DIN/TR 18230-4:2024-09 (D)

Baulicher Brandschutz im Industriebau - Teil 4: Brandsimulation

Inhalt

Seite

Vorwort ... 8
Einleitung ... 9
1 Anwendungsbereich ... 10
2 Normative Verweisungen ... 10
3 Begriffe und Symbole ... 11
4 Grundlagen ... 13
4.1 Vorgehensweise ... 13
4.2 Eingangsdaten und Randbedingungen ... 13
4.3 Bemessungsbrand ... 14
4.3.1 Ausbreitungsmodell ... 14
4.3.2 Brennstoffzusammensetzung/Berücksichtigung des Brandregimes ... 15
4.3.3 Branddauer ... 15
4.3.4 Modellbildung ... 15
4.4 Auswertung ... 15
4.4.1 Allgemeines ... 15
4.4.2 Maßgebende Temperaturbelastung ... 16
4.4.3 Brandleistung (Wärmefreisetzung) ... 16
4.4.4 Sauerstoffkonzentrationen ... 16
4.4.5 Äquivalente Branddauer ... 16
5 Auswirkungen unterschiedlicher Referenzbauteile ... 17
5.1 Vorgehensweise ... 17
5.2 Referenzbauteile ... 17
5.2.1 Allgemeines ... 17
5.2.2 Referenzbauteil *Beton*, $d = 150$ mm ... 17
5.2.3 Referenzbauteil *Beton*, $d = 200$ mm ... 18
5.2.4 Referenzbauteil *Stahl* ... 21
5.3 Vergleichsrechnungen ... 22
5.3.1 Referenzbauteil *Beton*, $d = 200$ mm ... 22
5.3.2 Referenzbauteil Stahl ... 23
5.3.3 Temperaturberechnungen mit verschiedenen Programmen ... 24
5.3.4 Einfluss des Temperaturverlaufs auf die äquivalente Branddauer ... 25
5.4 Schlussfolgerung ... 27
6 Anwendungsbeispiele ... 28
6.1 Vorgehensweise ... 28
6.2 Kleine Halle (400 m²) ... 28
6.2.1 Spezifikation ... 28
6.2.2 Modellbildung für ein Mehrraum-Zonenmodell ... 30
6.2.3 Ergebnisse der Simulation ... 30
6.2.4 Simulationsergebnisse mit dem Zonenmodell FIGARO ... 32
6.2.5 Simulationsergebnisse mit dem Zonenmodell CFAST ... 35
6.2.6 Simulationsergebnisse mit einem Feldmodell ... 37
6.2.7 Ergebnisse ... 39
6.3 Mittlere Halle (1 600 m²) ... 40
6.3.1 Spezifikation ... 40
6.3.2 Simulationsergebnisse mit einem Mehrraum-Zonenmodell ... 42

6.3.3 Simulationsergebnisse mit dem Zonenmodell FIGARO ... 44
6.3.4 Simulationsergebnisse mit dem Zonenmodell CFAST ... 47
6.3.5 Simulationsergebnisse mit einem Feldmodell ... 49
6.3.6 Ergebnisse ... 52
6.4 Referenzhalle nach DIN 18230-1 (2 400 m²) ... 52
6.4.1 Spezifikation ... 52
6.4.2 Berechnungen nach DIN 18230-1:2010-09 ... 55
6.4.3 Simulationsergebnisse mit einem Mehrraum-Zonen-Modell ... 56
6.4.4 Simulationsergebnisse mit dem Zonen-Modell FIGARO ... 59
6.4.5 Simulationsergebnisse mit dem Zonen-Modell CFAST ... 62
6.4.6 Simulationsergebnisse mit einem Feldmodell ... 65
6.4.7 Ergebnisse ... 68
6.5 Große eingeschossige Halle (10 000 m²) ... 70
6.5.1 Spezifikation ... 70
6.5.2 Simulationsergebnisse mit einem Mehrraum-Zonenmodell ... 73

7 Dokumentation ... 104

8 Zusammenfassung ... 104
8.1 Möglichkeiten zur Ermittlung der äquivalenten Branddauer ... 104
8.2 Anwendung des Verfahrens nach Bild 84, Spalte 3 ... 106

Literaturhinweise ... 108

Bilder

Bild 1 — Definition der äquivalenten Branddauer $t_{ä}$ für ein Referenzbauteil, links: Temperaturen im Brandraum oberhalb der ETK, rechts: Temperaturen im Brandraum unterhalb der ETK ... 16

Bild 2 — Referenzbauteil Beton ($d = 150$ mm) ... 18

Bild 3 — Referenzbauteil Beton ($d = 200$ mm) ... 19

Bild 4 — Ermittlung des Profilfaktors für Stahlbauteile unter allseitiger und dreiseitiger Brandbeanspruchung für profilfolgende und kastenförmige Bekleidung aus [9] ... 22

Bild 5 — Berechnete Temperaturverteilungen nach 15 min, 30 min, 60 min und 90 min bei Beanspruchung nach Einheit-Temperaturzeitkurve (ETK) (DIN 4102-2) ... 22

Bild 6 — Berechnete Temperaturen nach einer vierseitigen Brandbeanspruchung nach der Einheit-Temperaturzeitkurve für einen Stahlträger und ein Blech mit einem Profilfaktor $A_p/V = 131\ \mathrm{m}^{-1}$ ... 23

Bild 7 — Berechnete Temperaturentwicklungen unter Normbrandbeanspruchung im Referenzbauteil in der definierten Referenzposition mit verschiedenen Simulationsprogrammen für die Materialgesetze des Referenzbauteils $d = 200$ mm ... 24

Bild 8 — Berechnete Temperaturentwicklungen unter Normbrandbeanspruchung im Referenzbauteil in der definierten Referenzposition mit verschiedenen Materialgesetzen ... 25

Bild 9 — Beispiele für Temperaturzeitkurven ... 26

Bild 10 — Berechnete äquivalente Branddauern $t_{ä}$ für die Bemessungsbrände aus Bild 9 für die Referenzbauteile aus Beton und Stahl ... 27

Bild 11 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (400 m²) ... 29

Bild 12 — Zeitlicher Verlauf der Brandleistung (Wärmefreisetzung) im Brandraum (MRFC 400 m²) **31**

Bild 13 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (MRFC 400 m²) **31**

Bild 14 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (MRFC 400 m²) **32**

Bild 15 — Zeitlicher Verlauf der Brandleistung (Wärmefreisetzung) im Brandraum (FIGARO 400 m²) **33**

Bild 16 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (FIGARO 400 m²) **34**

Bild 17 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (FIGARO 400 m²) **34**

Bild 18 — Zeitlicher Verlauf der Brandleistung (Wärmefreisetzung) im Brandraum (CFAST 400 m²) **35**

Bild 19 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (CFAST 400 m²) **36**

Bild 20 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (FIGARO 400 m²) **37**

Bild 21 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Berechnungsgebiet (FDS 400 m²) **38**

Bild 22 — Gemittelte Temperaturentwicklung über alle Zellen unter dem Dach (FDS 400 m²) **38**

Bild 23 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (FDS 400 m²) **39**

Bild 24 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (1 600 m²) **41**

Bild 25 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Brandraum (MRFC 1 600 m²) **42**

Bild 26 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (MRFC 1 600 m²) **43**

Bild 27 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (MRFC 1 600 m²) **44**

Bild 28 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Brandraum (FIGARO 1 600 m²) **45**

Bild 29 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (FIGARO 1 600 m²) **46**

Bild 30 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (FIGARO 1 600 m²) **47**

Bild 31 — Brandleistung (Wärmefreisetzung) des Bemessungsbrandes **48**

Bild 32 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (CFAST 1 600 m²) **49**

Bild 33 — Bauteiltemperatur im Referenzbauteil **49**

Bild 34 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Berechnungsgebiet sowie in der Modellhalle (FDS 1 600 m²) **50**

Bild 35 — Gemittelte Temperaturentwicklung über alle Zellen unter dem Dach (FDS 1 600 m²) **51**

Bild 36 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (FDS 1 600 m²) **51**

Bild 37 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (2 400 m²) **54**

Bild 38 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Brandraum (MRFC 2 400 m²) 57

Bild 39 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (MRFC 2 400 m²) 58

Bild 40 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (MRFC 2 400 m²) 58

Bild 41 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Brandraum (FIGARO 2 400 m²) 60

Bild 42 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (FIGARO 2 400 m²) 61

Bild 43 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (FIGARO 2 400 m²) 61

Bild 44 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Brandraum (CFAST 2 400 m²) 63

Bild 45 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (CFAST 2 400 m²) 64

Bild 46 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (CFAST 2 400 m²) 65

Bild 47 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Berechnungsgebiet (FDS 2 400 m²) 66

Bild 48 — Gemittelte Temperaturentwicklung über 25 Zellen unter dem Dach (FDS 2 400 m²) 67

Bild 49 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (FDS 2 400 m²) 68

Bild 50 — Zusammenfassung der Ergebnisse der 2 400 m²-Halle im Vergleich zu DIN 18230-1 69

Bild 51 — Zusammenfassung der Ergebnisse der 2 400 m²-Halle im *w*-Faktor-Diagramm 70

Bild 52 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (10 000 m² ohne Unterteilung) 71

Bild 53 — Festlegung Randabstand Brandfläche zu freien Raumgrenzen 72

Bild 54 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (Brandfläche 10 000 m²) 74

Bild 55 — Zeitlicher Verlauf der Brandfläche im Brandraum (MRFC 10 000 m²) 75

Bild 56 — Zeitlicher Verlauf der Wärmefreisetzung im Brandraum (MRFC 10 000 m²) 76

Bild 57 — Zeitlicher Verlauf der Dicke der raucharmen Schicht im Brandraum (MRFC 10 000 m²) 77

Bild 58 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum (MRFC 10 000 m²) 78

Bild 59 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil (MRFC 10 000 m²) 80

Bild 60 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (Brandfläche 1 600 m²) 80

Bild 61 — Zeitlicher Verlauf der Brandfläche und Wärmefreisetzung im Brandraum bei 1 600 m² Brandfläche 81

Bild 62 — Zeitlicher Verlauf der verbleibenden Masse des Brandgutes und der eingetragenen Wärmemenge im Brandraum bei 1 600 m² Brandfläche 82

Bild 63 — Zeitlicher Verlauf der Dicke der Heißgasschicht im Brandraum bei 1 600 m² Brandfläche 83

Bild 64 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum bei 1 600 m² Brandfläche 84

Bild 65 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil bei 1 600 m² Brandfläche 85

Bild 66 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (Brandfläche 2 400 m²) 86

Bild 67 — Zeitlicher Verlauf der Brandfläche im Brandraum (Brandfläche 2 400 m²) 87

Bild 68 — Zeitlicher Verlauf der verbleibenden Masse des Brandgutes und der eingetragenen Wärmemenge im Brandraum bei 2 400 m² Brandfläche 88

Bild 69 — Zeitlicher Verlauf der Rauchschichtdicke im Brandraum bei 2 400 m² Brandfläche 89

Bild 70 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum bei 2 400 m² Brandfläche 90

Bild 71 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil bei 2 400 m² Brandfläche 92

Bild 72 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (Brandfläche 3 200 m²) 92

Bild 73 — Zeitlicher Verlauf der Brandfläche im Brandraum (Brandfläche 3 200 m²) 93

Bild 74 — Zeitlicher Verlauf der verbleiben Masse des Brandgutes und der eingetragenen Wärmemenge im Brandraum bei 3 200 m² Brandfläche 94

Bild 75 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum bei 3 200 m² Brandfläche 95

Bild 76 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum bei 3 200 m² Brandfläche 96

Bild 77 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil bei 3 200 m² Brandfläche 98

Bild 78 — Schematische Darstellung der Hallengeometrie (Brandfläche 4 800 m²) 98

Bild 79 — Zeitlicher Verlauf der Brandfläche im Brandraum (Brandfläche 4 800 m²) 99

Bild 80 — Zeitlicher Verlauf der verbleibende Masse des Brandgutes und der eingetragenen Wärmemenge im Brandraum bei 4 800 m² Brandfläche 100

Bild 81 — Zeitlicher Verlauf der Dicke der Heißgasschicht im Brandraum bei 4 800 m² Brandfläche 101

Bild 82 — Zeitlicher Verlauf der Temperatur der Heißgasschicht im Brandraum bei 4 800 m² Brandfläche 102

Bild 83 — Zeitlicher Verlauf der Bauteiltemperaturen im Referenzbauteil bei 4 800 m² Brandfläche 104

Bild 84 — Zusammenfassung 105

Tabellen

Tabelle 1 — Chemische und Thermophysikalische Daten zum Brennstoff 30

Tabelle 2 — Ergebnisse kleine Halle (400 m²) 39

Tabelle 3 — Äquivalente Branddauer aus den Berechnungen 52

Tabelle 4 — Untersuchte Varianten 2 400 m²-Halle 52

Tabelle 5 — Öffnungsflächen der untersuchten Varianten (2 400 m²) 53

Tabelle 6 — Materialkennwerte bei Raumtemperatur 55

Tabelle 7 — Ergebnisse der Berechnung der äquivalenten Branddauer (2 400 m²-Halle) 56

Tabelle 8 — Ergebnisse $t_{ä}$ MRFC 2 400 m²-Halle 59

Tabelle 9 — Ergebnisse $t_{ä}$ FIGARO 2 400 m²-Halle 62

Tabelle 10 — Ergebnisse $t_{ä}$ CFAST 2 400 m²-Halle 65

Tabelle 11 — Ergebnisse $t_{ä}$ FDS 2 400 m²-Halle 68

Tabelle 12 — Maximale Bauteiltemperatur im Referenzbauteil und Äquivalente Branddauer aus den Berechnungen 70