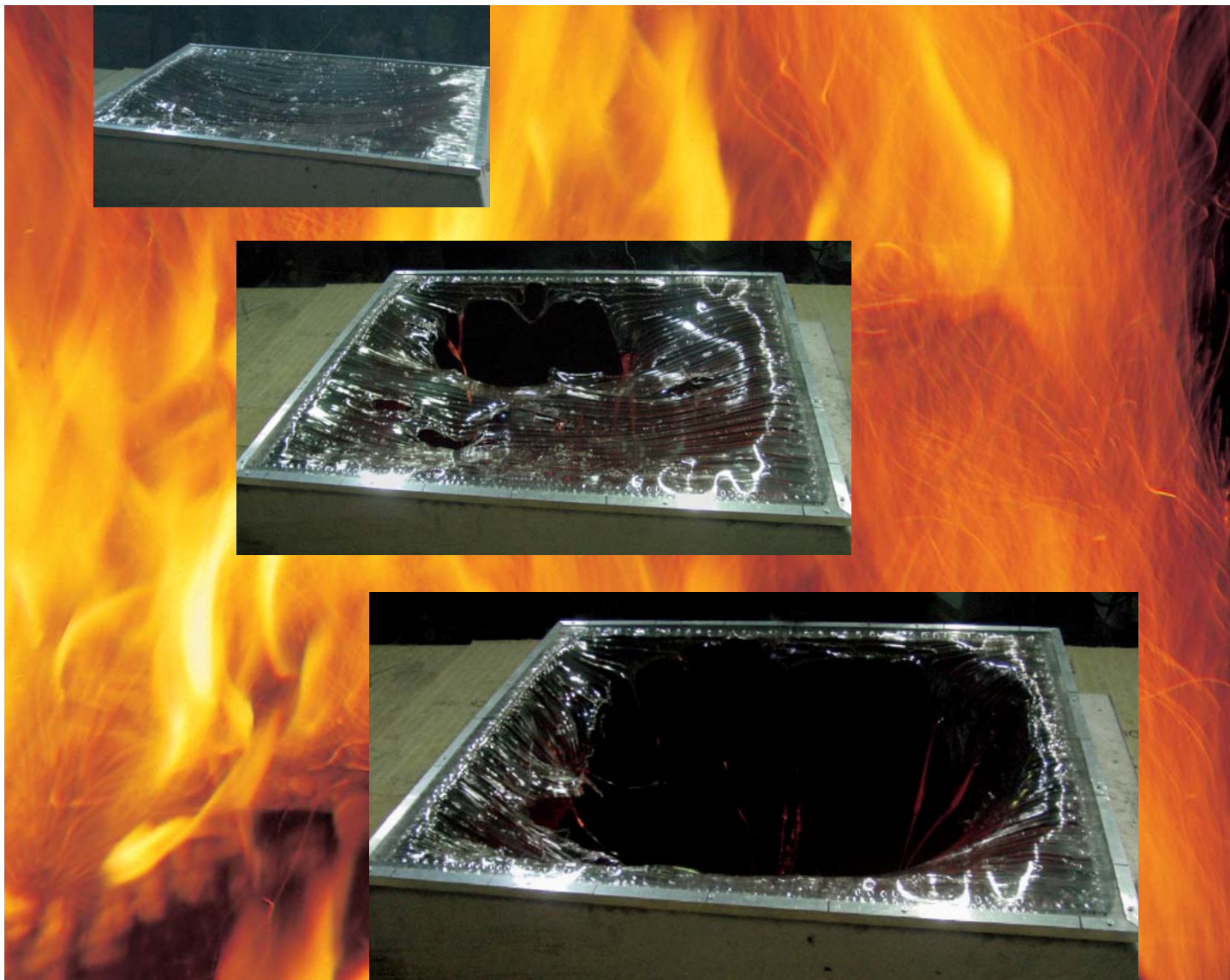


Wärmeabzüge im Brandfall



Inhalt

Vorwort

Grundlagen

Produktbeispiele

Nachweisverfahren für Öffnungsverhalten

Dimensionierung von Wärmeabzugsflächen

Planung und Einbau



Einsatz von Wärmeabzügen in der Praxis

■ Die Einsatzerfahrung der Feuerwehren zeigt, dass mit der sinnvollen Anordnung von Öffnungen wirksame Maßnahmen zur Unterstützung der Brandbekämpfung möglich sind. Mit frühzeitig öffnenden Rauchabzügen wird im Brandfall erreicht, dass im Bereich des Fußbodens eine ausreichend raucharme Schicht zur Verfügung steht, in der Flucht und Rettung sowie eine manuelle Brandbekämpfung möglich sind. Durch die Ableitung der Rauchgase aus dem Brandraum erfährt dieser aber auch eine Temperaturentlastung, d. h. die Rauchgastemperaturen in einem Raum mit mehr Öffnungen zur Rauchableitung sind geringer als in einem Raum mit weniger oder gar keinen Öffnungen. Mit zunehmender Intensität des Brandes gewinnt die Temperaturentlastung eine zunehmende Bedeutung. Öffnungen, die erst spät durch Temperaturwirkungen freigegeben werden (z. B. durch Ausschmelzen), werden als Wärmeabzüge bezeichnet.

In der jüngeren Vergangenheit wurde in DIN 18 232-4 ein Prüfverfahren festgelegt, mit dem das Auslöseverhalten der Wärmeabzüge experimentell bestimmt werden kann. In Ergänzung dazu wurde im Dezember 2006 mit dem Entwurf der DIN 18 232-7 ein Bewertungsverfahren genormt, mit dem die Prüfergebnisse aus dieser Prüfung sowie aus anderen Brandversuchen mit definierten Temperaturverläufen auf Naturbrände übertragen werden können. Damit können Wärmeabzüge differenziert im Rahmen von ganzheitlichen Brandschutzkonzepten bewertet werden. Insbesondere kann der Zeitpunkt des Wirksamwerdens der Öffnungen z. B. mit mathematischen Methoden des Brandschutzingenieurwesens rechnerisch erfasst werden. In der vorliegenden Publikation des FVLR werden die Grundlagen für den Wärmeabzug sowie die Abgrenzung zu den Rauchabzügen anschaulich dargestellt und einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Dr.-Ing. Ulrich Max

Ingenieurbüro für Brandsicherheit, Bruchsal

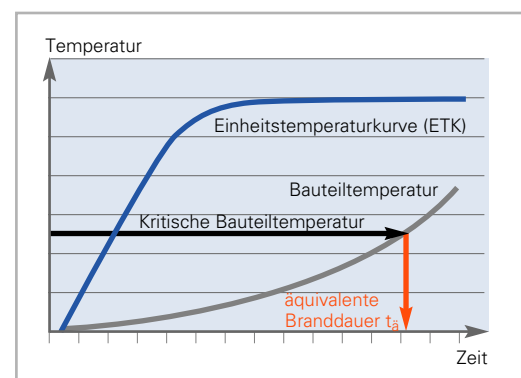
Der Wärmeabzug – Grundlagen

■ Als Wärmeabzug (WA) bezeichnet man Wand- oder Dachflächen, die ab einer bestimmten Wärme- einwirkung selbstständig (z. B. durch Abschmelzen thermoplastischer Flächen) Öffnungen frei geben. Durch die Öffnungen kann Brandhitze aus dem Brandraum nach außen abfließen. Dadurch wird das weitere Aufheizen von Bauteilen mit tragender oder trennender Funktion be- oder verhindert.

Bis zu welcher Materialtemperatur die Standsicherheit eines Bauteils gewährleistet ist, wird durch Klassifizierung in Feuerwiderstandsklassen auf der Grundlage der Einheitstemperaturkurve (ETK) nachgewiesen. Die Zeitdauer bis zum Erreichen der vergleichbaren Bauteiltemperatur bei einem Temperaturverlauf gemäß ETK wird als äquivalente Branddauer t_a bezeichnet.

Aufgabe der Wärmeabzüge ist es,

- die äquivalente Branddauer t_a so zu verkürzen, dass diese Bauteile nicht oder zeitlich verzögert ihre kritische Temperaturgrenze erreichen oder
- bis zu einer vorgegebenen Feuerwiderstandsdauer t_a die Brandbelastung so weit abzuleiten, dass sie kleiner ist als der Versagenswiderstand der tragenden und trennenden Gebäudekonstruktion.



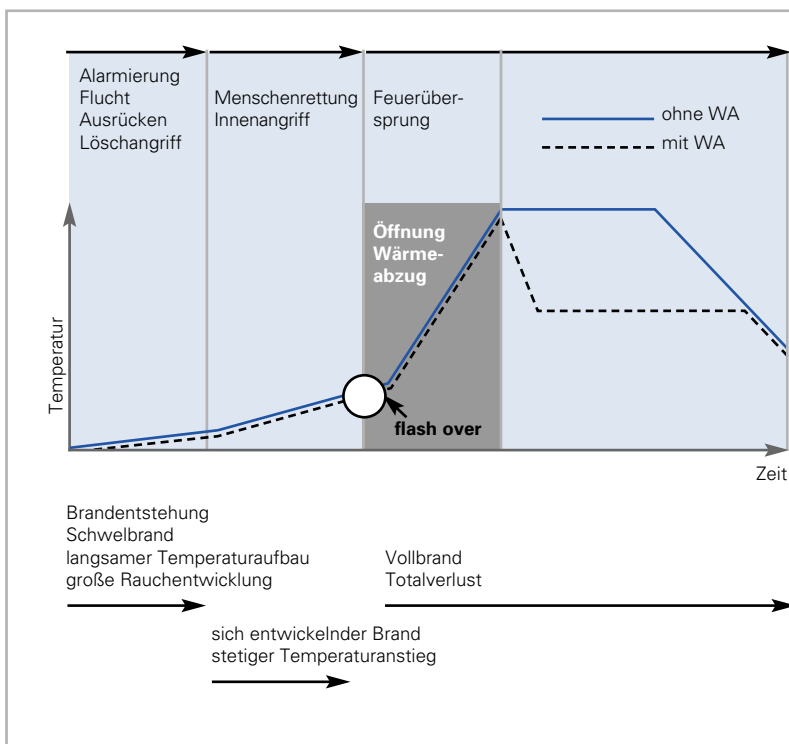
Zeitliches Temperaturverhalten von Bauteilen

Ein Wärmeabzug kann somit im Brandfall

- das Tragvermögen und die Standfestigkeit von tragenden bzw. trennenden Bauteilen verlängern oder
- sonst notwendige Anforderungen an den Feuerwiderstand dieser Bauteile verringern.

Wärmeabzug dient dem Sachschutz

Zum Abschmelzen der Wärmeabzugsflächen sind hohe Temperaturen erforderlich, die nach Ausbruch des Brandes erst in entsprechend langen Zeiträumen erreicht werden. Die Wärmeabzugsflächen stehen daher weder während der Brandentstehung noch während der Brandentwicklung, sondern in der Regel erst in der Vollbrandphase zur Verfügung. Sie sollen verhindern, dass ein Gebäude komplett zerstört wird; die Zerstörung des betroffenen Brandabschnitts muss aber toleriert werden. Aufgabe des Wärmeabzugs ist daher nicht der Personenschutz, sondern der Sachschutz.



Brandentwicklung mit und ohne Wärmeabzug



Sechs Minuten lang war die Lichtkuppel aus Acrylglas einer Temperatur von über 900 °C ausgesetzt, bevor sie sich thermisch auflöste. Durch die Öffnung der Wärmeabzugsfläche sank die Heißlufttemperatur im Brandraum auf 600 °C. Dadurch nahm die thermische Belastung der Bauteile erheblich ab.



Für den Wärmeabzug nutzbare Flächen

Als Wärmeabzugsflächen werden Materialien eingesetzt, die im zu erwartenden Brandfall bereits offen sind, geöffnet werden oder sich allein durch thermische Auflösung bilden. Zur Beleuchtung vorhandene Fenster und Dachoberlichter werden in der Regel auch zusätzlich noch als Wärmeabzugsflächen eingesetzt, wenn sie dazu geeignet sind.

- Besonders gut geeignet für Wärmeabzüge sind Flächen, die im Brandfall bereits offen sind oder die sich automatisch sehr frühzeitig öffnen (z. B. Rauch- und Wärmeabzugsgeräte mit Auslösung über Rauchmelder, siehe Grafik Seite 5).
- Gut geeignet sind Flächen, die schon bei Temperaturen unter 300 °C öffnen (z. B. Rauch- und Wärmeabzugsgeräte mit thermischer Auslösung) oder schmelzen (z. B. thermoplastische Kunststofflichtplatten mit einem Schmelzpunkt ≤ 300 °C, siehe nebenstehende Grafik).
- Nicht geeignet sind Flächen aus Materialien mit Schmelzpunkten > 600 °C (z. B. Stahlblech) oder aus Materialien, die sich durch diese Temperaturen nicht zerstören lassen (z. B. Drahtglas, Brandschutzverglasungen oder Verbundsicherheitsglas).



Dachoberlichter aus thermoplastischen Kunststoffen eignen sich aufgrund ihrer Schmelzeigenschaften gut als Wärmeabzüge.

Reales Brandverhalten unterschiedlicher Materialien

Temperaturen ohne Verformung:
< 60 °C PVC
< 65 °C PET
< 70 °C PMMA
< 100 °C PC

Verformungsbereich:
ca. 130 °C PVC
ca. 130 °C PET
ca. 150 °C PMMA
ca. 180 °C PC

Schmelzbereich:
ca. 225 °C PC
ca. 240 °C PVC
ca. 240 °C PMMA
ca. 240 °C PET

Da die Entzündungstemperatur wesentlich oberhalb der Schmelztemperatur liegt, sind die Brandlasten dieser Thermoplaste im Dach zu vernachlässigen.

Entzündungstemperatur:
PVC/PMMA/PC/PET > 400 °C

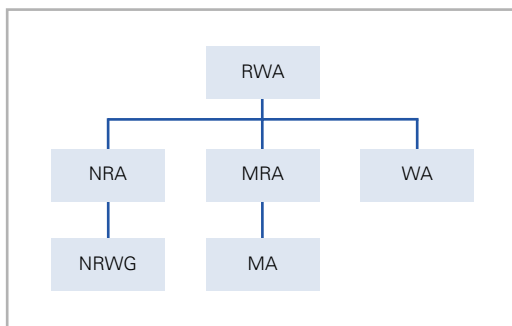
Abgrenzung zu Rauchabzügen

Rauchabzüge leiten mit dem Brandrauch zugleich auch die Hitze ab. Der natürliche Rauchabzug – als Anlage (NRA) oder Gerät (NRWG) – wird bei beginnender Rauch- oder Wärmeentwicklung automatisch geöffnet und leitet dann allein über den thermischen Auftrieb Rauch- und Brandgase nach außen ab. Der Öffnungsmechanismus wird durch Melder mit der Kenngröße Rauch oder Wärme (z. B. 70 °C-Glasfässchen) aktiviert und durch autonome Energiezufuhr (elektrisch oder mit Druckgas) angetrieben. Der maschinelle Rauchabzug – als Anlage (MRA) oder Ventilator (MA) – wird über die Rauchmelder der Brandmeldeanlage ausgelöst und entraucht den Innenraum über eine gesicherte externe Energieversorgung.

Denn er besteht aus Materialien, die erst bei größerer Wärme schmelzen oder zerstört werden. Aus einem geöffneten Wärmeabzug fließt zwar auch Rauch mit ab – doch für den Personenschutz oder den Löschangriff der Feuerwehr ist es dann viel zu spät. Deshalb funktioniert ein Rauchabzug stets auch als Wärmeabzug, ein Wärmeabzug ist aber in der Regel nicht als Rauchabzug nutzbar.



Rauch und Wärme stauen sich unter dem Dach.



Ein Rauchabzug ist stets auch ein Wärmeabzug.
Ein Wärmeabzug ist aber kein Rauchabzug.

Beide Rauchabzugssysteme treten frühzeitig schon in der Brandentstehungsphase in Aktion, damit sich im unteren Bereich eine raucharme Schicht ausbilden kann. Diese raucharme Schicht ermöglicht den Menschen im Gebäude die rechtzeitige Flucht ins Freie und der Feuerwehr das schnelle Vordringen zum Brandherd sowie das Auffinden und Retten von eingeschlossenen oder verletzten Personen.



Eine NRA wirkt in allen Brandphasen: Rauch und Wärme gelangen durch den thermischen Auftrieb ins Freie.

Der Wärmeabzug (WA) wird dagegen zu einem viel späteren Zeitpunkt als der Rauchabzug wirksam.



Der Wärmeabzug – Produktbeispiele

■ Als Wärmeabzug nach dem aktuellen Bearbeitungsstand der DIN 18230-1 gelten Wand- oder Dachöffnungen, die vom Brandraum aus direkt ins Freie führen. Ob ein Nachweis für das Öffnungsverhalten nach Maßgabe der entsprechenden Normen erforderlich ist, hängt von bestimmten Rahmenbedingungen ab. Als Öffnungsfläche ist die tatsächlich vorhandene lichte Fläche anzusetzen. Vereinfachend darf 85 % der Rohbauöffnung als Wärmeabzugsfläche angesetzt werden.

A. Wärmeabzugsflächen ohne Nachweis des Öffnungsverhaltens

1. Ständig offene Flächen

Bei nicht verschließbaren Öffnungen (z. B. ständig offene Lüftungsflächen in Wärmeüberschussbetrieben, fehlende Außenwand unter Schleppdächern) sind 85 % der Rohbauöffnung bzw. die tatsächlich vorhandene lichte Öffnungsfläche als Wärmeabzugsfläche anrechenbar.

| Nenngröße des NRWG [cm x cm] | Geometrisch freie Eintrittsöffnung [m ²] |
|------------------------------|--|
| 100 x 100 | 1,00 |
| 100 x 200 | 2,00 |
| 100 x 250 | 2,50 |
| 120 x 120 | 1,44 |
| 120 x 150 | 1,80 |
| 120 x 240 | 2,88 |
| 150 x 150 | 2,25 |
| 150 x 240 | 3,60 |
| 150 x 250 | 3,75 |
| 180 x 240 | 4,32 |
| 180 x 250 | 4,50 |

Beispiele für verschiedene geometrisch freie Eintrittsöffnungen von NRWG, die ohne weiteren Nachweis als Wärmeabzugsfläche eingesetzt werden können.

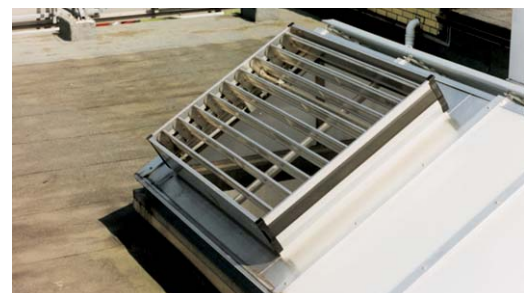
2. Mechanisch öffnbare Flächen

Bei Rauch- und Wärmeabzugsgeräten (nach DIN EN 12 101-2) ist die geometrisch freie Fläche der Eintrittsöffnung des NRWG als Wärmeabzugsfläche anrechenbar.

Bei Toren, Türen oder Lüftungseinrichtungen, die im Brandfall automatisch oder von außen ohne Gewalt geöffnet werden können, sind 85 % der Rohbauöffnung als Wärmeabzugsfläche anrechenbar.



Rauch- und Wärmeabzugsgeräte und Lüftungseinrichtungen können ohne weiteren Nachweis als Wärmeabzüge berücksichtigt werden.



3. Abschmelzbare Flächen

Flächen von Öffnungen mit Abschlüssen oder Einrichtungen aus Kunststoffen mit einer Schmelztemperatur von maximal 300 °C sind als Wärmeabzugsflächen anrechenbar, wenn sie

- im Dach mit 85 % der Rohbauöffnung oder der durch Abschmelzen frei werdenden lichten Öffnung eingebaut sind
- in der oberen Hälfte der Außenwand eingebaut sind

- bis zu einer Brandphase (äquivalente Branddauer) $t_{\ddot{a}} < 15$ Minuten nach DIN 18 230-1 mit 42,5 % der Rohbauöffnung oder 50 % der durch Abschmelzen frei werdenden lichten Öffnung
- ab einer späteren Brandphase $t_{\ddot{a}} > 30$ Minuten nach DIN 18 230-1 mit 85 % der Rohbauöffnung oder der durch Abschmelzen frei werdenden lichten Öffnung.

- Wenn (ohne diese betrachteten Öffnungen der Wärmeabzugsflächen) die äquivalente Branddauer größer ist als die nach DIN 18 232-7 ermittelte Auslösezeit.



Die Lichtflächen von Lichtkuppeln und Lichtbändern werden meist aus thermoplastischen Kunststoffen hergestellt, deren Schmelztemperatur unter 300 °C liegt.

Flächen von Öffnungen aus handelsüblichem Zweischeiben-Isolierglas, die bei Brandbeanspruchung nach Einheitstemperaturkurve (ETK) ganz oder teilweise zerstört werden, sind als Wärmeabzugsflächen anrechenbar

- bis zu einer Brandphase $t_{\ddot{a}} \leq 15$ Minuten nach DIN 18 230-1 mit 30 % der Rohbauöffnung
- von der Brandphase $t_{\ddot{a}} > 15$ Minuten nach DIN 18 230-1 bis zur Brandphase $t_{\ddot{a}} \leq 30$ Minuten nach DIN 18 230-1 mit 42,5 % der Rohbauöffnung
- ab einer späteren Brandphase $t_{\ddot{a}} > 30$ Minuten nach DIN 18 230-1 mit 85 % der Rohbauöffnung.



Fenster sind unter bestimmten Bedingungen als Wärmeabzugsflächen anrechenbar.

| Typische Kunststoffe für Lichtkuppeln (rein und unverstärkt) | | Schmelztemperatur |
|--|------------------------------------|-------------------|
| PMMA | Polymethylmetacrylat | ca. 240 °C |
| PC | Polycarbonat | ca. 225 °C |
| PVC | Polyvinylchlorid | ca. 240 °C |
| PET | Polyethylenterephthalat -Glykol | ca. 240 °C |

4. Sich zerstörende Flächen

Flächen von Öffnungen aus Einfach-Fensterverglasungen, die bei Brandbeanspruchung ganz oder teilweise zerstört werden, sind als Wärmeabzugsflächen anrechenbar

- bis zu einer Brandphase $t_{\ddot{a}} < 15$ Minuten nach DIN 18 230-1 mit 68 % der Rohbauöffnung
- ab einer späteren Brandphase $t_{\ddot{a}} > 30$ Minuten nach DIN 18 230-1 mit 85 % der Rohbauöffnung.

B. Wärmeabzugsflächen mit Nachweispflicht für Öffnungsfunktion

1. Flächen von Öffnungen mit Abschlüssen oder Einrichtungen aus Kunststoffen mit einer Schmelztemperatur von mehr als 300 °C sind als Wärmeabzugsflächen anrechenbar, wenn ein Nachweis nach DIN 18 232-4 oder DIN 18 232-7 geführt wird.
2. Flächen von Öffnungen sind als Wärmeabzugsflächen anrechenbar, wenn sie mit Materialien abgedeckt bzw. verschlossen sind, bei denen nachgewiesen ist, dass sie bei Brandeinwirkung entsprechend der Einheitstemperaturkurve (ETK) nach maximal 15 Minuten zerstört sind.



Nachweisverfahren für Öffnungsverhalten

■ Wärmeabzugsflächen, die nicht automatisch geöffnet werden oder ständig offen sind, „öffnen“ im Brandfall erst bei hohen Temperaturen und relativ spät im fortentwickelten Brand oder in der Vollbrandphase. Für die Brandschutzplanung ist es wichtig zu wissen, zu welchem Zeitpunkt im Brandverlauf ein bestimmtes WA-Material öffnet und welche Temperaturentlastung im Brandraum entsteht.

Wann öffnet ein Wärmeabzug?

Vorhersagbar ist dieser Zeitpunkt für

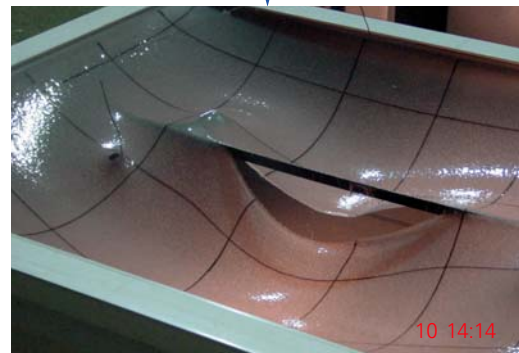
- massive monolithische thermoplastische Kunststoffplatten
- thermoplastische Kunststoff-Stegplatten.

Der Schmelzzeitpunkt dieser Materialien lässt sich beispielsweise mit einer instationären Wärmeleitungsgleichung berechnen, wenn man die Stoffkennwerte (z.B. Wärmeleitfähigkeit, Dichte, Wärmekapazität, Schmelztemperatur, Schmelzwärme) und die Randbedingungen (zeitabhängige Temperatur- und Geschwindigkeitsverläufe beispielsweise aus Zonen- oder Feldmodellen oder Versuchen) kennt.

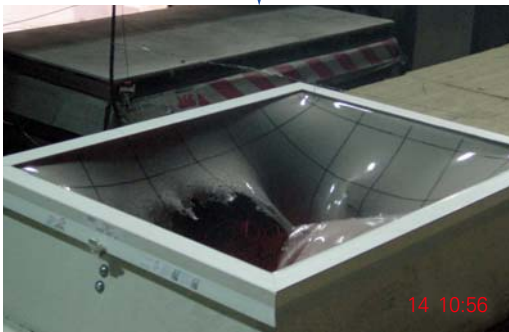
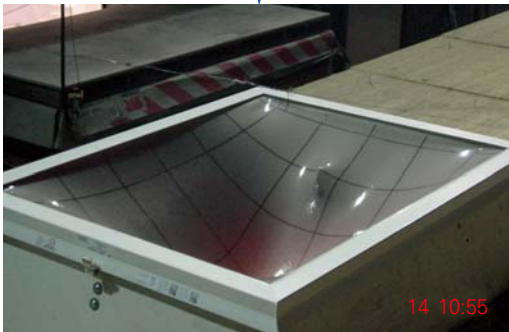
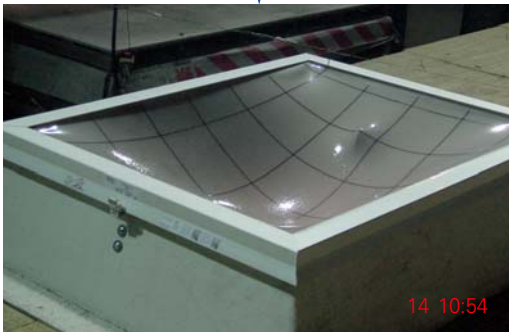
Nicht vorhersagbar ist der Öffnungszeitpunkt für

- nicht thermoplastische Materialien (z.B. Silikatverglasungen, VSG- oder Drahtgläser).

Denn nicht thermoplastische Stoffe schmelzen nicht. Über die zugeführte Wärme können höchstens Risse im Material entstehen. Die Rissbildung hängt daneben aber auch von der Art der Befestigung und dem Rahmen ab. Die Oberfläche dieser Materialien bleibt aber meist geschlossen, sodass

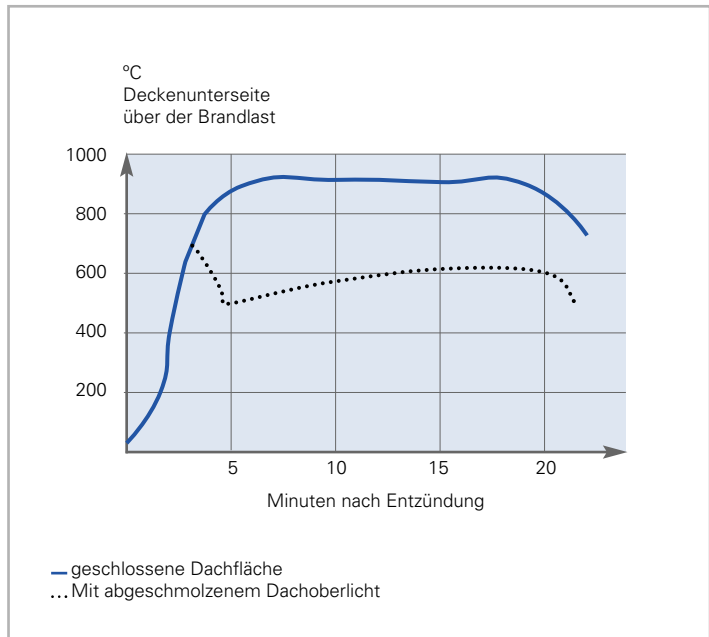


Brandversuch nach DIN 18 232-4:
Lichtkuppel aus PMMA,
Außenschale 3 mm, Innenschale 2 mm
Brandlast: 48 kg Holz



Brandversuch nach DIN 18 232-4:
Lichtkuppel aus PC, Außenschale 3 mm,
Innenschale 2 mm, Brandlast: 48 kg Holz

sie als Wärmeabzug nicht einsetzbar ist. Nur bei Schmelzprozessen, die von Rahmen und Einbau unabhängig sind, lässt sich der Schmelzeitpunkt und damit der Beginn der Wirksamkeit vorhersagen. Wenn es nicht möglich ist, mit bekannten Stoffkennwerten aus der Literatur das Schmelzverhalten des WA zu berechnen, führen erst Brandversuche zu realistischen Ergebnissen. In derartigen Brandversuchen, die nach DIN 18 232-4 oder mit anderen Brandverläufen unter definierten Rahmenbedingungen durchgeführt werden, können das Öffnungsverhalten des Materials dokumentiert und bestimmte Stoffkennwerte ermittelt werden.



Temperaturverlauf eines Brandes mit und ohne Wärmeabzug: Mit abgeschmolzenem Dachoberlicht reduzierte sich die Temperaturbelastung auf das Dach erheblich.



Öffnungsnachweis nach DIN 18 232-7

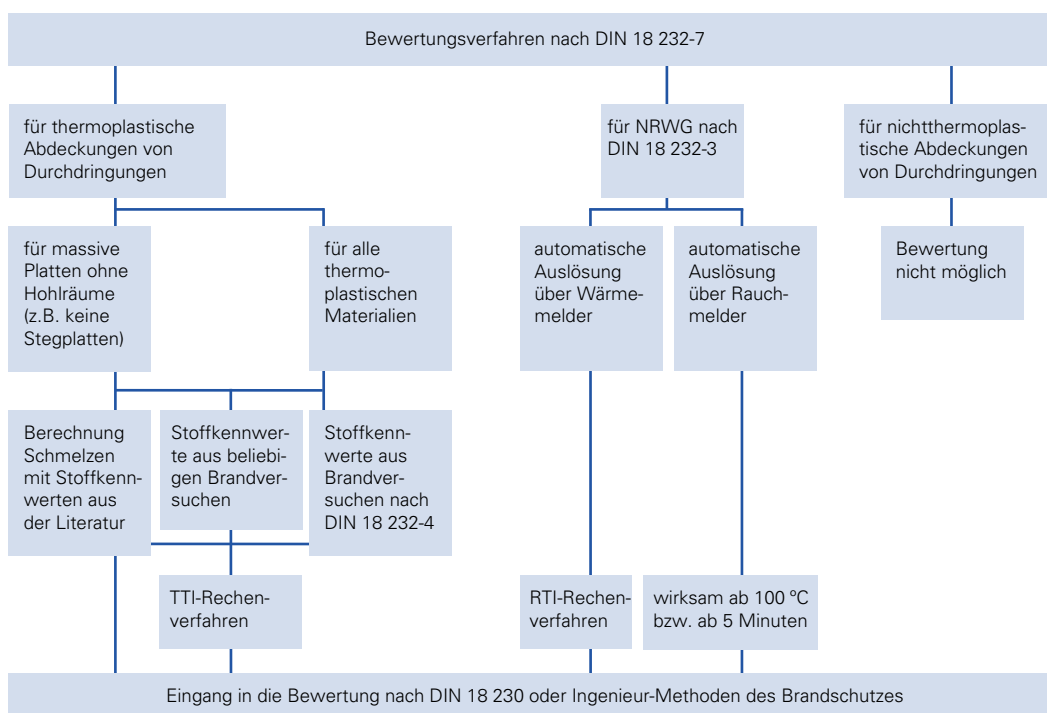
Die DIN 18 232-7 beschreibt Verfahren, mit denen die Tauglichkeit von thermoplastischen Abdeckungen von Durchdringungen sowie die Verwendung von NRA als Wärmeabzüge bewertet werden können (siehe Grafik unten). Die Norm enthält Hinweise und Festlegungen, die bei der Anwendung dieser Verfahren zu beachten sind. Mit den Bewertungsregeln können der Zeitpunkt des Öffnungsbeginns und die zeitliche Änderung der freigegebenen Öffnungsfläche eines durch thermische Einwirkung zerstörbaren Wärmeabzugs über sein Materialverhalten (z. B. Aufschmelzen, Aufreißen) bestimmt werden. Darüber hinaus lässt sich mit den in der Norm angegebenen Regeln auch das Ansprechverhalten von Detektoren bewerten, die auf die Kenngröße Wärme ansprechen (z. B. Glasfässchen, Bimetalle).

Die Ergebnisse des Verfahrens können beispielsweise für die Bestimmung von RTI- oder TTI-Wer-

ten verwendet werden, in eine Bewertung nach DIN 18 230 einfließen oder als Grundlage für die Anwendung von Ingenieur-Methoden im Brandschutz dienen.

Der RTI-Wert ist die maßgebliche Größe, wenn nach DIN 18 230-1 eine natürliche Rauchabzugsanlage (NRA) als Wärmeabzug angerechnet werden soll. Nach DIN 18 232-4 ist bei einem NRWG unter folgenden Bedingungen von einer vollständig geöffneten Wärmeabzugsfläche auszugehen:

| | |
|--------------------------|------------------|
| Öffnung über Rauchmelder | 100°, 5 Minuten |
| Öffnung über Wärmemelder | |
| RTI < 50, 68°C | 100°, 5 Minuten |
| RTI < 80, 68°C | 100°, 10 Minuten |
| RTI > 80, 68°C | 100°, 15 Minuten |
| RTI < 50, 93°C | 200°, 5 Minuten |
| RTI < 80, 93°C | 200°, 10 Minuten |
| RTI > 80, 93°C | 200°, 15 Minuten |



Dimensionierung von Wärmeabzugsflächen

■ Die Musterbauordnung (MBO) und ihre Entsprechungen in den Bauordnungen der verschiedenen Bundesländer (LBO) stellen hinsichtlich des Brandschutzes allgemeine Anforderungen an die Beschaffenheit und Konstruktion von Gebäuden. So ist beispielsweise für Brandabschnitte mit feuerbeständigen Grenzen eine maximale Fläche von 40 x 40 m festgelegt. Allerdings ist es möglich, von diesen allgemeinen Vorgaben abzuweichen. Es muss nur nachgewiesen werden, dass auch dann im Falle eines Brandes die Forderungen der MBO und LBO nach Schutz und Rettung von Menschen und Tieren erfüllt werden können. Für die Dimensionierung von Wärmeabzugsflächen in Sonderbauten werden diese Nachweise zum Beispiel nach Berechnungsverfahren der Industriebau-Richtlinie (IndBauRL) oder nach Methoden des Brandschutzingenieurwesens erbracht.

Nachweis nach IndBauRL – Abschnitt 6

Nach Abschnitt 6 der IndBauRL wird aus Tabellen zuerst die zulässige Größe der Brandabschnittsfläche ermittelt. Sie bestimmt sich aus der geplanten Feuerwiderstandsklasse der tragenden und aussteifenden Bauteile sowie aus der geplanten brandschutztechnischen Infrastruktur. Aus der Brandabschnittsfläche lässt sich dann der nach DIN 18 230-1 ggf. erforderliche Anteil von mindestens 5 % für die Wärmeabzugsfläche berechnen.

Nachweis nach IndBauRL – Abschnitt 7

Nach Abschnitt 7 der IndBauRL werden zunächst mit dem Rechenverfahren der DIN 18 230-1 mit der vorhandenen Brandlast, den vorhandenen Wärmeabzugsflächen und den thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile die äquivalente Branddauer und die erforderliche Feuerwiderstandsdauer der Bauteile berechnet. Aus der äquivalenten Branddauer wird nach der IndBauRL außerdem die zulässige Größe des Brandbekämpfungsabschnitts ermittelt. Die zulässige Größe nimmt dabei mit größeren Wärmeabzugsflächen zu.

Für erdgeschossige Brandbekämpfungsabschnitte werden in Abhängigkeit von der äquivalenten Branddauer, der vorhandenen Wärmeabzugsfläche und der Breite größere Flächen gestattet und keine Anforderungen an die Feuerwider-

| Brandschutztechnische Infrastruktur | erdgeschossig | | zweigeschossig | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| | ohne Anforderung | F 30 | F 30 | F 60 | F 90 |
| ohne | 1.800 m ² ¹⁾ | 3.000 m ² | 800 m ² ¹⁾ | 1.600 m ² ¹⁾ | 2.400 m ² |
| mit BMA | 2.700 m ² ¹⁾ | 4.500 m ² | 1.200 m ² ¹⁾ | 2.400 m ² ¹⁾ | 3.600 m ² |
| mit BMA und mit Werkfeuerwehr | | | | | |
| mit mind. 1 Staffel (hauptamtlich) | 3.200 m ² ¹⁾ | 5.400 m ² | 1.400 m ² ¹⁾ | 2.900 m ² ¹⁾ | 4.300 m ² |
| mit mind. 1 Gruppe | 3.600 m ² ¹⁾ | 6.000 m ² | 1.600 m ² ¹⁾ | 3.200 m ² ¹⁾ | 4.800 m ² |
| mit mind. 2 Staffeln | 4.200 m ² ¹⁾ | 7.000 m ² | 1.800 m ² ¹⁾ | 3.600 m ² | 5.500 m ² |
| mit mind. 3 Staffeln | 4.500 m ² ¹⁾ | 7.500 m ² | 2.000 m ² ¹⁾ | 4.000 m ² | 6.000 m ² |
| mit automatischer Sprinkleranlage | 10.000 m ² | 10.000 m ² | 8.500 m ² | 8.500 m ² | 8.500 m ² |

¹⁾Wärmeabzug: mindestens 5 %

| Brandschutztechnische Infrastruktur | Äquivalente Branddauer t _a in Minuten | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 15 | 30 | 60 | 90 |
| ohne | 9.000 m ² | 5.500 m ² | 2.700 m ² | 1.800 m ² |
| mit BMA | 13.500 m ² | 8.000 m ² | 4.000 m ² | 2.700 m ² |
| mit BMA und mit Werkfeuerwehr | | | | |
| mit mind. 1 Staffel (hauptamtlich) | 16.000 m ² | 10.000 m ² | 5.000 m ² | 3.200 m ² |
| mit mind. 1 Gruppe | 18.000 m ² | 11.000 m ² | 5.400 m ² | 3.600 m ² |
| mit mind. 2 Staffeln | 20.700 m ² | 12.500 m ² | 6.200 m ² | 4.200 m ² |
| mit mind. 3 Staffeln | 22.500 m ² | 13.500 m ² | 6.800 m ² | 4.500 m ² |
| mit automatischer Sprinkleranlage | 30.000 m ² | 20.000 m ² | 10.000 m ² | 10.000 m ² |
| zulässige Breite | 80 m | 60 m | 50 m | 40 m |
| Wärmeabzug mindestens | 1,0 % | 2,0 % | 3,0 % | 4,0 % |



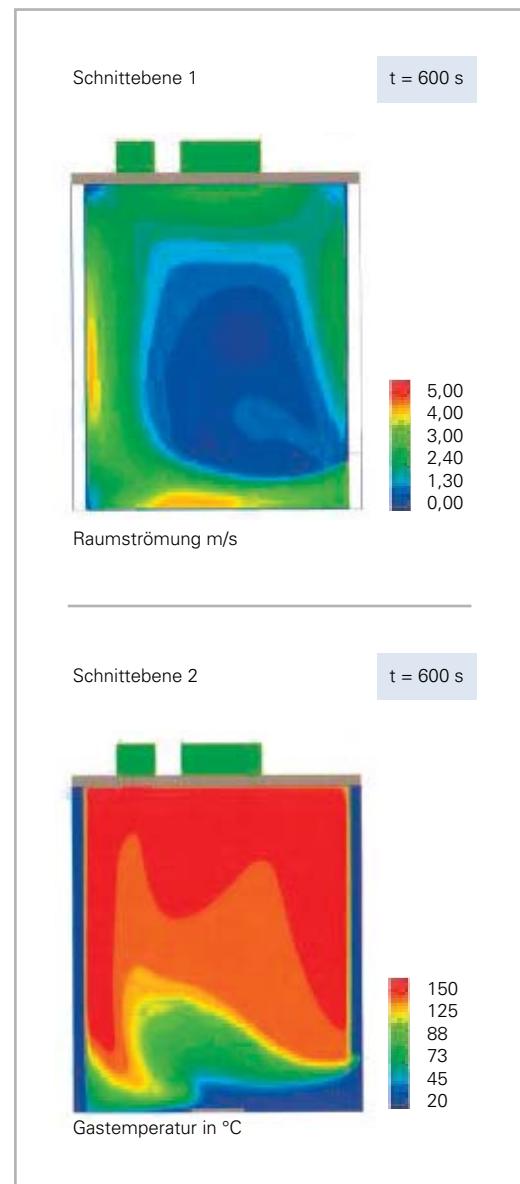
standsdauer der Bauteile gestellt. Bei vorhandener Breite und Fläche des Brandbekämpfungsabschnitts kann dann der jeweils erforderliche Prozentanteil der Wärmeabzugsfläche abgelesen werden. Es ist nachzuweisen, dass die äquivalente Branddauer mit den Wärmeabzugsflächen geringer ist als die für die vorhandene Fläche zulässige äquivalente Branddauer. Wenn diese größer ist, kann durch eine zusätzliche Erhöhung der Wärmeabzugsflächen die äquivalente Branddauer weiter reduziert werden. Diese Methode ist nur bis zu einer Feuerwiderstandsdauer von maximal 90 Minuten anwendbar.

Nachweis mit mathematischen Methoden des Brandschutzingenieurwesens

Bei Sonderbauten kann die Dimensionierung der Wärmeabzugsflächen auch mit Berechnungsmethoden des Brandschutzingenieurwesens durchgeführt werden. Gebräuchliche Methoden sind

- Zonenmodellberechnungen
In Einraum- oder Mehrraum-Zonenmodellen werden die Massen- und Energieströme, nicht jedoch die Strömungsimpulse berücksichtigt. Die zeitliche Temperaturentwicklung im Raum ist damit gut berechenbar.
- Feldmodellberechnungen (CFD-Modelle)
Komplexere Strömungsprozesse werden mit Feldmodellen berechnet. Wichtig bei diesen Modellen ist, dass eine große Anzahl von Volumenzellen notwendig ist, um die Strömungsprozesse vollständig zu erfassen. Das erfordert einen erheblichen Zeitaufwand zur Erstellung des mathematischen Modells und zur Durchführung der Berechnung. Gut berechenbar ist die zeitliche Temperatur- und Gasausbreitung im Raum (siehe Grafiken rechts).

Das Ergebnis dieser Modelle wird stark beeinflusst durch die Eingangsdaten, das Modell (Software), die Rechnerleistung (Hardware) und die Fähigkeit und Seriosität des Ausführenden. Bei der Übertragung der Modellergebnisse in die Wirklichkeit sollten daher entsprechend große Sicherheitszuschläge eingeplant werden.



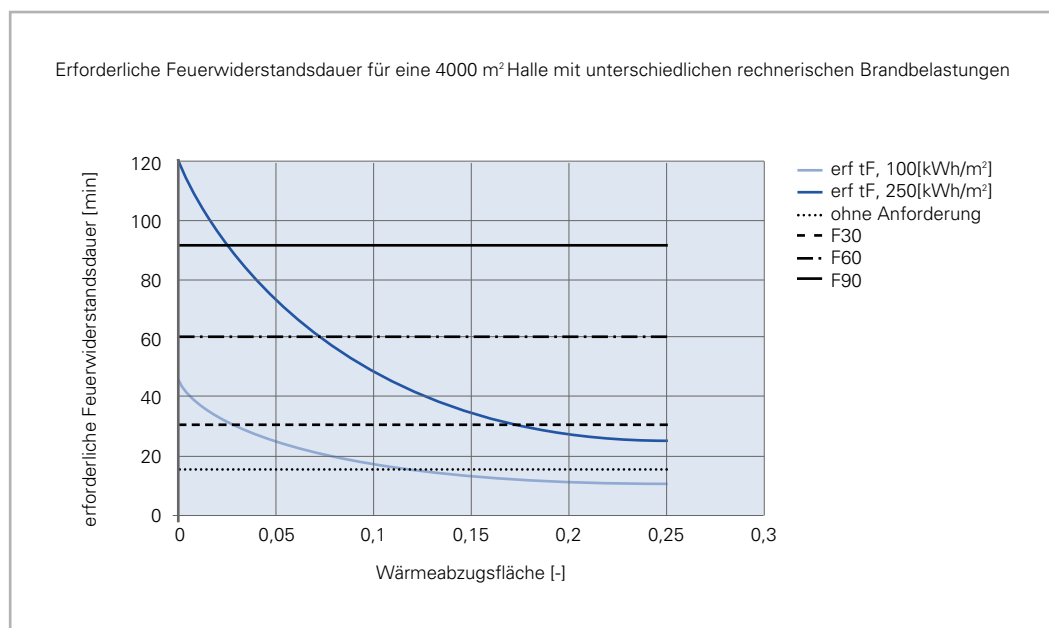
Beispiele aus einer Feldmodellberechnung für eine turmartige Halle

Planung und Einbau – Anordnung der Wärmeabzugsflächen

■ Da die Brandhitze aufgrund der Thermik nach oben steigt, sollten Wärmeabzugsflächen möglichst hoch im Raum eingebaut sein. Geeignet für den Einbau ist daher entweder die obere Wandhälfte oder besser noch das Dach. Nach DIN 18 230-1 werden im Dach angeordnete Wärmeabzüge mit einem günstigeren Wärmeabzugsfaktor bewertet, da sich dort die Brandhitze zuerst und mit der größten Intensität staut. Der Wärmeabzugsfaktor w ist ein Maß für die Effizienz der Wärmeableitung in einem Raum. Sein Wert hängt besonders stark von dem Verhältnis der Wärmeabzugsflächen (vertikale Öffnungen A_v + horizontale Öffnungen A_h) zur Raumgrundfläche A ab. Es gilt: Je kleiner der Wärmeabzugsfaktor w , desto länger ist die äquivalente Branddauer t_a und damit die erforderliche Feuerwiderstandsdauer der tragenden und trennenden Bauteile.

Für eine erdgeschossige Industriehalle mit einer Grundfläche von 4000 m² ohne besondere Maßnahmen zur Branderkennung mit vertikalen Öffnungsflächen von weniger als 2,5 % der Grundfläche wurde beispielhaft die erforderliche Feuerwiderstandsdauer der tragenden Bauteile für verschiedene Wärmeabzugsflächen für rechnerische Brandbelastungen von 100 kWh/m² und für 250 kWh/m² berechnet und im nachfolgenden Diagramm dargestellt. Bei einer rechnerischen Brandbelastung von 250 kWh/m² ist danach für

Wärmeabzugsflächen über 19 % eine Ausführung in F 30, über 6 % in F 60 und über 2 % in F 90 zulässig. Bei einer rechnerischen Brandbelastung von 100 kWh/m² ist für Wärmeabzugsflächen über 14 % eine Ausführung ohne Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse und über 3,5 % in F 30 zulässig. Mit zusätzlichen Maßnahmen zur Branderkennung und Brandbekämpfung sind größere rechnerische Brandbelastungen möglich oder es genügt eine geringere Fläche der Wärmeabzüge.





Falls die Verteilung der Brandlast im Raum unbekannt oder von gleichmäßig verteilter Brandlast auszugehen ist, sollten die Wärmeabzugsflächen ebenfalls gleichmäßig angeordnet im Dach und/oder in der oberen Hälfte der Außenwände eingebaut werden. Ist dagegen mit einer deutlichen Konzentration der Brandlast auf einer bestimmten Fläche zu rechnen, sollten die Wärmeabzugsflächen möglichst über dieser Fläche im Dach eingebaut werden.

Die Abstände zwischen den einzelnen Wärmeabzugsflächen und zu anderen Bauteilen sind mit Ausnahme der Abstände zu Brandwänden in den jeweiligen Landesbauordnungen nicht geregelt. Damit Anschluss- und Detailarbeiten sachgemäß durchgeführt werden können und der Wasserablauf nicht behindert wird, sollte der Mindestabstand zwischen den Wärmeabzugsflächen mindestens 50 cm, möglichst 100 cm betragen.

Bei Einbau von Wärmeabzügen auf allgemein zugänglichen Dachflächen (z. B. Dachterrassen, Parkdächer, begehbare Gründächer) müssen besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, da Wärmeabzugsflächen im Dach in der Regel weder begehbare noch durchsturz sichere Bauteile sind. Geeignet sind spezielle Durchsturz Sicherungen (siehe www.fvlr.de/lik_absturz_sicherungen.htm), Umwehrungen, Umzäunungen, Gitter oder ähnliche Maßnahmen, die in der Dachfläche verankert werden.

Größe der einzelnen Wärmeabzugsflächen

Es gibt keine generelle Vorgabe für die minimale oder maximale Größe einer einzelnen Wärmeabzugsfläche. Jedoch sollte eine Rohbauöffnung von mindestens 1 m² vorgesehen werden, da kleinere Einzelöffnungen stärkere Laibungswiderstände aufweisen und deshalb auch tendenziell längere

Öffnungszeiten durch Abschmelzen oder Zerstörung zu erwarten sind.



Ein Brand auf der Dachfläche soll möglichst (lange) draußen bleiben.

Die Einzelgrößen lassen sich sehr leicht berechnen, wenn die Wärmeabzüge gleichmäßig in der Dachfläche verteilt werden.

- Beispiel 1:
Vorgesehen ist 1 % WA mit der Verteilung 1 WA/100 m². Daraus ergibt sich eine Einzelfläche von 1,0 m² pro WA.
- Beispiel 2: Bei vorgesehenen 5 % WA und einer Verteilung von 1 WA/150 m² ergibt sich eine Einzelfläche von 7,5 m² pro WA.

Bei Einbau von Wärmeabzugsflächen in Dächer mit harter Bedachung müssen die Regelungen der einzelnen Landesbauordnungen beachtet werden. Für Industriebauten ist in der IndBaURL festgelegt, dass die Anforderungen an harte Bedachungen für die erforderlichen Wärmeabzugsflächen im Dach nicht gelten.

Wärmeabzug bei harter Bedachung

Eine harte (gegen Flugfeuer und strahlende Wärme beständige) Bedachung soll verhindern, dass ein Brand von außen über das Dach in den Innenraum gelangt.



Durch aufgeschmolzene Wärmeabzüge treten oft auch Flammen aus.

Wärmeabzugsflächen sind aber in der Regel als weiche Bedachung einzustufen. Um Wärmeabzugsflächen in Dächer mit harter Bedachung einbauen zu können, müssen die Regelungen in den einzelnen Landesbauordnungen beachtet werden. Je nach Bundesland sind auch in Dächern mit harter Bedachung Teilflächen von maximal 2 x 20 m in weicher Bedachung zugelassen. Ist die notwendige oder sinnvolle Wärmeabzugsfläche größer als die in der LBO erlaubte „weiche“ Teilfläche, sollte dies vorab im Brandschutzkonzept erläutert und/oder im Genehmigungsverfahren mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden.

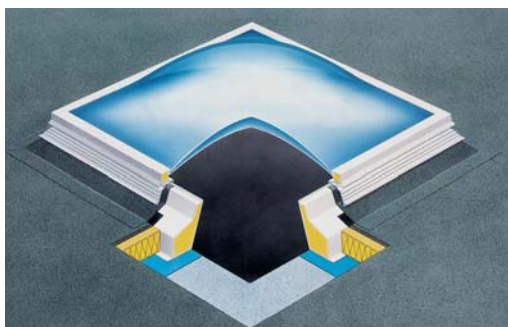
Ausführung des Anschlussbereichs

Im Brandfall könnten Folgebrände im Dachdurchdringungsbereich die Ableitung der heißen Brand- und Rauchgase durch die Wärmeabzugsöffnungen im Dach beeinträchtigen.

Sicherste Maßnahme gegen diese Folgebrände sind entsprechend konstruierte Dachdurchdringungen. Zahlreiche Beispiele für sichere Dachdurchdringungen sind in den Teilen 3 und 4 der DIN 18 234 „Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten“ aufgeführt.

Traditionell verwendete Holzbohleneinfassungen an Durchdringungen sind brandschutztechnisch als besonders kritisch zu bewerten. Denn bei einem Brand ist immer mit dem Eindringen heißer Gase in die Dachhohlräume und einem Durchbrand von unten durch die Fugen zwischen Holzbohle und Dämmstoff zu rechnen. Ferner besteht die Gefahr, dass der Holzbohlenrahmen auch nach dem Brandende unbemerkt weiterglimmt. Im Stahltrapezprofildach sollte daher auf Holzbohlen verzichtet werden. Der Aufsetzkranz wird direkt auf das Flächentragwerk aufgesetzt und der angeschnittene Profilhohlraum mit Profüllern geschlossen.

Um einen Brandüberschlag durch die Dachdurchdringung auf die Dachoberfläche zu vermeiden, sollten Dachbahnen nur in den Fällen bis zur Oberkante der Aufsetzkränze hochgeführt werden, wenn sie dort mit einem Profil überdeckt werden. Damit thermoplastisch wirkende Wärmeabzugsflächen (z. B. aus Acrylglas) nicht brennend auf die Dachfläche abtropfen, sollten ihre äußeren Ränder in einen umlaufenden Profilrahmen eingefasst werden.



Bei Dachdurchdringungen sind besondere Maßnahmen zu treffen, um im Brandfall eine Gefährdung der Dachkonstruktion und einen Brandüberschlag zu vermeiden.

FVLR-Publikationen zum Thema vorbeugender Brandschutz

Hagen, Eckhard: Rauch- und Wärmeabzug als Bestandteil moderner Brandschutzkonzepte: Untersuchung, Analyse, Bewertung. Direkt beim FVLR für 15,24 Euro zu bestellen.



Heft 2: Praxis der Projektierung von RWA mit der Neufassung der DIN 18 232-2 als der allgemein anerkannten Regel der Technik zur Rauch- und Wärmefreihaltung.



Heft 7: Wartung und Instandhaltung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen. Ein Ratgeber zur Sicherstellung der Funktion von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen.



Heft 12: Rauchabzug im modernen Brandschutz. Experten berichten aus Wissenschaft und Praxis und stellen integrierte Brandschutzkonzepte vor.



Heft 14: Eine kritische Auseinandersetzung mit der Industriebau-Richtlinie.



Heft 16: Ergebnis eines Forschungsprojekts zur Entrauchung von Räumen über Rauchabzüge in Wänden.



Einzel Exemplare der FVLR-Hefte können unter www.fvlr.de/publikationen kostenlos angefordert werden.

Bildnachweis: aus dem Archiv des FVLR und seiner Mitgliedsunternehmen

Eine Haftung oder Gewährleistung aus dieser und anderen Veröffentlichungen wird ausdrücklich ausgeschlossen.

Mit freundlicher Empfehlung

Der FVLR stellt sich vor

Der FVLR Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e. V. wurde 1982 gegründet. Er repräsentiert die deutschen Hersteller von Lichtkuppeln, Lichtbändern sowie Rauch- und Wärmeabzugsanlagen. Langjähriges Know-how und technisch qualifizierte Mitarbeiter bilden die Grundlage für umfassende und aktive Beratung von Architekten, Planern und Anwendern bei der Projektierung, Ausführung und Wartung von Dachoberlichtern und RWA. Lichtkuppeln und Lichtbänder erfüllen vielfältige Aufgaben in der Architektur. RWA sind unverzichtbare Bestandteile des vorbeugenden baulichen Brandschutzes. Der FVLR leistet europaweit produktneutrale und fundierte Forschungs- und Informationsarbeit. Er ist aktives Mitglied in EuroLux, der Vereinigung der europäischen Hersteller von Lichtkuppeln, Lichtbändern und RWA, und wirkt seit vielen Jahren an der internationalen und europäischen Normungsarbeit mit.

Eine Liste aller Verbandsmitglieder sowie weitere FVLR-Publikationen zum Thema vorbeugender Brandschutz finden Sie im Internet unter www.fvlr.de.

FVLR

Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e. V.

Ernst-Hilker-Straße 2

32758 Detmold

Telefon 0 52 31/3 09 59-0

Telefax 0 52 31/3 09 59-29

www.fvlr.de

info@fvlr.de