

Quenzel · Bitter · Fischer · Tale-Yazdi

Einrichtungen zur Rauch- und Wärmefreihaltung

Praxis für Architekten – Planer – Fachfirmen

5. Auflage



Einrichtungen zur Rauch- und Wärmefreihaltung

Praxis für Architekten – Planer – Fachfirmen

5., überarbeitete und erweiterte Auflage
mit 194 Abbildungen und 36 Tabellen

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Quenzel

war Inhaber eines Ingenieur- und Sachverständigenbüros für Beratungen, Erstellungen von Konzeptionen sowie Prüfungen und Abnahmen von raumluftechnischen Einrichtungen, RLT-Anlagen, Einrichtungen zum Rauch- und Wärmeabzug, RWA und kältetechnische Einrichtungen.

Dr.-Ing. Frank Bitter

Inhaber eines Sachverständigenbüros im Bereich Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik, ö.b.u.v. Sachverständiger für Heizungstechnik, Obmann des DIN Fachbereichsbeirats Raumluftechnik und Mitglied im Beirat des Normenausschusses Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

Dipl.-Ing. (FH) Heinrich Fischer

Inhaber des Ingenieur- und Sachverständigenbüros Karl-Heinz Quenzel, bauaufsichtlich anerkannter Sachverständiger für Lüftungs- und entrauchungstechnische Anlagen sowie für RDA- und CO-Warnanlagen. 1. Vorsitzender der Technischen Organisation von Sachverständigen (TOS e.V.).

Dipl.-Ing. Georg Tale-Yazdi

Inhaber eines Sachverständigen- und Ingenieurbüros und ö.b.u.v. Sachverständiger für Lüftungs- und Klimatechnik. Prüfsachverständiger für technische Anlagen und Einrichtungen in Gebäuden, Fachrichtung: Lüftungsanlagen, Rauch- und Wärmeabzugsanlagen RWA und CO-Warnanlagen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

© FeuerTRUTZ Network GmbH, Köln 2018

Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme.

Maßgebend für das Anwenden von Normen ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist. Maßgebend für das Anwenden von Regelwerken, Richtlinien, Merkblättern, Hinweisen, Verordnungen usw. ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der jeweiligen herausgebenden Institution erhältlich ist. Zitate aus Normen, Merkblättern usw. wurden, unabhängig von ihrem Ausgabedatum, in neuer deutscher Rechtschreibung abgedruckt.

Das vorliegende Werk wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Verlag und Autor können dennoch für die inhaltliche und technische Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit des Werkes und seiner elektronischen Bestandteile (CD-ROM, DVD, Internetseiten) keine Haftung übernehmen.

Wir freuen uns, Ihre Meinung über dieses Fachbuch zu erfahren. Bitte teilen Sie uns Ihre Anregungen, Hinweise oder Fragen per E-Mail: lektorat@feuertrutzn.de oder Telefax: 0221 5497-140 mit.

Umschlaggestaltung: Hardy Kettlitz, Berlin

Umschlagfoto: Flughafen Münster-Osnabrück (Photo: Stürmann GmbH & Co. KG, Erkrath)

Satz: Hardy Kettlitz, Berlin

Druck und Bindearbeiten: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau

Printed in Germany

ISBN 978-3-86235-326-2 (Buch-Ausgabe)

ISBN 978-3-86235-325-5 (E-Book-Ausgabe als PDF)



Vorworte

Ein „vorausgeschicktes Wort“

Seit der Herausgabe der letzten, der 4. Auflage, des Fachbuches „Einrichtungen zur Rauch- und Wärmefreihaltung“ liegen nunmehr neun Jahre.

Das Bestreben des Urhebers des vorgenannten Werkes, Dipl.-Ing. Karl-Heinz Quenzel, war es, nicht nur mit mathematischen Abhandlungen aufzuwarten, sondern seine jahrzehntelang gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse auf dem Gebiet des Rauch- und Wärmeabzuges in einem Fachbuch zusammenzustellen und in regelmäßigen Abständen zu ergänzen und zu kontinuierieren.

Nach dem Ableben meines Vaters konnte eine Fortsetzung des Werkes, in der 5. Auflage, durch die Autoren, Dr. Frank Bitter, Dipl.-Ing. Heinrich Fischer und Dipl.-Ing. Georg Tale-Yazdi, realisiert werden. Mit unentwegtem Engagement, großer Fachkompetenz und ihren Anregungen, parallel zu ihren eigenen beruflichen Verpflichtungen, ist es den Autoren gelungen, die Grundidee in der ursprünglichen Form aufrecht zu erhalten und im Sinne von Karl-Heinz Quenzel weiterzuführen und weiterzuentwickeln. Dafür möchte ich den **neuen Autoren des Fachbuches „Einrichtungen zur Rauch- und Wärmefreihaltung“** meinen allerherzlichsten Dank aussprechen. Ohne sie wäre eine Neuauflage in diesem Umfang nicht möglich gewesen.

Ein weiterer großer Dank gilt Herrn Ministerialrat Dipl.-Ing. Knut Czepuck für die bereichernde Unterstützung durch seine fachlichen Beiträge sowie seines persönlichen Vorwortes.

Auch möchte ich allen weiteren Personen danken, die mit ihrer Mitwirkung wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Jacqueline Quenzel, April 2018

Vorwort zur 5. Auflage

Die 5. Auflage des „Quenzel“ ist für die am Bau Beteiligten die aktuelle Grundlage sich schnell und umfassend über die Sachverhalte von Entrauchungsanlagen zu informieren. Fachplaner und Sachverständige können in diesem Spezialbereich der technischen Gebäudeausrüstung zwar viele verschiedene nationale DIN- Normen und europäische EN-Normen studieren und bei der Erfüllung der Aufgaben beachten. Einen inhaltlichen Gesamtzusammenhang und eine Darstellung komplexer Sachverhalte in verständlicher Form kann eine Norm für alle denkbaren Fälle meistens nicht geben. Planungsregeln für Entrauchungsanlagen können objekt- und nutzungsspezifisch genormt sein. Öffentlich-rechtliche Anforderungen richten sich ebenfalls nach der Nutzung und der zu erfüllenden Schutzziele.

Der Begründer dieses Werkes – Herr Karl-Heinz Quenzel – hat sich lange Jahre aktiv mit der Prüfung von technischen Anlagen beschäftigt und seine Erkenntnisse und sein Wissen für die Entrauchung als Fachbuch zusammengestellt. Die Fortführung der Aufgabe, das vorhandene Wissen an die folgenden Generationen der Sachverständigen weiterzugeben, nahm Frau Jacqueline Quenzel zum Anlass, dieses Fachbuch beim FeuerTrutz Verlag neu aufzulegen. Sie hat ein Autorenteam gewinnen können, welche bereits in der Vergangenheit fachlich mit Herrn Quenzel zusammengearbeitet hatte. Dies sind als Autoren die Prüf-sachverständigen Heinrich Fischer und Georg Tale-Yazdi sowie der ö.B.u.V. Sachverständige Dr. Frank Bitter.

Änderungen der Vorschriften, neue Vorschriften für Bauprodukte und ein anderes Denken im Umgang mit Sicherheitstechnischen Anlagen und Einrichtungen erforderten eine Aktualisierung der 4. Auflage auf den jetzigen Stand.

Mit diesem Fachbuch erhalten Sie einen Überblick über die Merkmale, was mit dem Begriff Brand zusammenhängt. Szenarien und Bemessungsregeln werden vorgestellt. Unterschiede der natürlichen und maschinellen Entrauchung, der Druckbelüftung und dem einfachen Wärmeabzug werden beschrieben. Es finden sich die Informationen zu den verschiedenen Bauarten von Entrauchungsleitungen und Installationsmöglichkeiten der Bauprodukte. Aber auch die elektrischen Bauteile zur

Überwachung und Steuerung werden erklärt. Neben Beispielen für verschiedene Sonderbauten werden Einblicke und Abbildungen von Simulationen präsentiert. Zum Abschluss des Werkes finden sich Hinweise zum Prüfen auf Betriebssicherheit und Wirksamkeit. Insgesamt halten Sie einen sehr kompakten Abriss des komplexen anspruchsvollen Themas der Entrauchung in Ihren Händen!

Eines kann das Werk jedoch nicht: Die Verantwortung für eine fachgerechte Planung und Errichtung bleibt bei den handelnden Personen. Werden Sie Ihrer Verantwortung gerecht: Es bedarf ausgebildeter Fachplaner, damit die Anlagen und Einrichtungen zur Rauch- und Wärmefreihaltung sicher funktionieren.

Ich wünsche dem geeigneten Leser viel Spaß und Freude bei dem Studium und der Weiterbildung.

Ministerialrat Dipl.-Ing. Knut Czepuck

Vorwort zur 4. Auflage

Mit der inzwischen 4. Auflage dieses Standardwerks liegt für die Architekten, Planer und Ausführenden eine aktuelle Grundlage zur Planung, Bemessung und Ausführung von Anlagen zum Rauch- und Wärmeabzug und zur Rauchfreihaltung vor. Dieses Standardwerk fasst in übersichtlicher Form die Grundlagen zur Ermittlung der Anforderungen an die Anlagen und die aktuellen Anforderungen an die Ausführung der Anlagen zusammen. Besonders die übersichtliche und verständliche Darstellung der physikalischen Grundlagen des Brandgeschehens und die Ausführungen zu den verschiedenen Brandmodellen sind zum Verständnis des Ablaufs eines Brandes wichtig. Durch die Verbindung dieser Grundlagen mit den Anforderungen der Normen- und Regelwerke wird die Anwendung für die Praxis verständlich dargestellt. Für den einzelnen Fachmann lässt sich dadurch eine größere Sicherheit der Planung und Realisierung solcher Anlagen erzielen. Dabei wird durch die Vermittlung der notwendigen Grundlagen, insbesondere die Beurteilung von Grenzfällen, die nicht oder nur unzureichend von den Regelwerken erfasst werden, möglich. Für die an der Planung und Errichtung der Anlagen Beteiligten bedeutet dies eine zusätzliche Sicherheit um die angestrebten Schutzziele, insbesondere die Rettung von Menschenleben, zu erreichen. Zusätzlich lassen sich durch die effektive Auslegung der Anlagen auch die Kosten für die Errichtung und den Betrieb der Anlagen auf das notwendige Maß beschränken.

Das vorliegende Fachbuch – Einrichtungen zur Rauch- und Wärmefreihaltung – ist für jeden im Bereich der dargestellten Anlagen Tätigen unentbehrlich, um seiner Verantwortung für die sichere Planung und Auslegung dieser Anlagen gerecht zu werden. Daher wird die vorliegende 4. Auflage sicher genauso erfolgreich werden wie die bisherigen.

Dipl.-Ing. Heinrich Fischer, 2009

Von der IHK zu Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Lüftungs- und Klimatechnik, bauaufsichtlich anerkannter Sachverständiger für Lüftungs- und RWA-Anlagen
1. Vorsitzender Technische Organisation Sachverständiger e. V. (TOS e. V.)

Inhaltsverzeichnis

Vorworte	5
Symbole und Formelzeichen	13
1 Einleitung	15
1.1 Gefährlicher Brandrauch	15
1.2 Unerlässliche Maßnahmen	15
1.3 Ziele des vorbeugenden Brandschutzes	16
1.4 Das Bauordnungsrecht	16
1.5 Notwendige Teamarbeit	18
1.6 Genehmigungsverfahren der Bauaufsichtsbehörde	19
2 Der Brand	23
2.1 Das Brandrisiko	23
2.2 Brandszenarien	24
2.3 Brandausbreitung	25
2.4 Das Brandverhalten	27
2.5 Brandbelastung	28
2.6 Äquivalente Branddauer	29
2.7 Der Brandverlauf	32
2.8 Die Brandleistung	33
2.9 Temperaturentwicklung	34
2.10 Der Brandrauch	36
3 Der Brandraum	41
3.1 Anmerkungen zu den Brandszenarien	41
3.2 Brandversuche	42
3.3 Ausbildung von Flamme, Plume und Rauchgasschicht	43
3.4 Energiefreisetzung und -verteilung	45
3.5 Rauchgas- und Temperaturentwicklung	46
3.6 Rauchbewegung und -ausbreitung	48
3.7 Bemessungsregeln	49
3.8 Einfluss automatischer Wasser-Löscheinrichtungen auf die Rauch- und Wärmeableitung	50
4 Systeme zur Rauchableitung und Rauchfreihaltung	55
4.1 Definition der Systeme	55
4.2 Wirkungsweisen und Einsatz	56
5 Natürlicher Rauch- und Wärmeabzug	61
5.1 Natürlicher Rauchabzug, NRA	61
5.2 Thermischer Auftrieb	62

5.3	Festlegungen zu Rauchabführungen in Außenwänden kleiner Räume	64
5.3.1	Praxisbezogene Ausführungen	64
5.3.2	Bemessung der Öffnungsflächen	68
5.3.3	Zuluftführungen.....	73
5.4	Natürlicher Rauchabzug großer Räume	74
5.4.1	Bemessung der Rauchabzugsflächen	74
5.4.2	Einsatz von Rauchschürzen.....	76
5.4.3	Zuluftöffnungen.....	79
5.4.4	Einfluss des Windes.....	83
5.4.5	Ausführung und Funktion der NRWG	84
5.4.6	Anordnung und Einbau der NRWG	87
5.4.7	NRWG unter Witterungseinflüssen	89
5.5	Natürlicher Wärmeabzug, WA	91
5.5.1	Sicherheitskategorien	91
5.5.2	Auslegung der Wärmeabzugsflächen.....	92
5.5.3	Anwendung und Wirkung des WA.....	92
6	Maschinelle Rauchabzugsanlagen, MRA.....	95
6.1	Einsatz und Bemessung.....	95
6.2	Ventilatoren zum Rauch- und Wärmeabzug.....	98
6.2.1	Prüfungen der Geräte	98
6.2.2	Bauarten und Ausführungen	99
6.2.3	Maßnahmen zur Aufstellung	100
6.2.4	Ausbildung der Rauchgasmündungen	104
6.2.5	MRA-Geräte unter Witterungseinflüssen	106
6.2.6	Sicherung der Ventilatoren.....	108
6.2.7	Funktionelle Einflüsse auf die Ventilatorleistungen	108
6.2.8	Strömungsseitige Einflüsse auf die Ventilatorleistung.....	114
6.2.9	Volumenstrommessungen.....	116
6.3	Leitungsausführungen zum Rauchabzug	117
6.3.1	Arten der Leitungsausführungen	118
6.3.2	Verwendbarkeitsnachweise	118
6.3.3	Ausführungen von Entrauchungsleitungen.....	119
6.3.4	Leitungsverlegungen	121
6.3.5	Maßnahmen zum Dehnungsausgleich	128
6.3.6	Leckverluste der Leitungen	131
6.4	Einbauten	132
6.4.1	Absaugstellen	132
6.4.2	Einsatz von Entrauchungsklappen	132
6.4.3	Einsatz von Rauchschutzklappen	134
6.4.4	Einsatz von Brandschutzklappen	134
6.5	Zuluftführung	135
6.6	Die Wirkung des MRA.....	136
7	Rauchschutz-Druck- und Spülanlagen.....	139
7.1	Aufbau, Auslegung und Einsatz von Rauchschutz-Druckanlagen (RDA).....	139
7.2	Aufbau, Auslegung und Einsatz von Rauch-Spülanlagen, RSA.....	142
8	Überwachung, Auslösung und Energie.....	145
8.1	Branderkennung, Überwachung	145
8.1.1	Aufbau und Eigenschaften automatischer Brandmelder	146
8.1.2	Einsatz automatischer Brandmelder.....	148
8.1.3	Rauchauslöseeinrichtungen für Lüftungsanlagen.....	150
8.1.4	Brandmeldesysteme für spezielle Einsätze.....	151
8.1.5	Brandmeldezentralen.....	152

8.2	Ansteuerungen und Auslösungen	153
8.2.1	Auslösung natürlicher Rauchabzüge.....	153
8.2.2	Auslösung, maschineller Rauchabzüge.....	157
8.2.3	Auslösung Rauchschutz-Druckanlagen.....	158
8.2.4	Auslöse- und Funktionsmöglichkeiten.....	159
8.3	Energieversorgung.....	159
8.3.1	Funktionserhalt.....	159
8.3.2	Niederspannungs-Hauptverteilung.....	160
8.3.3	Leitungsausführungen	161
8.3.4	Stell- und Antriebsmotoren	162
8.4	Kennzeichnungen	165
9	Anwendung	167
9.1	Fluchtwege	167
9.1.1	Notwendige Flure	167
9.1.2	Treppenträume.....	171
9.1.2.1	Notwendige Treppenträume unterhalb der Hochhausgrenze	173
9.1.2.2	Notwendige Treppenträume in Hochhäusern	174
9.1.2.3	Sicherheitstreppenträume.....	174
9.1.2.4	Überdruckbelüftung mit Thermik-Kompensation	176
9.1.2.5	Weitere Einflussfaktoren.....	178
9.1.3	Fluchttunnel	178
9.1.4	Aufzugsschächte	179
9.2	Rauchableitung aus Innenhöfen	181
9.2.1	Innenhöfe ohne Überdachung.....	182
9.2.2	Innenhöfe mit Überdachung und natürlichem Rauchabzug.....	184
9.2.3	Maschinelle Unterstützung in Innenhöfen	187
9.3	Rauchableitung nach Sonderbauverordnungen.....	188
9.3.1	Rauchableitung nach Musterbauverordnungen 2014.....	189
9.3.2	Öffnungen und Anlagen zur natürlichen Rauchableitung.....	189
9.3.3	Anlagen zur maschinellen Rauchableitung.....	190
9.4	Einkaufszentren.....	191
9.4.1	Bauliche Gestaltung.....	191
9.4.2	Der Brand in den Verkaufsflächen	192
9.4.3	Angepasste Rauchabzugseinrichtungen	193
9.4.4	Virtuelle Rauchabschnitte	195
9.5	Versammlungsstätten	195
9.5.1	Versammlungsräume	195
9.5.2	Mehrzweckhallen.....	195
9.5.3	Sport- und Veranstaltungshallen.....	196
9.6	Garagen und Tunnel.....	198
9.6.1	Garagen.....	198
9.6.1.1	Einschätzung der Brand-Kenngrößen	199
9.6.1.2	Natürliche Rauchableitung.....	203
9.6.1.3	Maschinelle Rauchableitung	203
9.6.1.4	Rauchableitung mittels Impulsventilation	205
9.6.2	Verkehrstunnel.....	206
9.7	Entrauchungsöffnungen von Aufzugsschächten	208
9.7.1	Schutzziel der Öffnung im Aufzugsschacht	208
9.7.2	Forderungen der Energieeinsparverordnung EnEV.....	208
9.7.3	Erforderlichkeit und Art der Ver- bzw. Anwendbarkeitsnachweise	209

10	Ingenieurmethoden	213
10.1	Versuche zur Überprüfung der Wirksamkeit der Rauchableitung	213
10.2	Numerische Simulation.....	215
10.2.1	Grundlagen.....	216
10.2.2	Zonenmodelle	217
10.2.3	CFD-Berechnungen	218
10.3	Physikalische Modelle, Modellversuche	220
10.3.1	Einfluss der Zuluftzuführung	221
10.3.2	Die Wirkung des Stützstrahls.....	225
10.3.3	Überdachte Innenhöfe mit NRA	225
10.3.4	Überdachte Innenhöfe mit maschineller Unterstützung	229
10.3.5	Schneeablagerungen auf Dächern.....	229
11	Prüfungen und Erhalt der Anlagen	231
11.1	Prüfungen	231
11.1.1	Prüfung des NRA	231
11.1.2	Prüfung des MRA/ RDA	232
11.2	Periodische Wartung, Instandhaltung und Überwachung.....	232
11.2.1	Wartungsmaßnahmen für den NRA	233
11.2.2	Wartungsmaßnahmen für den MRA/RDA	233
11.2.3	Sonstige Maßnahmen	234
11.3	Wiederkehrende Prüfungen	234
12	Regelwerke im Rahmen des vorbeugenden, organisatorischen und betrieblichen Brandschutzes	235
12.1	Verordnungen und Richtlinien	235
12.2	Deutsche Normen	236
12.3	Europäische Normen.....	238
12.4	ISO-/DIS-Normen	240
12.5	VDI-Richtlinien	240
12.6	VdS-Richtlinien	240
12.7	VDMA-Einheitsblätter	242
	Stichwortverzeichnis	243

Welche Pläne auch immer in den Köpfen von Architekten entstehen ...



... die richtige Entrauchung gehört dazu.

Eine effiziente Entrauchung im Brandfall hält Fluchtwege frei und unterstützt wirksame Löscharbeiten. Ob durch Türen, Fenster oder natürlich wirkende bzw. maschinelle Rauch- und Wärmeabzugsanlagen: Wir finden die passende Lösung für Ihr Gebäude.

Und das kontrollierte Lüften durch Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen erhöht das Wohlbefinden und senkt die Betriebskosten. Tag für Tag.

**Vom Treppenraum bis zum Kanzleramt,
und vom Wohnquartier bis zum Flughafen.**



Rauchableitung

Wirtschaftliche und effiziente Lösungen zur Rauchableitung im Brandfall für jeden Gebäudetyp.



Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Natürlich wirkend oder maschinell. Zur normgerechten Rauchableitung und energieeffizienten Lüftung.



Rauchschutz-Druckanlagen

Nicht nur in Treppenträumen. Rauchfreihaltung für Flucht- und Rettungswege und in Sonderbauten.



Remote Services

Die Ferninspektion von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen erhöht die Verfügbarkeit und senkt Kosten. Zum Beispiel in Parkhäusern.



SCHLENTZEK & KÜHN

Brandschutz- und Sicherheitslösungen

Schlentzek & Kühn GmbH

Telefon 0 30. 44 36 23 0

Internet www.sicherheitdirekt.de

Telefax 0 30. 44 36 23 90

E-Mail info@sicherheit.sk

Technische Organisation von Sachverständigen e.V.

Die Technische Organisation von Sachverständigen e.V. ist ein Zusammenschluss von bundesweit tätigen Sachverständigen (bauordnungsrechtlich sowie öffentlich-rechtlich und vereidigt) der Bereiche der technischen Überwachung, des Umweltschutzes und des technischen Prüfwesens.

Sachverständige der TOS stehen mit einem breiten, sich stetig erweiterndem Leistungsprogramm und der erforderlichen fachlichen Kompetenz für Betreiber, Errichter und Hersteller technischer Anlagen, als auch für die zuständigen Behörden und Gerichte zur Wahrnehmung von Prüfungen und gutachterlichen Aufgaben unterstützend zur Verfügung. Die vertretenen Fachbereiche sind:

- Elektrotechnik,
- Lüftungstechnik sowie Rauch- und Wärmeabzugsanlagen,
- Fördertechnik,
- Energetische Gebäudeoptimierung,
- Brandschutz,
- Feuerlöschanlagen,
- Umweltschutz.

Der Erhalt der Qualifikation der Sachverständigen durch eine kontinuierliche Fort- und Weiterbildung, wie auch die Stärkung der Position der freien Sachverständigen als Vereinsmitglied durch einen fachlichen Netzwerk- und Kommunikationsaustausch sowie die Stärkung des Prüfsachverständigen als Berufsbild stehen dabei vordringlich im Aufgabenbereich der Organisation.

Geschäftsstelle  **e.V.**
Hermsdorfer Damm 213
D - 13467 Berlin
Tel: +49 (0)30 40586673
E-Mail: info@tos-ev.de
Homepage: www.tos-ev.de

Symbole und Formelzeichen

Symbol	Einheit	Bedeutung	Symbol	Einheit	Bedeutung
A	m^2	Fläche	H_A	m	Öffnungshöhe
A_b	m^2	Größe der Brandfläche	\dot{h}_c	kW	Brandleistung
A_B	-	Auswirkungen	\dot{h}_c''	$\frac{kW}{m^2}$	spezifische Brandleistung
A_g	m^2	geometrische Öffnungsfläche	h_{fl}	m	Flammenhöhe
A_h	m^2	horizontale Öffnungsfläche	h_m	m	mittlere Höhe
A_M	m^2	Überwachungsfläche je Rauchmelder	\dot{h}_w	kW	Wärmeabgabe an die Bauteile in der Rauchgasschicht
A_{nt}	%	anteilig wirksame Öffnungsfläche	h_0	m	Höhe der neutralen Druckzone über Fb. des Brandraumes
A_R	m^2	Rauchabschnittsfläche	h_{Sch}	m	Höhe der Rauchschürze
A_R	m^2	Grundfläche des Raumes	h_T	m	Traufhöhe
A_{TR}	m^2	Grundfläche des Treppenraums	h_w	m	wirksame Höhen
A_{UR}	m^2	Umfassungsfläche des Ventilator-Aufstellungsraumes	h_{sp}	m	Höhe der Sprinklerebene
A_V	m^2	vertikale Öffnungsfläche	H	m	Leitungshöhe
A_{vent}	m^2	Oberfläche des Ventilators	H_u	$\frac{kWh}{kg}$	unterer Heizwert
A_w	m^2	aerodynamisch wirksame Rauchabzugsfläche	I	m^3	Rauminhalt
A_{zu}	m^2	Fläche des Zuluft Eintrittes	l	m	charakteristische Länge
B	m	Leitungsbreite	l	m	Leitungslänge
b	$\frac{Wh^{0,5}}{m^2 \cdot K}$	Wärmeeindringzahl	$l_{\dot{a}q}$	m	äquivalente Leitungslänge
c	$\frac{min \cdot m^2}{kWh}$	Umrechnungsfaktor	L	m	Länge der Abströmkante des Rauches
c_p	$\frac{kJ}{kg \cdot K}$	spezifische Wärmekapazität	m	kg	Masse
c_v	-	Durchflussbeiwert für A_w	\dot{m}	$\frac{kg}{h}$	Massestrom
c_z	-	Korrekturfaktor für A_{zu}	m_i	-	Abbrandfaktor
D	m	Durchmesser der Brandfläche	\dot{m}_{PL}	$\frac{kg}{s}$	in die Rauchgassäule eintretende Umgebungsluft
d	m	Höhe der raucharmen Schicht	\dot{m}_{RG}	$\frac{kg}{h}$	Rauchgas-Massenstrom
d_{gl}	m	gleichwertiger Durchmesser	\dot{m}_{zu}	$\frac{kg}{h}$	Zuluft-Massenstrom
f	$\frac{1}{s}$	Frequenz	M		Modellmaßstab
$f_{r,PL}$	-	Strahlungsverlust am Plume	M_i	kg	Masse brennbarer Stoffe
g	$\frac{m}{s^2}$	Erdbeschleunigung (9,81)	ΔM	kg	Masseverlust brennbarer Stoffe
E_a	J	äußere Energie	n	h^{-1}	Luftwechselzahl
E_B	-	Eintrittswahrscheinlichkeit	p	Pa	Druck
\vec{F}	-	Vektor für die Bewegungskraftdichte			
h	m	Raumhöhe			

Symbol	Einheit	Bedeutung	Symbol	Einheit	Bedeutung
Δp	Pa	Druckdifferenz /Druckerhöhung des Ventilators	\dot{V}	$\frac{m^3}{h}$	Volumenstrom
Δp_0	Pa	Gesamtdruckdifferenz am Ventilator im Normalzustand	\dot{V}_L	$\frac{m^3}{h}$ bzw. $\frac{m^3}{s}$	Volumenstrom in der Türöffnung (RDA)
Δp_L	Pa	Druckverlust im Leitungssystem	\dot{V}_R	$\frac{m^3}{h}$	Rauchgasvolumenstrom
Δp_v	Pa	Druckverlust	\dot{V}_{vent}	$\frac{m^3}{h}$	Abzuführender Volumenstrom
P_w	kW	Antriebsleistung des Ventilators	\dot{V}_{netto}	$\frac{m^3}{h}$	Nettovolumenstrom
Q	kW	konvektiver Anteil der Brandleistung	\vec{v}	-	Bewegungsvektor
Q	J	Wärmeenergie	w	$\frac{m}{s}$	Luft-/ Rauchgasgeschwindigkeit
\dot{Q}	kW	freigesetzte Wärme	w	-	Wärmeabzugsfaktor
Q_{vent}	kW	Wärmeabgabe des Ventilators	W	J	Arbeit
q_R	$\frac{kWh}{m^2}$	rechnerische Brandbelastung	WL	Pa	Windlastklassifizierung
R	$\frac{J}{kg \cdot K}$	Gaskonstante	x	m	Abstände/ Entfernungen
R'	$\frac{Pa}{m}$	Reibungsverlust	x, y, z	m	Raumkoordinaten
\dot{R}	$\frac{kg}{s}$	Abbrandrate im Brandraum	x_0	m	Kernlänge
r_{sp}	m	horizontaler Abstand zwischen Plumeachse und Sprinklerkopf	y	m	Strahlenabweichung
R_B	-	Risikostufe	z	m	Dicke der Rauchgasschicht
RTI	$(s \cdot m)^{0,5}$	Trägheitsindex, Sprinkler	Z		Aufstiegshöhe des Rauchgases
Δ_{sp}	cm	Abstand zwischen Raumdecke und Sprinklerkopf	Z'	Pa	Einzelwiderstände
SL	Pa	Schneelastklassifizierung	z_0	m	Lage der virtuellen Brandquelle
s_{ij}	-	symmetrischer Deformationstensor	α	-	Strömungsbeiwert
t	min	Zeit/ Branddauer	α'	$\frac{kW}{s^2}$	Brandintensitätskoeffizient
$t_{\ddot{a}}$	min	äquivalente Branddauer	α_d	°	Dachneigungswinkel
t_e	min	Brandentwicklungsdauer	β	°	Öffnungswinkel
t_f	min	Zeit zwischen Brandmeldung und Löschangriff	β	$\frac{1}{K}$	thermischer Expansionskoeffizient
t_m	min	Zeitspanne für die Brandmeldung	η	-	Wirkungsgrad des Ventilators
t_{sp}	min	Sprinkler-Auslösezeit	ϑ	°C	Temperatur
Δt	s	Zeitintervall	ϑ_e	°C	Nenn-Auslösetemperatur
T	K	absolute Temperatur	$\Delta\vartheta$	K	Temperaturdifferenz
T_0	K	absolute Temperatur der Luft im Normalzustand	ϑ_m	°C	Mischtemperatur
T_G	K	absolute Temperatur im Bereich der Rauchgasschicht	Δ	K	Temperaturdifferenz zwischen innen und außen (Treppenträume)
T_L	K	absolute Temperatur der Luft im Brandraum	ρ	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte
T_R	m	Raumtiefe	ρ_0	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte der Luft im Normalzustand
T_R	K	Temperatur des Rauchgases	ρ_L	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte der Luft
T_U	K	absolute Umgebungstemperatur	ρ_G	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte des Rauchgases
U	m	Umfang der Brandfläche	ψ_i	-	Kombinationsbeiwert
U	J	Innere Energie	ζ	-	Widerstandsbeiwert (Druckverlustbeiwert)
u, v, w	m/s	Geschwindigkeit in Richtung Raumkoordinaten	λ	-	Reibungszahl
v_b	$\frac{kg}{m^2 \cdot min}$	Abbrandgeschwindigkeit	μ	-	Kontraktionsziffer
v_r	$\frac{m}{min}$	Brandausbreitungsgeschwindigkeit	ε	mm	Rauigkeitswert
V	m^3	Volumen des Gases	ν	$\frac{m^2}{s}$	kinematische Zähigkeit

1 Einleitung

Brandfälle der letzten Jahrzehnte führen uns die oft erheblichen Ausmaße, die umfangreichen Schäden und nicht zuletzt den schmerzenden Verlust von Menschenleben ins Bewusstsein. Das Feuer als auslösendes Moment für diese Katastrophen und die sich daraus entwickelnden Produkte, wie Rauch mit den darin enthaltenen toxischen Substanzen und der dabei freiwerdenden Wärme, stellen die eigentlichen Gefahren, vor allem im „gefangenen Zustand“, d. h. innerhalb eines Raumes bzw. Gebäudes dar. Die heutige Gebäudetechnik ist zwar nicht in der Lage auch zukünftige Brände zu verhindern, mit ihr ist es jedoch möglich, Brände zu begrenzen und zu einer wirksamen Rauch- und Wärmeableitung beizutragen. Mit zunehmendem Umfang halten sich die Menschen in Deutschland im Inneren von Gebäuden auf, so dass der Begrenzung der Brände und der Freihaltung von Flucht- und Rettungswegen eine wachsende Bedeutung zukommt.

1.1 Gefährlicher Brandrauch

Die Praxis zeigt, dass der im Brandfall freiwerdende Brandrauch gegenüber der Wärme (Flammen) die größere Gefahr für den Menschen, auch im Anfangsstadium eines Brandes, 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. Die Opfer, die erst auf dem Weg zum oder im Krankenhaus versterben, werden dabei in der Regel nicht zentral erfasst.

Darüber hinaus ist aus den Zentren der Schwelbrandverletzten zu erfahren, dass dort noch fast die Hälfte der eingelieferten schwerstverletzten Patienten an den durch Rauchgase hervorgerufenen irreparablen Lungenschädigungen verstirbt [2]. 95 % der Brandtoten erleiden ihr Schicksal bereits in der Schwelbrandphase, besonders nachts, da sie im Schlaf den Brandgeruch nicht wahrnehmen und dem Einfluss von Kohlenmonoxid ausgesetzt sind [3]. Die Statistik für Deutschland von 2015 des Statistischen Bundesamtes weist 343 Tote durch Rauch, Feuer und Flammen aus. Hierzu kommen eine große Anzahl von Lungenschädigungen geretteter Personen und Einsatzkräften [2]. Diese Darstellung gibt einen Hinweis

darauf, welche „Rangordnung“ dem Rauch hinsichtlich der Gefährdung des Menschen im Brandfall zukommt. Der zeitabhängige Einfluss des Kohlenmonoxidgehaltes in der Atemluft des Menschen geht aus Abschnitt 2.10 hervor.

Darüber hinaus fördern Brandrauch und Brandgase von hoher Temperatur, verbunden mit dem entstehenden thermischen Auftrieb, das „Vorwärmen“ noch nicht brennender Gegenstände und Bauteile, was zur Ausbreitung des Brandes und zum Verlust umfangreicher Sachwerte führt.

1.2 Unerlässliche Maßnahmen

Aus diesen im Brandfall entstehenden Zuständen und Gefahren ergeben sich für die Gebäudetechnik im Rahmen des vorbeugenden bzw. betrieblichen Brandschutzes Aufgaben, die sich bezüglich des **Rauches** auf die Rauchableitung, verbunden mit der thermischen Entlastung des Brandraumes, der Rauchverdünnung sowie auf die Rauch Freihaltung bestimmter Bereiche eines Gebäudes beziehen.

Zur Reduzierung der Brand- und Rauchausbreitung muss neben dem **Rauch** selbst die freiwerdende **Wärme** aus dem Gebäude abgeleitet werden.

In der modernen Gebäudetechnik sind deshalb zunächst Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung unerlässlich. Es handelt sich dabei um spezielle Einrichtungen, die entsprechend der Gebäudesituation, der brandbelasteten Räume, der einzuschätzenden Brandentwicklung sowie der Ausbildung der Flucht-, Rettungs- und Angriffswege festgelegt und zu bemessen sind. Ihnen kommt hinsichtlich der Selbst- und Fremdrettung und des Löschangriffs die erforderliche Bedeutung zu.

Die Notwendigkeit solcher Einrichtungen ist bei den Bauherren gelegentlich noch umstritten. In der Planungspraxis bedarf es deshalb immer noch einer gewissen Überzeugungsarbeit sowie eines Durchsetzungsvermögens, da der Einsatz der hier angesprochenen Maßnahmen bzw. Einrichtungen im Rahmen der Gebäudetechnik nicht als nutzbringende bzw. zur Behaglichkeit beitragende, sondern „nur als vorbeugende“ Maßnahmen angesehen werden.

Die Auslegungen und Anwendungen eines wirksamen Rauch- und Wärmeabzuges stützten sich zunächst auf die nur andeutungsweise formulierten Forderungen in den Bauordnungen der Bundesländer. Darauf basierend, wurden in den letzten Jahren Normen und Richtlinien herausgegeben, die konsequente Wege zur planerischen Vorgehensweise bzw. Auslegung der hier angesprochenen Einrichtungen aufzeigen.

Parallel dazu wurden in den Instituten und Fachausschüssen technische Grundlagen für den Rauch- und Wärmeabzug geschaffen, die bereits teilweise in die europäischen Normen eingehen bzw. eingegangen sind. So sind inzwischen die Anforderungen und deren Prüfung einiger Bauprodukte zur Rauch- und Wärmeableitung, wie natürliche und maschinelle Rauchabzugsgeräte, Entrauchungsleitungen und Entrauchungsklappen, europäisch festgelegt und Grundlage einer CE-Kennzeichnung nach der Bauproduktenverordnung (EU) Nr. 305/2011 [4].

Es darf in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben, dass ein Teil dieser technischen Regelwerke in der Praxis gelegentlich auf Unverständnis stoßen, d. h. einige der darin enthaltenen Forderungen lassen sich oft hinsichtlich ihrer Bemessung, vor allem bei bestehenden und umzurüstenden Bauvorhaben, nicht oder nur mit erheblichen Aufwendungen realisieren. Insofern bestehen auch weiterhin Planungs- und Rechtsunsicherheiten, die eine „normgerechte Planung“ oft erschweren, oder gar unmöglich machen.

Mit den folgenden Darstellungen ist der Versuch verbunden, die bisher in den Normen, Richtlinien, Prüfungen und Erkenntnissen der Komponentenhersteller abgesteckten Rahmenbedingungen durch praktische Erfahrungen zu ergänzen, um Architekten und Fachplanern von Rauch- und Wärmeabzugseinrichtungen mit den Notwendigkeiten, Möglichkeiten und den Randgebieten dieses Fachgebietes bekannt zu machen. Die Autoren sind sich jedoch darüber im Klaren, dass eine umfassende und allgemein gültige Form der Darstellung wegen der Komplexität der Bauwerke sowie der ständig neu gewonnenen Erkenntnisse dieses Fachgebietes nicht möglich ist. Daher liegt es in der Verantwortung der Planenden und Ausführenden in Zusammenarbeit mit den Verfassern der Brandschutznachweise wirksame schutzzielorientierte Lösungen zu erarbeiten und umzusetzen.

1.3 Ziele des vorbeugenden Brandschutzes

Nach DIN 14011 [5] erstreckt sich der vorbeugende Brandschutz in der Gebäudetechnik ganz allgemein auf Maßnahmen zur Verhinderung eines Brandausbruches, der Brandausbreitung sowie zur Sicherung der Rettungs- und Angriffswege. Sie bilden die Grundlage bzw. die Voraussetzungen für einen wirkungsvollen, abwehrenden Brandschutz. Der vorbeugende Brandschutz ist zunächst als Sammelbegriff einzuordnen. Er schließt die vorbeugenden Maßnahmen des baulichen, betrieblichen und organisatorischen Brandschutzes ein.

Diese allgemein gehaltene Formulierung macht bereits deutlich, dass jedes Gebäude, entsprechend seiner Lage,

seiner Größe bzw. Ausdehnung, seiner Funktion (Nutzung) und den technischen Einrichtungen entsprechend individuell zu beurteilen ist und gezielte Maßnahmen erfordert.

Maßnahmen dieser Art setzen ein gebäudebezogenes Sicherheitskonzept voraus, dessen Ausgangspunkte die charakteristischen Merkmale eines möglichen Brandes und dessen Ausbreitung beinhalten. Insofern bilden Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung die Grundlage im Planungsstadium. Die sich daraus ergebenden Bemessungsgrößen und Kriterien müssen die Lage des Gebäudes, das Gebäude selbst, unter Berücksichtigung der Brand- und ggf. Rauchabschnitte, der Flucht- und Angriffswege sowie der betriebstechnischen Anlagen, einschließen. Darüber hinaus sind die Zeitabläufe der Evakuierungsdauer des Gebäudes und die Dauer des Beginns der Brandbekämpfung (Brandentwicklungsdauer) zu berücksichtigen.

Aus dieser Sicht ergeben sich die Aspekte des vorbeugenden baulichen und betrieblichen Brandschutzes. Insofern können die Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung, je nach Aufgabenstellung, sowohl dem vorbeugenden baulichen, dem betrieblichen, als auch dem organisatorischen Brandschutz zugeordnet werden. Daraus lassen sich die Schutzziele des Brandschutzes wie folgt definieren:

- Begrenzung der Brandausbreitung,
- Sicherung und Rettung von Menschen und Tieren,
- Sicherstellung des Löschangriffes.

1.4 Das Bauordnungsrecht

Grundlage des Bauordnungsrechts ist die Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes. Sie gilt für die Errichtung aller baulichen Anlagen und Einrichtungen. Sie schließen die Maßnahmen des Brandschutzes und der Rauchbehandlung im Brandfall ein. Ergänzt wird das Bauordnungsrecht durch Verordnungen sowie baurechtlich eingeführte Normen und Richtlinien.

Bei Durchsicht der Bauordnungen der einzelnen Bundesländer sowie der Musterverordnung MBO [6] hinsichtlich des Brandschutzes fallen im Wesentlichen folgende Kernsätze auf, die als repräsentativer Querschnitt für alle bundesdeutschen Bauordnungen angeführt werden. Darin heißt es im Hinblick auf die Sicherheitsbelange bzw. Maßnahmen des baulichen und betrieblichen Brandschutzes (auszugsweise):

§ 2 Begriffe:

(3) Gebäude werden in folgenden Gebäudeklassen eingeteilt:

Gebäudeklasse 1:

- a) freistehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m² und
- b) freistehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude,

Dabei handelt es sich um Gebäude mit geringem Personenrisiko, kurzen Fluchtwegen und notwendigen Gebäudeabständen.

Gebäudeklasse 2:

Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m²,

In diese Gebäudeklasse fallen z. B. Reihenhäuser. Risikoeinschätzung wie vor, jedoch ggf. ohne Sicherheitsabstände, zur Nachbarbebauung.

Gebäudeklasse 3:

sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m,

In diese Gebäudeklassen fallen alle Gebäude entsprechend der Höhenbegrenzung, unabhängig von der Art und Nutzung.

Gebäudeklasse 4:

Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m²,

Gebäude jeglicher Art mit teilweise beachtlichen Fluchtweglängen.

Gebäudeklasse 5:

sonstige Gebäude, einschließlich unterirdischer Gebäude.

Hierbei handelt es sich vor allem um mehrgeschossige Gebäude bis zur Hochhausgrenze (oberster Fußboden 22 m).

(4) Sonderbauten sind Anlagen und Räume besonderer Art und Nutzung, die einen der nachfolgenden Tatbestände erfüllen: [...]

In der MBO § 2 (4) werden an dieser Stelle 20 Tatbestände für Sonderbauten aufgelistet.

§ 3 Allgemeine Anforderungen:

(4) Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben und Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.

§ 14 Brandschutz:

Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.

§ 32 Dächer:

(1) Bedachungen müssen gegen eine Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lang widerstandsfähig sein (harte Bedachung).

(6) [...] Öffnungen in diesen Dachflächen müssen waagrecht gemessen mindestens 2 m von der Brandwand oder der Wand, die anstelle der Brandwand zulässig ist, entfernt sein.

§ 33 Erster und zweiter Rettungsweg:

(2) Für Nutzungseinheiten [...], die nicht zu ebener Erde liegen, muss der erste Rettungsweg über eine notwendige Treppe führen. Der zweite Rettungsweg kann eine weitere notwendige Treppe oder eine mit Rettungsgeräten der Feuerwehr erreichbare Stelle der Nutzungseinheit sein. Ein zweiter Rettungsweg ist nicht erforderlich, wenn die Rettung über einen sicher erreichbaren Treppenraum möglich ist, in den Feuer und Rauch nicht eindringen können (Sicherheitstreppenraum).

§ 35 Notwendige Treppenräume, Ausgänge:

(3) Jeder notwendige Treppenraum muss einen unmittelbaren Ausgang ins Freie haben. Sofern der Ausgang eines notwendigen Treppenraumes nicht unmittelbar ins Freie führt, muss der Raum zwischen dem notwendigen Treppenraum und dem Ausgang ins Freie

- 1. mindestens so breit sein wie die dazugehörigen Treppenläufe,*
- 2. Wände haben, die die Anforderungen an die Wände des Treppenraumes erfüllen,*
- 3. rauchdichte und selbstschließende Abschlüsse zu notwendigen Fluren haben und*
- 4. ohne Öffnungen zu anderen Räumen, ausgenommen zu notwendigen Fluren, sein.*

(8) Notwendige Treppenräume müssen belüftet und zur Unterstützung wirksamer Löscharbeiten entrauchet werden können. Sie müssen

- 1. in jedem oberirdischen Geschoss unmittelbar ins Freie führende Fenster mit einem freien Querschnitt von mindestens 0,50 m² haben, die geöffnet werden können, oder*
- 2. an der obersten Stelle eine Öffnung zur Rauchableitung haben.*

In den Fällen des Satzes 2 Nr. 1 ist in Gebäuden der Gebäudeklasse 5 an der obersten Stelle eine Öffnung zur Rauchableitung erforderlich; in den Fällen des Satzes 2 Nr. 2 sind in Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5, soweit dies zur Erfüllung der Anforderungen nach Satz 1 erforderlich ist, besondere Vorkehrungen zu treffen. Öffnungen zur Rauchableitung nach Satz 2 und 3 müssen in jedem Treppenraum einen freien Querschnitt von mindestens 1 m² und Vorrichtungen zum Öffnen ihrer Abschlüsse haben, die vom Erdgeschoss sowie vom obersten Treppenabsatz aus bedient werden können.

§ 36 Notwendige Flure, offene Gänge:

(1) Flure, über die Rettungswege aus Aufenthaltsräumen oder aus Nutzungseinheiten mit Aufenthaltsräumen zu Ausgängen in notwendige Treppenräume oder ins Freie führen (notwendige Flure), müssen so angeordnet und ausgebildet sein, dass die Nutzung im Brandfall ausreichend lang möglich ist. [...]

(3) Notwendige Flure sind durch nicht abschließbare, rauchdichte und selbstschließende Abschlüsse in Rauchabschnitte zu unterteilen. Die Rauchabschnitte sollen nicht länger als 30 m sein. Die Abschlüsse sind bis an die Rohdecke zu führen; sie dürfen bis an die Unterdecke der Flure geführt werden, wenn die Unterdecke feuerhemmend ist.

Notwendige Flure mit nur einer Fluchtrichtung, die zu einem Sicherheitstreppenraum führen, dürfen nicht länger als 15 m sein. [...]

§ 37 Fenster, Türen, sonstige Öffnungen:

(4) Jedes Kellergeschoss ohne Fenster muss mindestens eine Öffnung ins Freie haben, um eine Rauchableitung zu ermöglichen. Gemeinsame Kellerlichtschächte für übereinanderliegende Kellergeschosse sind unzulässig.

§ 39 Aufzüge:

(3) Fahrschächte müssen zu lüften sein und eine Öffnung zur Rauchableitung mit einem freien Querschnitt von mindestens 2,5 v. H. der Fahrschachtgrundfläche, mindestens jedoch 0,10 m² haben. Diese Öffnung darf einen Abschluss haben, der im Brandfall selbsttätig öffnet und von mindestens einer geeigneten Stelle aus bedient werden kann. Die Lage der Rauchaustrittsöffnungen muss so gewählt werden, dass der Rauchaustritt durch Windeinfluss nicht beeinträchtigt wird.

§ 51 Sonderbauten:

Können durch die besondere Art oder Nutzung baulicher Anlagen und Räume ihre Benutzer oder die Allgemeinheit gefährdet oder in unzumutbarer Weise belästigt werden, so können im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach § 3 Abs. 1 besondere Anforderungen gestellt werden. [...]

Die Anforderungen erstrecken sich u. a. auf § 51 (11) die Lüftung und Rauchableitung betreffend.

Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.

1.5 Notwendige Teamarbeit

Um die angestrebten Ziele – die Rauchableitung bzw. den Rauch- und Wärmeabzug so effektiv wie möglich zu gestalten sowie die Ausbreitung des Brandes einzuschränken – zu erreichen, ist vor allem bei umfangreichen Bauvorhaben eine grundlegende und aussagekräftige Zusammenarbeit zwischen den in Abbildung 1.1 aufgezeigten Behörden, Planern und Institutionen unerlässlich. Diese Darstellung verdeutlicht die komplexe Situation sowie die damit verbundenen Hinweis- und Einspruchsmöglichkeiten, die mit der brandschutz- und entrauchungsseitigen Beurteilung eines Bauwerkes verbunden sein können.

Ausgangspunkt jeder brandschutz- und entrauchungstechnischen Überlegung zur Gebäudetechnik sind die zu treffenden Festlegungen des baulichen Brandschutzes. Ohne diese Vorgaben sind die hier angesprochenen Maßnahmen im Sinne der einzuhaltenen Schutzziele unrealistisch.

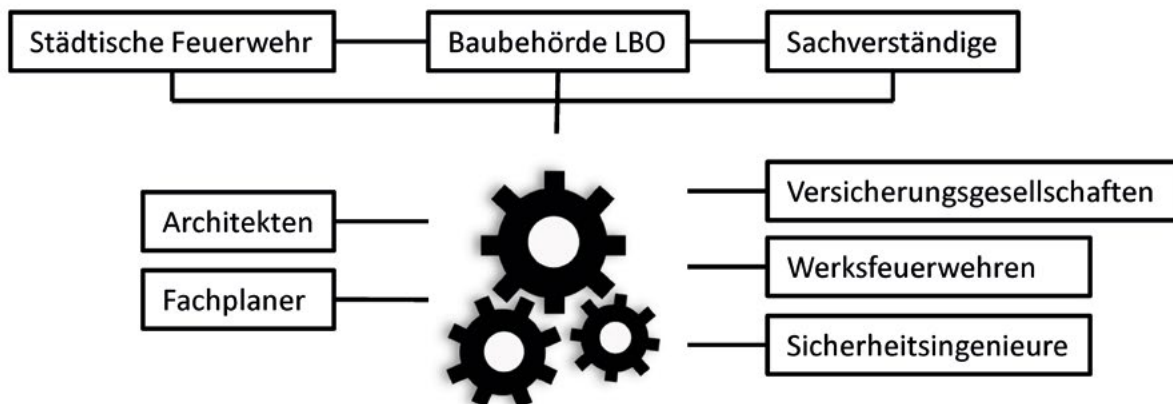


Abb. 1.1:

Unerlässliches Zusammenwirken der Planer mit der Bauaufsichtsbehörde und Sicherungsinstitutionen bei der Beurteilung und Festlegung der Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes sowie der Rauch- und Wärmefreihaltung.

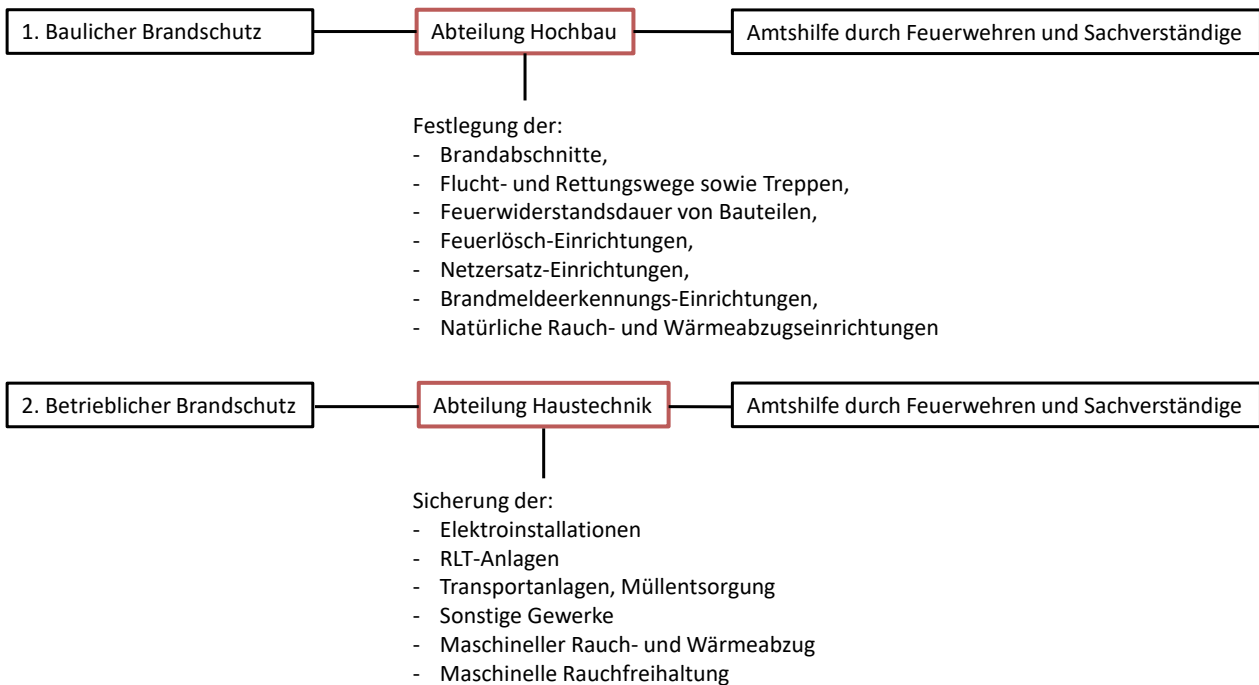


Abb. 1.2: Ablauf des Genehmigungsverfahrens durch die zuständige Bauaufsichtsbehörde im Rahmen der Kriterien des baulichen und betrieblichen Brandschutzes.

1.6 Genehmigungsverfahren der Bauaufsichtsbehörde

Die Bauaufsichtsbehörde, die das Landesbaurecht vertritt, ist neben der Durchsetzung des Baurechts gehalten, Hinweise oder Forderungen, besonders der Feuerwehren und/oder Sachverständigen zu berücksichtigen und ggf. in das Baugenehmigungsverfahren aufzunehmen. Sie stellt die für ein zu genehmigendes Bauvorhaben im Rahmen des Baurechts notwendigen Auflagen. Diese umfassen die Errichtungen aller baulichen Anlagen und somit auch die geplanten Maßnahmen zur Sicherstellung der Rauch- und Wärmeableitung.

Die Planer – angesprochen ist hier der Architekt bzw. der Fachplaner, je nach Aufgabenstellung – sehen sich oft durch einen Teil dieser Auflagen mit relativ neuen Überlegungen ihrer technischen Randgebiete konfrontiert, die u. a. auf neu eingeführte Regelwerke oder auf § 51 (MBO) „Sonderbauten“ zurückzuführen sind.

Im Falle des Zutreffens von § 51 (MBO) ergeben sich ggf. sicherheitstechnische Zusatzforderungen in Form von Auflagen, die für die Planer oft nicht vorhersehbar sind. Aus diesem Grunde wird in den folgenden Darstellungen versucht, den Planern Überlegungen nahe zu bringen, wie sie im Beurteilungsablauf des vorbeugenden, betrieblichen und organisatorischen Brandschutzes notwendig und bei der Gebäudeplanung zu berücksichtigen sind.

Der Beurteilungsablauf im Genehmigungsverfahren gibt dem an der Planung beteiligten Personenkreis, wie oben bereits erwähnt, häufig Rätsel auf. Erfahrene Planer kennen die Schwerpunkte des vorbeugenden und betrieblichen Brandschutzes sowie die damit verbundenen Forderungen, die sich zunächst aus der Bauordnung des

jeweiligen Bundeslandes sowie aus den zugeordneten Verordnungen, Normen und Richtlinien ergeben. Doch auch für sie stellen sich Unsicherheiten ein, wenn z. B. die Nutzungen des Gebäudes oder einzelner Gebäudeteile im Planungsstadium noch nicht feststehen und dadurch zusätzliche Forderungen entstehen können. Die Folge auf der Planungsseite sind mitunter Sicherheitszuschläge, die u. U. mit großem Kostenaufwand verwirklicht werden, oder sie äußern sich in zu klein bemessenen Einrichtungen, die der geforderten Wirksamkeit nicht gerecht werden.

Um vor allem jungen Planern diese Unsicherheiten zu nehmen, müssen sie sich zunächst in den Beurteilungsablauf des zu genehmigenden Bauvorhabens durch die Bauaufsichtsbehörde eindenken. Bringt man diese grundsätzlichen Überlegungen des vorbeugenden und betrieblichen Brandschutzes in ein gedankliches Gesamtschema, so ergibt sich gemäß Abbildung 1.2 folgender Ablauf im Rahmen des Genehmigungsverfahrens:

Die Beurteilung des Bauvorhabens erfolgt durch die zuständige Bauaufsichtsbehörde auf Basis der Bauordnung des betreffenden Bundeslandes sowie der einschlägigen Verordnungen, Normen und Richtlinien.

Abteilung Hochbau (1) legt dabei die für das Gebäude typischen Beurteilungskriterien zugrunde, die sich, ausgehend von der Nutzung, vor allem aus der Höhe des Bauvorhabens (Anzahl seiner Vollgeschosse), aus der horizontalen Ausdehnung des Gebäudes und seines Abstandes zur Nachbarbebauung ergeben. Besonders die Nutzung des Gebäudes kann, wie oben ausgeführt, bei der Beurteilung in Sachen Sonderbauten zu weitergehenden Forderungen (Auflagen) führen.

Bauliche Anlagen sowie Räume besonderer Art und Nutzung oder bauliche Maßnahmen für besondere Personengruppen geben der Bauaufsichtsbehörde Spielräume um die Sicherheitsbelange zu bekräftigen.

Dabei wird in der Regel nicht die gesamte Palette möglicher Forderungen an das Bauvorhaben hinsichtlich ihrer Nutzung in vollem Umfang von der jeweils gültigen Landesbauordnung abgedeckt. So fließen in die Beurteilung z. B. Verwaltungsvorschriften, technische Regeln, Normen sowie Verordnungen und Richtlinien, wie nachfolgend aufgeführt, zweckentsprechend ein:

- Versammlungsstättenverordnung,
- Verkaufsstättenverordnung,
- Krankenhaus- und Pflegeheim-Bauverordnung,
- Garagenverordnung,
- Gaststättenverordnung,
- Beherbergungsstätten-Verordnung,
- Richtlinien über den Bau und Betrieb von Hochhäusern,
- Schulbau-Richtlinie,
- Industriebau-Richtlinie,
- Sportstätten-Richtlinie.

Die Verordnungen und Richtlinien können in den einzelnen Bundesländern abweichen und sind daher immer in der jeweiligen Landesfassung zu beachten.

Soweit es sich dabei um Maßnahmen des Brandschutzes handelt, so leisten in zahlreichen Fällen die städtischen Feuerwehren oder anerkannte Prüfsachverständige gewissermaßen Amtshilfe im Baugenehmigungsverfahren. Diese drückt sich in der brandschutztechnischen Beratung oder in der Abgabe gutachterlicher Stellungnahmen zu den eingereichten Bauanträgen aus. Auch daraus können oft von vornherein noch nicht übersehbare Forderungen entstehen, die nicht selten erst nach Abschluss des Genehmigungsverfahrens zum Ausdruck kommen.

Im Rahmen der brandschutztechnischen Beurteilung des Gebäudes erfolgt die Einschätzung der Brandbelastung, die Festlegung der Brandabschnitte, die Eintragung von Flucht- und Rettungswegen sowie die Festlegung der brandschutztechnisch klassifizierten Bauteile. Darüber hinaus erfolgen die Festlegungen von Feuerlöscheinrichtungen, Brandmeldeeinrichtungen, Schutzmaßnahmen für Transportanlagen sowie der Einrichtungen des natürlichen Rauch- und Wärmeabzuges.

In der **Abteilung Haustechnik (2)** erfolgt der weitere Ablauf des Genehmigungsverfahrens. Hierbei gilt es besonders die Maßnahmen des betrieblichen Brandschutzes, vor allem für allgemeine haustechnische Einrichtungen, wie Elektroanlagen, RLT-Anlagen, maschinelle Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und sonstige Gewerke festzulegen. Diese Abteilung wird länderspezifisch für einige Fachgebiete ausschließlich durch anerkannte Prüfsachverständige für technische Anlagen und Einrichtungen unterstützt.

Das Ergebnis des Genehmigungsverfahrens drückt sich in der Regel in Grüneintragungen in den

Genehmigungszeichnungen des A- und B-Exemplars aus und findet darüber hinaus seinen Niederschlag in der Baugenehmigung in Form von Auflagen. Während das A-Exemplar der Genehmigungsunterlagen bei der Genehmigungsbehörde verbleibt, geht das B-Exemplar an den Bauherrn bzw. dessen Bevollmächtigten zurück. Sowohl die Auflagen des baulichen als auch die des betrieblichen Brandschutzes sind für die Ausführung des Bauvorhabens und die Gestaltung der betrieblichen Einrichtungen bindend.

Durch zeitliche Verzögerungen zwischen der Planung (Genehmigungsunterlagen) und Erstellung der Baugenehmigung geraten Bauherr und Planer in eine gewisse Wartestellung, die für die weitere Bearbeitung (Erstellung der Leistungsverzeichnisse und der Ausführungsplanung) mit Unsicherheiten, besonders im Hinblick auf die erforderlichen sicherheitstechnischen Belange, verbunden ist. Diese kostbare Wartezeit lässt sich nur dann ohne größere Risiken (unvollständige Ausführungsplanung) minimieren, wenn Bauherren bzw. Planer bereit sind, für die notwendigen Maßnahmen, vor allem der Rauch- und Wärmeableitung, schon während der Bauplanungsphase mit anerkannten Prüfsachverständigen zusammenzuarbeiten und zumindest eine konzeptionelle Darstellung der geplanten Einrichtungen erstellen zu lassen. Diese für die Planer wichtige Beurteilung, z. B. in der Art, ob natürliche oder maschinelle Rauchabzugseinrichtungen zum Einsatz kommen, mit welchen Größenordnungen der Rauchabzugsflächen oder Volumenströmen zu rechnen ist usw., lassen den Planern gewisse zeitliche Spielräume und sie verfügen bereits im Vorfeld der eigentlichen Baugenehmigung über bindende Stellungnahmen.

Neben diesen Möglichkeiten müssen Architekten und Fachplaner selbst bereit sein, sich intensiv mit den Notwendigkeiten des baulichen und betrieblichen Brandschutzes auseinanderzusetzen. Nur so lassen sich von vornherein größere Unsicherheiten abbauen. Die von den Bauaufsichtsbehörden erteilten Auflagen stellen dann keine Überraschung mehr dar, die nicht selten zu Ärgernissen und unter Umständen zu Neuplanungen führen.

Das Sicherheitskonzept eines Gebäudes im Sinne der Rauch- und Wärmeableitung beinhaltet nicht nur die im Vordergrund stehende Auslegung der Entrauchungsflächen oder die Festlegung der erforderlichen Volumenströme. Das Bauwerk muss als Ganzes, einschließlich der Flucht-, Rettungs- und Angriffsmöglichkeiten, in die Beurteilung mit einbezogen werden. Mit der Einbeziehung in diese Überlegungen sind zunächst die nach § 2 der MBO definierten Gebäudeklassen zu berücksichtigen (→ [Abschnitt 1.4](#)). Dazu sei anzumerken, dass die Gebäudeklasse 5 auch alle unter 1 bis 4 nicht genannten Gebäude umfasst.

Parallel zu den definierten Gebäudeklassen (→ [Abschnitt 1.4](#)) stehen für die Einschätzung im Sinne der Entrauchung und Brandbekämpfung folgende Aspekte im Vordergrund der planungstechnischen Überlegungen:

- **Standort des Gebäudes;** entscheidend ist dabei, ob das Gebäude frei steht oder ob es in eine Straßengebäudebebauung einbezogen wird, bzw. ist. Bei einem freistehenden Gebäude ist die Übertragung von Feuer und Rauch auf Nachbargebäude nicht unmittelbar gegeben und die Maßnahmen für Rettungs- und Brandbekämpfungsmaßnahmen sind außerhalb des Gebäudes keinen unmittelbaren Behinderungen ausgesetzt.
- **Anzahl der Geschosse** und die Ausdehnung des Gebäudes stehen im Zusammenhang mit den Fluchtmöglichkeiten für die Nutzer des Gebäudes sowie den Möglichkeiten des Löschangriffes. So geht z. B. die Evakuierung eines Flachbaus schneller vonstatten, als das eines mehrgeschossigen Gebäudes. Auch für die Einsatzkräfte der Feuerwehr sind in Flachbauten in der Regel ein schnelleres Vordringen zum Brandherd und effektivere Rettungsmaßnahmen möglich. Dagegen sind bei mehrgeschossigen Gebäuden die Wege zur Rettung sowie des Löschangriffs länger und es müssen Aufstellflächen für die Geräte der Feuerwehr vorhanden sein. Auch der Löschangriff ist aufwendiger und langwieriger. Besondere Anforderungen ergeben sich hier für Hochhäuser, da die Rettungsgeräte der Feuerwehr, wie Leitern und Hebebühnen, die Fenster in den obersten Stockwerken nicht erreichen.
- **Nutzung des Gebäudes;** bezogen auf die Anzahl und Beweglichkeit der Nutzer. Es ist ein Unterschied, ob z. B. ein Lagerhaus, ein Gewerbebetrieb usw. mit geringer Personenzahl oder ein Gebäude mit zahlreichen Insassen und u. U. eingeschränkter Beweglichkeit evakuiert werden müssen. Gebäude, bei denen mit schleppender oder eingeschränkter Beweglichkeit der Insassen im Sinne der Fluchtmöglichkeit zu rechnen ist, sind z. B. große Versammlungsstätten, Krankenhäuser, Altenpflegeheime oder Kindertagesstätten.
- **Art des Gebäudes;** hierbei stehen die installierten oder gelagerten brennbaren Gegenstände im Vordergrund. Als extrem brandbelastete Gebäude sind z. B. Lager Räume, Hotels, Warenhäuser usw. anzusehen. Die Brandbelastung eines Raumes oder Gebäudes ist für die Planung und Ausführung der Rauchableitung das mit an vorderster Stelle stehende Beurteilungskriterium.
- **Ausstattung des Gebäudes;** im Sinne von technischen Sicherheitsausstattungen, wie:
 - Brand- und Rauchüberwachungseinrichtungen, ggf. mit einer Alarmierung an eine ständig besetzte Stelle des Gebäudes oder zur Feuerwehrleitstelle,
 - Alarmeinrichtungen, die schon im Anfangsstadium eines Brandes die Nutzer zum Verlassen des Gebäudes auffordern,
 - automatische Löscheinrichtungen, die durch Rauch- oder Wärmebeaufschlagung selbsttätig auslösen und den Löschvorgang noch vor dem Eintreffen der Feuerwehr einleiten.

- **Standort der zuständigen Feuerwehr;** bezogen auf die Anfahrtswege zwischen deren Wachen und dem anzulaufenden Gebäude. Dieser Einfluss wird oft unterschätzt, was sich u. U. in der Angriffszeit und dem verspäteten Löscheinsatz (Brandentwicklungsdauer) niederschlägt. Hierbei ist es besonders in Großstädten sinnvoll, schon im Planungsstadium die zuständige Feuerwache zu ermitteln und die Anlaufzeit, unter Berücksichtigung der Straßenverhältnisse sowie des möglichen Verkehrsaufkommens, einzuschätzen.

Als extrem günstig ist in diesem Zusammenhang das Vorhandensein einer nahegelegenen Werksfeuerwehr anzusehen. Andererseits darf nicht außer Acht gelassen werden, dass in Kleinstädten oder Landgemeinden mit dem Einsatz von freiwilligen Feuerwehrkräften zu rechnen ist. Für diesen Fall ergeben sich zwangsläufig längere Zeiten im Hinblick auf den Rettungseinsatz und den Beginn der Brandbekämpfung.

Die Evakuierungsmöglichkeiten eines Gebäudes, unter Berücksichtigung der Rettungsweglängen und notwendigen Ausgangsbreiten, stellt ein weiteres Kriterium dar, welches im Rahmen des Sicherheitskonzeptes zu beachten ist. Hierbei ist vor allem von der Bewegungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Personenstromdichte und möglichen Staubbildungen auszugehen.

Die Parameter der Bewegung von Personenströmen konzentrieren sich dabei in erster Linie auf die konstruktiven Abmessungen der Evakuierungswege, wie: Gänge, Flure, Treppen, Türen, Durchgänge usw. Dabei ergeben sich je nach Art und Nutzung des betrachteten Gebäudes sehr unterschiedliche Evakuierungszeiten. Es ist einleuchtend, dass die Evakuierungszeiten von ortskundigen Personen ohne Einschränkungen, z. B. aus Fabrikhallen, Büroräumen usw. höher liegen, als aus Versammlungsstätten, Krankenhäusern oder Pflegeheimen. So sind zur Rettung der Menschen entsprechende Vorkehrungen zu treffen, bei denen die Bewegungsabläufe innerhalb eines Gebäudes erheblich schneller als die Rauchausbreitung vonstattengehen müssen. Bei diesen Einschätzungen sind die Qualität und die Quantität des entstehenden Rauches nicht zu unterschätzen. Die „starken Raucher“, insbesondere beim Abbrand von Textilien, Gummierzeugnissen oder Kunststoffen, zeichnen sich durch große Mengen dunklen Rauches hoher Temperatur aus, was die Flucht-, Rettungs- und Angriffssituation stark beeinträchtigen kann. Insofern ist dem Faktor Rauch im Brandszenario und der damit zusammenhängenden Risikoeinschätzung in besonderem Maße Rechnung zu tragen. Aus Abbildung 1.3 gehen, in allgemein gehaltener Darstellung, die Ausbreitungen des Rauches und des Feuers in den einzelnen Gebäudeteilen hervor. Während sich im Bereich der Ordinate besonders der Grad der Verrauchung abzeichnet, zeigt der Verlauf der Abszisse die gebäudeabhängig zeitliche Ausbreitung von Feuer und Rauch auf.

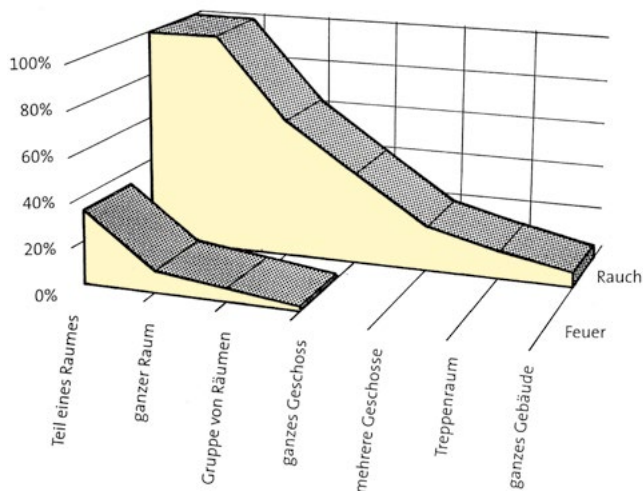


Abb. 1.3: Ausbreitung von Feuer und Rauch im Gebäude [9, 10].

In der Fachliteratur sind zum Thema Flucht- und Rettungskonzepte sowie Simulationen im Evakuierungsfall zahlreiche Beiträge erschienen, z. B. [7, 8, 9, 10].

Soweit die vorgenannten Punkte in die Ausgangsüberlegungen der Planungen zur Brandbekämpfung sowie zur Rauch- und Wärmeableitung einfließen, ergeben sich je nach Einschätzung des Bauvorhabens ggf. Erleichterungen für die weiteren Auslegungskriterien. Andererseits ist die volle Anwendung der Regelwerke erforderlich, wenn mit Erschwernissen im Sinne des Flucht-, Rettungs- oder Brandbekämpfungs-Szenarios zu rechnen ist. Auszuschließen sind dabei auch Forderungen nicht, die über die normativen Richtlinien hinausgehen.

Literatur- und Bildnachweis:

- | | | | |
|--|---|---|---|
| [1] Esser, R.:
Die Projektierung von
Brandmeldeanlagen in
Beherbergungsbetrieben.
Consulting, 06-1980. | [4] (EU) Nr. 305/2011:
Verordnung des Europä-
ischen Parlaments und
des Rates zur Festlegung
harmonisierter Bedin-
gungen für die Vermark-
tung von Bauprodukten,
03-2011. | [6] MBO:
Musterbauordnung für
die Länder der Bundes-
republik Deutschland,
11-2002, zuletzt geän-
dert durch Beschluss der
Bauministerkonferenz
05-2016. | [8] Müller, E.:
Praktische Evakuie-
rungsversuche am Groß-
modell.
Baurecht + Brandschutz
02-1998. |
| [2] VDMA:
Prinzipien zur Rauchab-
leitung.
Informationsblatt Nr. 4,
09-2007. | [5] DIN 14011:
Begriffe aus dem Feuer-
wehrwesen, Brand-
schutzeinrichtungen,
06-2010. | [7] Helbing, D.:
Simulation von Fußgän-
germengen in normalen
Situationen und im
Evakuierungsfall.
TU Dresden, 2000. | [9] Hölemann, H.:
Wolf, T.:
Kubon, C.:
Flucht- und Rettungs-
konzepte für Kranken-
häuser.
BBauBl. Heft 7/1999. |
| [3] AGE:
Kritische Betrachtung
zum „Stand der Technik“
in der Entrauchung.
Zentralveranstaltung,
2005.
AGE Aktionsgemein-
schaft Entrauchung. | | | [10] Polthier, K.:
Brandsicherheit in der
Statistik.
Krankenhaustechnik 15/
Heft 1, 1989. |

2 Der Brand

Der Umfang von Bränden bzw. das Brandausmaß kann zunächst aufgrund von Schadensstatistiken nachvollzogen werden. Sie erfassen in der Regel die Ursache, das Ausmaß und den entstandenen Schaden des jeweiligen Brandes. Diese Erkenntnisse führen u. a. zur Risikoeinschätzung vergleichbarer Bauvorhaben.

Brände können zwar durch die moderne Gebäudetechnik reduziert bzw. begrenzt werden, sie lassen sich jedoch nicht vermeiden.

2.1 Das Brandrisiko

Zunächst seien die Brandgrößen sowie deren Häufigkeiten angesprochen. Tabelle 2.1 vermittelt in diesem Zusammenhang die Häufigkeitsverteilung der Brandgrößen. Daraus ist die relative Häufigkeit zu erkennen, mit der sich Brände bis zu einer gewissen Größe entwickeln. Diese statistischen Auswertungen zeigen, dass es sich in den überwiegenden Fällen um Kleinbrände handelt (Definition nach DIN 14010). Kleinbrände sind Brände, die mit (a) Kleinlöschgeräten – und zu denen oft nicht die Feuerwehr ausrücken muss – oder (b) durch Einsatz eines C-Rohres bekämpft werden.

Tabelle 2.1: Häufigkeitsverteilung der Brandgrößen [1]

Brandgröße	Häufigkeit in %
Großbrände	5
Mittelbrände	6
Kleinbrände b	23
Kleinbrände a	66

Was die Ausmaße der Schäden anbetrifft, so zeigen die Schadenstatistiken, dass die Schadenshöhe je Brandereignis ansteigt.

Besonders bei lokalen oder begrenzten Bränden sind die durch den sich ausbreitenden Rauch entstehenden Sachwertschäden in der Regel erheblich höher als die durch Flammenausbreitung verursachten Schäden.

Als Brandrisiko wird der Grad der Brandgefahr innerhalb

des Gebäudes ausgedrückt. Er resultiert aus den Gefahren, die sich zunächst durch Brandlasten, die möglichen Abbrenn- und Ausbreitungsgeschwindigkeiten sowie durch die damit verbundenen Rauchentwicklungen ergeben. Darüber hinaus spielen bei der Beurteilung der Brandrisiken die Brandsicherheiten innerhalb des Gebäudes eine für die Einschätzung mitentscheidende Rolle. Diese finden in ausreichenden Fluchtmöglichkeiten, kontrollierter Überwachung, konsequenter baulicher Abschottung, Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung sowie vorhandenen Löschmaßnahmen in der Beurteilung ihren Niederschlag. Eine hohe Brandsicherheit lässt in der Regel eine kalkulierbare Einschätzung niedriger Brandrisiken zu.

Die Höhen der Brandrisiken R_B , hinsichtlich der Gefährdung von Leben und Sachwerten, lassen sich für den zu beurteilenden Raum oder das Gebäude durch die Eintrittswahrscheinlichkeit E_B eines Entstehungsbrandes und dessen Auswirkung A_B nach Tabelle 2.2 einschätzen. Danach ergibt sich die Höhe der Risikostufen aus dem Produkt von E_B und A_B :

$$R_B = E_B \cdot A_B \quad \dots (2.1).$$

Tabelle 2.2: Faktoren zur Brandrisikoeinschätzung [2]

Eintrittswahrscheinlichkeit E_B	Auswirkungen A_B
1 = höchst unwahrscheinlich	1 = gering oder keine
2 = unwahrscheinlich	2 = mittel
3 = wahrscheinlich	3 = groß
4 = gelegentlich	4 = sehr groß
5 = häufig	5 = existenzgefährdend

Besonders bei Neubauten oder Nachrüstungen innerhalb eines Gebäudes lassen sich die Dringlichkeiten von Maßnahmen im Sinne des vorbeugenden Brandschutzes, entsprechend den Risiko- und Prioritätsstufen, festlegen.

Die Höhen der Risikostufen lassen sich durch geeignete Maßnahmen, z. B. durch Schaffung zusätzlicher

Fluchtwege, Bauteile-Auswahl in schwerentflammbaren oder nichtbrennbaren Baustoffen, Ausführung der Raumumfassungsflächen hochbrandbelasteter Bereiche in Bauteilen mit Feuerwiderstandseigenschaft, Überwachung durch Brandmeldeanlagen, Ausrüstung der gefährdeten Bereiche mit selbsttätigen Feuerlöscheinrichtungen usw. reduzieren.

Die aus Tabelle 2.3 hervorgehende relative Risikoeinschätzung muss auf den jeweiligen Anwendungsfall sowie auf das mögliche Brandszenario und die davon ausgehenden Gefahren bezogen werden. So können geringe Eintrittswahrscheinlichkeiten mit großen Auswirkungen (z. B. bei großen Personendichten) oder umgekehrt, große Eintrittswahrscheinlichkeiten mit mittleren bis geringen Auswirkungen, auftreten.

Tabelle 2.3: Risiko- und Prioritätsstufen [2]

Risikostufe R_B	Beschreibung	Prioritätsstufe	Dringlichkeit der Schutzmaßnahmen
> 15	Höchstisiko	1	sofort
>7 und ≤15	Großes Risiko	2	kurzfristig
>3 und ≤7	Mittleres Risiko	3	mittelfristig
>1 und ≤3	Kleines Risiko	4	langfristig
1	Vernachlässigbares Risiko	5	keine erforderlich

Was die Feuerversicherer anbetrifft, so empfehlen diese im Rahmen der Verträge Einrichtungen zur Rauch- und Wärmeableitung. In der Regel werden dabei nur die Einrichtungen anerkannt, die nach den VdS-Richtlinien oder nach DIN 18232 erstellt, abgenommen und gewartet werden. Je nach Versicherer kann die Versicherungsprämie danach um einige Prozentsätze geringer ausfallen.

2.2 Brandszenarien

Bei Ausbruch eines Brandes läuft unter Wärme- und Rauchentwicklung eine exotherme chemische Reaktion zwischen den brennenden Stoffen und dem Sauerstoff der Umgebungsluft ab. Die dabei durch die Wärmeeinwirkung freigesetzten Gase entzünden sich und fördern somit die Ausbreitung des Brandes. Hierbei handelt es sich um einen dynamischen Prozess, wobei sich ein nicht erkannter oder ignoriertes Entstehungsbrand (Schwelbrand) bis zum vollentwickelten Brand ausweiten kann.

Voraussetzungen für eine Brandentstehung und die daran anschließende Ausbreitung sind:

- das Vorhandensein brennbarer Stoffe,
- die Zufuhr von Sauerstoff,
- eine konkrete Zündquelle bzw. Zündenergie.

Entzündet sich ein Stoff, z. B. durch den Kurzschluss einer elektrischen Leitung, und stimmen dabei Zündenergie, Zündtemperatur, Sauerstoffzufuhr und Oberflächenstruktur des brennbaren Stoffes überein, so sind die Bedingungen für einen Entstehungsbrand erfüllt. Ist dagegen eine der Einflussgrößen im vorgenannten Sinne unzureichend, so bleibt die Brandentstehung aus.

Während des Verbrennungsprozesses läuft eine Zersetzung von Stoffen unter Wärmeeinwirkung (Pyrolyse) ab. Dadurch erfolgt die Umsetzung chemischer Energie in Wärmeenergie, soweit die o. g. Voraussetzungen gegeben sind. Die Verbrennungsprodukte wie Rauch, Zersetzungsprodukte, Wärme und Rückstände zeigt Abbildung 2.1.

Für den zeitabhängigen Verlauf bzw. die zu erwartende Verbrennungseffektivität eines Brandes sind neben dem Vorhandensein der Masse brennbarer Stoffe, die Art der Stoffe selbst, ihre Oberflächenstruktur bzw. ihre Anordnung und Lagerung, die Größe des Brandraumes sowie die Möglichkeit des Luft- und Rauchaustausches (Ventilationsverhältnisse) zwischen innen und außen entscheidend. Von der Art der brennbaren Stoffe hängt die

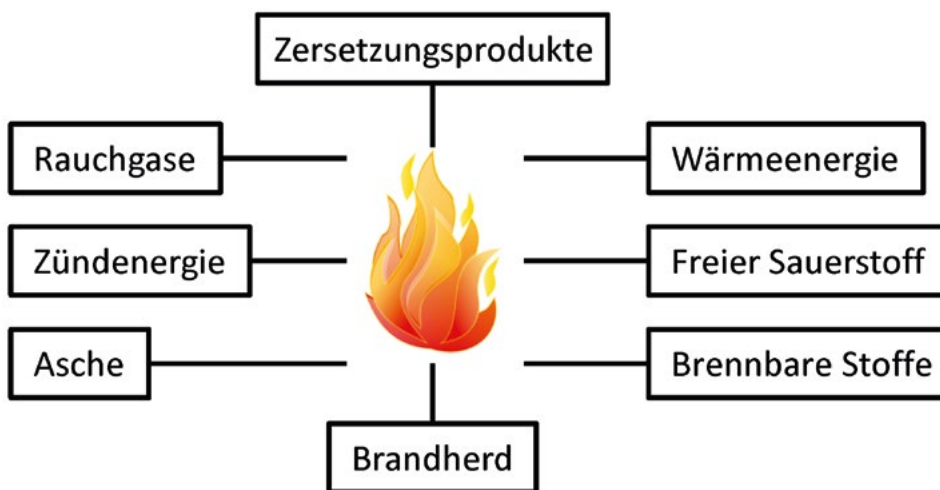


Abb. 2.1: Ausgangskriterien zum Brand sowie dabei entstehende Verbrennungsprodukte.

Abbrandgeschwindigkeit ab. Es wird deshalb unterschieden zwischen brennbaren Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen oder Stäuben.

Diese von Fall zu Fall sehr unterschiedlichen Gegebenheiten bilden gewissermaßen den Rahmen für die zu erwartende zeitabhängige Energiefreisetzung und das sich daraus entwickelnde Brandverhalten. Die beiden Extreme der zeitabhängigen Energiefreisetzung liegen zwischen Bränden im Zusammenhang mit Feststoffen und solchen beim Abbrand von Gasen oder Stäuben, mit plötzlicher, u. U. explosionsartiger Verbrennung.

Voraussetzung für einen raschen Reaktionsablauf im vorgenannten Sinne ist die Bildung zündfähiger Gemische aus brennbaren Gasen, Dämpfen, Aerosolen und Stäuben in Verbindung mit Luft bzw. ihrem Sauerstoffanteil. Zum Erreichen der Zündgrenze bedarf es in der Regel nur geringer Zündenergie. Ein elektrischer Schaltfunke oder eine glimmende Zigarette reichen bereits zur Zündung aus. Die explosionsartige Verbrennung kann auch dann auftreten, wenn die Brandentwicklung in einem geschlossenen Raum über die Schwelbrandphase, wegen Sauerstoffmangels, nicht hinausgeht. Die sich durch Wärmeeinwirkung immer noch bildenden Zersetzungsprodukte, in Form von Gasen, verbleiben im Raum. Wird der Raum geöffnet, so dringt Luft (Sauerstoff) ein und führt im Zusammenhang mit Zündenergie (Reste von Glut) zur explosionsartigen Verbrennung der angesammelten unverbrannten Gase.

Für die Einsatzkräfte der Feuerwehr sind damit unkalkulierbare Risiken verbunden. Als Beispiel sei ein großräumiges Verkaufsgeschäft in Berlin (→ [Abbildung 2.2](#)) erwähnt. Äußerlich war durch die Schaufenster nur Rauch, aber keine Flammenbildung zu erkennen. Beim Öffnen der Tür durch die Feuerwehr trat eine Explosion ein, die einen Großteil der Glasflächen zerstörte und den gesamten Verkaufsraum schlagartig in Brand setzte.

Das bei einem Brand entstehende Gefahrenpotential erstreckt sich hinsichtlich der Personenrettung und des Löschangriffes zunächst auf die Flammenbildung selbst, die davon ausgehende Wärmestrahlung sowie auf die Freisetzung toxischer und sichtbeeinträchtigender Rauchgase. Mit zunehmender Brandzeit sind darüber hinaus das Abtropfen brennbarer Kunststoffe, das Herabfallen von Bauteilen, z. B. Unterdecken bis hin zur Beeinträchtigung der Gebäudestatik zu befürchten.

2.3 Brandausbreitung

Ohne geeignete brandschutz- und entrauchungstechnische Maßnahmen würde sich ein Brand voll entwickeln und ausbreiten. Das dabei freiwerdende Rauchgasvolumen füllt nicht nur den Brandraum aus, der Rauch tritt in zu schützende Bereiche (Fluchtwege) über und breitet sich mit allen negativen Folgen im Gebäude aus.



Abb. 2.2: Geschossübergreifendes Brandereignis durch aufsteigenden Rauch außerhalb der Gebäudefassade, Brandentstehung im EG (linkes Bild), nach dem Brand (rechtes Bild).