

# Lufttechnische Maßnahmen zur Entrauchung von Gebäuden

## Rauchabführung und Rauchfreihaltung als wesentliche Voraussetzung für die Selbst- und Fremdrettung

80 % der Opfer von Brandereignissen erleiden tödliche Rauchvergiftungen, sodass eines der wichtigsten Schutzziele im vorbeugenden Brandschutz eine kontrollierte Rauchabführung bzw. -Freihaltung darstellt. Die unkontrollierte Ausbreitung und Ansammlung von entzündbaren Rauchgasgemischen - auch „flash-over“ genannt - muss insbesondere für die Brandbekämpfung verhindert werden. Der Beitrag beschäftigt sich mit den unterschiedlichen lufttechnischen Maßnahmen, die gemäß geltender Verordnungen und Richtlinien angewendet werden müssen und vom „Gesprächskreis Entrauchung“ des VDMA im Informationsblatt „Prinzipien der Rauchableitung“ zusammengefasst wurden.

Seit einigen Jahren besteht der „Gesprächskreis Entrauchung“ im Fachverband Allgemeine Lufttechnik des VDMA, dem sowohl Lüftungsanlagenbau-Unternehmen als auch Ventilatorenbauer sowie weitere Experten des Brandschutzes und der Brandbekämpfung angehören. Dieser interdisziplinäre Gesprächskreis sieht sich als fachkompetente Stelle aller Themen zur Entrauchung von Gebäuden und entsendet Vertreter in entsprechende Gremien und Normungsprojekte. Vor dem Hintergrund des Personenschutzes will er über die

Bedeutung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen für die schnelle Entrauchung im Brandfall informieren.

In seinem vierten Informationsblatt erläutern die Mitglieder des Gesprächskreises die unterschiedlichen lufttechnischen Entrauchungsprinzipien, die zur Personenrettung und zur Brandbekämpfung möglich sind. Das Informationsblatt „Prinzipien der Rauchableitung“ soll Planern und Anlagenbauern in der Raumlufttechnik helfen, das für die jeweilige Aufgabe passende Entrauchungsprinzip zu erkennen und die rich-

tige Anlagenausführung zu finden. Nachfolgend werden einige der möglichen lufttechnischen Maßnahmen näher erläutert.

Die Prinzipien der Rauchableitung umfassen im Allgemeinen die folgenden Bereiche:

- Rauchabfuhr durch Verdünnung,
- Rauchableitung durch Schichtung,
- Rauchabschnittsbildung durch lufttechnische Maßnahmen,
- Rauchfreihaltung z. B. in Sicherheitstrepplräumen.

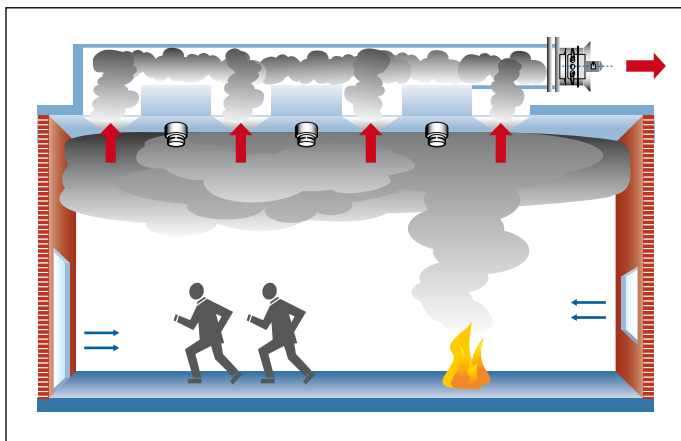
Zur Sicherstellung der Selbst-, Fremdrettung und des Löschangriffs im Brandfall schreibt der Gesetzgeber in vielen Sonderbauvorschriften eine raucharme Schicht - also die Rauchableitung durch Schichtung - vor. Insbesondere ist bei niederenergetischen Bränden bzw. Brandphasen, deren Ursache oft Kunststoffprodukte sind, ein frühzeitiges Absinken des Rauches in den Rettungsweg zu beobachten.

Dieses Phänomen ist bei der Dimensionierung von Entrauchungsanlagen zur „Sicherstellung von Rettungswegen“ zu berücksichtigen. Weiterhin ist zu beachten, dass die Rettungswege meist gleichzeitig die Angriffswege der Feuerwehr sind. Die Einsatzkräfte der Feuerwehr können zwar sich selbst durch entsprechende Ausrüstung gegen die Atemgifte des Rauches schützen, nicht aber die schlechte und fehlende Sicht durch den Rauch kompensieren.

Damit die Schutzziele der Rettungswege und der Angriffswege der Feuerwehr erfüllt werden, ist deshalb eine raucharme Schicht von mindestens 2,5 m notwendig. Der Begriff „raucharm“ berücksichtigt, dass ein geringfügiger Raucheintrag durch



■ Bild 1: Zeitliche Abfolge der Rauch- und Temperaturentwicklung in Abhängigkeit von Schutzziel und Anlagentechnik.



■ Bild 2: Schichtströmung bei Einsatz einer maschinellen Rauchabzugsanlage (MRA).

Schwadenbildung allgemein akzeptiert wird. Ein anderes Schutzziel kann darin bestehen, die unkontrollierte Rauchausbreitung aus dem vom Brandherd betroffenen Raumbereich in benachbarte Bereiche zu verhindern.

Durch die Beaufschlagung von Treppenträumen und Fluren mit Überdruck und entsprechendem Luftstrom wird der Eintrag von Rauch verhindert. Diese Systeme erfordern neben einer genauen Abstimmung der Luftströme und der Drücke eine garantierte Brandlastfreiheit des zu schützenden Bereiches.

### Rauchabfuhr durch Verdünnung

Unter der Rauchabfuhr durch Verdünnung versteht

man das Vermischen des Brandrauches durch Einbringen von unkontaminierter Luft, bei gleichzeitiger Abfuhr des Rauchgas-/Luftgemisches. Das Prinzip ist gekennzeichnet durch die Ausbildung von turbulenten hochinduzierenden Luftstrahlen, die zu einer Rauchgasverteilung im Raum führen. Hierbei ist zu beachten, dass sich keine raucharmen Schichten ausbilden können. Derartige Systeme können z. B. für kleinere innen liegende Technik- und Lagerräume verwendet werden. Der Luftaustausch und die Rauchabfuhr können durch Ventilatoren oder aber auch durch Öffnen von Fenstern und Türen erfolgen. Bei außen liegenden Öffnungen wird der Luftaustausch durch Windeinflüsse und die Ener-

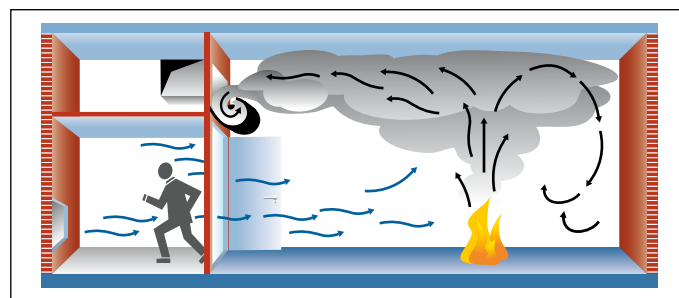
giefreisetzung des Brandherdes bestimmt.

Auch der Einsatz von Hochleistungsventilatoren der Feuerwehr (Feuerwehr-Überdruckbelüftung) erzeugt eine Verdünnung des Brandrauches mit gleichzeitiger Rauchabfuhr durch vorhandene oder im Brandfall geöffnete Abzugsmöglichkeiten. Strahl- oder Jetventilatoren erzeugen in Strömungsrichtung eine Verdünnung. Sie werden in Tiefgaragen oder Tunneln eingesetzt, um gerichtete Raumströmungen aufzubauen. Durch die große Impulsleistung der Ventilatoren ist auf der abströmenden Seite mit einer kompletten Verrauchung des Rauchabschnittes zu rechnen.

Der Einsatz von Jet-Ventilatoren erfolgt nur in Verbin-

Schichten innerhalb eines Rauchabschnittes an. Dies sind zum einen die „Rauchgasschicht“, in der die Rauchgase über dem Brandherd einströmen und die „raucharme Schicht“, die im günstigsten Fall völlig frei von Rauchgasen sein sollte. Entsprechend wird eine weitestgehend horizontale Schichtung bei der Dimensionierung einer Entrauchungsanlage angestrebt, mit der die Rauchgase aus dem Rauchabschnitt abgeführt werden.

Dazu muss die Luftmasse, die über die Entrauchungsanlage dem Abschnitt entnommen wird, diesem auch wieder zugeführt werden. Zwischen den Abluftöffnungen und den Zuluftöffnungen muss darüber hinaus eine Druckdifferenz vorliegen, da-



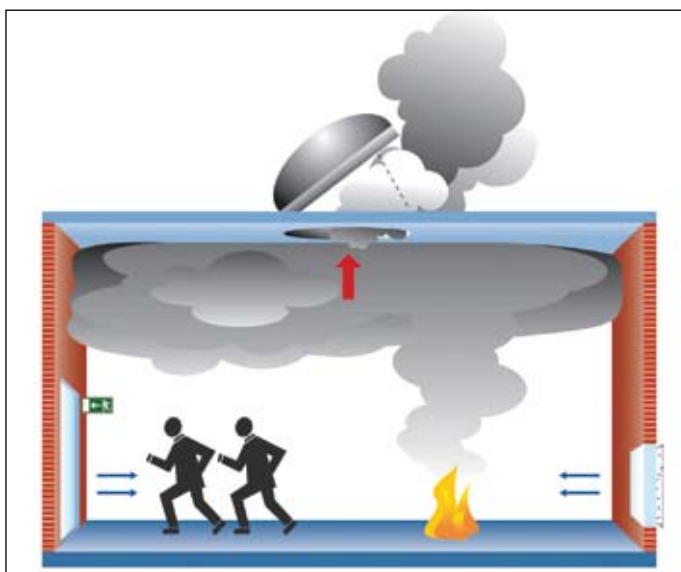
■ Bild 4: Abschirmung der Brandraumbür durch Drall- oder Wirbelhauben.

derung mit zusätzlichen, ausreichend bemessenen Maßnahmen zur Abfuhr von Rauchgas und Nachführung von unkontaminierter Luft. Die Rettungswege im Einflussbereich solcher Systeme sind hierbei besonders zu beachten.

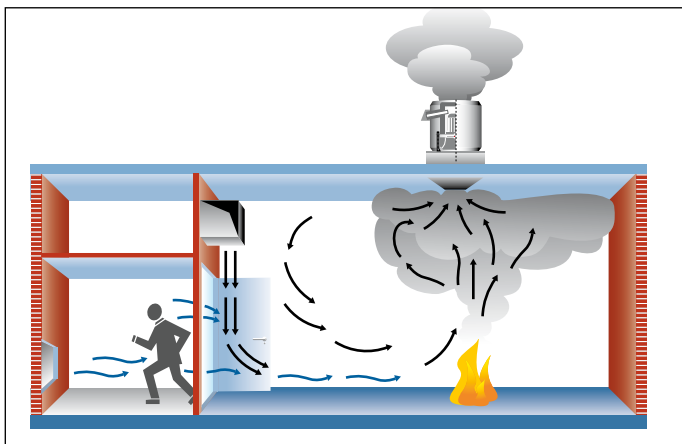
### Rauchableitung durch Schichtung

Bei der Rauchableitung durch Schichtung ist es erforderlich, im zu entrauchenden Raum bzw. Rauchabschnitt eine Luftströmung aufzubauen, die eine Schichtenbildung innerhalb des Raumes ermöglicht. Bei der Entrauchung strebt man im Allgemeinen die Ausbildung von zwei

mit sich überhaupt eine Strömung einstellen kann. Diese Druckdifferenz wird bei natürlichen Entrauchungsanlagen über die Dichteunterschiede zwischen der Rauchgasschicht (heiß = geringe Dichte) und der Umgebungsluft (kalt = hohe Dichte) erzeugt. Bei maschinellen Rauchabzugsanlagen erzeugen Ventilatoren die erforderlichen Druckdifferenzen. Bei der in Bild 2 skizzierten Entrauchungsanlage geht man davon aus, dass der abgeführte Rauchgasstrom dem in die Rauchgasschicht einströmenden entspricht, sodass die Rauchgasschichtdicke praktisch konstant bleibt. Da die über dem Brandherd



■ Bild 3: Schichtströmung bei Einsatz einer natürlichen Rauchabzugsanlage (NRA).



■ Bild 5: Abschirmung der Brandraumtür durch ebene Luftschleier.

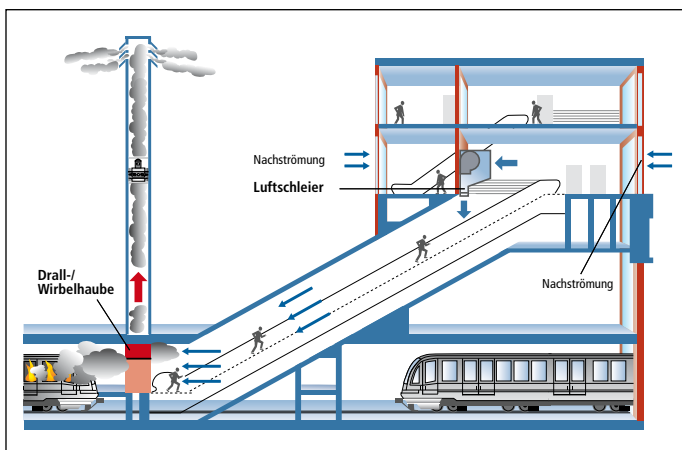
aufsteigenden Rauchgase sich mit der Raumumgebungsluft im sogenannten Plume – einer Thermikströmung über dem Brandherd – vermischen, wird auch eingemischte Umgebungsluft in die Rauchgasschicht eingetragen. Diese eingemischte und damit über die Entrauchungsanlage abgeführte Umgebungsluft muss über die Zuluftöffnungen möglichst bodennah und impulsarm nachgeführt werden. Damit sich bei diesem Zusammenspiel von Zu- und Abluft eine stabile Trennung zwischen der Rauchgasschicht und der raucharmen Schicht einstellen kann, müssen insbesondere nachfolgende Randbedingungen gegeben sein:

1. Zwischen Rauchgasschicht und raucharmer Schicht muss an jeder Stelle der Trennfläche eine positive

2. An der Trennfläche zwischen Rauchgasschicht und raucharmer Schicht sollten nur geringe Strömungsgeschwindigkeiten in vertikaler Richtung sowie in horizontaler Richtung vorliegen.

Durch die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen können die geforderten Randbedingungen eingehalten werden:

- Die Zuluftnachströmung in dem relevanten Rauchabschnitt muss deutlich unterhalb der Rauchgasschicht möglichst impulsarm – also mit niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten – erfolgen.
- Die Rauchabzugsöffnungen sollten gleichmäßig verteilt, möglichst an höchster



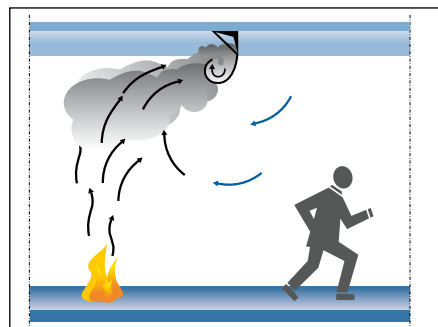
■ Bild 6: Eine mit Luftschleiern im oberen Bereich des Treppenaufgangs erzeugte Druckdifferenz verhindert die Rauchausbreitung in das obere Geschoss. Zusätzlich wird der Brandrauch direkt über Drall- oder Wirbelhauben abgeleitet.

Stelle des Rauchabschnittes angeordnet sein.

- Die Rauchabschnittsflächen müssen unter anderem abhängig von der zulässigen Rauchgasschichtdicke, der Wärmeleitfähigkeit der Umfassungsbauteile, der zu berücksichtigenden Brandleistung sowie der gewählten Entrauchungsanlage begrenzt werden.
- Technische Einrichtungen, wie z. B. Lüftungsanlagen mit Mischlüftungsprinzip, die einer Schichtströmung entgegenwirken, müssen im Brandfall schnellstmöglich, am besten automatisch, abgeschaltet werden. Zuluftanlagen mit Schichtluftauslässen können normalerweise auch im Brandfall in Betrieb bleiben, da sie naturgemäß eher die Ausbildung einer Schicht-

## Rauchabschnittsbildung durch lufttechnische Anlagen

Bei komplexeren Gebäuden ist es häufig erforderlich, Rauchabschnitte zu bilden bzw. Gebäudebereiche soweit abzuschirmen, dass über einen längeren Zeitraum der Rauchübertritt von einem Gebäudeteil in den anderen verhindert wird. Dies kann durch bauliche Maßnahmen wie Rauchschutztüren oder Rauchschürzen erfolgen. Sind derartige Lösungen nicht möglich oder aus architektonischen Gründen nicht erwünscht, können auch lufttechnische Maßnahmen in Form von Absaugungen zur Direkterfassung von Brandrauch eingesetzt werden. Bei Direkterfassungen handelt es sich



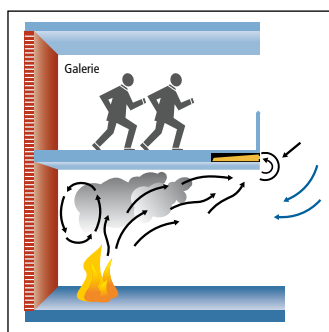
■ Bild 7: Ein virtueller Rauchabschnitt kann in langen Gängen oder Fluren die Rauchausbreitung begrenzen.

strömung unterstützen. Zur Dimensionierung von natürlichen und maschinellen Entrauchungsanlagen, die auf dem Schichtströmungsprinzip basieren, liegen die Regelwerke DIN 18232 Teil 2 und 5 (Rauch- und Wärmefreihaltung) sowie VDI 6019 (Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden) vor. Hierin werden die baulichen und anlagentechnischen Randbedingungen beschrieben, unter denen eine Schichtenströmung und somit eine stabile Rauchgasschicht innerhalb eines Rauchabschnittes erreicht werden kann.

um Senkenströmungen, die im Allgemeinen eine sehr geringe Tiefenwirkung aufweisen. Der Grund liegt in der raschen Geschwindigkeitsabnahme, ausgehend von der Absaugstelle.

Rauchgasströmungen, die aufgrund thermischer Einflüsse eine Eigenbewegung besitzen, können daher nur sehr begrenzt durch Einzelabsaugungen erfasst werden. Geeignete Erfassungselemente zur Rauchabsaugung müssen deshalb folgende Eigenschaften aufweisen:

- Gleichförmiges, linienförmiges Absaugen.
- Hoher Unterdruck an der Erfassungsstelle.



■ Bild 8: Um die Rauchausbreitung in Galerien zu vermeiden, kann direkt an der Deckendurchbruchskante der Brandrauch abgesaugt werden.

Beide Forderungen werden von einer Strömungsform erreicht, die in der Natur bei Wirbelstürmen auftritt. Über die auf logarithmischen Spiralen zum Zentrum verlaufenden Stromlinien wird der Stoffstrom in das Drallzentrum geleitet und dort zur Absaugestelle geführt. Längs der Drehachse bleiben die Unterdrücke konstant, sodass sich

eine gleichförmige, linienförmige Erfassung einstellt. Die Umfangsgeschwindigkeiten in Zentrumsnähe erreichen dabei Werte von ca. 250 km/h. Damit verbunden können Unterdrücke im Zentrum von bis zu 1000 Pa erreicht werden.

### Abschirmung von geöffneten Türen

#### Türabschirmung durch Absaugen

Eine zum Brandraum oder zu einem mit einer Rauchsicht gefüllten Flurbereich geöffnete Tür führt zu einem Überströmen von Brandrauch in bisher nicht vom Brand betroffene Gebäudebereiche. Diese Überströmung erfolgt in der Nähe des oberen Türsturzes, während die nachströmende Luft am Boden eintritt.

Durch Absaugung im Raum kann eine so starke Gegenströmung aufgebaut

werden, dass ein Übertreten von Brandrauch verhindert wird. Erfolgt die Absaugung wie in Bild 4 über eine Drall-/Wirbelhaube, wie zuvor beschrieben, kann der erforderliche Luftstrom deutlich reduziert werden.

#### Türabschirmung durch ebene Luftschleier

Eine Abschirmung der oberen Türkante gegen Rauchübertritt kann auch durch einen Luftschleier erfolgen (Bild 5). Erforderlich ist dann eine Absaugung im Raum, um die durch den Luftschleier eingebrachte und die auf dem Strömungsweg nach unten aufgenommene Induktionsluft abzusaugen. Nachteilig dabei ist, dass der Luftschleier zu einer rascheren Verrauchung des vom Brand kontaminierten Bereiches führen kann. Er kann jedoch den Rauchübertritt in nicht vom

Brand berührte Gebäudeteile verhindern.

### Kombination von Absauganlagen und ebenen Luftschleiern

Bei größeren städtischen Bahnhöfen werden die angeschlossenen U-Bahnhöfe meist über große Rolltreppen von dem Bahnhofsgebäude ausgehend erschlossen. Bei einem Brandereignis im U-Bahnhof kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Abfuhr von Rauchgas über die Rolltreppe in das eigentliche Bahnhofsgebäude erfolgt. Dies wird unterstützt durch den Kamineffekt, der sich in einem Rolltreppenschacht ausbildet.

Da die Rolltreppe als Fluchtweg genutzt wird, erhebt sich die Forderung nach einer Abschirmung des U-Bahnhofes. Die sich auf-

grund von Druckdifferenzen einstellende Ausgleichsströmung im Rolltreppenschacht wird dabei durch einen Luftschleier abgeschirmt. Der Luftschleier wird am oberen Ausgang der Rolltreppe angeordnet und erhält eine Auslassdüse, die einen ebenen vertikal gerichteten Luftschleier erzeugt. Ferner wird für den Brandfall eine ergänzende Absaugung in Form einer Drall- oder Wirbelhaube im unteren Bereich der Rolltreppe installiert. Sie hat die Aufgabe, die zur Rolltreppe gelangenden Teilströme des Brandrauches zu erfassen und deren Eindringen in den Rolltreppenschacht durch thermisch bedingte Ausgleichsströmungen zu vermeiden (Bild 6).

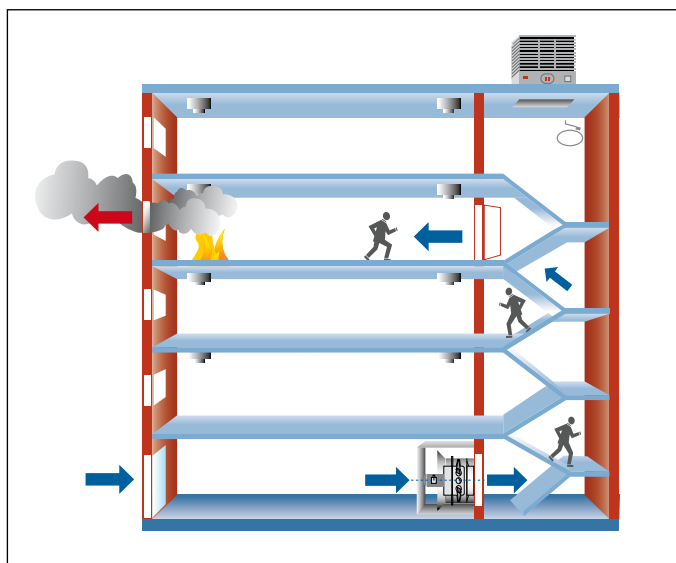
## Virtuelle Rauchabschnitte

Durch virtuelle Rauchabschnitte soll verhindert werden, dass lang gezogene Gebäudeteile verrauchen oder durch Rauchschtüren bzw. Rauchschränzen abgetrennt werden müssen. Diese Rauchabschnittsbildung kann durch Direkterfassungselemente in Form von Drall- oder Wirbelhauben erfolgen, die quer zum Gangbereich angeordnet sind (Bild 7).

Beispiele hierzu sind lange Flurbereiche in Flughäfen, Gepäckausgaben in Flughäfen oder Rauchabschnitte in Tiefgaragen wie beispielsweise an Auffahrtsrampen. Wichtig dabei ist, dass die Absaugung über die gesamte Raumbreite erfolgt.

## Abschirmung von Deckendurchbrüchen und Galeriebereichen

Größere Deckendurchbrüche in Gebäuden z.B. zwischen der Ankunftsebene und der Abflugebene in Flughäfen oder in den Bereichen der Rolltreppen von Kaufhäusern sowie eingeschobenen



■ Bild 9: Rauchschutz-Druckanlagen halten Fluchtwege wie Treppenträume oder Flure durch Überdruck „rauchfrei“. Voraussetzung für deren Funktion ist eine korrekte Bemessung der Luftvolumenströme und das Vorhandensein von entsprechenden Abströmöffnungen im Brandgeschoss.

Galerien in Atrien stellen ein ganz besonderes Problem für die Entrauchung dar.

Der Brandrauch breitet sich an der Decke des unteren Raumes aus, umströmt großflächig die Kante des Deckendurchbruches oder der Galerieebene und bildet einen thermisch bewegten Luftschleier nach oben. Durch Strahlinduktion wird Luft aus dem oberen Raumbereich entnommen, die durch Nachströmen aus dem Thermikschleier ersetzt wird, sodass sich eine Rauchgaswalze mit intensiver Verrauchung im Raumbereich oberhalb des Brandgeschosses ausbildet. Als Trivialmethode zur Brandrauchabschirmung können Rauchschränzen eingesetzt werden, um das Eindringen von Brandrauch in die oberhalb des Brandherdes gelegenen Raumbereiche zu verhindern.

In vielen Fällen sind jedoch die Rauchschränzen nicht ausreichend dicht; sie sind häufig schwierig oder gar nicht anzubringen und die Zeitspanne, die zur Verhinderung des Raucheintrages von der Brandentstehung über die Branddetektion bis zum Verschießen der Galerieebene

entsteht, ist häufig zu lang, sodass sich der Brandrauch schon ausgebreitet hat, ehe die Rauchschränzen geschlossen sind.

Auch in diesen Fällen eignet sich die in Bild 8 dargestellte Direkterfassung in Form von Wirbel- oder Drallhauben, die angeordnet entlang der Deckendurchbruchskante oder der Galeriekante das Überströmen von Brandrauch nach oben verhindern. Vorteilhaft bei dieser Lösung ist, dass die Rauchausbildung mit relativ geringen Abluftströmen örtlich stark eingegrenzt werden kann. Nachteilig ist allerdings, dass die zur Abschirmung erforderlichen Kanäle häufig nur dann unterzubringen sind, wenn durch die Planung frühzeitig der notwendige Platzbedarf bereitgestellt wird.

## Rauchfreihaltung Rauchschutz-Druckanlagen in Treppenträumen und Fluren

Bei Neu- und Altbauten wird die Berücksichtigung und Planung von Fluchtwegen immer bedeutsamer. Mit Rauchschutz-Druckanlagen

(RDA) sollen diese Fluchtwege rauchfrei gehalten werden. Die Flure und Treppenträume werden dabei im Überdruck gehalten, um bei geschlossenen Türen an den Leackflächen eine vom Trepperraum zum Brandgeschoss gerichtete Durchströmung und somit Abdichtung zu erreichen. Dabei darf die Türöffnungskraft  $F = 100 \text{ N}$  nicht überschritten werden. Kurze Reaktionszeiten sind für die Funktion der RDA-Anlagen sicherzustellen.

Sobald die Tür des Flures in der „Brandetage“ geöffnet wird, muss diese Tür mit einer Mindest-Luftgeschwindigkeit durchströmt werden. Die erforderliche Strömungsgeschwindigkeit ist abhängig von der Rauchgastemperatur und liegt gemäß EN 12101-6 je nach Anwendungsfall zwischen 0,75 m/s und 2 m/s. Durch den entstehenden Überdruck werden die Rauchgase in die Brandetage zurückgedrückt, sodass der Trepperraum rauchfrei bleibt. Voraussetzung für eine Durchströmung ist eine ausreichend große Abströmöffnung im jeweiligen Geschoss (Bild 9).

Die komplette Broschüre zum Thema Entrauchung sowie weitere Veröffentlichungen des Gesprächskreises Entrauchung können kostenlos über die Geschäftsstelle, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt/Main bestellt oder im Internet heruntergeladen werden. ■

Bilder: VDMA, Fachverband Allgemeine Lufttechnik, Gesprächskreis Entrauchung, Frankfurt/Main

® Internetinformationen: [www.luftreinhaltung.vdma.org](http://www.luftreinhaltung.vdma.org)