DEUTSCHE NORM

Dezember 2010

DIN EN 1991-1-2/NA

ICS 13.220.50; 91.010.30

Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 1: Actions on structures –
Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 1: Actions sur les structures –
Partie 1-2: Actions general – Actions sur les structures exposées au feu

Gesamtumfang 48 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. · Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.
Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

Preisgruppe 18
www.din.de
www.beuth.de

Documents
Document Sharing Hub

1709610

NormCD - Stand 2011-01

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Inhalt

Seite

Vorwort 3

NA.1 Anwendungsbereich 4

NA.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1991-1-2:2010-12 4
NA.2.1 Allgemeines 4
NA.2.2 Nationale Festlegungen 4

NCI Anhang AA (normativ) **Vereinfachtes Naturbrandmodell für vollentwickelte Raumbrände** 9
AA.1 Allgemeines 9
AA.2 Anwendungsgrenzen 9
AA.3 Bemessungsbrand 9
AA.4 Parametrische Temperaturzeitkurven 10
AA.5 Berechnung des Wärmespeichervermögens b 14
AA.6 Durchführung der Berechnung 15

NCI Anhang BB (normativ) **Eingangsdaten für die Anwendung von Naturbrandmodellen** 17
BB.1 Allgemeines 17
BB.2 Anwendungsgrenzen 17
BB.3 Brandlastdichte 17
BB.3.1 Allgemeines 17
BB.3.2 Ermittlung der Brandlastdichte durch Klassifizierung nach der Nutzung 18
BB.3.3 Ermittlung der Brandlastdichte im Einzelfall 19
BB.4 Wärmefreisetzungsrate 20
BB.5 Sicherheitskonzept 23
BB.5.1 Auftretenswahrscheinlichkeit eines Brandes 23
BB.5.2 Erforderliche Zuverlässigkeit im Brandfall 25
BB.5.3 Teilsicherheitsbeiwerte γ_{fi} für die Einflussgrößen der Brandeinwirkung 26

NCI Anhang CC (informativ) **Prüfung und Validierung von Rechenprogramm für Brandschutznachweise mittels allgemeiner Rechenverfahren** 28
CC.1 Allgemeines 28
CC.2 Anwendungsgrenzen 28
CC.3 Anwendung und Dokumentation 28
CC.4 Validierungsbeispiele 29
CC.4.1 Beispiel 1 29
CC.4.2 Beispiel 2 30
CC.4.3 Beispiel 3 32
CC.4.4 Beispiel 4 33
CC.4.5 Beispiel 5 34
CC.4.6 Beispiel 6 37
CC.4.7 Beispiel 7 38
CC.4.8 Beispiel 8 — schwach bewehrter Stahlbeton-Biegebalken 40
CC.4.9 Beispiel 9 — stark bewehrter Stahlbeton-Biegebalken 41
CC.4.10 Beispiel 10 — Stahlbeton-Kragstütze 43
CC.4.11 Beispiel 11 — Verbundstütze mit Kammerbeton 45

NCI Literaturhinweise 47

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Vorwort

Diese Norm DIN EN 1991-1-2/NA wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau), Arbeitsausschuss NA 005-52-22 AA „Konstruktiver baulicher Brandschutz (Spiegelausschuss zu Teilbereichen von CEN/TC 250)“ erarbeitet.

Diese Norm bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1991-1-2:2010-12, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke.

Die Europäische Norm EN 1991-1-2 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: National Determined Parameters, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet.

Eine Liste dieser Textstellen befindet sich in NA.2.1.

Darüber hinaus enthält dieser Nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben und Erläuterungen zur Anwendung von DIN EN 1991-1-2:2010-12 (en: Non-contradictory Complementary Information, NCI), die nach dem Leitpapier L „Anwendung der Eurocodes“ der Europäischen Kommission zulässig sind, sowie Festlegungen zur Anwendung der informativen Anhänge von DIN EN 1991-1-2.

Die in dieser Norm national getroffenen Festlegungen wurden auf der Grundlage von theoretischen Untersuchungen und Vergleichen mit brandschutztechnischen Nachweisen nach DIN 4102-4 ermittelt und im Hinblick auf die Aufrechterhaltung des erforderlichen nationalen Sicherheitsniveaus überprüft.

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1991-1-2:2010-12.

Die Anhänge AA und BB zu diesem Nationalen Anhang sind normativ, der Anhang CC ist informativ.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

NA.1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für die Einwirkungen auf Tragwerke zur Bemessung von Bauwerken für den außergewöhnlichen Fall der Brandeinwirkung, die bei der Anwendung von DIN EN 1991–1–2:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1991-1-2:2010-12.

NA.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1991-1-2:2010-12

NA.2.1 Allgemeines

DIN EN 1991-1-2:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen (en: Nationally Determined Parameters, NPD) aus:

— 2.4 (4)

— 3.1 (10)

— 3.3.1.1 (1)

— 3.3.1.2 (1)

— 3.3.1.2 (2)

— 3.3.1.3 (1)

— 3.3.2 (1)

— 3.3.2 (2)

— 4.2.2 (2)

— 4.3.1 (2)

Darüber hinaus enthält NA.2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1991-1-2:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: Non-contradictory Complementary Information) gekennzeichnet.

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1991-1-2.

NA.2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1991-1-2:2010-12.

NCI zu „1.2 Normative Verweisungen“

DIN 18230-1, *Baulicher Brandschutz im Industriebau — Teil 1: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer*

DIN 18230–3, *Baulicher Brandschutz im Industriebau — Teil 3: Rechenwerte*

DIN EN 1991-1-2:2010-12, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen; Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991–1–2:2002 + AC:2009*

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

NDP zu „2.4 (4) Temperaturberechnung“

Zur „ANMERKUNG 1: Die vorgegebene Zeitspanne darf durch nationale Regeln festgelegt oder nach den Regeln des Anhang F unter Beachtung des nationalen Anhangs bestimmt werden.“

Die Zeitspanne in Verbindung mit der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) nach 3.2.1 ist in der anzuwendenden Landesbauordnung und hierzu erlassenen Verordnungen oder Richtlinien vorgegeben. Der Anhang F darf nicht angewendet werden.

Zur „ANMERKUNG 2: Begrenzte Zeiträume des Feuerwiderstandes (bei Verwendung eines Brandmodells) dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.“

Die Temperaturberechnung ist grundsätzlich für die gesamte Dauer des Brandes einschließlich der Abkühlphase durchzuführen.

NCI zu „2.4 Temperaturberechnung“ und „2.5 Berechnung der Tragfähigkeit“

Zur Berechnung der Bauteiltemperaturen und der Tragfähigkeit im Brandfall dürfen allgemeine Rechenverfahren angewendet werden.

Sofern zur brandschutztechnischen Bewertung von Tragwerken oder Teiltragwerken mittels allgemeiner Rechenverfahren Rechenprogramme verwendet werden, wird davon ausgegangen, dass diese validiert sind. Der Anhang CC enthält geeignete Beispiele für das Validierungsverfahren.

In den Nationalen Anhängen zu den Brandschutzteilen der Eurocodes 2 bis 4 wird jeweils auf den informativen Anhang CC dieses Nationalen Anhangs Bezug genommen.

ANMERKUNG Hintergrundinformationen zur Validierung von Rechenprogrammen für das Brandverhalten von Bauteilen und Tragwerken werden in [5] gegeben.

NDP zu „3.1 (10) Thermische Einwirkungen für die Temperaturberechnung“

Zur „ANMERKUNG: Die Verwendung nomineller Temperaturzeitkurven nach 3.2 oder die alternative Verwendung von Naturbrandmodellen nach 3.3 wird im nationalen Anhang geregelt.“

Für die zu erbringenden brandschutztechnischen Nachweise bei Tragwerken im Hochbau ist in der Regel die Einheits-Temperaturzeitkurve nach 3.2.1 anzuwenden.

Zum Nachweis des Raumabschlusses bei nichttragenden Außenwänden und aufgesetzten Brüstungen darf als Brandbeanspruchung von außen die Außenbrandkurve nach 3.2.2 und von innen die Einheits-Temperaturzeitkurve nach 3.2.1 angesetzt werden.

Für Tragwerksteile von Hochbauten, die vollständig vor der Fassade des Gebäudes liegen, darf ebenfalls die Außenbrandkurve nach 3.2.2 angesetzt werden, sofern nicht die thermischen Einwirkungen nach Anhang B ermittelt werden.

Die Hydrokarbon-Brandkurve nach 3.2.3 ist für Hochbauten mit üblichen Mischbrandlasten nicht anzuwenden.

Naturbrandmodelle nach 3.3.1 bzw. 3.3.2 sollten nur im Zusammenhang mit einem Brandschutzkonzept bzw. Brandschutznachweis (nach Landesrecht) angewendet werden.

Hinsichtlich der vereinfachten und allgemeinen Brandmodelle sind die Angaben in den nachfolgenden Abschnitten zu beachten.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

NDP zu „3.3.1.1 (1) Vereinfachte Brandmodelle — Allgemeines“

Zur „ANMERKUNG: Zur Berechnung der Bemessungsbrandlast $q_{f,d}$ wird die Anwendung der Verfahren in Anhang E empfohlen.“

Der informative Anhang E darf nicht angewendet werden. Die erforderlichen Angaben zur Berechnung der Bemessungsbrandlastdichte und der Bemessungswärmefreisetzungsrate enthält Anhang BB.

NDP zu „3.3.1.2 (1) Vollbrände“

Zur „ANMERKUNG 1: Der Nationale Anhang darf das Verfahren zur Berechnung der Erwärmungsbedingungen vorgeben.“

Zur „ANMERKUNG 2: Für innenliegende Bauteile eines Brandabschnittes wird das in Anhang A angegebene Verfahren zur Bestimmung der Gastemperatur im Brandabschnitt empfohlen.“

Der informative Anhang A darf nicht angewendet werden. Zur Ermittlung der Gastemperatur in einem Brandraum darf das Verfahren im Anhang AA unter Beachtung der dort festgelegten Anwendungsgrenzen verwendet werden.

NDP zu „3.3.1.2 (2) Außenliegende Bauteile“

Zur „ANMERKUNG: Bei außenliegenden Bauteilen, die durch Öffnungen in der Fassade dem Brand ausgesetzt sind, wird das in Anhang B gegebene Verfahren zur Berechnung der Erwärmungsbedingungen empfohlen.“

Die Erwärmungsbedingungen dürfen mit dem im Anhang B angegebenen Verfahren berechnet werden unter Beachtung der Angaben im NCI „zu Anhang B“.

NDP zu „3.3.1.3 Lokale Brände“

Zur „ANMERKUNG: Der Nationale Anhang darf Verfahren zur Berechnung der Erwärmungsbedingungen geben.“

Die Erwärmungsbedingungen von Bauteilen im Einflussbereich eines lokal begrenzten Brandes dürfen mit dem im Anhang C gegebenen Verfahren berechnet werden mit den im NCI „zu Anhang C“ festgelegten Abweichungen.

NDP zu „3.3.2 (2) Allgemeine Brandmodelle“

Zur „ANMERKUNG: Der Nationale Anhang darf Verfahren zur Berechnung der Erwärmungsbedingungen festlegen. Die Verwendung der Verfahren zur Berechnung thermischer Einwirkungen bei Verwendung von Ein-Zonen-, Zwei-Zonen- oder Feldmodellen in Anhang D wird empfohlen.“

Der Anhang D darf angewendet werden. Dabei sind die Bemessungsbrandlast und der Bemessungswert der Wärmefreisetzungsrate jedoch nicht nach Anhang E zu bestimmen, sondern nach Anhang BB zu diesem Nationalen Anhang unter Beachtung der Angaben im NCI „zu Anhang D“.

NDP zu „4.2.2 (2) Zusätzliche Einwirkungen“

Zur „ANMERKUNG: Eine Auswahl verschiedener zusätzlicher Einwirkungen kann der Nationale Anhang geben.“

Als zusätzliche Einwirkung ist die Stoßbeanspruchung nach DIN 4102-3 bei Bauteilen zur Trennung von Brandabschnitten (bzw. Brandbekämpfungsabschnitten in Industriebauten) zu berücksichtigen.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

NDP zu „4.3.1 (2) Kombinationsregeln für Einwirkungen — Allgemeine Regel“

Zur „ANMERKUNG: Ob die quasi-ständige Größe $\psi_{2,1}\,Q_{k,1}$ oder die häufige Größe $\psi_{1,1}\,Q_{k,1}$ zu verwenden ist, darf in dem Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Verwendung von $\psi_{2,1}\,Q_{k,1}$ wird empfohlen.“

In der Regel darf die quasi-ständige Größe $\psi_{2,1}\,Q_{k,1}$ verwendet werden. Dies gilt nicht für Bauteile, deren Leiteinwirkung der Wind ist. In diesem Fall ist für die Einwirkung aus Wind die häufige Größe $\psi_{1,1}\,Q_{k,1}$ zu verwenden.

Zu „Anhang A Parametrische Temperaturzeitkurven“

Der Anhang A darf in Deutschland nicht angewendet werden.

Parametrische Temperaturzeitkurven für vollentwickelte Raumbrände (Vollbrände) sind nach Anhang AA zu ermitteln.

ANMERKUNG Hintergrundinformationen zur Ermittlung und Anwendung der parametrischen Temperaturzeitkurven werden in [1] gegeben.

Zu „Anhang B Thermische Einwirkungen auf außenliegende Bauteile — vereinfachtes Berechnungsverfahren“

Der Anhang B darf angewendet werden mit folgenden Änderungen:

— Abschnitt B.4.2 (Zwangsbelüftung) darf nicht angewendet werden;

— Gleichung (B.6) darf nicht angewendet werden. Die Länge der Flamme darf mit Gleichung (B.7) bestimmt werden;

— Gleichung (B.16) darf nicht angewendet werden. Die Emmissivität der Flamme ist unabhängig von der Dicke der Flamme zu $\varepsilon_f = 1{,}0$ anzusetzen.

ANMERKUNG Zur vereinfachten Ermittlung der Erwärmungsbedingungen kann auf die Bemessungshilfen in [2] zurückgegriffen werden.

Zu „Anhang C Lokale Brände“

Der Anhang C darf angewendet werden mit folgenden Änderungen:

— das Verfahren nach Anhang C gilt nur für lokal konzentrierte Brandlasten mit RHR_f (Rate of Heat Release) ≥ 250 kW/m^2;

— ergänzend zu Gleichung (C.2) gilt: $\theta(z) = 900$ °C für $z \leq 1{,}0$ m.

ANMERKUNG Hintergrundinformationen zum Anwendungsbereich und den Anwendungsgrenzen dieses vereinfachten Verfahrens werden in [3] gegeben.

Zu „Anhang D Erweiterte Brandmodelle“

Die Berechnungsmethoden des Anhangs D dürfen angewendet werden.

Rechenprogramme für die Ermittlung von Brandwirkungen bei Naturbränden sollten nur angewendet werden, wenn sie für den jeweiligen Anwendungsbereich validiert sind.

ANMERKUNG Erläuterungen bezüglich der Anwendungsbereiche und -grenzen der Naturbrandmodelle und der wesentlichen Kriterien für die Validierung werden in [3] gegeben.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Zu „Anhang E Brandlastdichten“

Der Anhang E darf nicht angewendet werden. Er wird durch Anhang BB zu diesem Nationalen Anhang ersetzt.

ANMERKUNG Hintergrundinformationen zum Sicherheitskonzept des Anhangs BB werden in [5] gegeben.

Zu „Anhang F Äquivalente Branddauer“

Der Anhang F darf nicht angewendet werden.

Für Anwendungen im Industriebau steht das Verfahren nach DIN 18230-1 zur Verfügung.

Zu „Anhang G Konfigurationsfaktor“

Der Anhang G darf angewendet werden.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

NCI

Anhang AA
(normativ)

Vereinfachtes Naturbrandmodell für vollentwickelte Raumbrände

AA.1 Allgemeines

Mit vereinfachten Naturbrandmodellen kann durch eine leistungsabhängige Festlegung der physikalisch bedingten Einwirkungen eine brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen und Tragwerken für natürliche Brände mit Hilfe einer einfachen Handrechnung bzw. Tabellenkalkulation durchgeführt werden, ohne auf die Anwendung von Wärmebilanz- oder Feldmodellen angewiesen zu sein. Vereinfachte Naturbrandmodelle berücksichtigen im Gegensatz zu nominellen Temperaturzeitkurven die für den Verlauf eines natürlichen Brandes wesentlichen Einflussfaktoren wie Brandlastdichte, Ventilationsverhältnisse, Brandraumgeometrie und thermische Eigenschaften der umfassenden Bauteile. Grundlage für vereinfachte Naturbrandmodelle ist in der Regel ein Bemessungsbrand.

Bei dem vereinfachten Naturbrandmodell kann mit Hilfe von Gleichungen unter Berücksichtigung der Ventilationsverhältnisse, Brandlastdichte, Brandraumgeometrie und thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile die Temperaturzeitkurve eines natürlichen Brandes ermittelt werden. Das auf einem durch die Wärmefreisetzungsrate definierten realistischen Bemessungsbrand basierende Verfahren ist in [1] näher erläutert.

AA.2 Anwendungsgrenzen

Das nachfolgend beschriebene vereinfachte Naturbrandmodell gilt für Brände in Räumen bis zu 400 m^2 Grundfläche und bis zu 5 m Höhe mit vertikalen Ventilationsöffnungen von 12,5 % bis 50 % der Raumgrundfläche und einer Brandlastdichte von 100 MJ/m^2 bis 1 300 MJ/m^2. Für größere und/oder höhere Räume liegen die ermittelten thermischen Einwirkungen zunehmend auf der sicheren Seite.

AA.3 Bemessungsbrand

Als Bemessungsbrand dient grundsätzlich der zeitliche Verlauf der Wärmefreisetzungsrate nach BB.4.

Für ventilationsgesteuerte Brände in Wohn-, Büro- und vergleichbaren Nutzungen darf der charakteristische Wert der maximalen Wärmefreisetzungsrate im Brandraum vereinfacht nach Gleichung (AA.1) bestimmt werden:

$$\dot{Q}_{max,v,k} = 1{,}21 \cdot A_w \cdot \sqrt{h_w} \quad \text{in MW} \tag{AA.1}$$

Dabei ist

A_w die Fläche der Ventilationsöffnungen in m^2;

h_w die gemittelte Höhe der Ventilationsöffnungen in m.

Die Gleichung (AA.1) gilt nur für Wärmefeisetzungsraten, die im Innern eines Brandraumes wirksam werden. Bei Flammenwirkungen außerhalb des Brandraumes muss $\dot{Q}_{max,v,k} = \dot{Q}_{innen} + \dot{Q}_{außen}$ eingesetzt werden, da sonst die Flammenwirkung unterschätzt wird.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Für brandlastgesteuerte Brände in Wohn-, Büro- und vergleichbaren Nutzungen darf der charakteristische Wert der Wärmefreisetzungsrate vereinfacht nach Gleichung (AA.2) bestimmt werden:

$$\dot{Q}_{max,f,k} = 0{,}25 \cdot A_f \quad \text{in MW} \tag{AA.2}$$

Dabei ist

A_f die maximale Brandfläche in m^2, in der Regel die Grundfläche des Brandraumes.

Der charakteristische Wert der maximalen Wärmefreisetzungsrate ist der kleinere der beiden maximalen Wärmefreisetzungsraten für den ventilationsgesteuerten bzw. den brandlastgesteuerten Brand:

$$\dot{Q}_{max,k} = MIN\left\{\dot{Q}_{max,v,k} ; \dot{Q}_{max,f,k}\right\}. \tag{AA.3}$$

Mit Hilfe von Gleichung (AA.3) lässt sich feststellen, ob der Brand ventilations- oder brandlastgesteuert ist.

Die Bemessungswerte der höchsten Wärmefreisetzungsrate $\dot{Q}_{max,k}$ sind definiert durch

$$\dot{Q}_{max,v,d} = \dot{Q}_{max,v,k} \cdot \gamma_{fi,Q} \tag{AA.4}$$

$$\dot{Q}_{max,f,d} = \dot{Q}_{max,f,k} \cdot \gamma_{fi,Q} \tag{AA.5}$$

$$\dot{Q}_{max,d} = \dot{Q}_{max,k} \cdot \gamma_{fi,Q} \tag{AA.6}$$

Dabei ist

$\gamma_{fi,Q}$ der Teilsicherheitsbeiwert nach BB.5.3.

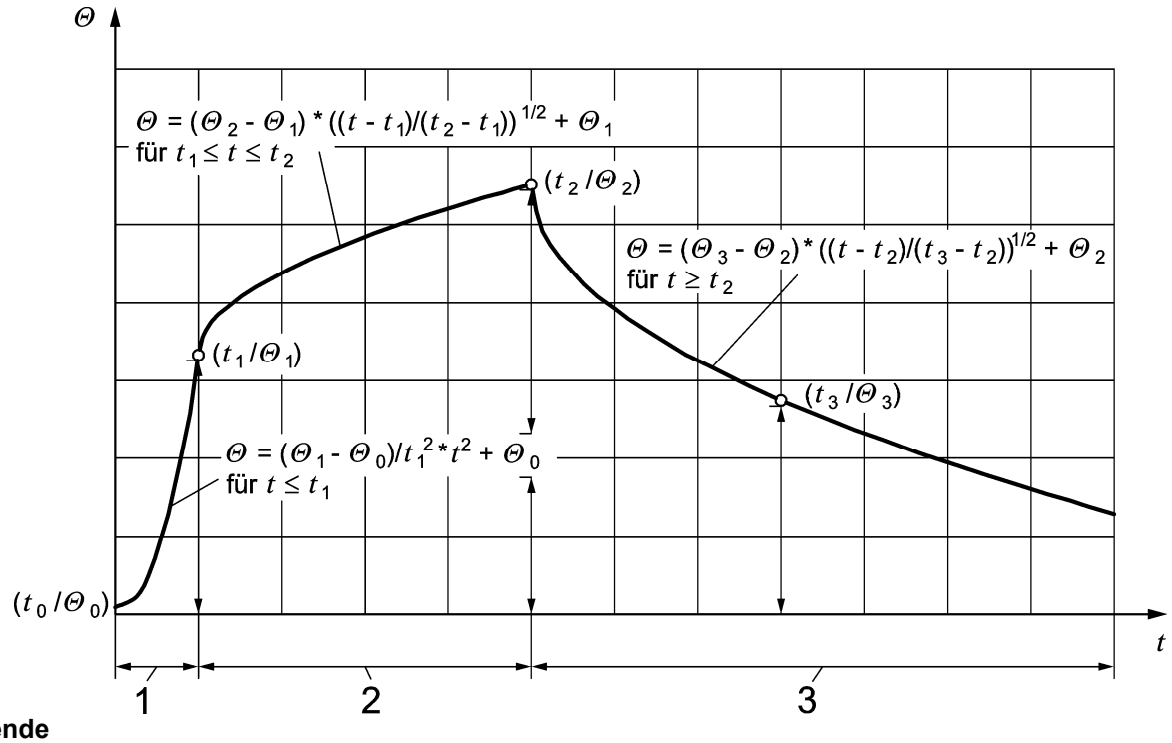
AA.4 Parametrische Temperaturzeitkurven

Durch Ausnutzung der zeitlichen Kongruenz mit der Wärmefreisetzungsrate kann die Temperaturzeitkurve des natürlichen Brandes in sämtlichen Phasen von der Brandentwicklungsphase über die Vollbrandphase bis zur Abklingphase beschrieben werden (siehe Bild AA.1).

Die Kurvenabschnitte für die drei o. g. Phasen sind durch markante Punkte zu den Zeitpunkten t_0, t_1, t_2 und t_3 begrenzt, die sich aus dem Verlauf der Wärmefreisetzungsrate ergeben. Bei der Bestimmung der zugehörigen Temperaturwerte Θ_1, Θ_2 und Θ_3 muss zwischen ventilationsgesteuerten Bränden und brandlastgesteuerten Bränden unterschieden werden (siehe AA.3).

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12



Legende

1 Bereich 1
2 Bereich 2
3 Bereich 3
t Zeit in min
Θ Temperatur in °C

Bild AA.1 — Schematische Darstellung der Temperaturzeitkurve nach dem vereinfachten Naturbrandmodell mit den formelmäßig beschriebenen Punkten (t_i, θ_i) und den dazwischen liegenden Kurvenabschnitten

Bei ventilationsgesteuerten Bränden ergibt sich für eine Referenzbrandlastdichte von $q = 1\,300$ MJ/m^2:

$$t_1 = t_\alpha \cdot \sqrt{\dot{Q}_{\max,v,d}} \quad \text{in s} \tag{AA.7}$$

$$\Theta_{1,v} = -8{,}75 \cdot 1/O - 0{,}1 \cdot b + 1\,175 \quad \text{in °C} \tag{AA.8}$$

$$t_2 = t_1 + \frac{Q_2}{\dot{Q}_{\max,v,d}} \quad \text{in s} \quad \text{mit } Q_2 = 0{,}7 \cdot Q_d - \frac{t_1^3}{3 \cdot t_\alpha^2} \tag{AA.9}$$

$$\Theta_{2,v} = (0{,}004 \cdot b - 17) \cdot 1/O - 0{,}4 \cdot b + 2\,175 \quad \text{in °C} \quad \leq 1\,1340\ °C \tag{AA.10}$$

$$t_3 = t_2 + \frac{2 \cdot Q_3}{\dot{Q}_{\max,v,d}} \quad \text{in s} \quad \text{mit } Q_3 = 0{,}3 \cdot Q_d \tag{AA.11}$$

$$\Theta_{3,v} = -5{,}0 \cdot 1/O - 0{,}16 \cdot b + 1\,060 \quad \text{in °C} \tag{AA.12}$$

NormCD - Stand 2011-01
Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Dabei ist

t_α der Faktor zur Beschreibung der Brandentwicklung nach Tabelle BB.2. Für Wohn- und Büronutzungen kann der Faktor zu $t_\alpha = 300$ s gesetzt werden;

b das Wärmespeichervermögen der gesamten Umfassungsbauteile in $\mathrm{J}/\left(\mathrm{m}^2 \cdot \sqrt{\mathrm{s}} \cdot \mathrm{K}\right)$ nach AA.5;

$O = A_\mathrm{w} \sqrt{h_\mathrm{w}} / A_\mathrm{t}$ der Öffnungsfaktor in $\mathrm{m}^{1/2}$;

A_w die Fläche der Ventilationsöffnungen in m^2;

h_w die gemittelte Höhe der Ventilationsöffnungen in m;

A_t die Gesamtfläche der umfassenden Bauteile mit Öffnungsflächen in m^2;

$Q_\mathrm{d} = q \cdot A_\mathrm{f}$, die Gesamtbrandlast im Brandraum in MJ bei der Referenzbrandlastdichte $q = 1\,300$ MJ/m^2.

Bei brandlastgesteuerten Bränden ergibt sich für die Referenzbrandlastdichte von $q = 1\,300$ MJ/m^2:

$$t_1 = t_\alpha \cdot \sqrt{\dot{Q}_{\mathrm{max,f,d}}} \quad \text{in s} \tag{AA.13}$$

$$\Theta_{1,\mathrm{f}} = 24\,000 \cdot k + 20 \quad \text{in °C} \quad \text{für } k \le 0{,}04 \text{ und } \Theta_{1,\mathrm{f}} = 980 \text{ °C für } k > 0{,}04 \tag{AA.14}$$

$$t_2 = t_1 + \frac{Q_2}{\dot{Q}_{\mathrm{max,f,d}}} \quad \text{in s} \quad \text{mit } Q_2 = 0{,}7 \cdot Q_\mathrm{d} - \frac{t_1^3}{3 \cdot t_\alpha^2} \tag{AA.15}$$

$$\Theta_{2,\mathrm{f}} = 33\,000 \cdot k + 20 \quad \text{in °C} \quad \text{für } k \le 0{,}04 \text{ und } \Theta_{2,\mathrm{f}} = 1\,340 \text{ °C für } k > 0{,}04 \tag{AA.16}$$

$$t_3 = t_2 + \frac{2 \cdot Q_3}{\dot{Q}_{\mathrm{max,f,d}}} \quad \text{in s} \quad \text{mit } Q_3 = 0{,}3 \cdot Q_\mathrm{d} \tag{AA.17}$$

$$\Theta_{3,\mathrm{f}} = 16\,000 \cdot k + 20 \quad \text{in °C} \quad \text{für } k \le 0{,}04 \text{ und } \Theta_{3,\mathrm{f}} = 660 \text{ °C für } k > 0{,}04 \tag{AA.18}$$

Dabei ist

$$k = \left(\frac{\dot{Q}_{\mathrm{max,f,d}}^{\,2}}{A_\mathrm{w} \cdot \sqrt{h_\mathrm{w}} \left(A_\mathrm{t} - A_\mathrm{w}\right) \cdot b} \right)^{1/3} \tag{AA.19}$$

Ausgehend von der Temperaturzeitkurve für die Referenzbrandlastdichte ($q = 1\,300$ MJ/m^2) lassen sich Temperaturzeitkurven für beliebige Brandlastdichten $q_{\mathrm{x,d}} \le 1\,300$ MJ/m^2 ermitteln. Der ansteigende Ast der Temperaturzeitkurve in der Brandentwicklungs- und Vollbrandphase (Bereich 1 und Bereich 2 in Bild AA.1) ist dabei unabhängig von der Brandlastdichte. Der Zeitpunkt $t_{2,\mathrm{x}}$, bei dem die Maximaltemperatur $\theta_{2,\mathrm{x}}$ erreicht wird, ist brandlastabhängig. Er lässt sich direkt aus dem Ansatz für die Wärmefreisetzungsrate bestimmen.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Für $Q_1 < 0{,}7 \cdot Q_{x,d}$ ergibt sich:

$$t_{2,x} = t_1 + \frac{(0{,}7 \cdot Q_{x,d}) - \left(t_1^3 / (3 \cdot t_\alpha^2)\right)}{\dot{Q}_{max,d}} \quad \text{in s} \qquad \text{(AA.20)}$$

Die zugehörige Temperatur $\Theta_{2,x}$ ermittelt sich zu:

$$\Theta_{2,x} = (\Theta_2 - \Theta_1) \cdot \sqrt{\frac{(t_{2,x} - t_1)}{(t_2 - t_1)}} + \Theta_1 \quad \text{in °C} \qquad \text{(AA.21)}$$

Dabei ist

t_α Faktor zur Beschreibung der Brandentwicklung nach Tabelle BB.2. Für Wohn- und Büronutzungen kann der Faktor zu $t_\alpha = 300$ s gesetzt werden;

$$Q_1 = \frac{t_1^3}{3 \cdot t_\alpha^2} \quad \text{in MW;}$$

$Q_{x,d} = q_{x,d} \cdot A_f$ mit $q_{x,d}$ nach Gleichung (BB.1)

Für $Q_1 \geq 0{,}7 \cdot Q_{x,d}$ ergibt sich:

$$t_{1,x} = t_{2,x} = \sqrt[3]{0{,}7 \cdot Q_{x,d} \cdot 3 \cdot t_\alpha^2} \quad \text{in s} \qquad \text{(AA.22)}$$

Die zugehörige Temperatur $\Theta_{2,x}$ ermittelt sich zu:

$$\Theta_{2,x} = \frac{(\Theta_1 - 20)}{t_1^2} \cdot t_{1,x}^2 + 20 \quad \text{in °C} \qquad \text{(AA.23)}$$

Die Temperatur $\theta_{3,x}$ zum Zeitpunkt $t_{3,x}$ liegt für unterschiedliche Brandlastdichten $q_{x,d}$ auf einer logarithmischen Funktion durch ($t = 0$; θ_0) und (t_3; θ_3):

$$\Theta_{3,x} = \Theta_3 \cdot \frac{\log_{10}\left(\frac{t_{3,x}}{60} + 1\right)}{\log_{10}\left(\frac{t_3}{60} + 1\right)} \quad \text{in °C} \qquad \text{(AA.24)}$$

Dabei ist

$$t_{3,x} = \frac{0{,}6 \cdot Q_{x,d}}{\dot{Q}_{max,d}} + t_{2,x} \quad \text{in s} \qquad \text{(AA.25)}$$

Im Bereich zwischen $t = 0$ und t_1 (Bereich 1 nach Bild AA.1) steigt die Temperatur quadratisch an:

$$\Theta(t) = \frac{(\Theta_1 - 20)}{t_1^2} \cdot t^2 + 20 \quad \text{in °C} \quad \text{für } 0 \leq t \leq t_1 \qquad \text{(AA.26)}$$

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Im Bereich 2 wird der Temperaturanstieg durch Gleichung (AA.27) beschrieben:

$$\Theta(t) = \left(\Theta_{2,x} - \Theta_1\right) \cdot \sqrt{\frac{\left(t - t_1\right)}{\left(t_{2,x} - t_1\right)}} + \Theta_1 \qquad \text{in °C} \quad \text{für } t_1 \le t \le t_2 \tag{AA.27}$$

Der abfallende Ast in Bereich 3 wird durch Gleichung (AA.28) beschrieben:

$$\Theta(t) = \left(\Theta_{3,x} - \Theta_{2,x}\right) \cdot \sqrt{\frac{\left(t - t_{2,x}\right)}{\left(t_{3,x} - t_{2,x}\right)}} + \Theta_{2,x} \quad \text{in °C} \quad \text{für t > t2} \tag{AA.28}$$

Der Zeitpunkt eines gegebenenfalls auftretenden Flashover $t_{1,fo}$, bei dem die Wärmefreisetzungsrate schlagartig auf ihr Maximum ansteigt, kann mit Gleichung (AA.29) ermittelt werden:

$$t_{1,fo} = \sqrt{t_\alpha^2 \cdot \dot{Q}_{fo}} \qquad \text{in s} \tag{AA.29}$$

wobei $\dot{Q}_{fo}$ nach Gleichung (AA.30) bestimmt werden kann:

$$\dot{Q}_{fo} = 0{,}007\,8 \cdot A_t + 0{,}378 \cdot A_w \cdot \sqrt{h_w} \qquad \text{in MW} \tag{AA.30}$$

AA.5 Berechnung des Wärmespeichervermögens b

Das Wärmespeichervermögen b kann als über die Flächen der Umfassungsbauteile gewichtetes Mittel berechnet werden. Zur Berücksichtigung des unterschiedlichen Wärmespeichervermögens b_i von Wänden, Decke und Boden kann b entsprechend Gleichung (AA.31) ermittelt werden:

$$b = \left(\left(\sum_{i=1}^{n} \left(b_i \cdot A_i\right) \right) / \left(A_t - A_w\right) \right) \tag{AA.31}$$

Dabei ist

b_i das Wärmespeichervermögen des Umfassungsbauteils i, in J/(m^2 · $\sqrt{s}$ · K);

A_i die Oberfläche des Umfassungsbauteils i, in m^2.

Für die Ermittlung des Wärmespeichervermögens b können vereinfacht die in Tabelle AA.1 aufgeführten Beispiele als Orientierung dienen.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Tabelle AA.1 — Zuordnung von Einflussgruppen zum Wärmespeichervermögen b

Zeile	Einflussgruppe	Wärmespeichervermögen b J/(m^2 · $\sqrt{s}$ · K)
1	1	2 500
2	2	1 500
3	3	750

Einflussgruppe 1:

Bauteile bzw. Baustoffe mit großem Wärmeabfluss wie Verglasungen, Aluminium, Glas, Stahl.

Einflussgruppe 2:

Bauteile bzw. Baustoffe mit mittlerem Wärmeabfluss wie Beton, Leichtbeton mit einer Rohdichte $> 1\,000$ kg/m^3, Kalksandstein, Mauerziegel.

Einflussgruppe 3:

Bauteile bzw. Baustoffe mit geringem Wärmeabfluss wie Baustoffe mit einer Rohdichte $\leq 1\,000$ kg/m^3, wie Faserdämmstoffe, Porenbeton, Holz, Holzwolle-Leichtbauplatten, Leichtbeton, Dämmputz, mehrschichtige Bauteile

AA.6 Durchführung der Berechnung

Bild AA.2 zeigt schematisch den Ablauf zur Berechnung des parametrischen Temperaturzeitverlaufs in einem Flussdiagramm.

Das Verfahren darf auch auf Raumzellenbrände angewendet werden [1]; dabei wird die sukzessive Brandausbreitung von Raumzelle zu Raumzelle vereinfacht berücksichtigt.

NormCD - Stand 2011-01

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12