

# Neues Verfahren zur Projektierung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Der im Dezember 2001 veröffentlichte Normentwurf DIN 18232 Teil 2 beinhaltet zahlreiche Veränderungen, berücksichtigt verstärkt Maßnahmen des übrigen anlagentechnischen Brandschutzes und lässt nun auch die Verknüpfung zu den »Ingenieurmethoden des baulich vorbeugenden Brandschutzes« zu.

Der im November 1989 unter der Bezeichnung

Baulicher Brandschutz im Industriebau  
**Rauch- und Wärmeabzugsanlagen**  
 Rauchabzüge  
 Bemessung, Anforderungen und Einbau

herausgegebene Teil 2 der DIN 18232 konnte nun nach über zwölf Jahren durch eine grundlegende Überarbeitung als Normentwurf

## Rauch- und Wärmefreihaltung

Teil 2 Rauchabzüge  
 Bemessung, Anforderungen und Einbau

neu herausgegeben werden. Dieser Beitrag beschreibt die durchgeführten Veränderungen und nennt die Grundlagen, auf denen sie beruhen.

Hinter den Kulissen wurde bereits mehrfach versucht, das Papier von 1989 zu verändern, weil dieses neben inhaltlichen Fehlern (z. B. war die Korrekturformel aus Abschnitt 2.3 fehlerbehaftet) und unsauberen Definitionen (z. B. war nicht erkennbar, dass sich die Zuluftfläche nur auf einen max. 1.600 m<sup>2</sup> großen Abschnitt bezog) auch Lücken enthielt. So fanden u. a. mit Rauch- und Wärmeabzugsanlagen kombinierte Sprinkleranlagen oder einfache Rauchmeldersysteme keine Berücksichtigung im Bemessungswerk.

Der im März 1996 herausgegebene Gelbdruck, der schon einen Teil dieser Fehler behob, konnte leider aus formellen Gründen der europäischen Normung nicht als gültige deutsche Norm (Weißdruck) veröffentlicht werden. Verhindert wurde es durch das so genannte europäische Stillhalteabkommen, weil zu dieser Zeit in CEN im TC 191 SC 1 WG 5 an einer europäischen Norm für die Bemessung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen gearbeitet wurde.

Dieses europäische Normungsvorhaben wurde dann aber im September 2000 eingestellt, weil das von der Arbeitsgruppe vorgelegte Ergebnis keine ausreichende Zustimmung in Europa fand. Damit war das Stillhalteabkommen wieder aufgehoben und eine Arbeitsgruppe des Normenausschusses NABau 00.35.00 konnte ab Oktober 2000 die Arbeit wieder aufnehmen und im Dezember 2001 als Ergebnis den Normentwurf zur DIN 18232 Teil 2 der breiten Öffentlichkeit vorstellen.

## KEINE BESCHRÄNKUNG MEHR AUF DEN INDUSTRIEBAU

Die erste Änderung fällt einem schon beim Lesen des Titels ins Auge. Spricht die alte Fassung noch vom »Brandschutz im Industriebau«, zeigt der neue Titel die Einschränkung auf den Industriebau nicht mehr:

»Diese Norm gilt für die Bemessung und den Einbau von Natürlichen Rauchabzugsanlagen (NRA) für Räume mit vertikaler Rauchableitung über Dach durch thermischen Auftrieb nach DIN 18232-1 für eingeschossige Gebäude und das oberste Geschoss mehrgeschossiger Gebäude. Weiter gilt diese Norm für die Bemessung und den Einbau von NRA für Räume mit horizontaler Rauchableitung über Außenwände.«

Im Anwendungsbereich wird dies dann auch ohne Beschränkung auf bestimmte Nutzungen ausgeführt.

## JETZT AUCH RAUCHABLEITUNG DURCH WANDÖFFNUNGEN BERÜCKSICHTIGT

Während die alte Fassung sich ausschließlich auf im Dach eingebaute Rauch- und Wärmeabzüge konzentrierte, die über vertikale Rauchableitung den Rauch über den thermischen Auftrieb aus eingeschossigen Gebäuden oder aus den unmittelbar unter dem Dach mehrgeschossiger Gebäude liegenden Räume ableitete, berücksichtigt dieser Entwurf nun auch die Rauchableitung über Wandöffnungen.

Da es für Rauch- und Wärmeabzugsflächen, die in Außenwänden eines Gebäudes eingesetzt werden – beispielsweise weil die Decke des Raumes nicht gleichzeitig das Dach des Gebäudes ist – zur Zeit aber noch keine anerkannten Verfahren zum Nachweis der aerodynamischen Wirksamkeit solcher natürlicher Rauchabzüge gibt, sind im vorliegenden Entwurf im Rang einer Anmerkung Anwendungen aufgeführt, die sich bereits bewährt haben.

a) Die Rauchabzugsöffnung muss komplett in der Rauchsicht liegen, die Unterkante der Austrittsöffnung mindestens einen Abstand von 0,50 m zur Grenze der kalkulierten raucharmen Schicht einhalten.

b) Für den Einsatzfall bei Windstille ist der angegebene Wert der notwendigen Rauchabzugsfläche mit einem Faktor zu korrigieren, um den Höheneinfluss des Rauchabzuges zu berücksichtigen.

c) Für den Einsatzfall mit Seitenwind wird die sich für den Rauchabschnitt ergebende aerodynamisch wirksame Rauchabzugsfläche vom Zahlenwert verdoppelt und als wirksame Öffnungsfläche in den Außenwänden gleichmäßig verteilt eingebaut. Eine windrichtungsabhängige Steuerung muss sicherstellen, dass im Brandfall nur die NRA in der/den Wandseite(n) öffnet, die jeweils nicht windstaudruckbelastet ist (sind). Durch diese Maßnahmen wird der Einfluss des Seitenwindes berücksichtigt.

d) Die Regelungen b) und c) gelten sinngemäß auch für die Zuluftöffnungen, die in den unteren Wandflächen des Brandabschnittes eingebaut werden.

Da an 90 % aller Tage Wind gemessen werden kann, ist eine Projektierung mit Seitenwindeinfluss zu empfehlen.

Schon im Rahmen des Einspruchsverfahrens ist vorgesehen, dass neuere, aus einem zwischenzeitlich durchgeführten Forschungsvorhaben gewonnene und damit auch wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse über die Rauchabzugsleistungen in Seitenwänden unter Berücksichtigung des Seitenwindes einfließen.

Ziel ist es, in der gültigen Normfassung auch normative Festlegungen zu Rauchabzügen in Wänden treffen zu können.

#### **RAUCH- UND WÄRMEFREIHALTUNG BERÜCKSICHTIGT AUCH WEITERE TECHNOLOGIEN**

Eine weitere Veränderung wurde im Titel durchgeführt, in welchem nun »Rauch- und Wärmefreihaltung« statt »Rauch- und Wärmeabzug« steht, um auch Anlagen gerecht zu werden, die das Schutzziel der Rauch- und Wärmefreihaltung nicht ausschließlich durch Ableitung (z. B. bei Rauchfreihaltung durch Überdruck) erreichen. Der so gewählte Titel, der von einer Rauch- und Wärmefreihaltung spricht, zeigt einen anzustrebenden Idealzustand an, auch wenn dieser nicht immer vollständig erreicht wird.

#### **RAUCHFREI ENTSpricht RAUCHARM**

Dagegen wurde die alte Bezeichnung »rauchfrei« durch den auch in den neueren Gesetzen (z. B. MInd-BauRI, März 2000) verwendeten Begriff »raucharm« ersetzt. Damit wird deutlich, dass in der Norm- und Gesetzgebung gleiche Zustände auch gleich benannt werden sollen. Diese Umbenennung berücksichtigt den Zustand, dass schon ein einziges Rauchmolekül eine vorher absolut reine Luftschicht (theoretisch rauchfreie Luft) verunreinigt. Eine technisch messbare Verschlechterung (z. B. Erhöhung der CO-Konzentration oder Verringerung der Sichtweite) dieser Luftschicht selbst ist aus dieser reinen Namensänderung von rauchfrei auf raucharm dagegen aber nicht ableitbar. Die Anforderungen an die Luftkonditionen selbst haben sich durch die Namenskorrektur natürlich nicht verändert.

#### **DAS GEWÄHLTE BRANDSZENARIO BEEINFLUSST DAS ERGEBNIS**

Das gewählte Szenario (u. a. Energie- bzw. Rauchfreisetzungsrates, Brandfläche und Brandausbreitungsgeschwindigkeit, gewähltes Plume-Modell und Aufstiegshöhe der Rauchsäule bzw. der Flammenlänge) hat einen wesentlichen Einfluss auf das Projektionsergebnis. Daneben spielen die Fragen des beabsichtigten Schutzziels (oder auch die Frage, was man als Versagen noch zulassen will), die Fragen zur kritischen Einsatzgrenze des jeweils gewählten Systems und bei natürlicher Ableitung auch die Windverhältnisse auf der Gebäudeaußenseite eine wesentliche Rolle.

Mit der richtigen oder falschen Festlegung solcher Eingangsparameter wird nämlich die Projektierung einer Rauchfreihaltungsanlage wesentlich stärker beeinflusst als durch die Wahl eines der unterschiedlichen mathematischen Rechenmodelle.

Zielsetzung dieses Entwurfs war es deshalb einerseits

- die Anwendung der Norm durch möglichst einfache Handhabung weniger erforderlicher Eingangsdaten und

durch das einfache Ablesen fester Werte in Tabellen zu vereinfachen und zu vereinheitlichen und andererseits

- den den Tabellenwerten zugrunde liegenden Eingangsparameter deutlich zu benennen und aufzuzeigen, an welchen Stellen Spezialisten mit den so genannten »Ingenieurmethoden des Brandschutzes« weiter gehende Berechnungen nahtlos anschließen können.

#### **PLUME-MODELL**

Für die Berechnung des Massenstroms, der über die Rauchgassäule (Plume) aus der unteren Schicht in die Rauchgasschicht eingetragen wird, wurden in der Literatur umfangreiche Arbeiten veröffentlicht. In den verschiedenen Arbeiten sind teilweise unterschiedliche Formeln für die Berechnung angegeben, die in weiten Grenzen streuen. In der Arbeit von Brein [1] wird eine Übersicht über in der Literatur verwendete Plumeformeln gegeben. Grundsätzlich ist zu beachten, dass für die jeweiligen Formeln immer Gültigkeitsgrenzen zu berücksichtigen sind. In den bisherigen Fassungen der Norm DIN 18232 Teil 2 und auch in Teil 5 wurde ausschließlich das weit verbreitete Modell nach Thomas und Hinkley [2] angewendet. Dieses Modell gilt für große Räume, aber nur dann, wenn die Flammenspitzen in die Rauchgasschicht hineinragen. Dies ist bei den Brandszenarien nach den unterschiedlichen Bemessungsgruppen auch meist gegeben. Bei hohen Räumen und kleineren Brandflächen gilt dies aber nicht mehr für alle angestrebten Dicken der raucharmen Schichten. In diesen Fällen gilt das Modell von Zukoski [3] mit virtuellem Ursprung. Daher wurde für die Festlegungen der Tabellenwerte des jetzt vorgelegten Normentwurfs für die erforderlichen Öffnungsflächen folgende praktische Vorgehensweise gewählt:

Wenn die Flammenhöhe größer als die Aufstiegshöhe der Rauchgase über dem Brandherd ist, wird das Modell von Thomas und Hinkley angewendet. Bei Flammenhöhen, die geringer sind als die Aufstiegshöhe, kommt das Modell von Zukoski zum Einsatz. Da die Plumeformeln nicht kompatibel zueinander sind, d. h. am Übergang Unstetigkeiten entstehen, wurde ein Übergangsbereich von 2 m definiert, bei dem zwischen den beiden Formeln linear interpoliert wurde. Die Flammenhöhen sind damit in folgenden Fällen geringer als die Aufstiegshöhe:

- Bemessungsgruppe BMG 1 bei Aufstiegshöhen von weniger als 6 m,
- Bemessungsgruppe BMG 2 bei Aufstiegshöhen von weniger als 7,5 m,
- Bemessungsgruppe BMG 3 bei Aufstiegshöhen von weniger als 9,5 m.

Bei Aufstiegshöhen, die um mindestens 1 m geringer sind als die oben genannten Höhen wird das Modell nach Thomas und Hinkley verwendet. Bei Aufstiegshöhen, die um mindestens 1 m größer sind, kommt jetzt das Modell nach Zukoski zum Einsatz. An den genannten Grenzen wurde im Entwurf das arithmetische Mittel zwischen den beiden Plumeformeln berechnet.

Das Modell nach Thomas und Hinkley ergibt einen Massenstrom, der in die Rauchgasschicht eingetragen wird:

$$\dot{m}_{pl} = 0,188 \cdot y^{\frac{1}{3}} \cdot U$$

mit:

$$U = \sqrt{4A_{Br}\pi} \quad (\text{Umfang Brandfläche in m}),$$

dabei ist:

$A_{BR}$  = Brandfläche in  $m^2$  entsprechend der Bemessungsgruppe,

$U$  = Umfang der Brandfläche in m.

Nach Zukoski berechnet sich der Massenstrom mit virtuellem Ursprung folgendermaßen:

Parameter:  $z$  = Höhe über Plumequelle in [m]

$Q$  = konvektive Energiefreisetzung in [kW]

$$\dot{m}_{pl} = 0,076 \cdot Q \cdot \left( \frac{z - z_0}{Q^{0,4}} \right)^{1,667} = 0,076 \cdot (z - z_0)^{1,667} \cdot Q^{0,333}$$

mit:

$$Q = (1 - f_{r,pl}) A_{Br} \dot{h}_c$$

$$z_0 = h_{pl} - 0,175 \cdot Q^{\frac{2}{5}}$$

$$h_{pl} = 42 \cdot D \cdot \left( \frac{(1 - f_{r,pl}) \cdot \dot{h}_c}{H_{ut,eff} \cdot \rho_0 (gD)^{1/2}} \right)^{0,61}$$

dabei ist:

$Q$  = konvektiver Anteil der Brandleistung,

$D$  = Durchmesser der Brandfläche in m,

$\rho_0$  = Dichte der Umgebungsluft (1,2045  $kg/m^3$ ),

$g$  = Erdbeschleunigung (9,81  $m/s^2$ ).

Folgende Mindestabmessungen der Räume liegen den Berechnungen zugrunde:

Bemessungsgruppe	1	2	3	4	5	6	7
L in m	≥ 12,5	≥ 18	≥ 25	≥ 36	≥ 50	≥ 72	≥ 101
$A_{Raum}^{1)}$ in $m^3$	≥ 80	≥ 160	≥ 320	≥ 640	≥ 1280	≥ 2550	≥ 5100

<sup>1)</sup> für ein Seitenverhältnis L:B = 1:2 bis 2:1

#### Raumabmessungen

Das Verhältnis der Seitenlängen der zu entrauchenden Räume mit der Fläche  $A_{Raum}$  sollte 2:1 nicht wesentlich übersteigen, da die Bemessungstabellen für sehr schmale Räume (z. B. Flure oder Tunnels) nicht anwendbar sind.

#### BRANDFLÄCHE

Die Brandfläche ergab sich für die einzelnen Bemessungsgruppen nach den folgenden Festlegungen:

- Die Brandfläche wird für Bemessungsgruppe 1 (BMG 1) mit 5  $m^2$  angenommen und verdoppelt sich jeweils für jede weitere Bemessungsgruppe.
- Die spezifische Brandleistung auf den jeweiligen Brandflächen beträgt 300  $kW/m^2$ .

DIN E 18232 Teil 2	Einheit	Bemessungsgruppe						
		1	2	3	4	5	6	7
Flächen	$m^2$	5	10	20	40	80	160	320
Seitenlänge	m	2,236	3,162	4,472	6,325	8,944	12,649	17,889
Durchmesser	m	2,523	3,568	5,046	7,136	10,093	14,273	20,185
Umfang	m	7,927	11,210	15,853	22,420	31,707	44,840	63,413
Brandleistung	kW	1500	3000	6000	12000	24000	48000	96000
konvektiver Anteil	kW	1200	2400	4800	9600	19200	38400	76800

#### Bemessungsbrände

Die Bemessungsgruppen entsprechen damit den in der folgenden Tabelle angegebenen Brandflächen, für die die Seitenlängen bei quadratischer Ausbreitung sowie der Durchmesser und der Umfang bei kreisförmiger Ausbreitung angegeben sind. Auf dieser Brandfläche verbrennt das Brandgut mit einer spezifischen Brandleistung von 300  $kW/m^2$ , von der angenommen wird, dass 30 % durch Strahlung im Bereich des Feuerplume und weitere 30 % konvektiv und durch Strahlung an die Bauteile in der Heißgasschicht abgegeben werden.

#### ENERGIEFREISETZUNG

Den Berechnungen der in der Tabelle 2 des Normentwurfs angegebenen erforderlichen aerodynamisch wirksamen Rauchabzugsflächen liegt, wie schon beschrieben, eine spezifische Brandleistung von 300  $kW/m^2$  zugrunde.

Auf die Berechnung anderer Brandleistungen konnte verzichtet werden, da für natürlich wirkende Rauch- und Wärmeabzüge (im Gegensatz zu maschinellen Rauchabzugsanlagen) die geringeren spezifischen Brandleistungen den kritischeren Lastfall darstellen.

Weiterhin zeigte es sich, dass aufgrund der überwiegend zur Anwendung kommenden Plumeformeln nach Thomas and Hinkley der Einfluss der spezifischen Brandleistung auf die in Tabelle 2 angegebenen aerodynamisch wirksamen Öffnungsflächen im Bereich von 100  $kW/m^2$  bis 600  $kW/m^2$  für die überwiegenden Anwendungsfälle derart gering war, dass auf eine Veröffentlichung unterschiedlicher Tabellen für verschiedene Energiefreisetzungsraten verzichtet werden konnte.

In der Tabelle der Bemessungsbrände (unten) ist in der Bemessungsgruppe 3 das auch im internationalen Bereich verwendete »Designfire« von 5 bis 6 MW enthalten. Da die Brandentwicklungsdauer aber auch beträchtlich länger sein kann, sind mit den anderen Bemessungsgruppen auch andere der Praxis entnommene Brandszenarien aufgeführt.

Brandausbreitungsgeschwindigkeit	[m/min]
besonders klein	0,15
mittel	0,25
besonders groß	0,45

#### Gemittelte Brandausbreitungsgeschwindigkeiten



Die zu erwartende Brandausbreitungsgeschwindigkeit und die zu erwartende Brandentwicklungsdauer bestimmen die Bemessungsgruppen.

Für die Brandausbreitung wurden Mittelwerte zugrunde gelegt (Tabelle Seite 3).

#### VERGLEICH DES BERECHNUNGSVERFAHRENS

Das dem Normentwurf nun zugrundeliegende Berechnungsverfahren wurde abschließend durch Vergleichsrechnungen mit dem Mehrraum-Mehrzonen-Modell MRFC [4] verglichen. Dabei wurden Berechnungen für 1600 m<sup>2</sup> große Räume mit den Höhen 6 m, 8 m und 10 m durchgeführt. Die Bemessungsgruppen wurden mit 2, 4 und 5 gewählt, wobei nicht für alle Raumhöhen alle Bemessungsgruppen untersucht wurden.

Bei den Berechnungen wurden neben den beschriebenen Rechenverfahren auch noch die Plumeformeln nach Heskestad [5] und nach McCaffrey [6] untersucht.

Ein Ergebnis der Berechnungen war, dass die berechneten Dicken der raucharmen Schichten für die unterschiedlichen Öffnungsflächen weitgehend unabhängig von der berechneten Rauchgastemperatur waren. Mit den oben angegebenen Parametern ergab sich eine gute Übereinstimmung insbesondere im Bereich der mittleren Aufstieghöhen. Da die berechneten Schichtdicken weitgehend unabhängig von den Materialien der Bauteile waren, konnte auf einen Einfluss der Bauteile bei der Bestimmung der erforderlichen Öffnungsflächen verzichtet werden.

Für die Zeit der Evakuierung und Brandbekämpfung hat im Gegensatz zur Feuerwiderstandsdauer der Bauteile die Wärmeabsorption in die Bauteile für die Bemessung der Rauchabzugsflächen keine wesentliche Bedeutung.

Die Anwendung von alternativen Bemessungsmodellen setzt aber ein hohes Fachwissen und eine kritische Bewertung der meist durch Computer errechneten Daten voraus. Die aus der Raumlufttechnik bekannten Strömungsvorgänge in Innenräumen sind darüber hinaus in z. B. mit Regalanlagen eingerichteten Räumen oder bei tiefer heruntergezogenen Unterzügen sehr schnell so komplex, dass die unkritische Anwendung von Zonenmodellierungen falsche Ergebnisse liefern kann. Bei Sondergebäuden kann es deshalb sinnvoll sein, die Dimensionierung der Rauchableitung durch Feldmodellberechnungen (CFD-Berechnungen) mit ausreichend kleinen Zellen oder durch Modellstudien im Strömungslabor durchzuführen.

#### VERHINDERUNG DER RAUCHGASVERWIRBELUNG

Zur Erreichung des Schutzzieles der raucharmen Schicht ist es unverzichtbar, dass sich zwischen der im oberen Raumbereich befindlichen Rauchsicht und dem im unteren Raumbereich geplanten Aufenthalts-, Flucht- und Angriffsbereich eine möglichst verwirbelungsfreie Grenzschicht ausbildet. Damit dies sichergestellt ist, müssen mindestens folgende Kriterien, die im Normentwurf aufgeführt sind, eingehalten werden:

- Zwischen der Oberkante der Zuluft Eintrittsöffnung (z. B. Tor) und der Unterkante der projektierten Rauchgas-schicht muss mindestens eine Beruhigungszone von 1 m Höhe vorhanden sein. Ist die Zuluftöffnung z. B. mit einem zur Rauminnenseite aufwärts gerichteten äußeren Wetter-schutzgitter ausgerüstet, ist ein noch größerer Abstand ein-zuhalten. Bei kleineren Zuluft Eintrittsöffnungen (Fenster

oder Türen bis 1,25 m Breite) reicht eine Beruhigungszone von 0,5 m.

- Die Zuluft Eintrittsöffnungen sollen an mindestens zwei Gebäudeseiten angeordnet und möglichst gleichmäßig in den Außenwänden verteilt sein.
- Bei raucharmen Schichten bis zu 4 m Höhe muss die Rauchschräge (bei über 1600 m<sup>2</sup> Raumgröße erforderlich) immer mindestens 0,5 m in diese raucharme Schicht hin-eingeführt werden.

#### BENÖTIGTE ZULUFTFLÄCHEN

Damit sich zwischen der rauchhaltigen und raucharmen Schicht ein Strömungsgleichgewicht einstellt, muss das oben abströmende Rauchvolumen unten durch nachströmende Luft ersetzt werden.

Diese nachströmende Luft muss möglichst eigenimpuls-arm zugeführt werden. Die ursprünglich aus der Raumluft-technik und aus weiteren Laborversuchen ermittelte Forde-rung einer maximalen Eintrittsgeschwindigkeit von 1 m/s wurde u. a. wegen der fehlenden Kontrollmöglichkeit im spä-teren Objekt nur indirekt im Normentwurf berücksichtigt.

Generell muss die Zuluftfläche in dem gesamten Raum 1,5-mal größer sein als die Rauchabzugsfläche des größten Rauchabschnittes.

Eine Reduzierung bis auf das Verhältnis 1:1 ist möglich, wenn entsprechend der Rauchabzugsquerschnitt vergrößert wird. Da durch eine solche Reduzierung die Eintritts-geschwindigkeit der Zuluft zwangsläufig erhöht wird, ist dann besonders darauf zu achten, dass die Zuluft möglichst horizontal eingeleitet wird (also keine Lenkung durch Wet-terschutzgitter o. ä. nach oben) und der Abstand von der Oberkante der Zuluftöffnung zur projektierten Rauch-schichtgrenze mindestens 2 m beträgt.

Da neben der Rohbauöffnung der Zuluftfläche be-sonders der tatsächlich nutzbare freie Querschnitt (beim Fenster abhängig vom Öffnungswinkel) die Menge der nachströmenden Zuluft beeinflusst, wurden den unter-schiedlichen Zuluftöffnungen verschiedene Strömungsfak-toren zugeordnet

- Tür- oder Toröffnungen, Maschengitter: 0,70
- öffnbare Jalousien mit 90° Öffnungswinkel: 0,65
- Dreh-Kippflügel Fenster mit 90° Öffnungswinkel: 0,65
- Dreh-Kippflügel Fenster mit 45° Öffnungswinkel: 0,40
- Dreh-Kippflügel Fenster mit 30° Öffnungswinkel: 0,30

Eine Türe mit 1 x 2 m ergibt damit eine anrechenbare Zuluftfläche von

$$A_{zu} = 1,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m} \times 0,7 = 1,4 \text{ m}^2.$$

Dieser so berechnete nutzbare Zuluftquerschnitt kann nun direkt mit der aerodynamisch wirksamen Fläche des Rauchabschnittes verglichen werden. Dies war nach der bisherigen Normfassung nicht möglich, denn hier musste die  $A_w$ -Fläche der Rauch- und Wärmeabzugsanlage zuerst mit dem (meist angenommenen) Strömungsbeiwert  $c_w$  zur geometrischen Eintrittsfläche umgerechnet werden. Da viele Rauchabzugsgeräte einen Strömungsbeiwert von 0,65 bis 0,75 besitzen, führt die durch den Entwurf veränderte Berechnung für Tore, Türen und für durch Maschengitter (Strömungsfaktor 0,7) abgedeckte Wandöffnungen zu ver-gleichbaren Flächen. Nur bei Wandöffnungen, die durch geringere Öffnungswinkel letztlich auch geringere nutz-bare Zuluftflächen bieten, werden künftig größere Roh-bauöffnungen für die Zuluft erforderlich.

## BRANDENTWICKLUNGSDAUER

Bei der Bestimmung der Brandentwicklungsdauer wurde die Auslösung der Rauchabzüge über Rauchmeldung (Melder nach DIN EN 54-7) – auch wenn diese nicht DIN VDE 0833 entsprechen – mit einer zusätzlichen Variante belohnt.

Damit findet die in der Praxis gern gesehene und sinnvolle, möglichst frühzeitige Öffnung der Rauchabzüge einen entsprechenden Bonus, der aber wegen der fehlenden Weiterleitung zu einer hilfeleistenden Stelle geringer ausfallen musste als bei einer klassischen Brandmeldeanlage.

Die diesem Normenentwurf zugrundeliegenden Berechnungen gehen von einer stationären Betrachtung aus. Das bedeutet, dass es im Zeitraum der Brandentwicklung vor der Öffnung der Rauchabzugsflächen zu einer Verrauchung unterhalb der angenommenen Verrauchungsgrenze kommen kann. Für die Projektierung von Rettungswegen ist deshalb eine möglichst frühzeitige Auslösung über Rauchmelder zu empfehlen.

### KOMBINATION RAUCH- UND WÄRMEABZUGSANLAGE UND SPRINKLER

Durch das zwischenzeitlich vom VdS veröffentlichte VdS-Merkblatt [7]

VdS-2815

### Zusammenwirken von Wasserlöschanlagen und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)

ist nun auch von den Sachversicherern erklärt, dass ein kombinierter Einsatz von RWA und Sprinklern in der Regel sinnvoll ist und dass es zu keinem Wirkungskonflikt zwischen den Systemen kommt.

Die in diesem Normentwurf zu klärende Frage war, ob eine neben der RWA installierte Sprinkleranlage bei der Projektierung der RWA als Bonus gewertet werden kann.

Eine generelle Reduzierung der notwendigen aerodynamisch wirksamen Fläche (wie z. B. in der M-IndBau-RL mit 0,5 % ausgeführt) auszuweisen, wenn eine Sprinkleranlage vorhanden ist, wurde vom Normenausschuss abgelehnt. Hier ist zu berücksichtigen, dass eine Sprinkleranlage erst dann zur Reduzierung der Rauchgasentstehung beiträgt, wenn das Brandgut abgelöscht ist oder zumindest keinen weiteren Rauch abgibt. Vor dem Ansprechen der Sprinkler

(abhängig von der Energiefreisetzung des Feuers, der Raumhöhe und dem RTI-Wert des Sprinklers) bewirkt eine vorhandene Sprinkleranlage auf die Rauchentstehung und -ausbreitung nichts. Beim Ansprechen des Sprinklers nimmt die Rauchgasmenge (durch den sich bildenden Wasserdampf) zuerst sogar noch zu, die Rauchgase werden darüber hinaus in Richtung Aufenthaltsbereich heruntergedrückt, es tritt also zuerst sogar eine Verschlechterung in der raucharmen Schicht ein.

Vor diesem Hintergrund wurde beschlossen, den Sprinkler erst ab einer Brandentwicklungsdauer von 15 Minuten positiv mit einem Bonus zu bewerten. Um bei einem möglichst einfachen Verfahren zu bleiben, wurde beschlossen, das Vorhandensein einer Sprinkleranlage ab 15 Minuten Brandentwicklungsdauer mit der Reduzierung der Bemessungsgruppe um 1 Stufe zu belohnen.

### BEMESSUNG DER RAUCHABZUGSFLÄCHEN

Dass die Brand- und Rauchentwicklung eines Feuers nicht von der jeweiligen Fläche des Rauchabschnittes abhängt, in dem es ausbricht, sondern vom jeweiligen Feuer selbst, der Aufstiegshöhe der Plume und der angestrebten raucharmen Schicht, ist Grundlage der Entscheidung, dass die in diesem Normentwurf zur Rauchableitung vorgesehene Rauchabzugsfläche für den Rauchabschnitt konstant groß anzusetzen ist. Früher übliche %-Werte sind deshalb entfallen.

Aus der Tabelle 2 des Normenentwurfs sind die für den Rauchabschnitt (max. 1600 m<sup>2</sup> groß) erforderlichen aerodynamisch wirksamen Öffnungsflächen jetzt direkt ablesbar. Die notwendige m<sup>2</sup>-Fläche ist für die jeweilige Raumhöhe und Höhe der raucharmen Schicht unter der zutreffenden Bemessungsgruppe direkt aufgeführt.

### VERGLEICH DER RAUCHABZUGSFLÄCHEN ALTE UND NEUE FASSUNG

Die zu installierende Rauchabzugsfläche betrug nach bisheriger Fassung für Räume bis 1600 m<sup>2</sup>

- 0,6 %, wenn eine Brandmeldeanlage und
- 0,8 %, wenn keine Brandmeldeanlage vorhanden war.

Bei einem Rauchabschnitt von über 1600 m<sup>2</sup> Größe wurde mit einer (zu Recht in der Kritik stehenden) Korrekturformel gearbeitet.

Raumhöhe <i>h</i> in m	Dicke der raucharmen Schicht <i>d</i> in m	Bemessungsgruppe						
		1	2	3	4	5	6	7
≤ 4 m	2,5	3	4	5	7	9	13	19
	3,0	5	7	8	11	15	21	30
	3,5	10	12	16	20	27	37	52
5 m	2,5	3	3	4	5	7	10	15
	3,0	4	5	6	8	11	15	21
	3,5	6	7	9	12	16	21	30
	4,0	9	11	14	18	24	32	44
	4,5	16	20	25	32	41	55	75
6 m	2,5	2	3	4	5	6	9	13
	3,0	3	4	5	7	9	12	17
	3,5	5	6	7	9	12	17	23
	4,0	7	8	10	13	17	23	32
	4,5	10	12	15	19	24	32	44
	5,0	15	18	22	28	35	47	63
	5,5	22	30	37	47	60	78	104

Im Folgenden wird die zu installierende aerodynamisch wirksame Rauchabzugsfläche der bisherigen Fassung mit dem Normentwurf vom Dezember 2001 verglichen:

- für einen 1000 m<sup>2</sup> Raum

bisher

d	1	2	3	4	5	6	7
0,5 x h	3,00 m <sup>2</sup>	4,00 m <sup>2</sup>	6,00 m <sup>2</sup>	<b>8,00 m<sup>2</sup></b>	10,00 m <sup>2</sup>	12,00 m <sup>2</sup>	14,00 m <sup>2</sup>

Entwurf Dezember 2001

h	d	1	2	3	4	5	6	7
6 m	2,5 m	2,0 m <sup>2</sup>	3,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	9,0 m <sup>2</sup>	13,0 m <sup>2</sup>
	3,0 m	3,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	<b>7,0 m<sup>2</sup></b>	<b>9,0 m<sup>2</sup></b>	12,0 m <sup>2</sup>	17,0 m <sup>2</sup>
	5,5 m	22,0 m <sup>2</sup>	30,0 m <sup>2</sup>	37,0 m <sup>2</sup>	47,0 m <sup>2</sup>	60,0 m <sup>2</sup>	78,0 m <sup>2</sup>	104,0 m <sup>2</sup>
8 m	2,5 m	2,0 m <sup>2</sup>	2,0 m <sup>2</sup>	3,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	7,0 m <sup>2</sup>	10,0 m <sup>2</sup>
	4,0 m	5,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	7,0 m <sup>2</sup>	<b>9,0 m<sup>2</sup></b>	<b>12,0 m<sup>2</sup></b>	16,0 m <sup>2</sup>	22,0 m <sup>2</sup>
	6,5 m	14,0 m <sup>2</sup>	25,0 m <sup>2</sup>	31,0 m <sup>2</sup>	38,0 m <sup>2</sup>	48,0 m <sup>2</sup>	61,0 m <sup>2</sup>	80,0 m <sup>2</sup>
10 m	2,5 m	2,0 m <sup>2</sup>	2,0 m <sup>2</sup>	3,0 m <sup>2</sup>	3,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	9,0 m <sup>2</sup>
	5,0 m	7,0 m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup>	10,0 m <sup>2</sup>	<b>13,0 m<sup>2</sup></b>	<b>16,0 m<sup>2</sup></b>	21,0 m <sup>2</sup>	28,0 m <sup>2</sup>
	7,5 m	13,0 m <sup>2</sup>	20,0 m <sup>2</sup>	32,0 m <sup>2</sup>	39,0 m <sup>2</sup>	49,0 m <sup>2</sup>	62,0 m <sup>2</sup>	80,0 m <sup>2</sup>

- für einen 1600 m<sup>2</sup> Raum

bisher

d	1	2	3	4	5	6	7
0,5 x h	4,80 m <sup>2</sup>	6,40 m <sup>2</sup>	9,60 m <sup>2</sup>	<b>12,80 m<sup>2</sup></b>	16,00 m <sup>2</sup>	19,20 m <sup>2</sup>	22,40 m <sup>2</sup>

Entwurf Dezember 2001

h	d	1	2	3	4	5	6	7
6 m	2,5 m	2,0 m <sup>2</sup>	3,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	9,0 m <sup>2</sup>	13,0 m <sup>2</sup>
	3,0 m	3,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	<b>7,0 m<sup>2</sup></b>	<b>9,0 m<sup>2</sup></b>	12,0 m <sup>2</sup>	17,0 m <sup>2</sup>
	5,5 m	22,0 m <sup>2</sup>	30,0 m <sup>2</sup>	37,0 m <sup>2</sup>	47,0 m <sup>2</sup>	60,0 m <sup>2</sup>	78,0 m <sup>2</sup>	104,0 m <sup>2</sup>
8 m	2,5 m	2,0 m <sup>2</sup>	2,0 m <sup>2</sup>	3,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	7,0 m <sup>2</sup>	10,0 m <sup>2</sup>
	4,0 m	5,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	7,0 m <sup>2</sup>	<b>9,0 m<sup>2</sup></b>	<b>12,0 m<sup>2</sup></b>	16,0 m <sup>2</sup>	22,0 m <sup>2</sup>
	6,5 m	14,0 m <sup>2</sup>	25,0 m <sup>2</sup>	31,0 m <sup>2</sup>	38,0 m <sup>2</sup>	48,0 m <sup>2</sup>	61,0 m <sup>2</sup>	80,0 m <sup>2</sup>
10 m	2,5 m	2,0 m <sup>2</sup>	2,0 m <sup>2</sup>	3,0 m <sup>2</sup>	3,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	9,0 m <sup>2</sup>
	5,0 m	7,0 m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup>	10,0 m <sup>2</sup>	<b>13,0 m<sup>2</sup></b>	<b>16,0 m<sup>2</sup></b>	21,0 m <sup>2</sup>	28,0 m <sup>2</sup>
	7,5 m	13,0 m <sup>2</sup>	20,0 m <sup>2</sup>	32,0 m <sup>2</sup>	39,0 m <sup>2</sup>	49,0 m <sup>2</sup>	62,0 m <sup>2</sup>	80,0 m <sup>2</sup>

Das neue Verfahren führt jetzt in Räumen bis 1600 m<sup>2</sup> immer zu den gleichen erforderlichen Rauchabzugsflächen, während früher über den Prozentsatz die Rauchabzugsfläche abhängig von der Raumfläche war.

- für einen 3000 m<sup>2</sup> Raum  
(2 Rauchabschnitte mit 1 Rauchschürze  $h_{sch} \geq$  Rauchschicht)

bisher

d	1	2	3	4	5	6	7
0,5 x h	9,00 m <sup>2</sup>	12,00 m <sup>2</sup>	18,00 m <sup>2</sup>	<b>24,00 m<sup>2</sup></b>	30,00 m <sup>2</sup>	36,00 m <sup>2</sup>	42,00 m <sup>2</sup>

Entwurf Dezember 2001

h	d	1	2	3	4	5	6	7
6 m	2,5 m	4,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup>	10,0 m <sup>2</sup>	12,0 m <sup>2</sup>	18,0 m <sup>2</sup>	26,0 m <sup>2</sup>
	3,0 m	6,0 m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup>	10,0 m <sup>2</sup>	<b>14,0 m<sup>2</sup></b>	<b>18,0 m<sup>2</sup></b>	24,0 m <sup>2</sup>	34,0 m <sup>2</sup>
	5,0 m	30,0 m <sup>2</sup>	36,0 m <sup>2</sup>	44,0 m <sup>2</sup>	56,0 m <sup>2</sup>	70,0 m <sup>2</sup>	94,0 m <sup>2</sup>	126,0 m <sup>2</sup>
8 m	2,5 m	4,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup>	10,0 m <sup>2</sup>	14,0 m <sup>2</sup>	20,0 m <sup>2</sup>
	4,0 m	10,0 m <sup>2</sup>	12,0 m <sup>2</sup>	14,0 m <sup>2</sup>	<b>18,0 m<sup>2</sup></b>	<b>24,0 m<sup>2</sup></b>	32,0 m <sup>2</sup>	44,0 m <sup>2</sup>
	6,5 m	28,0 m <sup>2</sup>	50,0 m <sup>2</sup>	62,0 m <sup>2</sup>	76,0 m <sup>2</sup>	96,0 m <sup>2</sup>	122,0 m <sup>2</sup>	160,0 m <sup>2</sup>
10 m	2,5 m	4,0 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup>	12,0 m <sup>2</sup>	18,0 m <sup>2</sup>
	5,0 m	14,0 m <sup>2</sup>	16,0 m <sup>2</sup>	20,0 m <sup>2</sup>	<b>26,0 m<sup>2</sup></b>	<b>32,0 m<sup>2</sup></b>	42,0 m <sup>2</sup>	56,0 m <sup>2</sup>
	7,5 m	26,0 m <sup>2</sup>	40,0 m <sup>2</sup>	64,0 m <sup>2</sup>	78,0 m <sup>2</sup>	98,0 m <sup>2</sup>	122,0 m <sup>2</sup>	160,0 m <sup>2</sup>



Folgende Erkenntnisse sind abzuleiten:

- Beträgt die raucharme Schicht 50 % der Raumhöhe, führen beide Berechnungsversionen zu ähnlichen Ergebnissen.
- Beträgt die raucharme Schicht nur 2,50 m, wird die notwendige Rauchabzugsfläche in der neuen Version reduziert.
- Beträgt die Rauchsicht nur 0,50 m, ergeben sich durch die neue Version größere, mit dem alten Verfahren teilweise nicht mehr kalkulierbare Rauchabzugsflächen.
- Die Dicke der raucharmen Schicht bestimmt damit maßgeblich die Größe der notwendigen aerodynamisch wirksamen Rauchabzugsfläche.
- Bei vergleichbaren Eingangsparametern ergibt die neue Berechnungsversion zum alten Verfahren vergleichbare Ergebnisse.
- Das neue Verfahren bietet eine wesentlich größere Anzahl möglicher Eingangsparameter bei gleichzeitig einfacherer Anwendung.

#### REGELN ZUM EINBAU

Um eine gleichmäßige Entrauchung sicherzustellen, ist auch weiterhin eine Rauchabzugsöffnung pro 200 m<sup>2</sup> Grundfläche vorgeschrieben.

Wegen der zukünftigen europäischen Norm für Rauchabzugsgeräte CEN 12101-2 hat man auf die Begrenzung einer maximal erlaubten Größe des einzelnen Rauchabzugsgerätes auf 2,50 m Seitenlänge zwar verzichtet, mit einer Festlegung einer zur Rauchsichtdicke ins Verhältnis zu setzenden maximalen Seitenlänge aber erreicht, dass die Entrauchungsleistung lokal nicht so groß wird, dass auch raucharme Luft (Durchstoßen der Rauchsicht) abgeführt wird.

#### ANFORDERUNGEN AN DIE RAUCHABZUGSGERÄTE

In der bisherigen Fassung des Teil 2 der DIN 18232 waren u. a. auch Anforderungen an die Rauchabzugsgeräte selbst enthalten, obwohl dies eigentlich dem Teil 3 der DIN 18232 vorbehalten war. Wenn nun wie er-

wartet im nächsten Jahr die europäische Norm CEN 12101-2 einzuführen ist, die eben diese Anforderungen enthält, müsste die hier vorgestellte deutsche Norm DIN 18232 Teil 2 wieder verändert werden. Um dies zu vermeiden, wurden die bisherigen im Normteil von Teil 2 aufgeführten Anforderungen im vorliegenden Entwurf in einen Anhang A überführt, der dann bei Veröffentlichung der europäischen Norm ersatzlos zurückgezogen werden kann.

#### ZUSAMMENFASSUNG

In knapp einem Jahr ist es der Arbeitsgruppe im Normenausschuss zur DIN 18232 gelungen, ein neues und überzeugendes Papier der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorzulegen.

Mit Veröffentlichung dieses Artikels will der Verfasser die breite Öffentlichkeit über diesen Normenentwurf informieren und über seine neuen und interessanten Anwendungsmöglichkeiten zur Nutzung auffordern.

Es bleibt zu hoffen, dass dieser Entwurf nach der Einspruchsphase kurzfristig zu einer gültigen Norm geführt werden kann, bevor möglicherweise ein erneutes europäisches Stillhalteabkommen greift.

#### LITERATURÜBERSICHT

- 1 Brein D.: Anwendungsbereiche und -grenzen für praxisrelevante Modellansätze zur Bewertung der Rauchableitung in Gebäuden
- 2 Thomas und Hinkley: Investigations into the flow of hot gases in roof venting. Fire Research Technical Paper No. 7, London, HMSO 1963
- 3 Zukoski, E.E.: Entrainment in the field of a fire plume. Report NBS-GCR-81-346, CFR Nist, August 1981
- 4 MRFC-Model: Arbeitsgemeinschaft Brandsicherheit AGB, Bruchsal
- 5 Heskestad, G.: Engineering relation for fire plumes. Technology report 82-8. Society of Fire Protection Engineers, Boston, 1982
- 6 McCaffrey, B.: Momentum Implication Flames. Combustion and Flame 39 : 191-209, 1980
- 7 VdS Merkblatt 2815, VdS Schadenverhütung GmbH, Köln, März 2001-12-07
- 8 Thomas, P.H.: The size of flames from natural fires. 9<sup>th</sup> symposium on combustion (1961), S. 844-859