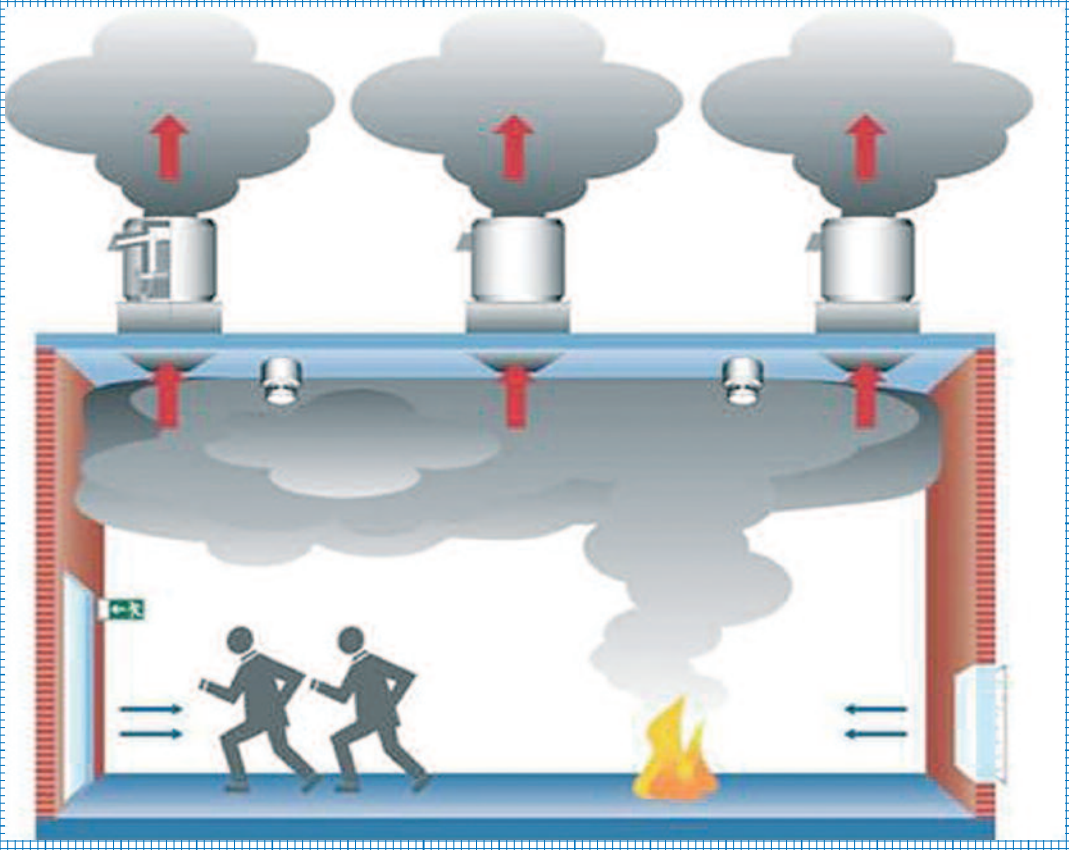
X Fans

Grundlagen für den Rauch- und Wärmeabzug



TROX® TECHNIK

The art of handling air

X Fans

Bauliche Anlagen müssen so beschaffen sein, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird

Karl-Heinz Quenzel (Jahrgang 1935)

studierte Kälte- und Klimatechnik in Dresden und Berlin. Von 1959 bis 1968 arbeitete er in der Kälte- und Klimabranche als Planungsingenieur, Abteilungsleiter und Chefkonstrukteur bei namhaften Firmen im In- und Ausland. 1967 erhielt er von der FH in Berlin einen Lehrauftrag. Ab 1969 war er als selbstständiger beratender Ingenieur tätig. Seit 1971 steht er als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für die Fachgebiete Klima-, Kälte- und Entrauchungstechnik zur Verfügung.
Er hat sich als Autor zahlreicher Fachbücher sowie Aufsätze über aktuelle kälte-, raumluft- und entrauchungstechnische Themen in Büchern und Zeitschriften einen Namen gemacht.

Weitere Mitarbeiter dieses Fachartikels:

Helmut Hirsch, Kronberg

Grundsätzliche Überlegungen *)

Brandfälle der letzten Zeit führen uns die oft erheblichen Ausmaße, die umfangreichen Schäden und nicht zuletzt den schmerzenden Verlust von Menschenleben ins Bewusstsein. Das Feuer als auslösender Faktor für diese Katastrophen und die sich daraus entwickelnden Produkte wie Rauch und Wärme stellen die eigenlichen Gefahren vor allem im „gefangenen Zustand", d. h. innerhalb des Gebäudes, dar. Dabei zeigt die Praxis, dass der Brandrauch gegenüber der Wärme (Flammen) die größere Gefahr für Menschen darstellt. Statistiken über ausgewertete Brände [1] machen deutlich, dass etwa 2/3 der Todesursachen auf Erstickung und Vergiftung durch Rauch sowie ca. 1/3 auf Verbrennungen und Einsturz von Gebäudeteilen zurückzuführen sind. Diese Tatsache soll einen Hinweis darauf geben, welche Rangordnung dem Rauch hinsichtlich der Gefährdung des Menschen im Brandfall zukommt. Darüber hinaus fördern Brandrauch und Brandgase von hoher Temperatur, verbunden mit dem thermischen Auftrieb, das „Vorwärmen" noch nicht brennender Bereiche, und damit die Ausbreitung des Brandes.

Aus diesen im Brandfall entstehenden Zuständen und Gefahren ergeben sich für die Gebäudetechnik im Rahmen des vorbeugenden Brandschutzes Aufgaben, die sich in Bezug auf den RAUCH auf die Entrauchung, die Rauchverdünnung sowie die Rauchfreihaltung bestimmter Bereiche eines Gebäudes beziehen.

Zur Reduzierung der Brandausbreitung muss neben dem Rauch die entstehende Wärme aus dem Gebäude geführt werden. In der modernen Gebäudetechnik sind deshalb Einrichtungen zum Rauch- und Wärmeabzug, kurz RWA genannt, unerlässlich.

*) Auszug aus dem Fachbuch des Verfassers: „Rauch- und Wärmeabzugsanlagen – im Rahmen des vorbeugenden Brandschutzes" 2. überarbeitete Ausgabe, Office 213-Verlag, Berlin.

Es handelt sich dabei um spezielle Einrichtungen, die entsprechend der Gebäudesituation, der brandbelasteten Räume sowie der Ausbildung der Flucht- und Rettungswege festgelegt und bemessen werden.

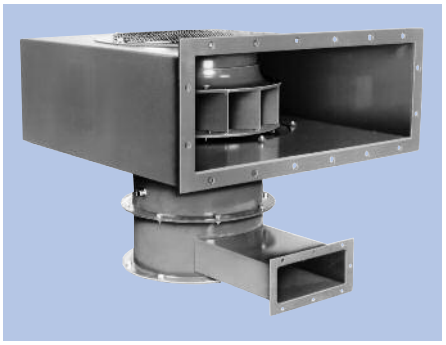
Die Notwendigkeit solcher Einrichtungen ist unbestritten. In der Praxis bedarf es jedoch eines gewissen Durchsetzungsvermögens hinsichtlich ihrer Anwendung, da ihr Einsatz im Rahmen der Gebäudetechnik nicht als nutzbringende, sondern „nur" als vorbeugende Maßnahme angesehen wird.

Die Anwendung und Auslegung eines wirksamen Rauch- und Wärmeabzuges stützen sich z. Z. auf die nur andeutungsweise formulierten Forderungen in den Bauordnungen der Bundesländer sowie auf die nur zögernd herausgegebenen DIN-Normen und Richtlinien. Wenn auch in den Instituten und Fachausschüssen technische Grundlagen vorbereitet werden, dürfte noch eine geraume Zeit vergehen, bis umfassende, verbindliche Richtlinien bestehen und diese zum technischen Allgemeingut für die Planung geworden sind.

Definition

Definitionen geben einen Einblick in die Zusammenhänge der hier angesprochenen Technik. Nach DIN 14011 [2] und DIN 14096 [3] erstreckt sich der vorbeugende Brandschutz in der Gebäudetechnik ganz allgemein auf Maßnahmen zur Verminderung eines Brandausbruches und der Brandausbreitung sowie zur Sicherung der Rettungswege. Sie bilden die Voraussetzungen für einen wirkungsvollen abwehrenden Brandschutz. Der vorbeugende Brandschutz ist zunächst als Sammelbegriff einzuordnen.

Entrauchung-Dachventilator Baureihe BVD für F400/600 (gepr. nach EN 12101, T3/CE 0761-CPD-006+007))



Entrauchungs-Wandventilator Baureihe BVW-R für F600 (geprüft nach EN 12101, T3/CE 0761-CPD-0034)

Er schließt die vorbeugenden Maßnahmen des baulichen, betrieblichen und organisatorischen Brandschutzes ein. Diese allgemein gehaltene Formulierung lässt bereits ahnen, dass jedes Gebäude entsprechend seiner Größe, seiner Funktion (Nutzung) und den technischen Einrichtungen entsprechend individuell zu beurteilen ist und gezielte Maßnahmen erfordert. Diese setzen ein Sicherheitskonzept voraus, das die charakteristischen Merkmale eines möglichen Brandes bereits im Planungsstadium in Betracht zieht. In der Beurteilung sind neben dem Gebäude selbst

– die Lage des Gebäudes,
– die Brandabschnitte,
– die Fluchtwege, sowie,
– die betriebstechnischen Anlagen.

einzubeziehen. Aus dieser Sicht ergeben sich die Aspekte des vorbeugenden baulichen und betrieblichen Brandschutzes. In diesem Rahmen können die Einrichtungen des Rauch- und Wärmeabzuges je nach Aufgabenstellung sowohl den vorbeugenden baulichen als auch den betrieblichen Brandschutz zugeordnet werden.

Technische Änderungen vorbehalten

Das Baurecht

Das Baurecht drückt sich durch die Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes aus. Es gilt für die Errichtung aller baulichen Anlagen und Einrichtungen. Ergänzt wird es durch baurechtliche eingeführte Normen für klassifizierte Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile.

Bei Durchsicht der Bauordnungen der einzelnen Bundesländer hinsichtlich des Rauch- und Wärmeabzuges fällt im wesentlichen der folgende Kernsatz auf, der in allen bundesdeutschen Bauordnungen angeführt ist. Darin [4] heißt es im Hinblick auf den Rauch- und Wärmeabzug unter § 17 Absatz 1:

„Bauliche Anlagen müssen so beschaffen sein, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“

Unter Beachtung dieser allgemeingehaltenen Forderungen wird zumindest das Ziel der Bestrebungen deutlich. Es ist die Vorsorge zur Erlangung eines Höchstmaßes an Sicherheit im Brandfall. Global ausgedrückt bedeutet dies:

– Begrenzung der Brandausbreitung,
– Sicherung der Rettung von Menschen und Tieren,
– Sicherstellung des Löschangriffs.

Bei dem Ineinandergreifen von Gebäude-, Installations- und Einrichtungstechnik wird deutlich, dass die Bestrebungen zur Erlangung dieses Zieles nicht begrenzt, sondern immer im Zusammenhang gesehen und beurteilt werden müssen. So bilden die vorbeugenden Maßnahmen im Rahmen des Rauch- und Wärmeabzuges immer einen Bestandteil der Schutzziele des gesamten Gebäudes.

Die Vielfältigkeit der mit dem Rauch- und Wärmeabzug verbundenen Überlegungen machen deutlich, dass die allgemein gehaltenen Forderungen im Rahmen des Baurechts hinsichtlich der gegebenen technischen Möglichkeiten ausgefüllt werden müssen. Dabei ist nicht nur die richtige Anordnung und ausreichende Bemessung der Einrichtungen, sondern auch deren Funktionserhalt im Brandfall gefordert.

Der Brand

Bei Ausbruch eines Brandes läuft unter Wärme- und Rauchentwicklung eine chemische Reaktion zwischen den brennenden Stoffen und dem durch die Umgebungsluft gebundenen Sauerstoff ab. Die dabei durch Wärmeentwicklung freigesetzten Gase entzünden sich und fördern somit die Ausbreitung des Brandherdes.

Voraussetzungen für einen Brandausbruch und die daran anschließende Ausweitung sind das Vorhandensein brennbarer Stoffe, die Zufuhr von Sauerstoff sowie die Zündenergie als „auslösender Funke“. Während des Verbrennungsvorganges – Umsetzung chemischer Energie in Wärmeenergie – entstehen Verbrennungsprodukte wie Rauch, Zersetzungsprodukte, Wärme und Rückstände, Bild 1 [5].

Für den weiteren zeitabhängigen Ablauf bzw. die Entwicklung eines Brandes sind neben dem Vorhandensein von brennbaren Stoffen entscheidend:

– Oberflächenstruktur,
– Anordnung und Lagerung,
– Größe des Raumes,
– Luft- und Rauchaustausch zwischen innen und außen.

Diese von Fall zu Fall sehr unterschiedlichen Gegebenheiten bilden den Rahmen für die zu erwartende Energiefreisetzung und das sich daraus entwickelnde Brandverhalten. Dieses wird im allgemeinen gekennzeichnet durch:

1. Zündphase,
2. anschließender Schwelbrand,
3. „flash over“ und die damit ausgelöste Erwärmungsphase,
4. Übergang zum vollentwickelten Brand,
5. anschließende Abkühlphase.

Die erste Feuererscheinung und anschließende Flammenbildung, verbunden mit ausreichend brennbarem Material in der Nähe des Zündpunktes, leiten den Übergang zur Schwelbrandphase ein. Dabei nehmen Flammenbildung, Wärme- und Rauchentwicklung sowie die Temperatur in der Umgebung des Brandherdes nur geringfügig zu. Sowohl die Dauer dieser Phase als auch der Temperaturverlauf hängen vom Verhalten der Masse und der brennbaren Stoffe sowie der Luftzufuhr ab.

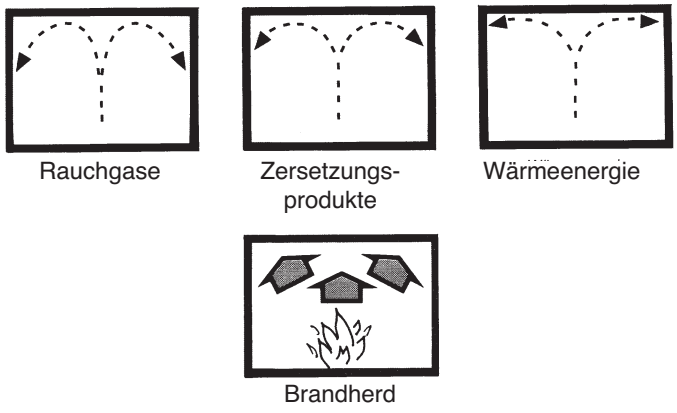


Bild 1: Vom Brand erzeugte Verbrennungsprodukte und ihre Verteilung im Raum

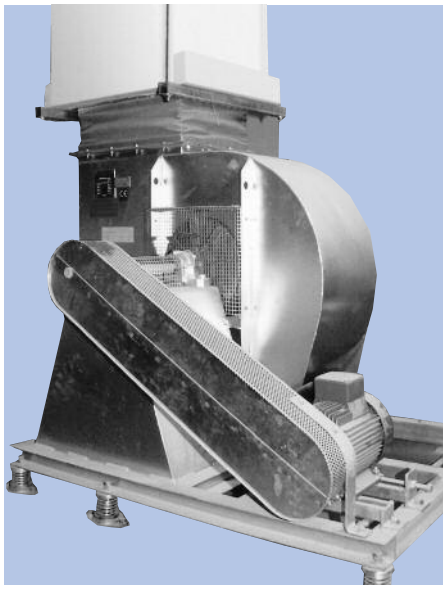
Technische Änderungen vorbehalten

Ist einer dieser Faktoren im Sinne der Brandentwicklung unzureichend, wird die Schwelbrandphase nicht überschritten. Fallen sie dagegen positiv im Sinne der geschilderten Entwicklung zusammen, heizt sich die Umgebung des Brandherdes durch die freiwerdende Wärme auf. Die entstehenden Zersetzungsprozesse an den Oberflächen der Materialien führen zur Bildung brennbarer Gase. Beim Überschreiten einer bestimmten Konzentrationsgrenze der Zersetzungsprodukte (Gase) tritt eine Verpuffung ein, die alle brennbaren Stoffe dieses Bereiches erfasst und zündet. Diesen Feuersprung vom Schwelbrand zum offenen Feuer bezeichnet man mit dem Begriff „flash over“.

Daraus entsteht der vollentwickelte Brand, der sich zunächst durch die Erwärmungsphase, sprich Temperaturanstieg und zunehmende Rauchentwicklung im Brandraum, auszeichnet. Der Anstieg der Temperatur ist in dieser Phase stark ausgeprägt.

Nach dem Überschreiten des Temperaturmaximums beginnt die Abkühlphase. Dies bedeutet, dass entweder die brennbaren Stoffe durch den Brand verbraucht sind, die Luftzufuhr unterbrochen wurde oder der Löschvorgang eingesetzt hat. Um Missverständnissen vorzubeugen, muss darauf hingewiesen werden, dass sich bei Sauerstoffmangel also durch Drosselung der Luftzufuhr, zwar eine Reduzierung der Flammenausbreitung im Raum erreichen lässt, sich dafür aber u. U. unverbrannte Gase ansammeln, die bei nachträglicher Zündung durch zeitverzögernde Luft-(Sauerstoff-)Zufuhr zu explosionsartiger Verbrennung führen kann.

Zur Beurteilung eines wirksamen Rauch- und Wärmeabzuges für einen Raum oder Bereich ist zunächst dessen Brandverhalten einzuschätzen. Als Eckwerte dienen dazu die erkennbaren Brandlasten, die Ventilationsverhältnisse im Raum sowie die Abbrandgeschwindigkeiten und der damit verbundene Masseverlust. Unter Einbeziehung dieser zu betrachtenden Eckwerte lassen sich die allgemeine Brandentwicklung, die dabei freiwerdende Rauchgasvolumen sowie die Temperaturentwicklung abschätzen.



Entrauchungs-Radialventilator Baureihe BVRA für F600 (geprüft nach EN 12101, T3/CE 0761-CPD-0037)

Die Brandgasbelastung eines Raumes ist nach DIN 18230 Teil 1 1998-05 wie folgt definiert:

Die rechnerische Brandbelastung q_R setzt sich aus der rechnerischen Brandbelastung ungeschützt vorliegender Stoffe (q_{Ru}) und aus der rechnerischen Brandbelastung von Stoffen im geschlossenen System (q_{Rg}) zusammen:

$$q_R = q_{Ru} - q_{Rg} \text{ in kWh/m}^2 \qquad (3)$$

Die rechnerische Brandbelastung q_{Ru} der ungeschützten Stoffe wird nach Gleichung (4) berechnet, die rechnerische Brandbelastung q_{Rg} der geschützten Stoffe nach Gleichung (5).

$$q_{Ru} = \frac{\Sigma(M_1 \cdot H_{u1} \cdot m_1)}{A_E} \text{ in kWh/m}^2 \qquad (4)$$

$$q_{RuR} = \frac{\Sigma(M_1 \cdot H_{u1} \cdot \psi_1)}{A_E} \text{ in kWh/m}^2 \qquad (5)$$

Dabei ist:

M_1 = Heizwert des einzelnen Stoffes in kWh/kg,

m_1 = Abbrandfaktor des einzelnen brennbaren Stoffes,

$\psi 1$ = Kombinationsbeiwert, berücksichtigt das Zusammenwirken ungeschützter und geschützter Brandbelastungen,

A_E = Fläche des Brandbekämpfungsabschnittes in m²,

H_{u1} = Heizwert der einzelnen Stoffe in kWh/kg.

Bei der Beurteilung eines Raumes sind alle brennbaren Bau-, Betriebs- und Lagerstoffe einschließlich deren Verpackung sowie deren Bekleidung/Verkleidung im Endausbau/Gebrauchszustand in Rechnung zu stellen. Dies bedeutet die Erfassung aller in Frage kommenden brennbaren Massen, die Feststellung der entsprechenden Heizwerte, Abbrandfaktoren [7] und ggf. den Kombinationsbeiwert sowie die rechnerische Darstellung.

Die Ventilationsverhältnisse eines Raumes geben Aufschluss über den möglichen Rauch-, besonders aber über den Wärmeabzug. Sie lassen sich näherungsweise nach der Anordnung und Größe der vorgegebenen Raumöffnungen oder durch die Herstellung eines künstlichen Luftstromes mittels Ventilatoren durch den sogenannten Lüftungsfaktor bestimmen.

Brandversuche [9] haben gezeigt, dass bei einem vollentwickelten Brand die Energiefreisetzung und damit näherungsweise auch die Abbrandgeschwindigkeit dem Lüftungsfaktor proportional sind. Dies bedeutet die Zunahme des Brandgeschehens mit ansteigendem Lüftungsfaktor. Insofern ist bei der Beurteilung von Räumen mit hoher Brandbelastung und gleichzeitig guten Ventilationsverhältnissen mit einem intensiven Brandverlauf bei entsprechender Temperatur- und Rauchentwicklung zu rechnen.

Der Brandverlauf, d.h. die Schnelligkeit des Abbrennens, die Abbrandgeschwindigkeit (Massenverlust) und die damit zusammenhängende Ausbreitungsgeschwindigkeit, lässt sich für den tatsächlichen Brand nicht exakt vorausbestimmen. Dazu sind die bei einem Brandereignis gegebenen und sich einstellenden Begleiterscheinungen zu vielfältig. Es muss deshalb auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden, die entweder auf-

Technische Änderungen vorbehalten

grund von Versuchen oder durch tatsächliche Brände ermittelt werden.

Als Orientierungswert der spezifischen Abbrandgeschwindigkeiten kann für Räume mit Einrichtungsgegenständen aus Holz mit v_b = 0,65...0,90 kg/m² min. gerechnet werden [10]. Es handelt sich dabei um diejenige Menge des betreffenden Stoffes, die innerhalb einer Zeiteinheit in der Brandzone verbrennt. Er wird außer von der Art und den Eigenschaften des Materials von den oben beschriebenen, den Brand einflussnehmenden Fakten bestimmt.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Brandes ist das Maß, in der sich die Brandfläche in einer betrachteten Zeit vergrößert. Ihre spezifischen Werte können in Wohn- und Geschäftshäusern bei einem sich vollentwickelnden Brand von v_r = 1,00...1,20 m/min. [10] annehmen. Ihre Größe wird u. a. durch die der Abbrandgeschwindigkeit bestimmt. Mit diesen Werten v_b und v_r und unter der Annahme einer linearen Ausbreitungsgeschwindigkeit v_r lässt sich sowohl die zu erwartende Größe der Brandfläche A_b als auch der Masseverlust ΔM des verbrauchten Materials bei kreisförmiger Brandausbreitung in Abhängigkeit der Zeit t nach Ausbruch des Brandes annähernd berechnen.

$$\Delta M = \pi/3\ v_b \cdot v_r^2 \cdot t^3 \text{ in kg} \qquad (6)$$

Mit Hilfe der Gleichung (6) über den Massenverlust lässt sich das entstehende Brandrauchvolumen zumindest in der Anfangsphase eines Brandes relativ gut einschätzen.

Die Temperaturentwicklung im Brandraum sowie die Höhe der Brandrauch-Temperatur lassen sich wegen der mannigfaltigen Einflüsse nur grob einschätzen. Zunächst sei darauf hingewiesen, dass die Temperatur am Brandherd bis zum Ende der Schwelbrandphase sehr geringfügig ansteigt.

Dagegen wird der eigentliche stetig ansteigende Temperaturverlauf erst durch den Zündpunkt des flash over ausgelöst. Aussagen über den praktischen Brandverlauf sind nur aus Brandversuchen bekannt, die zwar im wesentlichen Verlauf der ETK besonders im Anfangsstadium bestätigen, im weiteren Verlauf jedoch in Abhängigkeit der Brandlast und der Ventilationsverhältnisse des Raumes teilweise erheblich von der ETK abweichen.

Die Kurven in Bild 2 zeigen einige Temperaturverläufe englischer Versuche in einem speziell errichteten Brandraum, der mit verschiedenen Brandlasten in Form von Holzkrippen und bei unterschiedlichen Ventilationsbedingungen „beheizt“ wurde [11]. Die ETK wird dabei gewissermaßen als „Mittelwert“ deutlich. Der Kurvenverlauf der Einzelversuche lässt jedoch eindeutig die Abhängigkeit des Temperaturanstieges von der Brandlast sowie den Ventilationsbedingungen erkennen.

Der Brandrauch ist, das wurde bereits erwähnt, in seiner Gefährlichkeit mindestens so hoch einzuschätzen wie die Flammenausbreitung oder der Temperaturanstieg.

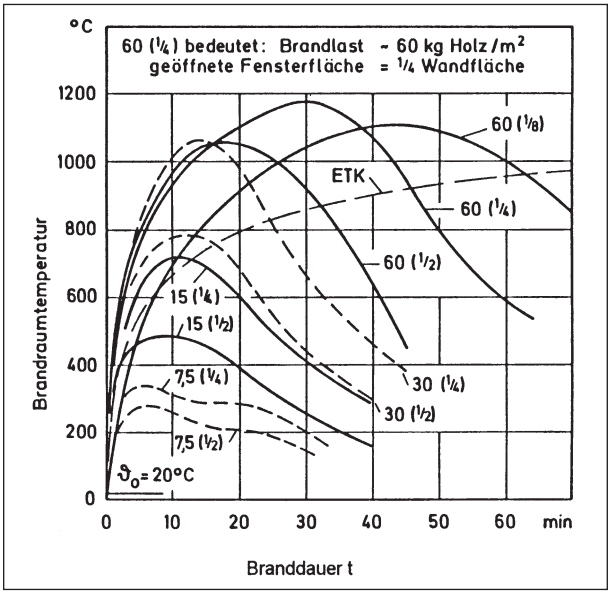


Bild 2: Temperatur-Zeit-Verläufe bei Holzkrippen-Bränden in „Labor-Versuchen“ im Vergleich zur Einheitstemperaturzeitkurve

Bei dem Verbrennungsprozess entsteht, einmal abgesehen von der Temperaturentwicklung, ein Gemisch aus festen und flüssigen Partikeln wie Ruß, Staub (Flugasche) und Kondensat in Verbindung mit gasförmigen Stoffen (Kohlenmonoxyd, Schwefeldioxyd, Wasserdampf, Stickstoff und bei unvollkommener Verbrennung Kohlenmonoxyd). Bestandteile bzw. Qualität des Brandrauches sind abhängig von der Art des brennenden Materials, der Frischluftzufuhr sowie der sich einstellenden Temperatur. Da die Temperaturen im Bereich des Brandherdes sehr unterschiedliche Werte aufweisen, kommt es keineswegs immer zur vollkommenen Verbrennung. Der Rauch führt deshalb auch unverbrannte Gase mit sich, die nachträglich abbrennen, zur Kondensation führen oder auf den Brandraum verlassenden Rauch übergehen. Während der Anfangsphase eines Brandes ist die Rauchentwicklung und -ausbreitung das erste gefährliche Kriterium, während sich die Temperatur in der Umgebung des Brandes zunächst nur allmählich erhöht. Dieser Ablauf wird in Bild 3 verdeutlicht und durch die Darstellung der Rauchentwicklung vervollständigt [12]. Diese zeitabhängige Rauch/Temperatur-Entwicklung macht die Gefahren während der Dauer eines Brandes deutlich und lässt erkennen, dass bereits während der niedrigen Temperaturphase erhebliche Rauchmengen anfallen.

Die Gefahren für Mensch, Tier und Material, die vom Brandrauch ausgehen, sind bekannt. Hierbei spielt auch die Färbung des Rauches besonders im Hinblick auf den Rettungs- und Löschangriff eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Technische Änderungen vorbehalten

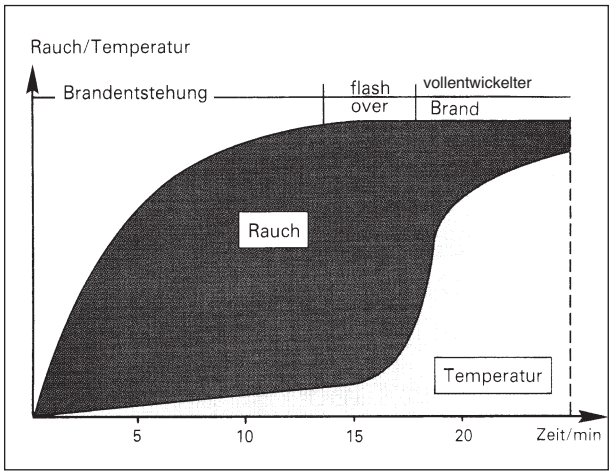


Bild 3: Rauch- und Temperaturentwicklung ohne Rauch- und Wärmeabzug

Je schwärzer der Rauch, um so geringer die Sichtweite und je größer die Gefahr, die Fluchtwege oder den Brandherd nicht rechtzeitig zu erkennen. Während brennende Möbel aus Holz einen verhältnismäßig hellen Rauch abgeben, nimmt die Dunkel-Färbung über Papier, Textilien, Kunststoffen bis zu Gummi, Teer- und Ölprodukten zu.

Der Brandraum

Bei Ausbruch eines Brandes entstehen, wie bereits dargestellt, die Hauptverbrennungsprodukte in Form von Wärme und Rauch. Innerhalb geschlossener Räume wird die freiwerdende Wärme durch Konvektion, Strahlung und Leitung auf die Raumluft, die Einrichtungen und die Raumumfassungsflächen übertragen. Der entstehende Rauch steigt zunächst zur Decke des Brandraumes auf, füllt diesen im Laufe des Brandes aus oder geht auf Nachbarbereiche über.

Als Brandraum wird dabei der Gebäudeteil angesprochen, in dem der Brand entsteht oder in dem er im Brandverlauf übergeht. Es kann sich dabei um einen einzelnen Raum, eine Halle oder einen brandschutzseitig nicht begrenzten Gebäudeabschnitt handeln. Auch wenn nur ein Raum eines Gebäudes vom Brand erfasst wird, so darf der Brandraum nicht isoliert, sondern muss immer im Zusammenhang mit dem Gebäude, seiner Technologie und Belegung beurteilt werden.

Von der durch die Flammen freigesetzten Energie entfallen in grober Schätzung etwa 70 bis 80 % auf Konvektion, etwa 20 bis 30 % auf Strahlung und weniger als 5 % auf Wärmeleitung. Der relativ hohe Konvektionsanteil trägt dazu bei, dass die warmen Brandgase zur Decke des Raumes hin aufsteigen.

Vor allem der Anteil der Strahlungswärme erwärmt die Umfassungsfläche des Raumes sowie dessen Einrichtungen. Diese Vorwärmung der Einrichtungen leistet der Ausweitung des Brandes Vorschub.

Bei zunehmender Rauchschicht, die von der Decke her zum unteren Teil des Raumes „wächst“, erhöht sich der Strahlungsanteil durch den hochtemperierten angestauten Rauch zur Grundfläche des Raumes hin. Dieser Einfluss wird besonders bei hohen Räumen spürbar, in denen sich verhältnismäßig große Rauchmengen mit hoher Wärmekapazität unter der Decke ansammeln können.

Entrauchungs-Wandventilator Baureihe BVW-A für F600 (geprüft nach EN 12101, T3/CE 0761-CPD-0034)

Der dadurch zunehmende Strahlungsanteil fördert die Brandausbreitungsgeschwindigkeit.

Ein geringer Teil der freiwerdenden Wärme wird vor allem durch Berührung mit der Brandfläche über die Umfassungsfläche des Brandraumes abgeführt. Dieser Anteil kann sich durch eine zunehmende Rauchschicht vergrößern.

Aus dem geschilderten Vorgang der Energie- und Rauchausbreitung lässt sich die Folgerung ableiten, dass der Konvektionswärmeanteil bei Öffnung des Raumes steigt und der Strahlungsanteil sowie der Temperaturanstieg im Brandraum abnehmen. Ein Vorgang, der zur thermischen Entlastung des Brandraumes und zur Verringerung der Brandausbreitung beiträgt.

Der sich entwickelnde Rauch bewegt sich vom Brandherd in Form eines Rauchkegels von unten nach oben, indem dieser Luft aus der Umgebung aufnimmt. Sobald das Rauch-Luftgemisch das obere Ende des Raumes erreicht, verteilt es sich horizontal unterhalb der Decke des Raumes. Kann sich der Brand entwickeln, nimmt das Brandrauchvolumen zu, so dass im geschlossenen Raum unterhalb der Decke eine Rauchschicht entsteht, die im Laufe des Brandes zunimmt. Somit ist im Brandraum mit zunehmender Höhe nicht nur eine Rauchverdichtung, sondern auch eine Zunahme der Temperatur gegenüber der unteren Luftschicht zu verzeichnen. Die höchste Temperatur im Brandraum stellt sich daher außerhalb des Brandherdes unterhalb der Decke ein.

Bleibt der Brand unbeeinflusst vom Löschangriff oder von der Öffnung des Brandraumes, nimmt die Rauchschicht im oberen Teil des Raumes zu, d. h. die Rauchschicht wächst von oben nach unten. Bei großen Raumhöhen bildet der obere Teil des Raumes eine Art Rauchspeicher. Im Falle des ausreichend bemessenen Rauchabzuges kann das Rauchpolster unter der Decke des Brandraumes gehalten und eine angestrebte

Technische Änderungen vorbehalten

rauchfreie Schicht aufrecht erhalten werden.

Bei niedrigen Räumen steht dem aufsteigenden Brandrauch eine nur geringe Steighöhe zur Verfügung. In diesen Fällen ist mit einer geringeren Luftmitnahme aus dem Brandraum und entsprechend höheren Temperaturen innerhalb der Rauchschicht besonders unterhalb der Decke zu rechnen. Insofern stellt sich in niedrigen Räumen gegenüber Hallen o. ä. Bauwerken bei vollentwickelten Bränden die Phase des flash over in kürzeren Zeitabständen ein.

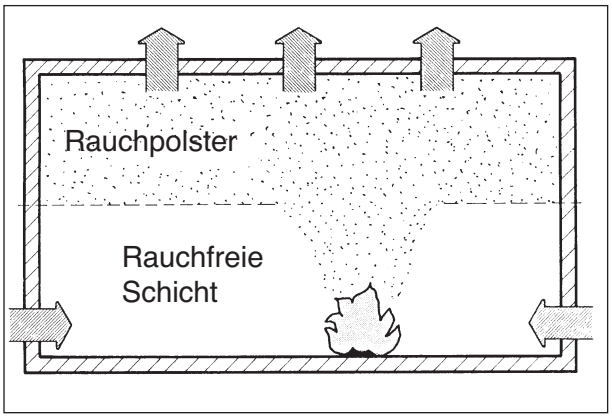


Bild 4: Gleichgewichtszustand zwischen zuströmender Luft und abfließenden Rauchgasen unter Einhaltung einer rauchfreien Schicht

Mit dem Temperaturanstieg im geschlossenen Raum ist gleichzeitig auch ein Druck- und Rauch-Volumenanstieg zu verzeichnen. Während der Druckanstieg in absoluten Werten vernachlässigbar ist, nimmt das Volumen des Brandrauches direkt proportional zum Verhältnis der absoluten Temperaturen zu. Hinzu kommt der Umfang der Luftbeimischung im Bereich des Brandherdes, der wiederum vom Umfang des Brandes sowie von der Höhe der Rauchschicht abhängt. Diese u. U. enorme Volumenvergrößerung stellt eines der Hauptprobleme im Brand- und Entrauchungsfall dar.

Soweit der Rauch den Brandraum nicht über Abzugsmöglichkeiten nach außen gelangt, breitet er sich auf Nachbarräume oder angrenzende Flurbereiche aus.

Wird der Brandraum dagegen an bestimmten Stellen gezielt geöffnet, entsteht durch gleichzeitige Luftzufuhr und Brandrauchabgabe eine thermische und brandrauchseitige Entlastung. Bild 4 zeigt die Rauch- und Wärmeabgabe aus dem Brandraum ins Freie. In der unteren Hälfte des Raumes entsteht dabei ein gewisser Unterdruck gegenüber der Umgebung, der das Nachfließen von Umgebungsluft in den Brandraum ermöglicht. Werden diese Öffnungen unter Einbeziehung eines möglichen Brandes, bezogen auf Raumgröße und Rauchentwicklung, richtig bemessen, so sind das Abfließen des warmen Brandrauches und der Zustrom frischer Luft gewährleistet. Bei anhaltendem Brand stellt sich dann unter der Decke ein Rauchpolster – im Idealfall in konstanter Höhe – über dem Boden ein (Gleichgewichtszustand zwischen zuströmender Luft und abfließendem Brandrauch), so dass im unteren Teil genügend Sicht und Atemluft zum Löschangriff gegeben ist. Dabei ist es gleichgültig, ob der Rauch über Öffnungen, als natürlicher oder mit Hilfe von Ventilatoren als maschineller Rauchabzug geführt wird.

Wird dieser Gleichgewichtszustand nicht erreicht, z. B. durch fehlende oder nicht ausreichend bemessene Rauchabzüge, breitet sich der Rauch zunächst im Brandraum sowie innerhalb des Gebäudes aus.

Rauch- und Wärmeabzüge

Rauch- und Wärmeabzugsanlagen kurz RWA genannt, sollen im Brandfall den Rauch und die darin gebundene Wärme nach außen führen, um die geschilderten Gefahren zu mindern.

Um diesen Aufgaben gerecht zu werden, kommen je nach den baulichen Gegebenheiten sowohl natürlich wirkende als auch maschinell betriebene Einrichtungen zum Einsatz. Hinsichtlich der Funktion des Rauch- und Wärmeabzuges werden nach DIN 18232 Teil 1, folgende Arten unterschieden:

- Rauchabzüge (RA) sind Einzelbauelemente eines natürlich wirkenden RWA, die im Brandfall dem Rauchabzug aus einem Gebäude dienen. Ihre Wirkungsweise beruht auf dem thermischen Auftrieb der Brandgase in Abhängigkeit der aerodynamischen bzw. wirksamen Öffnungsfläche, der Einbausituation, dem Windeinfluss, der Größe der Zuluftöffnung sowie dem Zeitpunkt der Öffnung nach Brandausbruch.
- Wärmeabzüge (WA) sind Einzelbauelemente eines natürlich wirkenden RWA, die bei fortentwickelten Bränden heiße Brandgase nach außen abführen und dadurch den flash over verhindern oder zumindestens verzögern. Die Wirkungsweise sowie die äußeren Einflüsse sind mit denen des RA vergleichbar.
- Maschinelle Rauchabzüge MA sind Einzelbauelemente eines RWA, die im Brandfall dem Rauchabzug aus einem Gebäude dienen; im Gegensatz zum RA/RWA erfolgt der Rauchabzug beim MA durch Zwangslüftung (z. B. durch spezielle Ventilatoren).

Die Aufgaben von RA und WA werden in der Praxis mehrheitlich gemeinsam durch Bauelemente in Form von speziellen Decken- oder Wandöffnungen wahrgenommen. Insofern wird in der Praxis vornehmlich vom natürlich wirkenden RWA gesprochen, da über die betrachtete Öffnungsfläche sowohl Rauch als auch Wärme nach außen gelangt. Spezielle Untersuchungen des WA sind in der Regel erst dann von Interesse, wenn es darum geht, tragende Bauteile zu schützen oder die Erreichung der Flammentemperatur bestimmter Baustoffe zu verhindern.

Technische Änderungen vorbehalten

Die maschinellen Rauchabzüge MA mit speziell dafür geeigneten Rauchabzugsanlagen (Entrauchungsventilatoren) sowie den entsprechend ausgebildeten Luft-/Rauchgasführungen werden als MA bezeichnet.

Beide der vorgenannten Systeme haben die Aufgabe, Rauch und Wärme aus den Brandräumen oder Gebäudeteilen nach außen zu führen, um die dargestellten Forderungen im Rahmen des vorbeugenden Brandschutzes zu erfüllen. Sie unterliegen im wesentlichen den gleichen Anforderungen. Durch Bemessung und Auslegung ihrer Bauteile ist eine ausreichende Förderung von Rauch- und Brandgasen bei hohen Temperaturen und gleichzeitig angemessenem Funktionsgehalt zu ermöglichen.

Natürlich wirkender RWA

Mit Hilfe des natürlich wirkenden RWA wird angestrebt, Rauch und Wärme im Brandfall durch die vorgesehenen Öffnungen auf kürzestem Wege ins Freie zu führen, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Notwendigkeit nachfließender Aussenluft. Die Wirkung beruht dabei auf dem sogenannten Kamineffekt, dem Unterschied der Dichte des Gases des zu entrauchenden Raumes sowie der wirksamen Höhendifferenz zwischen Zuluft- und Rauchabzugsöffnung. Erst wenn die natürlichen Gebäudeöffnungen, wie Fenster, Oberlichter usw., für den RWA wegen ihrer Bemessung, Höhenlage oder Anordnung nicht ausreichen, kommen spezielle Geräte im oberen Raum- oder Gebäudebereich zum Einsatz.

Maschinell betriebener RWA (MA)

Bei kritischer Betrachtung eines Gebäudes sind bedingt durch bauliche Gegebenheiten, vorhersehbare Einflüsse durch Windangriff sowie durch das zu erwartende Brandverhalten selbst dem natürlich wirkenden RWA sehr häufig Grenzen gesetzt. Diese zeigen sich vor allem bei:

- fensterlosen oder sehr tief im Gebäude liegenden Räumen mit einem Tiefen-Höhen-Verhältnis > 4,

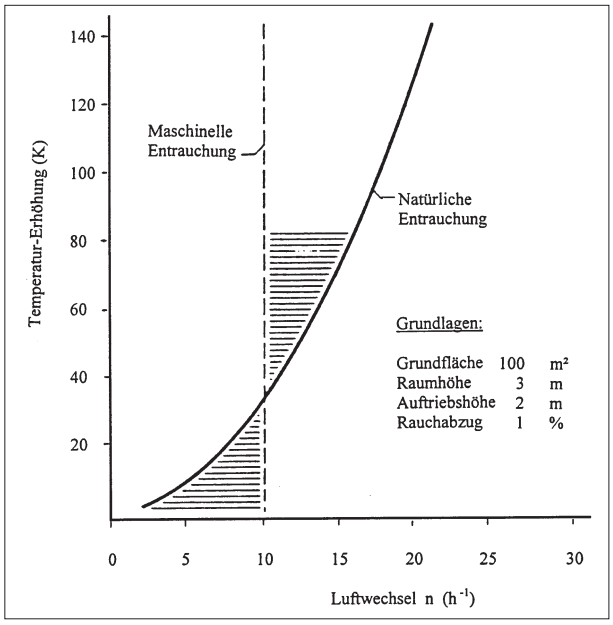


Bild 5: Vergleich der Luftwechsel bei natürlicher und maschineller Entrauchung mit Mindestanforderungen nach dem Baurecht.

- Dach- oder Gebäudeausführungen, bei denen durch Windangriff die natürliche Antriebskraft des Rauches aufgehoben oder u. U. umgekehrt wird,

- Räume, in denen aufgrund ihrer Brandbelastungen, des Abbrandverhaltens, des Einflusses selbsttätiger Löscheinrichtungen (Sprinklerschutz) oder ihre Größe hohe, den Auftrieb fördernde Temperaturen gar nicht entstehen,

- Räume mit hohen Reinheitsanforderungen, in denen auch das Öffnen im Probe- oder Wartungsbetrieb zu Störungen führen würden.

Diese ganz allgemein gehaltenen Aspekte sprechen in der Regel für den Einsatz des MA. Angemerkt sei in diesem Zusammenhang, dass mit der Einschaltung des MA unabhängig von äußeren Bedingungen sofort die volle Leistung, d. h. der volle Volumenstrom für die Entrauchung zur Verfügung steht.

Vor diesem Hintergrund sei ein Blick in Bild 5 erlaubt. Hier werden die theoretischen Leistungen des natürlichen mit dem maschinellen RWA in Abhängigkeit der mittleren Temperaturerhöhung im Brandraum verglichen. Ausgangspunkt sind dabei unterste Forderungen, die im Rahmen des Baurechts an den Rauch- und Wärmeabzug gestellt werden.

Dies bedeutet 1% wirksame Rauchabzugsflächen im Decken- oder Wandbereich bezogen auf die Raumgrundfläche oder die Bemessung maschineller Einrichtungen für einen 10-fachen Luftwechsel bezogen auf den Brandraum. Vergleicht man die mit den Mindestforderungen erzielbaren Leistungen in Bild 5, bezogen auf den sich einstellenden Luftwechsel, miteinander, so werden mit zunehmender Temperaturerhöhung im Brandraum die quantitativen Unterschiede deutlich; d. h.:

- der Volumenstrom des natürlich wirkenden RWA nimmt mit der Branddauer zu,

- der maschinell betriebene RWA weist einen annähernd konstanten Volumenstrom über die Branddauer auf, mit dem Vorteil der sofort zur Verfügung stehenden vollen Leistung.

Die sich daraus ergebene Diskrepanz der Volumenströme bzw. Luftwechsel vor allem über die Zeitspannen bis zum Löschangriff bestärkt die oft geäußerte Besorgnis, vor allem bei den Feuerwehren, gegenüber dem maschinellen RWA. Als Konsequenz ergibt sich daraus die nachhaltige Forderung, dem natürlich wirkenden RWA, soweit vertretbar, den Vorzug einzuräumen oder den maschinellen RWA von vornherein für höhere Luftwechsel auszulegen.

Technische Änderungen vorbehalten

Ventilatoren zum Rauch- und Wärmeabzug

Als Geräte zum Rauch- und Wärmeabzug kommen sowohl Radial- als auch Axial-Ventilatoren in der den Erfordernissen angepassten Bauformen zum Einsatz. Die einschlägige Industrie ist heute in der Lage, Ventilatoren für diesen speziellen Einsatz auf der Volumenstromseite bis ca. 300.000 m³/h sowie auf der Temperaturseite bis 1000°C abzudecken. Die Geräte unterliegen Prüfungen anerkannter Prüfstellen im Hinblick auf Temperaturbeständigkeit und Funktionserhalt.

Entrauchungs-Axialventilator Baureihe BVAXN für F600 (geprüft nach EN 12101, T3/CE 0761-CPD-0012)

Die Prüfungen der TROX-TLT-Ventilatoren erfolgte auf der Basis der DIN-EN 12101, T3 (Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, maschinelle Abzüge MA-Anforderungen an die Einzelteile und Eignungsnachweise). Außerdem besitzen sämtliche TROX-TLT-Entrauchungs-Ventilatoren CE-Kennzeichnungen (EG-Konformitätszertifikate)

Danach werden die Anforderungen an Ventilatoren in die Kategorien 1 bis 4 unterteilt.

Für die Auslegung und Plazierung der Ventilatoren stellen sich für den Planer folgende Fragen [13]:

- Bemessung des Volumenstromes,
- Festlegung der Kategorie,
- Festlegung des Betriebspunktes,
- Plazierung der Geräte,
- Berücksichtigung von Wärmeverlusten,
- Witterungsbedingte Einflüsse,
- Sicherung der Ventilatoren.

Die Bemessung des Volumenstromes basiert auf der Forderung, einen bestimmten Raum oder Bereich im Brandfall wirksam zu entrauchen, bei gleichzeitiger Aufnahme der freiwerdenden Wärme. Der Begriff „wirksam“ drückt in diesem Zusammenhang die Erwartung nach weitgehender Aufnahme der freiwerdenen Rauchgase zur Erreichung einer möglichst niedrigen Rauchgas-Konzentration im Brandraum bzw. zur Erzielung einer angemessenen rauchfreien Schicht aus.

In der Praxis ist es üblich, um die öffentlich-rechtlichen Belange für maschinelle Entrauchungsanlagen zu erfüllen, einen 5- bis 15-fachen Luftwechsel (wobei der 10-fache überwiegt) festzulegen. Mit dieser generellen Festlegung ist keineswegs in jedem Fall mit einer wirksamen Entrauchung im erforderlichen Sinne zu rechnen. Es genügt also nicht, sich an Luftwechselzahlen festzuhalten. Entscheidend ist vielmehr der durch den betrachtenden Raum geführte Volumenstrom.

Aus der Sicht einer effektiven Entrauchung ist es notwendig, den jeweiligen Raum im Hinblick auf die Brandausbreitungsgeschwindigkeit, seiner Grundfläche und Höhe genau zu untersuchen. Dabei stellt sich sehr schnell heraus, dass bei einer mittleren Brandausbreitungsgeschwindigkeit in grober Annäherung mit Luftwechselzahlen in folgenden Größenordnungen zu rechnen ist, um den entsprechenden Rauch voll aufzunehmen und abführen zu können:

Raumvolumen in m³				
500	1.000	5.000	10.000	50.000
Luftwechsel in h^{-1}				
100	50	10	5	2

Soweit diese Werte unterschritten werden, ist allenfalls mit einer Rauchverdünnung zu rechnen.

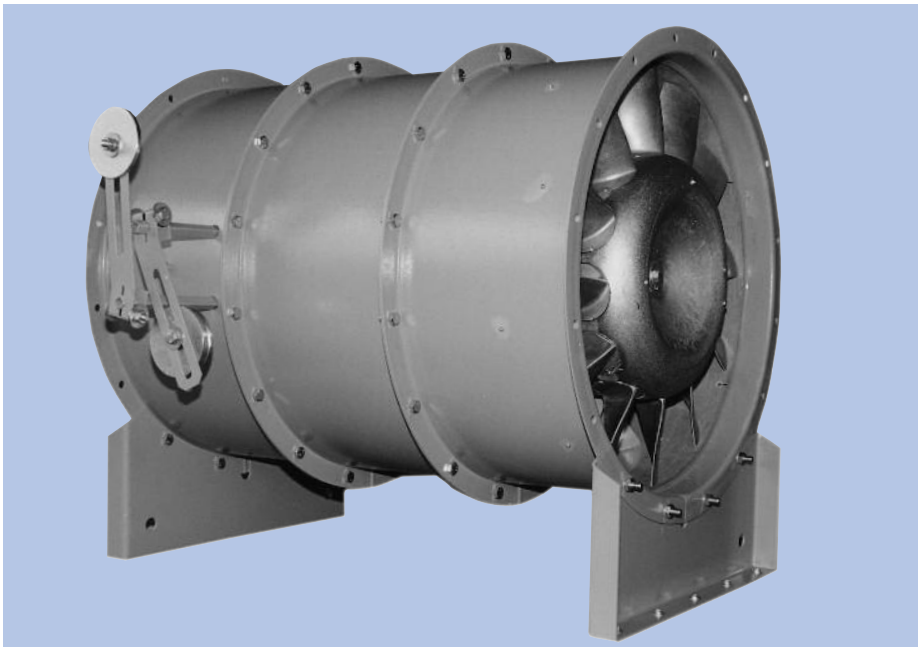
Hinsichtlich der Temperaturbeständigkeit sind bei der Auslegung die Einordnung der Ventilatoren im Rahmen de Kategorien 1…3 nach DIN 18232E Teil 6 entsprechend der im Brandfall zu erwartenden Brand-Ablufttemperaturen zu berücksichtigen. Dabei lassen sich Ventilatoren der Kategorie 1, z. B. für gesprinklerte Bereiche, für Räume mit sehr geringen Brandlasten oder für sehr große Räume (Hallen) verwenden. Ventilatoren der Kategorie 2 kommen hauptsächlich dann zum Einsatz, wenn mehrere Räume oder Raumgruppen gleichzeitig über ein System entraucht werden und so mit Luftbeimischungen im Leitungssystem zu rechnen ist. Der Einsatz von Ventilatoren der Kategorie 3 bleibt in den überwiegenden Fällen der Einzelraumentrauchung von kleineren Räumen mit erheblicher Brandlast vorbehalten.

Die Auslegung des Ventilators sowie die Festlegung des Betriebspunktes ergibt sich aus der Übereinstimmung des Druckverlustes im Leitungssystem mit der Druckhöhe des Ventilators unter Berücksichtigung des erforderlichen Volumenstromes.

In der Praxis ist bedauerlicherweise immer wieder festzustellen, dass die gemessenen Volumenströme gegenüber der Anlagenauslegung in vielen Fällen nicht erreicht werden. Die fehlenden Luftmengen sind oft so groß, dass das nachträgliche Auswechseln von Ventilatoren oder der Einsatz von Schubgebläsen notwendig sind. Der Grund dafür liegt einmal in der unzureichenden Berechnung der Druckverluste und zum anderen in der Vernachlässigung der Leckverluste im Leitungssystem.

Die Plazierung des Ventilators darf nicht im sogenannten Brandraum (zu entrauchender Bereich) erfolgen, wenn zu erwarten ist, dass die Brandraumtemperatur die zulässige Temperaturengrenze des Ventilators selbst, der Antriebselemente oder die der Energieversorgungen übersteigt. Oft aus Unkenntnis über ein mögliches Brandereignis sowie dessen

Technische Änderungen vorbehalten



Entrauchungs-Axialventilator mit selbsttätiger Verschlussklappe Baureihe BVAXN 12/56 für F400 (geprüft nach EN 12101, T3/CE 0769-CPD-0011)

Temperaturentwicklung werden die Ventilatoren häufig im Brandraum installiert. In dem Moment, in dem die Brandraumtemperatur die zulässigen Temperaturen der oben aufgeführten Elemente übersteigt, ist die Funktion der Entrauchungseinrichtung in Frage gestellt. Es gilt deshalb die grundsätzliche Regel, die Plazierung des Ventilators außerhalb des Brandraumes vorzunehmen, soweit dieser nicht speziell für eine solche Aufstellung ausgelegt und geprüft ist. Der Berücksichtigung von Wärmeverlusten ist Rechnung zu tragen.

Falls der Ventilator aus baulichen Gründen innerhalb des Gebäudes aufgestellt werden muss, ist dafür zu sorgen, dass die im Brandfall vom System an den Aufstellungsraum übergehende Wärme die Sicherheit der Funktion vor allem im Hinblick auf Antrieb und Energieversorgung nicht beeinträchtigt. Dies bedeutet, Vorkehrungen zu treffen, die eine sichere Wärmeabfuhr aus dem Aufstellungsraum gewährleistet. Hinsichtlich witterungsbedingten Einflüssen für die im Freien aufgestellten Ventilatoren sind ggf. Vorkehrungen zu treffen. So darf sich im Ventilator kein Niederschlags- oder Kondenswasser ansammeln. Es muss deshalb sichergestellt sein, dass anfallendes Wasser über zweckentsprechende Stutzen oder Öffnungen ablaufen kann. Im Extremfall besteht Einfriergefahr der Ventilatoren bei Außenaufstellung. Der Winddruck auf Dächern kann besonders bei Ventilatoren mit großen Angriffsflächen zu Problemen führen. Die notwendige erschütterungsisolierte Aufstellung der Geräte setzt besondere Schwingungsdämpfer, die vertikal und horizontal wirken sowie besondere elastische Verbindungsstutzen zur Leitungsführung voraus. Starker Windeinfall kann in diesem Zusammenhang zu Pendelbewegungen und damit verbundenen Kräften führen, die sowohl Schwingungsdämpfer lösen als auch die Verbindungsstutzen zerstören. Aus diesem Grund sind in Bereichen hohen Windeinfalls entsprechende Vorkehrungen zu treffen. So lassen sich kleinere Ventilatoren durch Winddruckanschläge an den Grundrahmen und größere durch abgefederte Seilspannungen sichern. Sicherungen der Ventilatoren gegen Eingriffe oder Beschädigungen von außen runden die notwendigen Maßnahmen zur funktionsgerechten Aufstellung ab. Sicherungen dieser Art sind überall dort vorzusehen, wo sich unbefugte Personen oder spielende Kinder in unmittelbarer Nähe des Aufstellungsortes aufhalten.

In der Regel handelt es sich dabei um die Aufstellung der Geräte auf Höfen, Dach- oder Garten-Terrassen. Bei dieser Aufstellung ist es notwendig, Abgitterungen der Geräte vorzusehen, die sowohl einen unbefugten Eingriff verhindern als auch eine Durchführung von Wartungsarbeiten ermöglichen.

Literatur

[1] Esser, R.; Die Projektierung von Brandmeldeanlagen in Beherbergungsbetrieben. Consulting 6/1980.

[2] DIN 14011, Teil 5 Begriffe aus dem Feuerwehrwesen, Brandschutzeinrichtungen.

[3] DIN 14096 Brandschutzverordnung

[4] MBO Musterbauordnung 2. Auflage 1996, Kulturbuchverlage-GmbH, Berlin.

[5] FVL Informations-Heft 1.

[6] DIN 18230, Teil 1; Baulicher Brandschutz im Industriebau. Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer.

[7] DIN 18230, Beiblatt 1; Baulicher Brandschutz im Industriebau. Abbrandfaktoren m und Heizwerte.

[8] DIN 18230, Teil 2; Baulicher Brandschutz im Industriebau. Emittlung des Abbrandfaktors m.

[9] Thomas, P. H.; Some Studies of Building Fires Using Models. Publication 786, National Academy of Sciences-National Research Council. Wachington D. C. 1961.

[10] Iwannikow, W. P., Kljus, P.P., Masur, L.K.; Berechnung der Kräfte und Mittel der Feuerwehr für die Brandbekämpfung. VB, Wissensch.-techn. Beilage 8/1972.

[11] K. Krodina, C. Meyer-Ottens; Beton-Brandschutz-Handbuch, Beton-Verlag 1981.

[12] Obuchow, Rauch- und Temperaturentwicklung ohne Brandentlüftung. Forschungsergebnisse Universität Moskau, VB 1/86.

[13] Quenzel, K.-H.; Rauch- und Wärme-Abzugsanlagen, 2. Auflage, Office 213-Verlag, Berlin.

[14] DIN-EN V 12101, Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, maschinelle Abzüge, MA-Anforderungen an die Einzelteile und Eignungsnachweise.

Technische Änderungen vorbehalten

Die Entstehung des Brandgasventilators,
von Helmut Hirsch, Kronberg

Anfang der 70er Jahre entstand bei dem führenden Hersteller von Verpackungsfolien, der Firma KALLE AG in Wiesbaden, ein Brand in der Produktionshalle für PVC-Folien. Vermutlich durch ein heißgelaufenes Lager hatte sich eine geringe Menge PVC entzündet und es kam zu einem kleinen lokalen Schwelbrand mit allerdings erheblicher Rauchentwicklung. Die Folge war ein Schaden in Millionen Höhe.

Grund: Die beim Verbrennen von PVC sich bildenden Salzsäuredämpfe griffen sämtliche Blankteile der Folienherstellungsmaschine an. Die Maschine musste daraufhin verschrottet werden. Die KALLE-Werksfeuerwehr wandte sich daraufhin an BSH in Bad Hersfeld, dem Haus- und Hof-Lieferanten für Ventilatoren, mit dem Auftrag, einen Dachventilator zu entwickeln, der in der Lage sein sollte, Rauch, Schadstoffe sowie heiße Brandgase über Dach abzuführen. BSH (heute Turbo-Lufttechnik) entwickelte aus dem serienmäßigen Dachlüfterprogramm einen Brandgas-Dachventilator für „höhere Temperaturen“, der dann nach umfangreichen Werksprüfungen auf 600°C Temperaturbeständigkeit über einen Zeitraum von 2 Stunden deklariert wurde.

Der Brandgasventilator (heute als Entrauchungs-Ventilator bezeichnet) war geboren – der Markt für eine Serienfertigung bzw. für einen nennenswerten Umsatz aber noch nicht vorhanden. Wer kannte damals schon Entrauchungsventilatoren für stationären Einbau als vorbeugenden Brandschutz!? Durch Mundpropaganda in Feuerwehrkreisen durch Sachverständige und durch intensive Informationen und Akquisition von BSH bei Brandbehörden, Bauämtern, Architekten und Planern wurde dann aber ganz schnell der Sinn und Zweck von Entrauchungs-/Brandgasventilatoren erkannt. Der Markt verlangte dann bald außer dem Brandgas-Dachventilator auch alle mögliche andere Bauweisen, da die Brandgase nicht immer über Dach abgeführt werden können. So entwickelte BSH Brandgasventilatoren für Wandanbau und zur Aufstellung innerhalb des Gebäudes. Heute verfügt die TROX TLT Bad Hersfeld über ein komplettes Programm an Entrauchungs-/Brandgasventilatoren für alle Einsatzbereiche – natürlich geprüft und zertifiziert nach den neuesten europäischen Normen und Vorschriften! Grundlagen dieser Entwicklungen war jedoch ein „kleines Feuerchen“ bei KALLE AG in Wiesbaden!

Technische Änderungen vorbehalten

TROX® TECHNIK

The art of handling air

X Fans

TROX TLT GmbH
Am Weinberg 68
D-36251 Bad Hersfeld
Telefon + 49(0) 66 21 / 950-0
Telefax + 49(0) 66 21 / 950-100
E-mail info@trox-tlt.de

www.trox-tlt.de