

# Ingenieurmethoden im Baulichen Brandschutz

o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. DDr. Ulrich Schneider

Mit Beiträgen von:

Dr.-Ing. Ulrich Max

Dr.-Ing. Friedrich Mehl

Dipl.-Ing. Klaus-Dieter Wathling

In Zusammenarbeit mit:

Verein zur Förderung von Ingenieurmethoden im Brandschutz (VIB)

Arbeitsgemeinschaft Brandsicherheit (AGB)

Mit 79 Bildern, 83 Tabellen und 177 Literaturstellen



Kontakt & Studium  
Band 531

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Wilfried J. Bartz

Technische Akademie Esslingen

Weiterbildungszentrum

DI Elmar Wippler

expert verlag

expert  verlag®

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

1	Einleitung.....	1
1.1	Allgemeines .....	1
1.2	Wirtschaftliche Bedeutung der Brandschäden und Brandrisiko.....	5
1.3	Brandschutz .....	14
1.3.1	Definitionen .....	14
1.3.2	Technische Brandschutzmaßnahmen.....	15
1.3.3	Organisatorische Brandschutzmaßnahmen.....	16
1.3.4	Brandschutzkonzept.....	16
1.4	Ziele des Brandschutzes .....	17
1.5	Literatur zum Kapitel 1.....	19
2	Gesetzliche Grundlagen des vorbeugenden Brandschutzes.....	21
2.1	Anfänge der Brandschutzregelungen.....	21
2.2	Bauplanung – Interessen und Aufgaben .....	22
2.3	Bauordnungsrecht – Sicherheitsrecht .....	24
2.4	Musterbauordnung – Brandschutzvorschriften nach neuem Brandschutzkonzept.....	33
2.4.1	Einführung.....	33
2.4.2	Allgemeines zu den Brandschutzvorschriften .....	33
2.4.2.1	Grundanforderungen und Schutzziele .....	33
2.4.2.2	Materielle Brandschutzvorschriften.....	36
2.4.3	Neues Brandschutzkonzept für die MBO.....	37
2.4.3.1	Überarbeitung der Musterbauordnung.....	37
2.4.3.2	Neues Brandschutzkonzept.....	38
2.4.3.3	Neue Brandschutzregelungen .....	40
2.4.4	Weiteres Vorgehen .....	57
2.4.5	Ausblick.....	58
2.5	Europäische Regelungen zur Bewertung des Brandverhaltens von Baustoffen und Bauteilen .....	60
2.5.1	Vorbemerkungen .....	60
2.5.2	Bauproduktenrichtlinie und Grundlagendokument Brandschutz .....	61
2.5.3	Technische Spezifikationen zum Brandverhalten .....	62
2.5.3.1	Europäisch technische Zulassungen für Produkte des vorbeugenden baulichen Brandschutzes .....	62
2.5.3.2	Europäische Normen .....	62

2.5.3.2.1	Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken im Brandfall – Eurocode-Brandschutzteile.....	62
2.5.3.2.2	Europäische Bemessungsnormen .....	65
2.5.3.2.3	Prüfnormen zur Ermittlung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen .....	65
2.5.3.2.4	Prüfnormen zur Ermittlung des Brandverhaltens von Baustoffen.....	67
2.5.3.2.5	Klassifizierungsnormen .....	68
2.5.4	Anwendung der europäischen Spezifikationen .....	73
2.5.4.1	Anwendung europäischer Bemessungsnormen für den Brandschutz.....	73
2.5.4.2	Anwendung europäisch technischer Zulassungen für den Brandschutz.....	74
2.5.4.3	Anwendung europäischer Prüf- und Klassifizierungsnormen für den Brandschutz .....	74
2.5.5	Folgerungen .....	76
2.6	Baurechtliche Vorschriften von Sonderbauten – Übersicht .....	77
2.6.1	Übersicht.....	77
2.6.2	Neue Brandschutzregelungen .....	81
2.6.2.1	Versammlungsstätten.....	81
2.6.2.2	Schulen .....	81
2.6.2.3	Beherbergungsstätten.....	81
2.6.3	Grundsätzliche Anforderungen an Muster-Verordnungen und -Richtlinien .....	82
2.7	Literatur zum Kapitel 2.....	85
3	Brandschutzkonzept als Grundlage für die Anwendung von Ingenieurmethoden .....	87
3.1	Stand der Erkenntnisse .....	87
3.2	Mindestanforderungen an zielorientierte Brandschutzkonzepte .....	89
3.3	Spezielle Gesichtspunkte für Brandschutzkonzepte von Sonderbauten.....	94
3.3.1	Allgemeines.....	94
3.3.2	Brandschutzplanung .....	95
3.3.3	Brandabschnitte und Rauchabschnitte .....	95
3.3.4	Baustoffe und Brandbelastung.....	97
3.3.5	Kommunikation, Rettungswege, Treppenträume und Aufzüge .....	98
3.3.6	Entrauchungskonzept und Anlagen für die Entrauchung .....	100
3.3.7	Brandmeldekonzepnt .....	102
3.3.8	Löschanlagenkonzept .....	103
3.3.9	Löschwasserkonzept .....	104
3.3.10	Berücksichtigung von Panikreaktionen .....	105
3.3.11	Gefahrenabwehr.....	106
3.3.12	Technische Dokumentation .....	108
3.3.13	Beurteilung von Brandschutzkonzepten .....	109
3.4	Schlussfolgerungen.....	111
3.5	Literatur zum Kapitel 3.....	112

4	Schutzziele für die Anwendung von Ingenieurmethoden.....	114
4.1	Einleitung.....	114
4.2	Schutzziele im Brandschutzentwurf.....	114
4.2.1	Allgemeines Schutzziel im Baurecht.....	114
4.2.2	Konkretisierung der Schutzziele.....	116
4.3	Schutzzielorientierte Brandschutzbemessungen.....	120
4.4	Realisierung der schutzzielorientierten Brandschutzbemessung.....	123
4.5	Sicherheitsaspekte bei der schutzzielorientierten Brandschutzbemessung .....	128
4.6	Literatur zum Kapitel 4.....	129
5	Brandszenarien für die Anwendung von Ingenieurmethoden .....	131
5.1	Einleitung – Der Brand.....	131
5.2	Physikalische und chemische Vorgänge beim Brand .....	132
5.2.1	Der Verbrennungsvorgang.....	133
5.2.2	Grundlagen der Verbrennungsprozesse .....	134
5.3	Ablauf eines Schadenfeuers.....	141
5.4	Design Fires und Bemessungsbrandszenarien.....	142
5.4.1	Einleitung.....	142
5.4.2	Entwicklung und Auswahl von Bemessungsbrandszenarien für die Brandschutzanalyse .....	144
5.4.2.1	Schritt 1: Art des Brandes.....	145
5.4.2.2	Schritt 2: Brandbereich.....	145
5.4.2.3	Schritt 3: Potentielle Brandgefahren(-katastrophen) .....	145
5.4.2.4	Schritt 4: Technische Systeme, die einen Einfluss auf das Brandszenarium haben .....	146
5.4.2.5	Schritt 5: Reaktion der Personen (im Gebäude) .....	146
5.4.2.6	Schritt 6: Ereignisbaum .....	146
5.4.2.7	Schritt 7: Wahrscheinlichkeiten.....	147
5.4.2.8	Schritt 8: Abschätzung der Folgen .....	147
5.4.2.9	Schritt 9: Risikobewertung.....	147
5.4.2.10	Schritt 10: Auswahl der relevanten Bemessungsbrandszenarien und Dokumentation .....	147
5.4.3	Design Fires.....	148
5.4.3.1	Aufgabe von Design Fires .....	148
5.4.3.2	Systematisierung von Design Fires.....	148
5.4.3.3	Design Fires beruhend auf normativen Temperatur-Zeit-Kurven .....	150
5.4.3.3.1	Einheits-Temperaturkurve (ISO 834, Teil 1).....	151
5.4.3.3.2	Harmonisierte Hydrokarbon-Kurve.....	151
5.4.3.3.3	Schwelfeuerkurve.....	152

5.4.3.3.4	Externe Brandkurve .....	152
5.4.3.3.5	RABT Kurve (Tunnelbrandkurve) .....	152
5.4.3.3.6	Anwendung der nominellen Temperatur-Zeit-Kurve im brandschutztechnischen Design .....	153
5.4.3.4	Design Fires beruhend auf Brandleistungskurven .....	154
5.4.3.4.1	Konstante Brandleistung .....	155
5.4.3.4.2	Design Fires zur Bemessung von NAs und MAs nach DIN 18 232-2 bzw. DIN 18 232-5 .....	155
5.4.3.4.3	Design Fires zur Bemessung von RWAs nach TRVB S125 .....	159
5.4.3.4.4	Zeitlich abhängige Brandleistungs-Kurven (Heat-Release-Curves) .....	162
5.4.3.4.5	$t^2$ - Modelle .....	162
5.4.3.4.6	Brandausbreitungsmodell nach MRFC .....	163
5.4.3.5	Brandleistungs-Kurven aus experimentellen Daten .....	166
5.4.3.6	Parametrische Design Fires .....	169
5.4.3.6.1	Parametrische Temperaturzeitkurve nach ENV 1991-2-2, Anhang B .....	170
5.5	Entwicklung von Design Fires .....	173
5.5.1	Voraussetzungen .....	173
5.5.2	Grundlagen der Berechnung des Ablaufes von realen Bränden .....	174
5.5.3	Ermittlung eines Design Fires aus einer gegebenen Brandlastaufstellung ...	180
5.5.4	Praktische Erfahrungen .....	185
5.6	Literatur zum Kapitel 5 .....	188
6	Baurechtliche Grundlagen für die Anwendung von Ingenieurmethoden .....	191
6.1	Einleitung – Brandrisiko und Brandsicherheit .....	191
6.2	Bauaufsichtliche Akzeptanz ingenieurmäßiger Nachweise zum vorbeugenden baulichen Brandschutz .....	198
6.3	Brandsicherheitsnachweise – Ingenieurmethoden für die Brandsicherheit .....	202
6.3.1	Übersicht .....	202
6.3.2	Nachweisberechnungen zur Rauchfreihaltung .....	204
6.3.3	Bestimmung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer .....	205
6.3.4	Bestimmung der vorhandenen Feuerwiderstandsdauer .....	208
6.3.5	Evakuierungsberechnungen .....	210
6.4	Zusammenfassung .....	211
6.5	Literatur zum Kapitel 6 .....	212
7	Muster-Industriebaurichtlinie 2000 – Baulicher Brandschutz im Industriebau .....	214
7.1	Grundsätzliche Sicherheitsbetrachtungen und Ziele .....	214
7.1.1	Grundsätzliche Sicherheitsbetrachtungen .....	214

7.1.2	Ziel .....	216
7.2	Geltungsbereich .....	217
7.3	Begriffe .....	218
7.4	Verfahren .....	222
7.5	Allgemeine Anforderungen .....	223
7.6	Anforderungen an Baustoffe und Bauteile sowie an die Größe der Brandabschnitte im Verfahren ohne Brandlastermittlung .....	237
7.7	Anforderungen an Baustoffe und Bauteile sowie an die Größe der Brandbekämpfungsabschnitte unter Verwendung des Rechenverfahrens nach DIN 18 230-1 .....	241
7.8	Zusätzliche Bauvorlagen und Pflichten des Betreibers .....	255
7.9	Grundsätze für die Aufstellung von Nachweisen mit Methoden des Brandschutzingenieurwesens .....	257
8	Inhalte und Erläuterung der DIN 18230-1 .....	259
8.1	Einleitung .....	259
8.2	Anwendungsbereich .....	264
8.3	Ermittlung der rechnerischen Brandbelastung .....	264
8.3.1	Brandlasten .....	264
8.3.2	Brandbelastung $q$ .....	265
8.3.3	Rechnerische Brandbelastung $q_R$ und Abbrandfaktor $m$ .....	266
8.3.4	Brandlasten, die unberücksichtigt bleiben .....	267
8.3.5	Brandlasten, die berücksichtigt werden müssen .....	268
8.3.6	Geschützte Brandlasten .....	269
8.3.7	Ungeschützte Brandlasten .....	269
8.3.8	Berücksichtigung der Lagerguthöhen beim Abbrandfaktor $m$ .....	270
8.3.9	Offene Fragen bei der Ermittlung des Abbrandfaktors $m$ .....	272
8.4	Wärmebilanzrechnungen für die Bestimmung von Brandwirkungen .....	273
8.4.1	Ermittlung der Wärmeabzugsfaktoren $w$ nach DIN 18230-1, Ausgabe Mai 1998 .....	273
8.4.2	Wärmebilanzrechnungen als Ersatz für das Näherungsverfahren .....	274
8.5	Näherungsverfahren für die Ermittlung des Wärmeabzugsfaktors $w$ .....	277
8.5.1	Ermittlung nach DIN .....	277
8.5.2	Näherungsverfahren für Teilflächen und Teilabschnitte .....	285
8.5.3	Näherungsverfahren für mehrgeschossige Brandbekämpfungsabschnitte .....	286
8.5.3.1	Mehrgeschossige Brandbekämpfungsabschnitte bei Geschossflächen mit horizontalen Öffnungen von $\leq 2\%$ .....	288
8.5.3.2	Mehrgeschossige Brandbekämpfungsabschnitte bei Geschossflächen mit horizontalen Öffnungen von $> 20\%$ .....	289
8.6	Umrechnungsfaktor $c$ .....	291

8.7	Grundlagen der Sicherheitsbetrachtungen.....	294
8.7.1.1	Brandsicherheitsklassen.....	297
8.7.1.2	Die Sicherheitsbeiwerte $\gamma$ und die Beiwerte $\delta$ .....	298
8.7.1.3	Anbindung an die Industriebaurichtlinie.....	299
8.8	Zusammenfassung.....	301
8.9	Literatur zum Kapitel 8.....	304
X 9	Praktische Beispiele für die Anwendung von DIN 18230-1 und der M IndBauRL.....	305
9.1	Einleitung und Problemstellung.....	305
9.2	Beispiel einer Hallenerweiterung (Produktion).....	306
9.2.1	Einleitung.....	306
9.2.2	Beschreibung des Objektes-Sachstandsfeststellung.....	306
9.2.2.1	Ausgangsdaten.....	306
9.2.3	Berechnung nach DIN 18230-1.....	309
9.2.4	Anforderungen nach der neuen Industriebaurichtlinie 03/2000.....	313
9.3	Beispiel für ein Lagergebäude.....	316
9.3.1	Rechnerische Brandbelastung.....	317
9.3.1.1	Ermittlung des Umrechnungsfaktors $c$ .....	318
9.3.1.2	Wärmeabzugsfaktor $w$ .....	319
9.3.1.3	Erforderliche Feuerwiderstandsdauer.....	320
9.3.2	Maximal zulässige Flächen.....	323
9.4	Literatur zum Kapitel 9.....	325
X 10	Physikalisch-chemische Grundlagen der Modellierung von Bränden.....	326
10.1	Grundlagen der Modellierung von Bränden.....	326
10.1.1	Explizite bzw. analytische Methoden.....	327
10.1.2	Brandsimulationsmodelle.....	327
10.2	Modellannahmen.....	330
10.2.1	Lüftung.....	330
10.2.2	Brandszenarium.....	331
10.3	Grundlagen der Berechnung der Temperaturen in Räumen im Falle eines Brandes.....	332
10.3.1	Historischer Rückblick.....	332
10.3.2	Energiebilanz- und Massenbilanzgleichung.....	334
10.3.3	Konvektionsenergie.....	335
10.3.4	Strahlung durch Öffnungen.....	340
10.3.5	Energieabsorption der Umfassungsbauteile.....	341
10.3.6	Wärmespeicherenergie in den Gasen des Brandraumes.....	343
10.3.7	Sonstige Energien.....	344
10.3.8	Brandleistung.....	344

10.4	Berechnung des Gaswechsels in Räumen mit Dachentlüftung .....	346
10.4.1	Voraussetzungen .....	346
10.4.2	Strömungsgleichungen .....	346
10.4.3	Sonderfälle .....	348
10.5	Grundlagen der Berechnung von Temperatur- und Rauchverteilungen in Gebäuden mit Mehrraum - Zonenmodellen .....	349
10.5.1	Modellierung des Brandraumes .....	349
10.5.2	Modellierung von Raumsystemen .....	353
10.5.3	Modellierung der Massenbilanz im Brandraum .....	355
10.5.4	Modellierung der Energiebilanz im Brandraum .....	357
10.5.5	Modellierung der Flammen und des Feuerplumes .....	360
10.5.6	Kalorische Daten brennbarer Stoffe .....	369
10.6	Literatur zum Kapitel 10 .....	373
X 11	Praktische Beispiele zur Verrauchung von Treppenträumen und zur Bemessung von Stahlkonstruktionen .....	376
11.1	Einleitung und Problemstellung .....	376
11.2	Rauchversuche mit Raucherzeugung im Treppenraum .....	377
11.2.1	Geometrische und lüftungstechnische Randbedingungen .....	377
11.2.2	Durchführung der Versuche .....	380
11.2.3	Ergebnisse der Rauchversuche .....	381
11.2.4	Rechnerische Untersuchungen zu den Rauchversuchen .....	381
11.2.4.1	Ergebnisse der Berechnungen .....	383
11.3	Erkenntnisse aus den Validierungsrechnungen .....	396
11.4	Nachweis der Standsicherheit einer Stahlkonstruktion .....	398
11.4.1	Allgemeines .....	398
11.4.1.1	Problemstellung .....	398
11.4.1.2	Vorgehensweise .....	398
11.4.1.3	Beurteilungsgrundlagen .....	399
11.4.2	Festlegung der Brandleistungen für die Bemessungsbrandszenarien .....	400
11.4.3	Brandszenarien zur Beurteilung der Brandwirkungen .....	401
11.4.3.1	Auswertung der Rechenergebnisse .....	401
11.4.4	Schlussfolgerungen .....	426
11.5	Literatur zum Kapitel 11 .....	427
12	Stichwortverzeichnis .....	429