

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	XI
1 Einleitung.....	1
1.1 Allgemeines.....	1
1.2 Brandschutz.....	4
1.2.1 Definitionen.....	4
1.2.2 Technische Brandschutzmaßnahmen.....	5
1.2.3 Organisatorische Brandschutzmaßnahmen.....	5
1.2.4 Ganzheitlicher Brandschutz.....	5
1.3 Ziele des Brandschutzes.....	6
1.4 Grundlagen der Ingenieurmethoden für den Brandschutz.....	8
1.5 Literatur zum Kapitel 1.....	11
2 Grundlagen der rechnerischen Modellierung von Bränden.....	13
2.1 Modellannahmen.....	13
2.1.1 Geometrie.....	13
2.1.2 Lüftung.....	13
2.1.3 Brandszenarium.....	14
2.2 Grundlagen der Berechnung der Gasströmungen und Temperaturen im Falle eines Vollbrandes.....	15
2.2.1 Historischer Rückblick.....	15
2.2.2 Energiebilanz- und Massenbilanzgleichung.....	16
2.2.3 Konvektionsenergie.....	17
2.2.4 Strahlung durch Öffnungen.....	22
2.2.5 Energieabsorption der Umfassungsbauteile.....	22
2.2.6 Wärmespeicherenergie in den Gasen des Brandraumes.....	25
2.2.7 Sonstige Energien.....	26
2.2.8 Brandleistung.....	26
2.2.9 Flashover.....	28
2.3 Berechnung des Gaswechsels in Räumen mit Dachentlüftung.....	28
2.3.1 Voraussetzungen.....	28
2.3.2 Strömungsgleichungen.....	28
2.3.3 Sonderfälle.....	30
2.4 Berechnungsbeispiele zur Ermittlung von Rauchgasströmungen und Brandleistungen.....	31
2.5 Grundlagen der Modellierung von Bränden mit Mehrraum-Zonenmodellen.....	39
2.5.1 Modellierung des Brandraumes.....	39
2.5.2 Modellierung von Raumsystemen.....	41
2.5.3 Modellierung der Massenbilanz im Brandraum.....	44
2.5.4 Modellierung der Energiebilanz im Brandraum.....	45
2.5.5 Berechnung der Gasströmungen beim Zonenmodell.....	48
2.5.6 Modellierung der Flammen und des Feuerplumes.....	52

2.5.7	Näherungsweise Berechnung der Brandraumtemperaturen.....	54
2.6	Grundlagen der Modellierung von Bränden mit Feldmodellen.....	56
2.6.1	Erhaltungsgleichungen.....	56
2.6.2	Turbulenzansätze.....	60
2.6.3	Eddy-Break-Up-Modell.....	66
2.6.4	Berechnung des Feuerplumes, der Strömungsfelder und Temperaturen in einer Halle.....	69
2.7	Literatur zum Kapitel 2.....	74
3	Berechnung des Feuerplumes.....	77
3.1	Einführung.....	77
3.2	Brandentstehung.....	78
3.2.1	Bedingungen für die Brandentstehung.....	78
3.2.2	Zündtemperatur und Mindestverbrennungstemperatur.....	79
3.3	Physikalische und chemische Vorgänge beim Brand.....	81
3.3.1	Allgemeines.....	81
3.3.2	Der Verbrennungsvorgang.....	82
3.4	Grundlagen der Verbrennungsprozesse.....	83
3.5	Flammenbildung und Feuerplumes.....	89
3.5.1	Flammenbildung.....	89
3.5.2	Turbulente Feuerplumes – Plumetheorie.....	93
3.5.3	Experimentell ermittelte Plumeformeln.....	97
3.5.3.1	McCaffrey Plume.....	97
3.5.3.2	Zukoski Plume.....	99
3.5.3.3	Heskestad Plume.....	99
3.5.3.4	Thomas Plume.....	101
3.5.3.5	Weitere Plumeformeln.....	103
3.5.3.6	Flammenausbreitung und Ceiling Jets unter der Decke.....	106
3.6	Literatur zum Kapitel 3.....	108
4	Schadenfeuer und Stoffdaten.....	109
4.1	Natürlicher Ablauf von Bränden.....	109
4.2	Grundlagen der Berechnung des Ablaufes von realen Bränden.....	114
4.3	Praktische Erfahrungen.....	119
4.4	Flammenausbreitung nach der Entzündung.....	122
4.5	Kalorische Daten brennbarer Stoffe.....	126
4.6	Rauchgaszusammensetzung.....	130
4.7	Weitere Stoffdaten.....	134
4.8	Literatur zum Kapitel 4.....	147
5	Baurechtliche Grundlagen, Brandschutzkonzepte, Schutzziele und Brandszenarien ..	151
5.1	Baurecht.....	151
5.1.1	Brandrisiko und Brandsicherheit.....	151
5.1.2	Bauaufsichtliche Akzeptanz ingenieurmäßiger Nachweise.....	156
5.1.3	Brandsicherheitsnachweise.....	159

5.1.3.1	Übersicht.....	159
5.1.3.2	Nachweisberechnungen zur Rauchfreihaltung.....	160
5.1.3.3	Bestimmung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer.....	161
5.1.3.4	Bestimmung der vorhandenen Feuerwiderstandsdauer.....	164
5.1.3.5	Evakuierungsberechnungen.....	165
5.2	Brandschutzkonzept.....	165
5.2.1	Stand der Erkenntnisse.....	165
5.2.2	Beispiel für ein zielorientiertes Brandschutzkonzept.....	166
5.2.3	Spezielle Gesichtspunkte für Brandschutzkonzepte.....	170
5.2.3.1	Allgemeines.....	170
5.2.3.2	Berücksichtigung von Panikreaktionen.....	171
5.2.3.3	Technische Dokumentation.....	172
5.2.3.4	Beurteilung von Brandschutzkonzepten.....	173
5.3	Schutzziele.....	175
5.3.1	Einleitung.....	175
5.3.2	Schutzziele im Brandschutzentwurf.....	177
5.3.2.1	Allgemeines Schutzziel im Baurecht.....	177
5.3.2.2	Konkretisierung der Schutzziele.....	178
5.3.3	Schutzzielorientierte Brandschutzbemessungen.....	181
5.3.3.1	Vorgehensweise.....	181
5.3.3.2	Realisierung der schutzzielorientierten Brandschutzbemessung.....	183
5.3.4	Sicherheitsaspekte bei der schutzzielorientierten Brandschutzbemessung.....	186
5.4	Brandszenarien.....	187
5.4.1	Definitionen.....	187
5.4.2	Entwicklung und Auswahl von Bemessungsbrandszenarien für die Brandschutzanalyse.....	188
5.4.3	Design Fires.....	190
5.4.3.1	Aufgabe von Design Fires.....	190
5.4.3.2	Systematisierung von Design Fires.....	190
5.4.3.3	Design Fires beruhend auf normativen Temperatur-Zeit-Kurven.....	192
5.4.3.4	Design Fires beruhend auf Brandleistungskurven.....	194
5.4.3.5	Brandleistungs-Kurven aus experimentellen Daten.....	201
5.4.3.6	Parametrische Design Fires.....	204
5.5	Entwicklung von Design Fires.....	205
5.5.1	Voraussetzungen.....	205
5.5.2	Grundlagen der Berechnung des Ablaufes von realen Bränden.....	206
5.5.3	Ermittlung eines Design Fires aus einer gegebenen Brandlastaufstellung.....	208
5.6	Literatur zum Kapitel 5.....	211
6	Grundlagen der Rauch- und Wärmeableitung.....	215
6.1	Einleitung.....	215
6.2	Das Verrauchungsproblem.....	215
6.3	Rauchableitung aus eingeschossigen Gebäuden oder einzelnen Geschossebenen.....	220
6.3.1	Der Feuerplume als Grundlage der Rauchbildung.....	220
6.3.2	Rauchableitung durch horizontale Öffnungen.....	222

6.3.3	Bestimmung der Lage der neutralen Ebene.....	228
6.4	Temperatur der Rauchgase	231
6.5	Rauchableitung aus vertikalen Öffnungen.....	234
6.6	Verrauchung von Atrien und Einkaufszentren.....	236
6.7	Praktische Beispiele für die Rauchableitung in Gebäuden	239
6.7.1	Berechnung der Entrauchungsöffnung einer Industriehalle	239
6.7.2	Berechnung der maschinellen Entrauchung einer Industriehalle.....	241
6.7.3	Berechnung einer Überdruckbelüftung eines Atriums	241
6.8	Rauchableitung nach DIN 18 232.....	244
6.8.1	Brandszenarien nach DIN 18 232.....	244
6.8.2	Bemessungstabellen nach DIN 18 232	247
6.8.3	Untersuchung der Wirksamkeit der thermischen Auslösung von natürlichen Rauchabzügen	249
6.8.4	Ergebnisse der Brandsimulationen	251
6.8.4.1	Berechnung der Auslösezeiten.....	251
6.9	Entrauchung mehrgeschossiger Industriegebäude	253
6.9.1	Rauchabzug durch vertikale Öffnungen im Industriebau	253
6.9.2	Gebäudebeschreibung.....	254
6.9.3	Ventilationsbedingungen.....	255
6.9.4	Bemessungsbrände	256
6.9.5	Lüftungsszenarien	257
6.9.6	Gebäudegeometrie.....	258
6.9.7	Rechenergebnisse	260
6.9.7.1	Allgemeine Darstellung der Ergebnisse.....	260
6.9.7.2	Vertikale Öffnungsflächen für Geschossbauten mit raucharmen Schichten von mindesten 2,5 m	265
6.10	Literatur zum Kapitel 6.....	268
7	Grundlagen der Bauteilberechnung	271
7.1	Nachweisverfahren nach Eurocode	271
7.2	Zuverlässigkeitsnachweis	271
7.3	Wichtungsfaktor	274
7.4	Thermische Einwirkungen.....	274
7.5	Mechanische Einwirkungen	276
7.6	Teilsicherheitsbeiwerte.....	278
7.7	Brandschutzberechnungen von Stahlbauteilen nach Eurocode 3 Teil 1-2.....	280
7.7.1	Grundlagen der Berechnung.....	280
7.7.2	Berechnung der Temperaturen in Stahlbauteilen.....	284
7.7.3	Zugbeanspruchte Bauteile	287
7.7.4	Druckbeanspruchte Bauteile mit Querschnitten der Klasse 1, 2 oder 3.....	288
7.7.5	Träger mit Querschnitten der Klasse 1 und 2	290
7.7.6	Träger mit Querschnitten der Klasse 3	294
7.7.7	Profilmfaktoren.....	295
7.7.8	Eigenschaften von Bekleidungsmaterialien.....	297
7.7.9	Berechnung anderer Bauteile	299

7.8	Literatur zum Kapitel 7.....	299
8	Muster-Industriebaurichtlinie 2000 und Baulicher Brandschutz im Industriebau nach DIN 18 230	301
8.1	Sicherheitsbetrachtungen, Ziele, Begriffe und Verfahren	301
8.1.1	Grundsätzliche Sicherheitsbetrachtungen.....	301
8.1.2	Ziel der Muster-Industriebaurichtlinie.....	302
8.1.3	Begriffe der Muster-Industriebaurichtlinie.....	303
8.1.4	Verfahren der Muster-Industriebaurichtlinie.....	305
8.1.5	Grundsätze für die Aufstellung von Nachweisen mit Methoden des Brandschutzingenieurwesens	306
8.2	Nachweis der Brandwirkungen bei realen Bränden nach DIN 18 230.....	307
8.2.1	Anbindung an die Muster-Industriebaurichtlinie.....	307
8.2.2	Grundlagen der Norm DIN 18 230 Teil 1	309
8.2.3	Nachweise nach DIN 18 230 Teil 1.....	310
8.2.4	Gebäudestruktur	311
8.2.4.1	Brandbekämpfungsabschnitt und Geschossigkeit.....	311
8.2.4.2	Teilabschnitte.....	311
8.3	Beschreibung des Verfahrens	312
8.3.1	Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer $t_{F,erf}$	312
8.3.2	Ermittlung der äquivalenten Branddauer t_a	313
8.4	Rechnerische Brandbelastung q_R	316
8.4.1	Bedeutung und Definition der Brandlast	316
8.4.2	Methodik der Brandlasterhebung	317
8.4.3	Einteilung der Brandlasten	317
8.4.4	Rechnerische Brandbelastung q_R	317
8.4.5	Abbrandfaktor m	318
8.4.6	Erfassung der Brandlasten	320
8.5	Umrechnungsfaktor c	323
8.6	Wärmeabzugsfaktor w	324
8.6.1	Grundlagen für die Ermittlung des w -Faktors	324
8.6.2	w -Faktoren für mehrgeschossige Brandbekämpfungsabschnitte.....	330
8.6.2.1	Grundsätze des Verfahrens	330
8.6.2.2	Mehrgeschossige Brandbekämpfungsabschnitte bei Geschossflächen mit horizontalen Öffnungen von $\leq 2\%$	331
8.6.2.3	Mehrgeschossige Brandbekämpfungsabschnitte bei Geschossflächen mit horizontalen Öffnungen von $> 20\%$	333
8.6.3	Wärmebilanzrechnungen als Ersatz für das Näherungsverfahren	334
8.7	Sicherheitsbeiwert γ und Beiwert δ	335
8.8	Zusatzbeiwert α_L	336
8.9	Literatur zum Kapitel 8.....	338
9	Praxisbeispiel für die Anwendung der MIndBauRL und DIN 18 230.....	341
9.1	Beschreibung der Aufgabenstellung.....	341
9.2	Brandschutzkonzept	341

9.2.1	Erschließung und Gebäudeanordnung.....	341
9.2.2	Nutzung und Brandlasten	343
9.2.3	Bauliche Brandschutzeinrichtungen	344
9.2.4	Rettungswege	345
9.2.5	Brandschutzeinrichtungen	348
9.2.6	Sonstige sicherheitstechnische Einrichtungen	349
9.2.7	Abwehrender Brandschutz	350
9.2.8	Umweltschutz.....	350
9.2.9	Betrieblicher Brandschutz	351
9.3	Nachweise nach DIN 18 230-1 und der MIndBauRL	352
9.3.1	Berechnung für den Brandbekämpfungsabschnitt.....	352
9.3.2	Maximal zulässige Flächen	355
9.4	Zusammenfassung	356
9.5	Literatur zum Kapitel 9.....	357