BAUWESEN

DIN

NORMEN-HANDBUCH
EUROCODES

Handbuch Eurocode

Spezialband Tragwerksbemessung für den Brandfall

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

Von DIN konsolidierte Fassung

Beuth

Handbuch Eurocode
Spezialband Tragwerksbemessung für den Brandfall

(Leerseite)

DIN

Handbuch Eurocode

Spezialband Tragwerksbemessung für den Brandfall

Von DIN konsolidierte Fassung

2., aktualisierte und erweiterte Auflage 2016

Herausgeber:
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

© 2016 Beuth Verlag GmbH
Berlin · Wien · Zürich
Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0
Telefax: +49 30 2601-1260
Internet: www.beuth.de
E-Mail: kundenservice@beuth.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

© für DIN-Normen DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Titelbild: Köln Rheinauhafen: © jenskorte87 (Fotolia)
Fire flames: © Lukas Gojda (shutterstock.com)
Satz: B & B Fachübersetzergesellschaft mbH, Berlin
Druck: COLONEL, Kraków

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706.

ISBN 978-3-410-26312-8
ISBN (E-Book) 978-3-410-26313-5

Vorwort

Die europaweit einheitlichen Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Ingenieurbauwerken werden Eurocodes genannt. Die vorliegenden Eurocode-Handbücher wurden im Normenausschuss Bauwesen (NABau) bei DIN e. V. erarbeitet.

In den einzelnen Bänden dieser Handbücher werden themenspezifisch die Eurocodes mit den jeweils zugehörigen Nationalen Anhängen sowie einer eventuell vorhandenen Restnorm zu einem in sich geschlossenen Werk und mit fortlaufend lesbarem Text zusammengefügt, so dass der Anwender die jeweils relevanten Textpassagen auf einen Blick und an einer Stelle findet.

Die Eurocodes gehen auf ein Aktionsprogramm der Kommission der Europäischen Gemeinschaft aus dem Jahr 1975 zurück. Ziel dieses Programms ist die Beseitigung von Handelshemmnissen für Produkte- und Dienstleistungen in Europa und die Vereinheitlichung technischer Regelungen im Baubereich. Diese einheitlichen Regelungen sollten eine Alternative zu den in den jeweiligen europäischen Mitgliedsstaaten geltenden nationalen Regelungen darstellen, um diese später zu ersetzen.

Somit wurden in den zurückliegenden Jahrzehnten die Bemessungsregeln im Bauwesen europäisch genormt. Als Ergebnis dieser Arbeit sind die Eurocodes entstanden. Die Eurocodes bestehen aus 58 Normen, mit insgesamt über 5 200 Seiten, ohne Nationale Anhänge.

Ziele dieser umfangreichen Normungsarbeiten waren und sind:

- Europaweit einheitliche Bemessungs- und Konstruktionskriterien
- Einheitliche Basis für Forschung und Entwicklung
- Harmonisierung national unterschiedlicher Regeln
- Einfacherer Austausch von Dienstleistungen im Bauwesen
- Ausschreibung von Bauleistungen europaweit vereinfachen.

Die beteiligten europäischen Mitgliedsstaaten einigten sich darauf, zu einigen Normeninhalten Öffnungsklauseln, sogenannte national festzulegende Parameter (en: nationally determined parameters, NDP), in den Eurocodes zuzulassen. Die entsprechenden Inhalte können national geregelt werden. Zu jedem Eurocode wird hierzu ein zugehöriger Nationaler Anhang erarbeitet, der die Anwendung der Eurocodes durch die Festlegung dieser Parameter ermöglicht. Vervollständigt werden die Festlegungen durch nicht widersprechende zusätzliche Regelungen (en: non-contradictory complementary information, NCI). Der jeweilige Eurocodeteil und der zugehörige Nationale Anhang sind dadurch ausschließlich im Zusammenhang lesbar und anwendbar.

Die Handbücher stellen Handbücher ein für die Praxis sehr hilfreiches, effizientes neues Werk zur Verfügung, welches die Anwendung der Eurocodes für alle am Bauprozess Beteiligten wesentlich erleichtert.

Berlin, Dezember 2015

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Bauwesen (NABau)
Dr. Matthias Witte
Geschäftsführer

(Leerseite)

Inhalt

Seite

Einführung IX

Benutzerhinweise XI

DIN EN 1991-1-2:2010-12
Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen –
Brandeinwirkungen auf Tragwerke

einschließlich

DIN EN 1991-1-2 Berichtigung 1:2013-08

und

DIN EN 1991-1-2/NA:2015-09
Nationaler Anhang 1

DIN EN 1992-1-2:2010-12
Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und
Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln –
Tragwerksbemessung für den Brandfall

einschließlich

DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12
Nationaler Anhang

und

DIN EN 1992-1-2/NA/A1:2015-09
Nationaler Anhang; Änderung A1 81

DIN EN 1993-1-2:2010-12
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung
für den Brandfall

einschließlich

DIN EN 1993-1-2/NA:2010-12
Nationaler Anhang 163

Seite

DIN EN 1994-1-2:2010-12
Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall

einschließlich

DIN EN 1994-1-2/A1:2014-06
Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall

und

DIN EN 1994-1-2/NA:2010-12
Nationaler Anhang 237

DIN EN 1995-1-2:2010-12
Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall

einschließlich

DIN EN 1995-1-2/NA:2010-12
Nationaler Anhang 337

DIN EN 1996-1-2:2011-04
Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall

einschließlich

DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06
Nationaler Anhang 405

DIN EN 1999-1-2:2010-12
Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall

einschließlich

DIN EN 1999-1-2/NA:2011-04
Nationaler Anhang 467

Einführung

In diesem Normen-Handbuch werden die für die Brandschutzbemessung erforderlichen Eurocode-Teile mit den jeweilig zugehörigen Nationalen Anhängen zur Verbesserung der Lesbarkeit zusammengeführt.

- 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*;
- DIN EN 1991-1-2 Berichtigung 1:2013-08, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002, Berichtigung zu DIN EN 1991-1-2:2010-12; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002/AC:2012*
- DIN EN 1991-1-2/NA:2015-09, *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke*;
- DIN EN 1992-1-2:2010-12; *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1992-1-2:2004 + AC:2008*;
- DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12, *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall inklusive der Änderung DIN EN 1992-1-2/NA/A1:2015-09*;
- DIN EN 1993-1-2:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-12:2005 + AC:2009*;
- DIN EN 1993-1-2/NA:2010-12, *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*;
- DIN EN 1994-1-2:2010-12, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1994-1-2:2005 + AC:2008 inklusive der Änderung DIN EN 1994-1-2/A1:2014-06*;
- DIN EN 1994-1-2/NA:2010-12, *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*;
- DIN EN 1995-1-2:2010-12, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1995-12:2004 + AC:2009*;
- DIN EN 1995-1-2/NA:2010-12, *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*;
- DIN EN 1996-1-2:2011-04, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1996-1-2:2005 + AC:2010*;
- DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06, *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*;
- DIN EN 1999-1-2:2010-12, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1999-1-2:2007 + AC:2009*;
- DIN EN 1999-1-2/NA:2011-04, *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*.

Es sei darauf hingewiesen, dass in Einzelfällen Festlegungen aus DIN 4102-4 auch für die Bemessung nach den Eurocodes erforderlich sein können. Dies gilt insbesondere für konstruktive Detailausbildungen. Eine Heißbemessung ist nach den Eurocodes für raumabschließende Bauteile wie Decken und Wände in der Regel nicht nach den vereinfachten und allgemeinen Rechenverfahren möglich.

Dieses Normen-Handbuch wurde im Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. und vom Arbeitsausschuss NA 005-52-22 AA „Konstruktiver baulicher Brandschutz“ geprüft und konsolidiert.

Berlin, Mai 2016

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Bauwesen (NABau)
Andreas Schleifer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß
Obmann NA 005-52-22 AA
„Konstruktiver baulicher Brandschutz“

Benutzerhinweise

Grundlage des vorliegenden Normen-Handbuchs bildet der Text der DIN EN 1991-1-2, DIN EN 1992-1-2, DIN EN 1993-1-2, DIN EN 1994-1-2, DIN EN 1995-1-2, DIN EN 1996-1-2 und DIN EN 1999-1-2. Die Festlegungen aus den Nationalen Anhängen DIN EN 1991-1-2/NA, DIN EN 1992-1-2/NA, DIN EN 1993-1-2/NA, DIN EN 1994-1-2/NA, DIN EN 1995-1-2/NA, DIN EN 1996-1-2/NA und DIN EN 1999-1-2/NA wurden immer an die zugehörige Stelle in den entsprechenden Eurocode-Teilen eingefügt.

Darüber hinaus wurden die zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Handbuchs veröffentlichten nationalen und europäischen Berichtigungen und Änderungen eingefügt. Diese sind am Rand mit einem grauen Strich gekennzeichnet.

Ebenso gekennzeichnet sind die NA, die im Vergleich zur letzten Auflage dieses Handbuches neu hinzugekommen sind oder in neuer Ausgabe erschienen sind.

Die Teile DIN EN 1996-1-2 mit zugehörigem NA sowie DIN EN 1999-1-2 mit zugehörigem NA sind vollständig neu in dieser Auflage und somit nicht gekennzeichnet.

Bitte beachten Sie bei der Anwendung der Eurocodes immer den aktuellen Stand der bauaufsichtlichen Einführung. Informationen hierzu finden Sie auf den Webseiten des DIBt, der Bundesländer oder auch des Eisenbahnbundesamtes und der Bundesanstalt für Wasserwesen.

Die Herkunft der jeweiligen Regelung im Normen-Handbuch ist wie folgt gekennzeichnet:

a) Regelungen aus DIN EN 1991-1-2, DIN EN 1992-1-2, DIN EN 1993-1-2, DIN EN 1994-1-2, DIN EN 1995-1-2, DIN EN 1996-1-2 und DIN EN 1999-1-2.

   Diese Regelungen sind schwarzer Fließtext.

b) Regelungen aus DIN EN 1991-1-2/NA, DIN EN 1992-1-2/NA, DIN EN 1993-1-2/NA, DIN EN 1994-1-2/NA, DIN EN 1995-1-2/NA, DIN EN 1996-1-2/NA und DIN EN 1999-1-2/NA.

   Bei den national festzulegenden Parametern (en: Nationally Determined Parameters, NDP) wurde der Vorsatz „NDP“ übernommen. Bei den ergänzenden nicht widersprechenden Angaben (en: non-contradictory complementary information, NCI) wurde der Vorsatz „NCI“ übernommen.

   Diese Regelungen sind umrandet.

NDP Zu bzw.
NCI Zu

Gegenüber den einzelnen Normen und deren Nationalen Anhängen wurden beim Zusammenfügen dieser Dokumente folgende Änderungen vorgenommen:

a) Die Anmerkung zur Freigabe von Festlegungen durch den Nationalen Anhang bleibt mit dem Hinweis, was festgelegt werden darf, erhalten. Die Empfehlung wird nicht in diesem Handbuch abgedruckt, sofern sie nicht übernommen wird. Der nicht übernommene Text in der Anmerkung wird als gestrichener Text dargestellt, wobei nur die Anfangs- und Endworte stehen bleiben, um den Textumfang zu reduzieren.

   Beispiel:

   ANMERKUNG 2B Der Nationale Anhang kann den Grenzschlankheitsgrad S_{xy} festlegen. ~~Der Grenzwert ... wird empfohlen~~.

b) Die Kennzeichnungen [AC⟩ ⟨AC] aus den Normen für die eingearbeitete Änderung wurden entfernt.

c) Das ausführliche Vorwort zur Erläuterung des Eurocode-Programms, welches in allen sieben Eurocode-Teilen enthalten ist, wurde in diesem Handbuch nur in DIN EN 1991-1-2 übernommen. In den Teilen DIN EN 1992-1-2, DIN EN 1993-1-2, DIN EN 1994-1-2, DIN EN 1995-1-2, DIN EN 1996-1-2 und DIN EN 1999-1-2 dieses Handbuches wurden die eigentlichen Texte nicht abgedruckt. Zum Nachlesen dieser Texte siehe DIN EN 1991-1-2 in diesem Handbuch oder die veröffentlichten Normen selbst.

(Leerseite)

Dezember 2010

DIN EN 1991-1-2

DIN

Ersatz für
DIN EN 1991-1-2:2003-09 und
DIN EN 1991-1-2
Berichtigung 1:2009-09

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2009

August 2013

DIN EN 1991-1-2 Berichtigung 1

DIN

Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002, Berichtigung zu DIN EN 1991-1-2:2010-12; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002/AC:2012

September 2015

DIN EN 1991-1-2/NA

DIN

Ersatz für
DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

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

(Leerseite)

Inhalt

DIN EN 1991-1-2 einschließlich Nationaler Anhang

		Seite
Nationales Vorwort DIN EN 1991-1-2		7
Vorwort EN 1991-1-2		7
Hintergrund des Eurocode-Programms		8
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes		8
Nationale Fassungen der Eurocodes		9
Verhältnis zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)		9
Besondere Hinweise zu EN 1991-1-2		9
Nationaler Anhang zu prEN 1991-1-2		11
1	**Allgemeines**	13
1.1	**Anwendungsbereich**	13
1.2	**Normative Verweisungen**	13
1.3	**Annahmen**	14
1.4	**Unterscheidung von verbindlichen und nicht verbindlichen Regeln**	14
1.5	**Definitionen**	14
1.5.1	Übliche Ausdrücke aus den Eurocode-Brandschutzteilen	14
1.5.2	Die allgemeine Bemessung betreffende Fachbegriffe	16
1.5.3	Die thermischen Einwirkungen betreffende Begriffe	16
1.5.4	Die Wärmeübertragungsberechnung betreffende Begriffe	18
1.6	**Symbole**	18
2	**Verfahren zur Tragwerksbemessung im Brandfall**	23
2.1	**Allgemeines**	23
2.2	**Brandszenarien für die Bemessung**	23
2.3	**Bemessungsbrand**	23
2.4	**Temperaturberechnung**	23
2.5	**Berechnung der Tragfähigkeit**	24
3	**Thermische Einwirkungen für die Temperaturberechnung**	25
3.1	**Allgemeine Regeln**	25
3.2	**Nominelle Temperaturzeitkurven**	26
3.2.1	Einheits-Temperaturzeitkurve	26
3.2.2	Außenbrandkurve	26
3.2.3	Hydrokarbon-Brandkurve	26
3.3	**Naturbrandmodelle**	27
3.3.1	Vereinfachte Brandmodelle	27
3.3.2	Allgemeine Brandmodelle	28
4	**Mechanische Einwirkungen für die Tragfähigkeitsberechnung**	29
4.1	**Allgemeines**	29
4.2	**Gleichzeitigkeit von Einwirkungen**	29
4.2.1	Einwirkungen aus der Bemessung unter normaler Temperatur	29
4.2.2	Zusätzliche Einwirkungen	29

Seite

4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen ... 30
4.3.1 Allgemeine Regel ... 30
4.3.2 Vereinfachte Regeln ... 30
4.3.3 Lastniveau ... 30

Anhang A (informativ) **Parametrische Temperaturzeitkurven** ... 31

Anhang B (informativ) **Thermische Einwirkungen auf außenliegende Bauteile – vereinfachtes Berechnungsverfahren** ... 32
B.1 Anwendungsbereich ... 32
B.2 Anwendungsbedingungen ... 32
B.3 Auswirkungen des Windes ... 33
B.3.1 Art der Belüftung ... 33
B.3.2 Ablenkung der Flammen durch Wind ... 33
B.4 Brand- und Flammeneigenschaften ... 33
B.4.1 Ohne Zwangsbelüftung ... 33
B.5 Gesamtkonfigurationsfaktor ... 36

Anhang C (informativ) **Lokale Brände** ... 37

Anhang D (informativ) **Erweiterte Brandmodelle** ... 39
D.1 Ein-Zonen-Modelle ... 39
D.2 Zwei-Zonen-Modelle ... 40
D.3 Rechnergestütztes Fluid-Dynamik-Modell (CFD) ... 40

Anhang E (informativ) **Brandlastdichten** ... 41

Anhang F (informativ) **Äquivalente Branddauer** ... 42

Anhang G (informativ) **Konfigurationsfaktor** ... 43
G.1 Allgemeines ... 43
G.2 Abschattungseffekte ... 44
G.3 Außenliegende Bauteile ... 44

NCI Anhang AA (normativ) **Vereinfachtes Naturbrandmodell für vollentwickelte Raumbrände** ... 47
AA.1 Allgemeines ... 47
AA.2 Anwendungsgrenzen ... 47
AA.3 Bemessungsbrand ... 47
AA.4 Parametrische Temperaturzeitkurven ... 48
AA.5 Berechnung des Wärmespeichervermögens *b* ... 51
AA.6 Durchführung der Berechnung ... 51

NCI Anhang BB (normativ) **Eingangsdaten für die Anwendung von Naturbrandmodellen** ... 53
BB.1 Allgemeines ... 53
BB.2 Anwendungsgrenzen ... 53
BB.3 Brandlastdichte ... 53

Seite

BB.3.1 Allgemeines ... 53
BB.3.2 Ermittlung der Brandlastdichte durch Klassifizierung nach der Nutzung ... 54
BB.3.3 Ermittlung der Brandlastdichte im Einzelfall ... 54
BB.4 Wärmefreisetzungsrate ... 55
BB.5 Sicherheitskonzept ... 58
BB.5.1 Auftretenswahrscheinlichkeit eines Brandes ... 58
BB.5.2 Erforderliche Zuverlässigkeit im Brandfall ... 59
BB.5.3 Teilsicherheitsbeiwerte γ_{fi} für die Einflussgrößen der Brandeinwirkung ... 60

NCI Anhang CC (informativ) **Prüfung und Validierung von Rechenprogrammen für Brandschutznachweise mittels allgemeiner Rechenverfahren** ... 62
CC.1 Allgemeines ... 62
CC.2 Anwendungsgrenzen ... 62
CC.3 Anwendung und Dokumentation ... 62
CC.4 Validierungsbeispiele ... 63
CC.4.1 Beispiel 1 ... 63
CC.4.2 Beispiel 2 ... 64
CC.4.3 Beispiel 3 ... 66
CC.4.4 Beispiel 4 ... 67
CC.4.5 Beispiel 5 ... 68
CC.4.6 Beispiel 6 ... 70
CC.4.7 Beispiel 7 ... 71
CC.4.8 Beispiel 8 – schwach bewehrter Stahlbeton-Biegebalken ... 72
CC.4.9 Beispiel 9 – stark bewehrter Stahlbeton-Biegebalken ... 73
CC.4.10 Beispiel 10 – Stahlbeton-Kragstütze ... 74
CC.4.11 Beispiel 11 – Verbundstütze mit Kammerbeton ... 76

Literaturhinweise ... 78

NCI Literaturhinweise ... 79

(Leerseite)

Nationales Vorwort DIN EN 1991-1-2

Diese Europäische Norm (EN 1991-1-2:2002 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250/SC 1 „Eurocode 1: Einwirkungen“ unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-52-22 AA „Konstruktiver baulicher Brandschutz“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch die Richtlinie der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem dort Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen müssen im Einzelfall von CEN und der Kommission präzisiert werden.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1991-2-2:1997-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Vornorm-Charakter wurde aufgehoben;

b) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet und der Text vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1991-1-2:2003-09 und DIN EN 1991-1-2 Berichtigung 1:2009-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;

b) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1991-2-2: 1997-05

DIN EN 1991-1-2: 2003-09

DIN EN 1991-1-2 Berichtigung 1: 2009-09

Vorwort EN 1991-1-2

Dieses Dokument (EN 1991-1-2:2002 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

CEN/TC 250/SC 1 ist verantwortlich für Eurocode 1.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2003, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2009 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1991-2-2:1995.

Die Anhänge A, B, C, D, E, F und G sind informativ.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Hintergrund des Eurocode-Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Spezifikationen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und schließlich diese ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerkomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung[1)] zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauprodukten-Richtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*.

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke*.

prEN 1992, *Eurocode 2: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten*.

prEN 1993, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten*.

prEN 1994, *Eurocode 4: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahl-Beton-Verbundbauten*.

prEN 1995, *Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten*.

prEN 1996, *Eurocode 6: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Mauerwerksbauten*.

prEN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*.

prEN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*.

prEN 1999, *Eurocode 9: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Aluminiumkonstruktionen*.

Die Eurocode-Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanischer Widerstand und Stabilität und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Herstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs).

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaft und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken.

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten[2)], auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen[3)]. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Bauteilen für die allgemeine praktische Anwendung. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für außergewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen. Für diese Fälle können zusätzliche Spezialkenntnisse für den Bauplaner erforderlich sein.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, mit möglicherweise einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben,
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten,
- Vorgehensweisen, wenn die Eurocodes mehrere Verfahren zur Wahl anbieten.

Sie dürfen auch Folgendes enthalten:

- Vorschriften zur Verwendung der informativen Anhänge,
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit sie diese ergänzen und nicht widersprechen.

Verhältnis zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung[4)] konsistent sind. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind, die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1991-1-2

EN 1991-1-2 beschreibt die thermischen und mechanischen Einwirkungen für die konstruktive Bemessung von Tragwerken unter Brandbeanspruchung einschließlich der folgenden Aspekte:

---

2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Angaben in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die europäische Zulassung selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument
   a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
   b) Methoden zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Prüfverfahren, Entwurfsregeln,
   c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

   Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.

4) Siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie ebenso wie die Abschnitte 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr. 1.

Sicherheitstechnische Anforderungen

EN 1991-1-2 ist für Bauherren (z. B. für die Aufstellung ihrer speziellen Anforderungen), Planer, Bauunternehmer und relevante Behörden bestimmt.

Die allgemeine Zielsetzung des Brandschutzes ist die Begrenzung der Risiken für Einzelpersonen und die Gesellschaft, benachbarte Bauwerke und, falls erforderlich, die Umgebung oder direkt betroffene Bauwerke im Brandfall.

Die Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG nennt die folgende wesentliche Anforderung für den Brandschutz:

„Das Bauwerk muss derartig entworfen und ausgeführt sein, dass bei einem Brand

- die Tragfähigkeit des Bauwerks während eines bestimmten Zeitraums erhalten bleibt,
- die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerks begrenzt bleiben,
- die Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Bauwerke begrenzt bleibt,
- die Bewohner das Gebäude unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können,
- die Sicherheit der Rettungsmannschaften berücksichtigt ist."

Gemäß dem Grundlagendokument Nr. 2 „Brandschutz"[5)] darf die wesentliche Anforderung durch Befolgen verschiedener in den Mitgliedstaaten geltenden Brandschutzstrategien, wie konventionelle Brandszenarien (nominelle Brände) oder „natürliche" (parametrische Brände) Brandszenarien, einschließlich vorbeugender und abwehrender Brandschutzmaßnahmen erfüllt werden.

Die den Brandschutz betreffenden Teile der Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau behandeln bestimmte Aspekte des vorbeugenden Brandschutzes, indem Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Bauwerken und Bauteilen hinsichtlich einer ausreichenden Tragfähigkeit und, falls erforderlich, der Begrenzung der Brandausbreitung festgelegt werden.

Die funktionellen Anforderungen und die Leistungsniveaus können entweder als Feuerwiderstandsdauer z. B. bei Einheits-Temperaturzeitkurve, die im Allgemeinen in nationalen Brandschutzregularien angegeben wird, festgelegt werden, oder, wenn dies nach den nationalen Brandschutzregularien zulässig ist, als Aufgabe des Brandschutzingenieurs unter Berücksichtigung vorbeugender und abwehrender Brandschutzmaßnahmen erreicht werden.

Zusätzliche Anforderungen, die zum Beispiel

- den möglichen Einbau und die Instandhaltung von Sprinkleranlagen,
- die Bedingungen für die Bewohnbarkeit von Gebäude- oder Brandabschnitten,
- die Verwendung von zugelassenen Dämm- und Beschichtungsstoffen einschließlich ihrer Instandhaltung

betreffen, sind nicht Gegenstand dieses Dokuments, da sie von der zuständigen Behörde festgelegt werden.

Zahlenwerte für Teilfaktoren und andere Elemente zuverlässigkeitsabhängiger Größen werden als empfohlene Werte angegeben, die ein annehmbares Niveaus der Zuverlässigkeit ergeben. Sie wurden unter der Annahme ausgewählt, dass eine qualifizierte Ausführung vorliegt zusammen mit einem annehmbaren Qualitätsmanagement.

Bemessungsverfahren

Ein vollständiges analytisches Verfahren der konstruktiven Bemessung im Brandfall würde das Tragverhalten bei erhöhten Temperaturen, die mögliche Beanspruchung durch Wärme und die positiven Auswirkungen von vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen sowie die mit diesen drei Faktoren verbundenen Ungewissheiten und die Bedeutung des Bauwerks (Konsequenzen bei Versagen) berücksichtigen.

Gegenwärtig ist es möglich, ein Verfahren zur Bestimmung einer adäquaten Leistungsfähigkeit durchzuführen, das, wenn auch nicht alle, so doch einige dieser Parameter beinhaltet, und nachzuweisen, dass das Bauwerk oder seine Bauteile bei einem tatsächlichen Brand eine adäquate Leistungsfähigkeit aufweisen werden. Wenn das Verfahren jedoch auf einer nominel-

5) Siehe 2.2, 3.2(4) und 4.2.3.3 des Grundlagendokuments Nr. 2.

len Brandkurve beruht, berücksichtigt das Klassifizierungssystem, das auf spezifischen Feuerwiderstandsdauern beruht, die oben angegebenen Merkmale und Ungewissheiten (wenn auch nicht explizit).

Die Anwendung dieses Teils 1-2 ist im Folgenden dargestellt. Die Ansätze durch festgelegte Vorgaben und durch leistungsabhängige Festlegungen werden bestimmt. Der Ansatz durch festgelegte Vorgaben beruht auf nominellen Bränden, aus denen sich die thermischen Einwirkungen ergeben. Der auf leistungsabhängigen Festlegungen beruhende Ansatz, bei dem der Brandschutzingenieur die Brandschutzbemessung durchführt, bezieht sich auf thermische Einwirkungen, die auf physikalischen und chemischen Parametern beruhen.

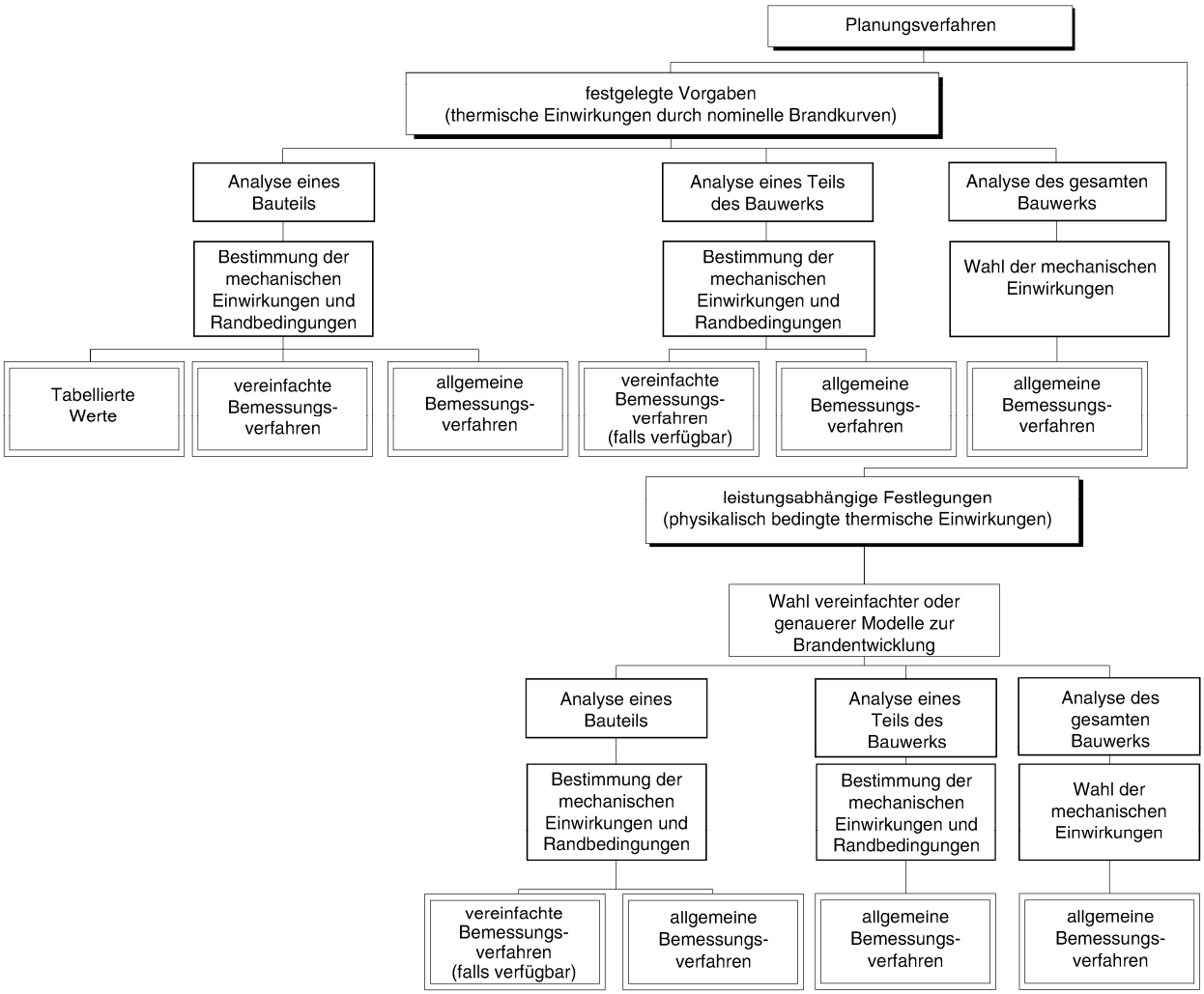


Bild 1: Alternative Bemessungsverfahren

Planungshilfen

Es wird erwartet, dass auf den Berechnungsmodellen nach EN 1991-1-2 beruhende Planungshilfen von den interessierten externen Organisationen erarbeitet werden.

Der Haupttext der EN 1991-1-2 beinhaltet die meisten der prinzipiellen Konzepte und Regeln, die für die Beschreibung der thermischen und mechanischen Einwirkungen auf das Bauwerk erforderlich sind.

Nationaler Anhang zu prEN 1991-1-2

Diese Norm enthält alternative Verfahren und Werte sowie Empfehlungen für Klassen mit Hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen getroffen werden. Dazu sollte die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1991-1-2 einen Nationalen Anhang mit den national festzulegenden Parametern enthalten, mit dem die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, möglich ist.

Nationale Festlegungen sind nach EN 1991-1-2 in den folgenden Abschnitten vorgesehen:

- 2.4 (4)
- 3.1 (10)
- 3.3.1.2 (1) Anmerkung 1
- 3.3.1.2 (2)
- 3.3.1.3 (1)
- 3.3.2 (2)
- 4.2.2 (2)
- 4.3.1 (2)

Allgemeines 1

Anwendungsbereich 1.1

(1) Die in diesem Teil 1-2 von EN 1991 angegebenen Verfahren sind auf Gebäude mit Brandlasten entsprechend der Gebäudeart und Gebäudenutzung anwendbar.

(2) Dieser Teil 1-2 von EN 1991 behandelt die thermischen und mechanischen Einwirkungen auf Tragwerke unter Brandbeanspruchung. Er ist vorgesehen in Verbindung mit den Brandschutzteilen der prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999, die die Regeln für die Bemessung von Tragwerken auf ihre Tragfähigkeit im Brandfall enthalten, angewendet zu werden.

(3) Dieser Teil 1-2 von EN 1991 enthält nominelle und aus der Physik abgeleitete thermische Einwirkungen. Die Anhänge enthalten zusätzliche Angaben zu Daten und physikalischen Modellen für thermische Einwirkungen.

(4) Dieser Teil 1-2 von EN 1991 gibt verbindliche und nicht verbindliche Regeln für thermische und mechanische Einwirkungen, die zusammen mit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 und EN 1991-1-4 anzuwenden sind.

(5) Die Bestimmung des Schadens an einem Gebäude nach einem Brand wird in diesem Dokument nicht behandelt.

Normative Verweisungen 1.2

(1)P Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ANMERKUNG Auf die folgenden Europäischen Normen, die veröffentlicht wurden oder in Vorbereitung sind, wird in normativen Abschnitten Bezug genommen:

prEN 13501-2, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen.*

EN 1990:2002, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung.*

EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigenlasten, Nutzlasten für Gebäude.*

prEN 1991-1-3, *Eurocode 1: Teil 1-3: Einwirkungen auf Tragwerke – Schneelasten.*

prEN 1991-1-4, *Eurocode 1: Teil 1-4: Einwirkungen auf Tragwerke – Windlasten.*

prEN 1992, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken.*

prEN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten.*

prEN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton.*

prEN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten.*

prEN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten.*

prEN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken aus Aluminium.*

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*

DIN EN 1991-1-2/ NA:2015-09

1.3 Annahmen

(1)P Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen in EN 1990 gelten die folgenden Annahmen:

– jede berücksichtigte aktive oder passive Brandschutzmaßnahme wird ausreichend gewartet,

– die Wahl des maßgebenden Brandszenarios wird durch entsprechend qualifiziertes Personal getroffen oder wird durch die zuständigen nationalen Regeln festgelegt.

1.4 Unterscheidung von verbindlichen und nicht verbindlichen Regeln

(1) Die in EN 1990, 1.4, angegebenen Regeln sind anzuwenden.

1.5 Definitionen

(1)P Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 1990:2002, 1.5, angegebenen und die folgenden Begriffe.

1.5.1 Übliche Ausdrücke aus den Eurocode-Brandschutzteilen

1.5.1.1 äquivalente Branddauer
(equivalent time of fire exposure)

Zeitdauer unter Beanspruchung nach der Einheits-Temperaturzeitkurve, in der die gleiche Wärmeeinwirkung unterstellt wird wie bei einem echten Brand im Brandabschnitt

1.5.1.2 außenliegendes Bauteil
(external member)

Bauteile außerhalb von Gebäuden, die einem Brand durch Öffnungen in den Fassaden oder Dächern ausgesetzt sein können

1.5.1.3 Brandabschnitt
(fire compartment)

Gebäudebereich über ein oder mehrere Geschosse, der von raumabschließenden Bauteilen derart umschlossen ist, dass eine Brandweiterleitung in andere Gebäudeteile während der maßgebenden Brandbeanspruchung verhindert wird

1.5.1.4 Feuerwiderstandsfähigkeit
(fire resistance)

Fähigkeit eines Tragwerks, eines Tragwerkteiles oder eines Bauteils, die geforderten Funktionen (Tragfähigkeit und/oder Raumabschluss) für eine bestimmte Brandbeanspruchung und für eine bestimmte Dauer zu erfüllen

1.5.1.5 voll entwickelter Brand
(fully developed fire)

Brandstadium, in dem alle vorhandenen brennbaren Stoffe in einem Brandabschnitt erfasst sind

1.5.1.6 globale Tragwerksberechnung (für den Brandfall)
(global structural analysis (for fire))

statische Berechnung eines Gesamttragwerkes, wenn entweder das gesamte Tragwerk oder nur ein Teil davon einem Brand ausgesetzt ist. Indirekte Brandeinwirkungen werden dabei im gesamten Tragwerk berücksichtigt

1.5.1.7 indirekte Brandeinwirkungen
(indirect fire actions)

Kräfte und Momente, die durch thermisch bedingte Verformungen und Dehnungen oder durch Temperaturgradienten entstehen

1.5.1.8 Raumabschluss (E)
(integrity (E))

Fähigkeit eines trennenden Bauteils, bei Brandbeanspruchung auf der einen Seite zu verhindern, dass Flammen oder heiße Gase durch es hindurch gelangen und Flammen auf der anderen (brandabgewandten) Seite auftreten

Wärmedämmung (I) **1.5.1.9**
(insulation (I))

Fähigkeit eines trennenden Bauteils, bei Brandbeanspruchung auf der einen Seite die Temperaturentwicklung auf der anderen (brandabgewandten) Oberfläche auf bestimmte Größen zu begrenzen

lasttragende Funktion (R) **1.5.1.10**
(load bearing function (R))

Fähigkeit eines Tragwerks oder eines Bauteils, bestimmten Einwirkungen entsprechend vorgegebenen Kriterien während des Brandes standzuhalten

Bauteil **1.5.1.11**
(member)

Grundelement eines Tragwerks (so wie Träger, Stütze, aber auch Zusammenbauten wie Ständerwände, Fachwerkträger, ...), das unter Berücksichtigung von Rand- und Auflagerbedingungen einzeln betrachtet wird

Bauteilberechnung (im Brandfall) **1.5.1.12**
(member analysis (for fire))

thermische und mechanische Berechnung eines Bauteils unter Brandbeanspruchung, in der das Bauteil einzeln mit entsprechenden Auflager- und Randbedingungen betrachtet wird. Indirekte Brandeinwirkungen werden nicht betrachtet, außer sie haben ihre Ursache in Temperaturgradienten

Bemessung bei normaler Temperatur **1.5.1.13**
(normal temperature design)

Tragfähigkeitsbemessung für Umgebungstemperaturen nach Teil 1-1 von prEN 1992 bis prEN 1996 oder prEN 1999

raumabschließende Funktion **1.5.1.14**
(separating function)

Fähigkeit eines trennenden Bauteils, die Brandausbreitung (z. B. durch Durchgang von Flammen und heißen Gasen – siehe Raumabschluss (E)) oder die Entflammung auf der brandabgewandten Seite (siehe Wärmedämmung (I)) während des maßgebenden Brandes zu verhindern

raumabschließendes Bauteil **1.5.1.15**
(separating element)

tragendes oder nicht tragendes Bauteil (z. B. eine Wand), die einen Teil der Hülle eines Brandabschnittes bildet

Feuerwiderstandsfähigkeit unter Einheits-Temperaturzeitkurve **1.5.1.16**
(standard fire resistance)

Fähigkeit eines Tragwerkes oder eines Tragwerkteiles (im Allgemeinen nur Bauteile), die geforderten Funktionen (Tragfähigkeit und/oder Raumabschluss) unter einer Brandbeanspruchung gemäß der Einheits-Temperaturzeitkurve für eine festgelegte Dauer zu erfüllen

tragende Bauteile **1.5.1.17**
(structural members)

lastabtragende Bauteile eines Tragwerkes einschließlich der Aussteifungen

Temperaturberechnung **1.5.1.18**
(temperature analysis)

Berechnung der Temperaturentwicklung in Bauteilen auf der Grundlage der thermischen Einwirkungen (Netto-Wärmestrom), der thermischen Werkstoffeigenschaften der Bauteile und gegebenenfalls der schützenden Oberflächen

thermische Einwirkungen **1.5.1.19**
(thermal actions)

Einwirkungen auf das Tragwerk, die durch den Netto-Wärmestrom zu den Bauteilen beschrieben werden

1.5.2 Die allgemeine Bemessung betreffende Fachbegriffe

1.5.2.1 allgemeines Brandmodell
(advanced fire model)
Bemessungsbrand auf Grundlage von Massen- und Energieerhaltungsgrundsätzen

1.5.2.2 rechnergestütztes Fluid-Dynamik-Modell
(computational fluid dynamic model)
Brandmodell, das in der Lage ist, die Differentialgleichungen, die an allen Orten des Brandabschnitts die thermodynamischen und aerodynamischen Größen liefern, zu lösen

1.5.2.3 Brandwand
(fire wall)
Trennwand zwischen zwei Brandabschnitten (im Allgemeinen zwei Gebäude), die neben der Feuerwiderstandsfähigkeit und der Standsicherheit unter Umständen auch eine ausreichende mechanische Widerstandsfähigkeit gegen horizontale Stoßbeanspruchung aufweist, so dass auch im Fall eines Brandes und ggf. bei Tragwerksversagen in einem Abschnitt die Brandweiterleitung in den anderen Abschnitt verhindert wird

1.5.2.4 Ein-Zonen-Modell
(one-zone model)
ein Brandmodell, das von einer gleichmäßigen Gastemperatur im Brandabschnitt ausgeht

1.5.2.5 einfaches Brandmodell
(simple fire model)
ein Bemessungsbrand auf Grundlage eines begrenzten Anwendungsfeldes bestimmter physikalischer Größen

1.5.2.6 Zwei-Zonen-Modell
(two-zone model)
Brandmodell, in dem unterschiedliche Zonen in einem Brandabschnitt definiert werden: Die obere Schicht, die untere Schicht, das Feuer und seine Plume, das äußere Gas und die Wände. In der oberen Schicht wird von einer einheitlichen Gastemperatur ausgegangen

1.5.3 Die thermischen Einwirkungen betreffende Begriffe

1.5.3.1 Abbrandfaktor
(combustion factor)
er gibt die Vollständigkeit der Verbrennung an und liegt zwischen 1 für die vollständige Verbrennung und 0 für nichtbrennbar

1.5.3.2 Bemessungsbrand
(design fire)
definierter Brandverlauf, der bei der Brandschutzbemessung zugrunde gelegt wird

1.5.3.3 Bemessungswert der Brandlastdichte
(design fire load density)
Brandlastdichte, die für die thermische Einwirkung bei der Brandschutzbemessung angenommen wird; der Zahlenwert berücksichtigt Unsicherheiten

1.5.3.4 Bemessungsbrandfall
(design fire scenario)
bestimmter Brandfall (Brandszenario), für den die Berechnung durchgeführt wird

1.5.3.5 Außenbrandkurve
(external fire curve)
nominelle Temperaturzeitkurve zur Anwendung auf die Außenfläche raumabschließender Außenwände, die von verschiedenen Teilen der Fassade aus einem Brand ausgesetzt sein können, d. h. unmittelbar aus dem Inneren des jeweiligen Brandabschnittes oder aus einem Brandabschnitt, der sich unter der jeweiligen Außenwand befindet oder an diese angrenzt

Brandentstehungsrisiko **1.5.3.6**
(fire activation risk)
Parameter, der die Gefahr der Brandentstehung als Funktion der Brandabschnittsfläche und der Nutzung berücksichtigt

Brandlastdichte **1.5.3.7**
(fire load density)
Brandlast je Flächeneinheit bezogen auf die Geschossfläche q_f, oder bezogen auf die Oberfläche der gesamten Umhüllung q_t einschließlich Öffnungen

Brandlast **1.5.3.8**
(fire load)
Summe der Wärmeenergien, die bei der Verbrennung aller brennbaren Stoffe (Innenausstattung und Einrichtungsgegenstände sowie Bauteile) in einem Gebäudebereich frei werden

Brandfall (Brandszenario) **1.5.3.9**
(fire scenario)
qualitative Beschreibung des Brandverlaufs mit Zeitangaben für Schlüsselereignisse, die den Brand charakterisieren und von anderen möglichen Bränden unterscheidet. Es beschreibt üblicherweise den Entstehungs- und Wachstumsprozess eines Brandes sowie seine voll entwickelte Phase und seine Abnahme in Zusammenhang mit der Gebäudeausstattung und Teilen, die im Laufe des Brandes versagen

Feuerüberschlag **1.5.3.10**
(flash-over)
gleichzeitige Entzündung aller Brandlasten in einem Brandabschnitt

Hydrokarbon-Brandkurve **1.5.3.11**
(hydrocarbon fire curve)
nominelle Temperaturzeitkurve zur Darstellung von Hydrokarbon-Brandlasten

lokaler Brand **1.5.3.12**
(localised fire)
Brand, der nur eine begrenzte Fläche der Brandlast in einem Brandabschnitt entfacht

Öffnungsfaktor **1.5.3.13**
(opening factor)
Faktor, der die Ventilationsbedingungen in einem Brandabschnitt widerspiegelt. Er ist abhängig von der Fläche der Öffnungen in den Brandabschnittswänden, der Höhe dieser Öffnungen und der gesamten Umfassungsfläche des Brandabschnittes

Wärmefreisetzungsrate **1.5.3.14**
(rate of heat release)
Wärme, die von einem brennbaren Erzeugnis zeitabhängig abgegeben wird

Einheits-Temperaturzeitkurve **1.5.3.15**
(standard temperature-time curve)
nominelle Temperaturzeitkurve, die in prEN 13501-2 definiert ist, um einen voll entwickelten Brand in einem Brandabschnitt abzubilden

Temperaturzeitkurven **1.5.3.16**
(temperature-time curves)
Brandgastemperaturen in der Umgebung der Bauteiloberflächen in Abhängigkeit von der Zeit. Das können sein

– **nominelle Temperaturzeitkurven:** Kurven, die üblicherweise für die Klassifizierung oder den Nachweis der Feuerwiderstandsfähigkeit anerkannt sind, z. B. die Einheits-Temperaturzeitkurve;

– **parametrische Temperaturzeitkurven:** Auf der Grundlage von Brandmodellen und den spezifischen physikalischen Parametern, die die Bedingungen im Brandabschnitt beschreiben, ermittelte Kurven.

1.5.4 Die Wärmeübertragungsberechnung betreffende Begriffe

1.5.4.1 Konfigurationsfaktor
(configuration factor)

der Konfigurationsfaktor für die Wärmeübertragung durch Strahlung von der Oberfläche A zu Oberfläche B ist definiert als der Anteil der von Oberfläche A diffus abgestrahlten Energie, die auf Oberfläche B einfällt

1.5.4.2 konvektiver Wärmeübergangskoeffizient
(convective heat transfer coefficient)

Menge der konvektiv mit einem Bauteil ausgetauschten Wärme, bezogen auf die Differenz zwischen Umgebungstemperatur und Oberflächentemperatur

1.5.4.3 Emissivität
(emissivity)

entspricht der Absorption eines Oberfläche, d. h. dem Verhältnis zwischen der Strahlungswärme, die von der gegebenen Oberfläche im Verhältnis zu der Oberfläche eines schwarzen Körpers absorbiert wird

1.5.4.4 Netto-Wärmestrom
(net heat flux)

von Bauteilen absorbierte Energie pro Zeiteinheit und Oberfläche

1.6 Symbole

(1)P Bei der Anwendung dieses Teils 1-2 gelten die folgenden Symbole.

Lateinische Großbuchstaben

A Fläche des Brandabschnittes

$A_{ind,d}$ Bemessungswert für indirekte Einwirkung durch den Brand

A_f Bodenfläche eines Brandabschnittes

A_{fi} Brandfläche

A_h Fläche der horizontalen Öffnungen im Dach eines Brandabschnittes

$A_{h,v}$ gesamte Fläche der Öffnungen in der Hülle ($A_{h,v} = A_h + A_v$)

A_j Fläche der Oberfläche j, Öffnungen nicht eingeschlossen

A_t gesamte Fläche der Hülle (Wände, Decken und Boden, einschließlich der Öffnungen)

A_v gesamte Fläche der vertikalen Öffnungen in allen Wänden ($A_v = \sum_i A_{v,i}$)

$A_{v,i}$ Fläche des Fensters „i“

C_i Schutzkoeffizient der Bauteiloberfläche i

D Tiefe des Brandabschnittes, Durchmesser des Brandes

E_d Bemessungswert der maßgebenden Beanspruchung aus der Grundkombination nach EN 1990

$E_{fi,d}$ zeitlich unabhängiger Bemessungswert maßgebender Beanspruchung im Brandfall

$E_{fi,d,t}$ Bemessungswert der maßgebenden Beanspruchung im Brandfall zum Zeitpunkt t

E_g innere Energie von Gas

H Abstand zwischen Brandherd und Decke

H_u Netto-Heizwert unter Berücksichtigung der Feuchtigkeit

H_{u0} Netto-Heizwert des trockenen Materials

H_{ui} Netto-Heizwert von Material i

L_c Länge des Brandherdes

L_f Länge der Flammendecke

L_H Horizontale Projektion der Flamme (von der Fassade)

L_h Horizontale Flammenlänge

L_L Flammenhöhe (über der Öffnung)

L_x Länge der Achse vom Fenster zu dem Punkt, für den die Berechnung durchgeführt wird

$M_{k,i}$ Menge des brennbare Materials i

O Öffnungsfaktor des Brandabschnitts ($O = A_v \sqrt{h_{eq}} / A_t$)

O_{lim} abgeminderter Öffnungsfaktor im Falle brandlastgesteuerter Brände

P_{int} innerer Druck

Q Wärmefreisetzungsrate des Brandes

Q_c konvektiver Anteil der Wärmefreisetzungsrate Q

$Q_{fi,k}$ charakteristische Brandlast

$Q_{fi,k,i}$ charakteristische Brandlast des Materials i

Q_D^* Wärmefreisetzungskoeffizient bezogen auf den Durchmesser D eines lokalen Brandes

Q_H^* Wärmefreisetzungskoeffizient bezogen auf die Höhe H eines Brandabschnittes

$Q_{k,1}$ charakteristischer Wert der führenden Einwirkung

Q_{max} maximale Wärmefreisetzungsrate

Q_{in} Energie, die durch Gasströmung durch die Öffnungen eintritt

Q_{out} Energie, die durch Gasströmung durch die Öffnungen austritt

Q_{rad} Energie, die durch Strahlung durch die Öffnungen verloren geht

Q_{wall} Energie, die durch Strahlung und Konvektion an die Oberfläche des Brandabschnittes abgegeben wird

R ideale Gaskonstante (= 287 [J/kgK])

R_d Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Bauteils unter normalen Temperaturen

$R_{fi,d,t}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Bauteils im Brandfall zum Zeitpunkt t

RHR_f maximale Wärmefreisetzungsrate bezogen auf 1 m^2

T die Temperatur [K]

T_{amb} die Umgebungstemperatur [K]

T_0 die Anfangstemperatur (= 293 [K])

T_f die Temperatur im Brandabschnitt [K]

T_g Gastemperatur [K]

T_w Temperatur der Flamme am Fenster [K]

T_z Temperatur der Flamme entlang der Flammenachse [K]

W Breite einer Wand mit einem oder mehreren Fenstern (W_1)

W_1 Breite der Wand 1, die die größte Fensterfläche besitzt

W_a horizontale Projektion eines Sonnenschutzes

W_c Breite des Brandherdes

Lateinische Kleinbuchstaben

b Wärmespeichervermögen der gesamten Hülle ($b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$)

b_i Wärmespeichervermögen der Schicht i einer Umfassungsfläche

b_j Wärmespeichervermögen einer Umfassungsfläche j

c spezifische Wärmekapazität

d_{eq} geometrische Eigenschaft eines außenliegenden Bauteils (Durchmesser oder Kantenlänge)

d_f Flammendicke

d_i Querschnittsabmessung der Bauteiloberfläche i

g die Erdbeschleunigung

h_{eq} gewichtetes Mittel der Fensterhöhen in allen Wänden $\left(h_{eq} = \left(\sum_i (A_{v,i}\, h_i) \right) / A_v \right)$

h_i Höhe von Fenster i

$\dot{h}$ Wämestrom in 1 m^2 Oberfläche

$\dot{h}_{net}$ Netto-Wärmestrom in 1 m^2 Oberfläche

$\dot{h}_{net,c}$ Netto-Wärmestrom durch Konvektion in 1 m^2 Oberfläche

$\dot{h}_{net,r}$ Netto-Wärmestrom durch Strahlung in 1 m^2 Oberfläche

$\dot{h}_{tot}$ gesamter Wärmestrom in 1 m^2 Oberfläche

$\dot{h}_i$ Wärmestrom in 1 m^2 Oberfläche infolge Brand i

k Korrekturfaktor

k_b Umrechnungsfaktor

k_c Korrekturfaktor

m Massen, Abbrandfaktor

$\dot{m}$ Massenstrom

$\dot{m}_{in}$ Massenstrom von Gasen, der durch die Öffnungen eintritt

$\dot{m}_{out}$ Massenstrom von Gasen, der durch die Öffnungen austritt

$\dot{m}_{fi}$ Menge entstehender Verbrennungsprodukte

q_f Brandlastdichte bezogen auf die Größe der Oberfläche A_f

$q_{f,d}$ Bemessungsbrandlastdichte bezogen auf die Bodenfläche A_f

$q_{f,k}$ charakteristische Brandlastdichte bezogen auf die Bodenfläche A_f

q_t Brandlastdichte bezogen auf die Größe der Oberfläche A_t

$q_{t,d}$ Bemessungsbrandlastdichte bezogen auf die Größe der Oberfläche A_t

$q_{t,k}$ charakteristische Brandlastdichte bezogen auf die Größe der Oberfläche A_t

r horizontaler Abstand zwischen der vertikalen Feuerachse und dem Ort an der Decke, an dem der Wärmestrom berechnet wird

s_i Dicke der Schicht i

s_{lim} Schichtdickengrenze

t Zeit

$t_{e,d}$ äquivalente Branddauer

$t_{fi,d}$ Feuerwiderstandsdauer (Eigenschaft eines Bauteils oder Tragwerks)

$t_{fi,requ}$ erforderliche Feuerwiderstandsdauer

t_{lim} Zeitpunkt der maximalen Gastemperatur im Falle eines gesteuerten Brandes

t_{max} Zeitpunkt der maximalen Gastemperatur

t_α Koeffizient für Feuerwachstumsrate

u Windgeschwindigkeit, Feuchtegehalt

w_i Breite von Fenster „i“

w_t Summe der Fensterbreiten der Fenster in allen Wänden ($w_t = \Sigma w_i$); Ventilationsfaktor in Bezug auf A_t

w_f Breite der Flamme; Ventilationsfaktor

y Koeffizientenparameter

z Höhe

z_0 gedachter Ursprung der Höhe z

z' vertikale Position des gedachten Brandherdes

Griechische Großbuchstaben

Φ Konfigurationsfaktor

Φ_f Gesamtkonfigurationsfaktor eines Bauteils für den Wärmestrahlungsaustausch mit einer Öffnung

$\Phi_{f,i}$ Konfigurationsfaktor einer Bauteiloberfläche i für eine vorgegebene Öffnung

Φ_z Gesamtkonfigurationsfaktor einer Bauteiloberfläche für den Wärmestrahlungsaustausch mit einer Flamme

$\Phi_{z,i}$ Konfigurationsfaktor einer Bauteiloberfläche i für eine vorgegebene Flamme

Γ Zeitfaktor, abhängig vom Öffnungsfaktor O und dem Wärmespeichervermögen b

Γ_{lim} Zeitfaktor, abhängig vom Öffnungsfaktor O_{lim} und dem Wärmespeichervermögen b

Θ Temperatur [°C]; Θ [°C] = T [K] – 273

$\Theta_{cr,d}$ Bemessungswert der kritischen Temperatur [°C]

Θ_d Bemessungswert der Materialtemperatur [°C]

Θ_g Gastemperatur im Brandabschnitt oder in der Nähe des Bauteils [°C]

Θ_m Temperatur der Bauteiloberfläche [°C]

Θ_{max} maximale Temperatur [°C]

Θ_r effektive Strahlungstemperatur des Brandes [°C]

Ω $(A_f \cdot q_{f,d})/(A_v \cdot A_t)^{1/2}$

Ψ_i geschützter Brandlastfaktor

Griechische Kleinbuchstaben

α_c Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion

α_h Verhältnis der Fläche der horizontalen Öffnungen zur Bodenfläche

α_v Verhältnis der Fläche der vertikalen Öffnungen zur Bodenfläche

δ_{ni} Faktor zur Berücksichtigung einer bestimmten Brandbekämpfungsmaßnahme i

δ_{q1} Faktor zur Berücksichtigung der Brandentstehungsgefahr durch die Größe des Brandabschnittes

δ_{q2} Faktor zur Berücksichtigung der Brandentstehungsgefahr durch die Art der Nutzung

ε_m Emissivität der Oberfläche eines Bauteils

ε_f Emissivität der Flamme

η_{fi} Abminderungsfaktor

$\eta_{fi,t}$ Lastniveau für die Brandschutzbemessung

λ Wärmeleitfähigkeit

ρ Dichte

ρ_g innere Gasdichte

σ Stephan-Boltzmann-Konstante (= $5{,}67 \cdot 10^{-8}$ [W/m^2 K^4])

τ_F Dauer des ungeregelten Brandes (mit 1 200 [s] angenommen)

ψ_0 Kombinationsfaktor für den charakteristischen Wert einer veränderlichen Einwirkung

ψ_1 Kombinationsfaktor für den häufigen Wert einer veränderlichen Einwirkung

ψ_2 Kombinationsfaktor für den quasi-ständigen Wert einer veränderlichen Einwirkung

(Leerseite)

Verfahren zur Tragwerksbemessung im Brandfall 2

Allgemeines 2.1

(1) Eine Tragwerksbemessung im Brandfall sollte soweit erforderlich die folgenden Schritte beinhalten:

- Auswahl von maßgebenden Brandszenarien für die Bemessung,
- Bestimmung der entsprechenden Bemessungsbrände,
- Berechnung der Temperaturentwicklung in den Bauteilen,
- Berechnung des Tragverhaltens des Tragwerks unter Brandbeanspruchung.

ANMERKUNG Das Tragverhalten des Tragwerkes ist sowohl von den thermischen Einwirkungen und dem damit verbundenen Einfluss auf die Baustoffeigenschaften und die indirekten Brandeinwirkungen als auch von der direkten mechanischen Einwirkung abhängig.

(2) Die Tragwerksbemessung im Brandfall beinhaltet den Ansatz thermischer Einwirkungen für die Berechnung der Temperaturen und den Ansatz von Einwirkungen für die Berechnung des Tragverhaltens nach diesem und anderen Teilen von EN 1991.

(3)P Brandbedingte Einwirkungen werden als außergewöhnliche Einwirkungen betrachtet, siehe EN 1990:2002, 6.4.3.3 (4).

Brandszenarien für die Bemessung 2.2

(1) Zur Ermittlung des außergewöhnlichen Bemessungsfalls sollten die maßgebenden Brandszenarien und die damit verbundenen Bemessungsbrände auf der Grundlage einer Brandrisikobetrachtung erfolgen.

(2) Wenn bei Tragwerken bestimmte Brandrisiken als Folge anderer außergewöhnlicher Einwirkungen auftreten, dann sollten diese Risiken bei der Erstellung des globalen Sicherheitskonzeptes berücksichtigt werden.

(3) Das zeit- und lastabhängige Tragverhalten vor der außergewöhnlichen Einwirkung ist zu berücksichtigen, wenn (2) nicht gilt.

Bemessungsbrand 2.3

(1) Für jedes bemessungsrelevante Brandszenario sollte ein Bemessungsbrand in einem Brandabschnitt nach Abschnitt 3 dieses Teils von EN 1991 bestimmt werden.

(2) Der Bemessungsbrand sollte nur auf einen Brandabschnitt gleichzeitig angesetzt werden, wenn nicht im Brandszenario anders beschrieben.

(3) Wenn nationale Behörden die Tragfähigkeit von Bauteilen im Brandfall vorgeben, darf davon ausgegangen werden, dass es sich bei dem maßgebenden Bemessungsbrand um den Normbrand nach der Einheits-Temperaturzeitkurve handelt, es sei denn, es ist anders angegeben.

Temperaturberechnung 2.4

(1)P Bei der Berechnung der Temperaturen eines Bauteils muss die Lage des Bemessungsbrandes zum Bauteil berücksichtigt werden.

(2) Bei außenliegenden Bauteilen sollte die Brandbeanspruchung durch Öffnungen in Fassaden und Dächern berücksichtigt werden.

(3) Bei Außenwänden mit trennender Funktion sollte die Brandbeanspruchung von innen (aus Sicht des Brandabschnitts) und alternativ von außen (von anderen Brandabschnitten) berücksichtigt werden, wenn es verlangt wird.

(4) Abhängig von dem in Abschnitt 3 gewählten Bemessungsbrand werden die folgenden Verfahren verwendet:

- bei Verwendung einer nominellen Temperaturzeitkurve wird die Temperaturberechnung des Bauteils für die vorgegebene Zeitspanne ohne Berücksichtigung der Abkühlphase durchgeführt;

ANMERKUNG 1 Die vorgegebene Zeitspanne darf durch nationale Regeln festgelegt oder nach den Regeln des Anhangs F unter Beachtung des Nationalen Anhangs bestimmt werden.

NDP Zu 2.4 (4) Anmerkung 1

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

– bei Verwendung eines Brandmodells wird die Temperaturberechnung des Bauteils für die gesamte Dauer des Brandes einschließlich der Abkühlphase durchgeführt.

ANMERKUNG 2 Begrenzte Zeiträume des Feuerwiderstandes dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

NDP Zu 2.4 (4) Anmerkung 2

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.

2.5 Berechnung der Tragfähigkeit

Siehe NCI zu „2.4 und 2.5“ unter 2.4, dort letzte Absätze, zur Anwendung allgemeiner Rechenverfahren.

(1)P Die Berechnung der Tragfähigkeit ist über den gleichen Zeitraum durchzuführen, wie die Berechnung der Temperaturen.

(2) Der Nachweis sollte im Zeitbereich:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ} \tag{2.1}$$

oder im Festigkeitsbereich:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t} \tag{2.2}$$

oder im Temperaturbereich:

$$\Theta_d \leq \Theta_{cr,d} \tag{2.3}$$

erfolgen.

Dabei ist

$t_{fi,d}$ der Bemessungswert der Feuerwiderstandsdauer;

$t_{fi,requ}$ die erforderliche Feuerwiderstandsdauer;

$R_{fi,d,t}$ der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit im Brandfall zum Zeitpunkt t;

$E_{fi,d,t}$ der Bemessungswert der maßgebenden Beanspruchungen im Brandfall zum Zeitpunkt t;

Θ_d der Bemessungswert der Baustofftemperatur;

$\Theta_{cr,d}$ der Bemessungswert der kritischen Baustofftemperatur.

Thermische Einwirkungen für die Temperaturberechnung 3

Allgemeine Regeln 3.1

(1)P Die thermischen Einwirkungen werden durch den Netto-Wärmestrom $\dot{h}_{net}$ [W/m^2] in die Oberfläche des Bauteils gegeben.

(2) Bei brandbeanspruchten Oberflächen sollte der Netto-Wärmestrom $\dot{h}_{net}$ unter Berücksichtigung der Wärmeübertragung durch Konvektion und Strahlung ermittelt werden:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r} \quad [W/m^2] \tag{3.1}$$

Dabei ist

$\dot{h}_{net,c}$ gegeben durch Gleichung (3.2);
$\dot{h}_{net,r}$ gegeben durch Gleichung (3.3).

(3) Der konvektive Anteil des Netto-Wärmstroms sollte berechnet werden mit:

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c \cdot (\Theta_g - \Theta_m) \quad [W/m^2] \tag{3.2}$$

Dabei ist

α_c der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion [W/m^{2}K];
Θ_g die Gastemperatur in der Umgebung des beanspruchten Bauteils [°C];
Θ_m die Oberflächentemperatur des Bauteils [°C].

(4) Angaben zum Wärmeübergangskoeffizienten für Konvektion bei Verwendung nomineller Temperaturzeitkurven enthält 3.2.

(5) Für die brandabgewandte Seite von trennenden Bauteilen sollte der Netto-Wärmestrom $\dot{h}_{net}$ unter Verwendung von Gleichung (3.1) mit $\alpha_c = 4$ [W/m^{2}K] bestimmt werden. Für den Wärmeübertragungskoeffizient für Konvektion sollten $\alpha_c = 9$ [W/m^{2}K] angesetzt werden, wenn angenommen wird, dass er die Wärmübertragung durch Strahlung mit abdeckt.

(6) Der Netto-Wärmestrom durch Strahlung wird bestimmt durch:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4] \quad [W/m^2] \tag{3.3}$$

Dabei ist

Φ der Konfigurationsfaktor;
ε_m die Emissivität der Bauteiloberfläche;
ε_f die Emissivität des Feuers;
σ die Stephan-Boltzmann-Konstante (= 5,67 · 10^{-8} W/m^{2}K^4);
Θ_r die wirksame Strahlungstemperatur des Brandes [°C];
Θ_m die Oberflächentemperatur[6)] [°C].

ANMERKUNG 1 Falls nicht in den baustoffbezogenen Brandschutzteilen der prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999 angegeben, darf $\varepsilon_m = 0{,}8$ verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Die Emissivität der Flamme wird im Allgemeinen mit $\varepsilon_f = 1{,}0$ angenommen.

(7) Wenn in diesem Teil der EN 1991 oder in den Brandschutzteilen der prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999 keine anderen Werte gegeben sind, sollte der Konfigurationsfaktor $\Phi = 1{,}0$ verwendet werden. Dieser Faktor darf kleiner als 1,0 gesetzt werden, um Positions- und Abschattungseffekte zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Ein Verfahren zur Berechnung des Konfigurationsfaktors Φ wird in Anhang G gegeben.

(8) Wenn das Bauteil vollständig von Flammen eingeschlossen ist, darf die Strahlungstemperatur Θ_r durch die Gastemperatur der Bauteilumgebung Θ_g ausgedrückt werden.

(9) Die Oberflächentemperatur Θ_m ist ein Ergebnis der Temperaturberechnung des Bauteils nach den entsprechenden Brandschutzteilen der prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999.

(10) Als Gastemperatur Θ_g dürfen die nominellen Temperaturzeitkurven nach 3.2 oder die mit Brandmodellen nach 3.3 ermittelten Temperaturen verwendet werden.

---

6) Abweichend von DIN EN 1992-1-2 wurde dieser Begriff anders übersetzt.

ANMERKUNG Die Verwendung nomineller Temperaturzeitkurven nach 3.2 oder die alternative Verwendung von Naturbrandmodellen nach 3.3 wird im Nationalen Anhang geregelt.

NDP Zu 3.1 (10) Anmerkung

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.

3.2 Nominelle Temperaturzeitkurven

3.2.1 Einheits-Temperaturzeitkurve

(1) Die Einheits-Temperaturzeitkurve ist gegeben durch:

$$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8\,t + 1) \quad [°C] \tag{3.4}$$

Dabei ist

Θ_g die Gastemperatur im Brandabschnitt [°C];

t die Zeit [min].

(2) Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient ist:

$\alpha_c = 25$ W/m^2 K.

3.2.2 Außenbrandkurve

(1) Die Außenbrandkurve ist gegeben durch:

$$\Theta_g = 660\,(1 - 0{,}687\,e^{-0{,}32\,t} - 0{,}313\,e^{-3{,}8\,t}) + 20 \quad [°C] \tag{3.5}$$

Dabei ist

Θ_g die Gastemperatur in Bauteilnähe [°C];

t die Zeit [min].

(2) Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient ist:

$\alpha_c = 25$ W/m^2 K.

3.2.3 Hydrokarbon-Brandkurve

(1) Die Hydrokarbon-Brandkurve ist gegeben durch:

$$\Theta_g = 1\,080\,(1 - 0{,}325\,e^{-0{,}167\,t} - 0{,}675\,e^{-2{,}5\,t}) + 20 \quad [°C] \tag{3.6}$$

Dabei ist

Θ_g die Gastemperatur im Brandabschnitt [°C];

t die Zeit [min].

(2) Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient ist:

$$\alpha_c = 50 \text{ W/m}^2\text{K}. \tag{3.7}$$

Naturbrandmodelle 3.3

Vereinfachte Brandmodelle 3.3.1

Allgemeines 3.3.1.1

(1) Vereinfache Brandmodelle basieren auf bestimmen physikalischen Größen, die nur in bestimmten Grenzen anwendbar sind.

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

NDP Zu 3.3.1.1 (1) Anmerkung

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

(2) Für Vollbrände wird eine gleichmäßige zeitabhängige Temperaturverteilung angenommen. Für lokale Brände wird eine ungleichmäßige zeitabhängige Temperaturverteilung angenommen.

(3) Bei der Verwendung von einfachen Brandmodellen sollte der konvektive Wärmeübergangskoeffizient $\alpha_c = 35$ [W/m^{2}K] verwendet werden.

Vollbrände 3.3.1.2

(1) Die Gastemperaturen sollten auf der Grundlage physikalischer Parameter berechnet werden, die mindestens die Brandlastdichte und die Ventilationsbedingungen berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang darf das Verfahren zur Berechnung der Erwärmungsbedingungen vorgeben.

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

NDP Zu 3.3.1.2 (1) Anmerkung 1 und Anmerkung 2

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.

(2) Bei außenliegenden Bauteilen sollte der Strahlungsanteil des Wärmestromes als die Summe der Anteile aus dem Brandabschnitt und der aus den Öffnungen herausschlagenden Flammen bestimmt werden.

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.

NDP Zu 3.3.1.2 (2) Anmerkung

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

Lokale Brände 3.3.1.3

(1) Wenn es unwahrscheinlich ist, dass ein Feuerüberschlag stattfindet, dann sollten die thermischen Einwirkungen aus einem örtlichen Brand berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Verfahren zur Berechnung der Erwärmungsbedingungen geben. Das in Anhang C gegebene Verfahren zur Berechnung der thermischen Einwirkungen durch lokale Brände wird empfohlen.

NDP Zu 3.3.1.3 (1) Anmerkung

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.

3.3.2 Allgemeine Brandmodelle

(1) In allgemeinen Brandmodellen sollte Folgendes berücksichtigt werden:

- Gaseigenschaften,
- Massenaustausch,
- Energieaustausch.

ANMERKUNG 1 Die verfügbaren Berechnungsverfahren enthalten üblicherweise iterative Vorgänge.

ANMERKUNG 2 Anhang E enthält ein Verfahren für die Berechnung des Bemessungswertes der Brandlastdichte $q_{f,d}$.

ANMERKUNG 3 Anhang E enthält ein Verfahren für die Berechnung der Wärmefreisetzungsrate.

(2) Eines der nachstehenden Modelle sollte verwendet werden:

- Ein-Zonen-Modelle, die von einer gleichmäßigen zeitabhängigen Temperaturverteilung im Brandabschnitt ausgehen.
- Zwei-Zonen-Modelle, die von einer oberen Schicht mit zeitabhängiger Schichtdicke und gleichmäßiger zeitabhängiger Temperatur und einer unteren Schicht mit gleichmäßigen zeitabhängigen geringeren Temperaturen ausgehen.
- Feldmodelle mit den Verfahren der Fluid-Dynamik berechnen die Temperaturentwicklung in einem Brandabschnitt in Abhängigkeit der Zeit und des Ortes.

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.

NDP Zu 3.3.2 (2) Anmerkung

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“.

(3) Wenn nicht genauere Informationen zur Verfügung stehen, sollte der Wärmeübergangskoeffizient für den konvektiven Wärmeübergang $\alpha_c = 35$ [W/m^{2}K] verwendet werden.

(4) Um die Temperaturverteilung längs eines Bauteils genauer zu bestimmen, darf im Falle eines lokalen Brandes eine Kombination der Ergebnisse mit dem Zwei-Zonen-Modell und der Näherung für lokale Brände verwendet werden.

ANMERKUNG Das Temperaturfeld in einem Bauteil darf dadurch bestimmt werden, dass der größte Einfluss an jedem Ort aus den beiden Brandmodellen berücksichtigt wird.

Mechanische Einwirkungen für die Tragfähigkeitsberechnung 4

Allgemeines 4.1

(1)P Aufgebrachte und behinderte Ausdehnungen und Verformungen, die ihre Ursache in der durch die Brandeinwirkung bedingte Temperaturänderung haben, verursachen Beanspruchungen, z. B. Kräfte und Momente, die berücksichtigt werden müssen, außer wenn sie:

- entweder als vernachlässigbar oder günstig wirkend betrachtet werden können;
- durch eine sichere Auflagerung und Randbedingung berücksichtigt sind und/oder durch sichere spezifizierte Brandsicherheitsanforderungen mit abgedeckt werden.

(2) Bei der Bestimmung indirekter Einwirkungen sollte Folgendes berücksichtigt werden:

- behinderte thermische Ausdehnung der Bauteile selbst, z. B. bei Stützen in mehrgeschossigen Rahmen, die steife Wände besitzen;
- unterschiedliche thermische Ausdehnung in statisch unbestimmten Bauteilen, z. B. durchlaufende Decken;
- Temperaturgradienten in Querschnitten, die innere Spannungen verursachen;
- thermische Ausdehnung von angeschlossenen Bauteilen, z. B. die Verformung eines Stützenkopfes infolge der Ausdehnung der Decke oder die Ausdehnung angeschlossener Seile;
- thermische Ausdehnung von Bauteilen, die Auswirkungen auf Bauteile außerhalb des Brandabschnittes haben.

(3) Die Bemessungswerte indirekter Einwirkungen infolge eines Brandes $A_{ind,d}$ sollten auf Grundlage der Werte für thermische und mechanische Materialeigenschaften, die in den Brandschutzteilen der prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999 gegeben sind, und der maßgebenden Brandbeanspruchung bestimmt werden.

(4) Indirekte Einwirkungen durch angeschlossene Bauteile brauchen nicht berücksichtigt zu werden, wenn die Brandschutzanforderungen auf Bauteile unter Einheits-Temperaturbedingungen verweisen.

Gleichzeitigkeit von Einwirkungen 4.2

Einwirkungen aus der Bemessung unter normaler Temperatur 4.2.1

(1)P Einwirkungen sind so zu berücksichtigen wie bei der Bemessung unter normalen Temperaturen, wenn es wahrscheinlich ist, dass diese auch im Brandfall auftreten.

(2) Die maßgebenden Werte für veränderliche Einwirkungen sollten EN 1990 entnommen werden. Dabei sollte beachtet werden, dass es sich im Brandfall um eine außergewöhnliche Bemessungssituation handelt.

(3) Die Abnahme von Lasten durch ihre Verbrennung sollte nicht berücksichtigt werden.

(4) Ob Schneelasten wegen des Schmelzens des Schnees nicht berücksichtigt werden müssen, sollte für den Einzelfall festgelegt werden.

(5) Einwirkungen aus industriellem Betrieb, wie z. B. Bremskräfte von Kränen, brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Zusätzliche Einwirkungen 4.2.2

(1) Gleichzeitiges Auftreten mit anderen außergewöhnlichen Einwirkungen braucht nicht berücksichtigt zu werden.

(2) Abhängig von der zu berücksichtigenden außergewöhnlichen Bemessungssituation kann es auch erforderlich sein, während der Brandbeanspruchung durch den Brand verursachte zusätzliche Einwirkungen, wie z. B. der Aufschlag von versagten Bauteilen oder schweren Maschinen, zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Eine Auswahl verschiedener zusätzlicher Einwirkungen kann der Nationale Anhang geben.

NDP Zu 4.2.2 (2) Anmerkung

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

(3) Für Brandwände können Anforderungen an eine horizontale Anpralllast nach EN 1363-2 gegeben sein.

4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen

4.3.1 Allgemeine Regel

(1)P Um die maßgebenden Beanspruchungen $E_{fi,d,t}$ während der Brandeinwirkung zu erhalten, sind die mechanischen Einwirkungen nach EN 1990 „Grundlagen der Bemessung“ für außergewöhnliche Bemessungssituationen zu kombinieren.

(2) Für die maßgebende Größe der veränderlichen Einwirkung Q_1 darf die quasi-ständige Größe $\psi_{2,1}\, Q_1$ oder alternativ die häufige Größe $\psi_{1,1}\, Q_1$ verwendet werden.

ANMERKUNG Ob die quasi-ständige Größe $\psi_{2,1}\, Q_1$ oder die häufige Größe $\psi_{1,1}\, Q_1$ zu verwenden ist, darf in dem Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Verwendung von $\psi_{2,1}\, Q_1$ wird empfohlen.

NDP Zu 4.3.1 (2) Anmerkung

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.

4.3.2 Vereinfachte Regeln

(1) Wenn indirekte Brandeinwirkungen nicht ausdrücklich zu berücksichtigen sind, dann dürfen die Beanspruchungen durch eine Berechnung des Tragwerks für $t = 0$ mit den Kombinationsregeln nach 4.3.1 bestimmt werden. Diese Beanspruchungen $E_{fi,d}$ dürfen dann als konstant über die Zeitdauer der Brandbeanspruchung angenommen werden.

ANMERKUNG Dieser Absatz gilt zum Beispiel für Beanspruchungen an Rändern und Auflagerungen, wenn die Berechnung eines Teiltragwerks entsprechend den Brandschutzteilen der prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999 durchgeführt wird.

(2) Als weitere Vereinfachung zu (1) dürfen Auswirkungen von Beanspruchungen von denen aus der Bemessung unter normaler Temperatur abgeleitet werden:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d \tag{4.1}$$

Dabei ist

E_d die Bemessungsgröße der maßgebenden Beanspruchungen aus der grundliegenden Kombination nach EN 1990;

$E_{fi,d}$ die entsprechende konstante Bemessungsgröße für den Brandfall;

η_{fi} ein Abminderungsfaktor, der in den Brandschutzteilen der prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999 definiert ist.

4.3.3 Lastniveau

(1) Wenn Tabellenwerte für ein Referenzlastniveau angegeben werden, dann entspricht dieses Lastniveau:

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} \cdot R_d \tag{4.2}$$

Dabei ist

R_d der Bemessungswert des Widerstands eines Bauteils unter normaler Temperatur nach prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999;

$\eta_{fi,t}$ das Lastniveau für die Brandbemessung.

Anhang A
(informativ)

Parametrische Temperaturzeitkurven

~~(1) Die folgenden Temperaturzeitkurven ...~~

Zu Anhang A

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.

Anhang B
(informativ)

Thermische Einwirkungen auf außenliegende Bauteile – vereinfachtes Berechnungsverfahren

Zu Anhang B

Der Anhang B darf angewendet werden mit folgenden Änderungen:

– 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 Emissivität 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.

B.1 Anwendungsbereich

(1) Mit diesem Verfahren kann Folgendes bestimmt werden:

– die maximale Temperatur in einem Brandabschnitt;

– Umfang und Temperatur der durch Öffnungen austretenden Flammen;

– die Parameter für Wärmestrahlung und Konvektion.

(2) Dieses Verfahren basiert auf der Annahme, dass die Größe der einzelnen Parameter konstant ist. Das Verfahren ist nur für Brandlasten $q_{f,d}$ von mehr als 200 MJ/m^2 gültig.

B.2 Anwendungsbedingungen

(1) Wenn der betrachtete Brandabschnitt mehr als ein Fenster besitzt, werden das gewichtete Mittel der Fensterhöhen h_{eq}, die gesamte vertikale Öffnungsfläche A_v und die Summe aller Fensterbreiten ($w_t = \Sigma w_i$) verwendet.

(2) Wenn nur eine Wand Fenster besitzt, ist das Verhältnis D/W gegeben durch:

$$D/W = \frac{W_2}{W_1} \tag{B.1}$$

(3) Gibt es mehrere Wände mit Fenstern, ist das Verhältnis D/W wie folgt zu ermitteln:

$$D/W = \frac{W_2}{W_1}\,\frac{A_{v1}}{A_v} \tag{B.2}$$

Dabei ist

W_1 die Breite der Wand 1, d. h. die Wand mit der größten Fensterfläche;

A_{v1} die Summe der Fensterflächen der Wand 1;

W_2 die Breite der im rechten Winkel zur Wand 1 stehenden Wand des Brandabschnittes.

(4) Besitzt der Brandabschnitt einen Kern, ist das Verhältnis D/W wie folgt zu ermitteln:

– die in (7) angegebenen Grenzen sind zu beachten;

– L_c und W_c sind die Länge und die Breite des Kerns;

– W_1 und W_2 sind die Länge und die Breite des Brandabschnittes.

$$D/W = \frac{(W_2 - L_c)A_{v1}}{(W_1 - W_c)A_v} \tag{B.3}$$

(5) Alle Teile einer Außenwand, die nicht den für die Standsicherheit erforderlichen Feuerwiderstand (REI) erfüllen, sollten als Fensterflächen betrachtet werden.

(6) Die Gesamtfläche eines Fensters in einer Außenwand beträgt:

– die Gesamtfläche nach (5), sofern diese weniger als 50 % der Fläche der jeweiligen Außenwand des Brandabschnittes entspricht;
– erstens die Gesamtfläche und zweitens 50 % der Fläche der jeweiligen Außenwand des Brandabschnittes, wenn die Fläche nach (5) 50 % übersteigt. Diese beiden Fälle sind bei der Berechnung zu berücksichtigen. Wenn die Berechnung auf 50 % der Fläche der Außenwand beruht, sind Lage und Geometrie der offenen Flächen für den ungünstigsten Fall zu wählen.

(7) Die Abmessungen des Brandabschnittes sollten 70 m in der Länge, 18 m in der Breite und 5 m in der Höhe nicht übersteigen.

(8) Die Flammentemperatur sollte über die Breite und Dicke der Flamme ist als konstant angenommen werden.

Auswirkungen des Windes B.3

Art der Belüftung B.3.1

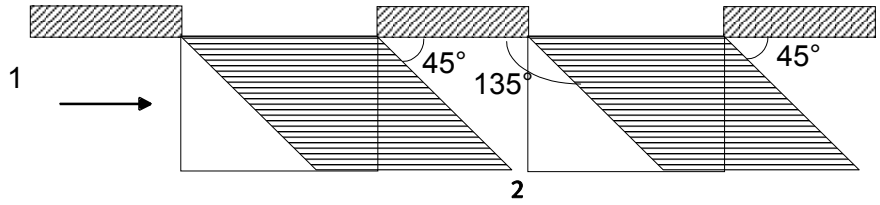
(1)P Besitzt der Brandabschnitt Fenster an gegenüberliegenden Seiten oder falls Luft zusätzlich von einer anderen Quelle (als durch die Fenster) dem Brand zugeführt wird, ist eine Zwangsbelüftung in die Berechnung mit einzubeziehen. In allen anderen Fällen wird bei der Berechnung keine Zwangsbelüftung berücksichtigt.

Ablenkung der Flammen durch Wind B.3.2

(1) Es sollte angenommen werden, dass Flammen

– rechtwinklig zur Fassade,
– infolge der Windeinwirkung mit einer Ablenkung von 45° zur Fassade

aus Öffnungen im Brandabschnitt austreten (siehe Bild B.1).



Legende
1 Wind
2 Grundriss

Bild B.1: Ablenkung der Flammen durch Wind

Brand- und Flammeneigenschaften B.4

Ohne Zwangsbelüftung B.4.1

(1) Die Wärmefreisetzungsrate ist gegeben durch:

$$Q = \min\left((A_f \cdot q_{f,d}) / \tau_F \,;\, 3{,}15(1-e^{-0{,}036/O})\, A_v \left(\frac{h_{eq}}{D/W} \right)^{1/2} \right) \quad \text{[MW]} \tag{B.4}$$

(2) Die Temperatur des Brandabschnitts ist gegeben durch:

$$T_f = 6000(1-e^{-0{,}1/O})\, O^{1/2}\, (1-e^{-0{,}00286\Omega}) + T_0 \tag{B.5}$$

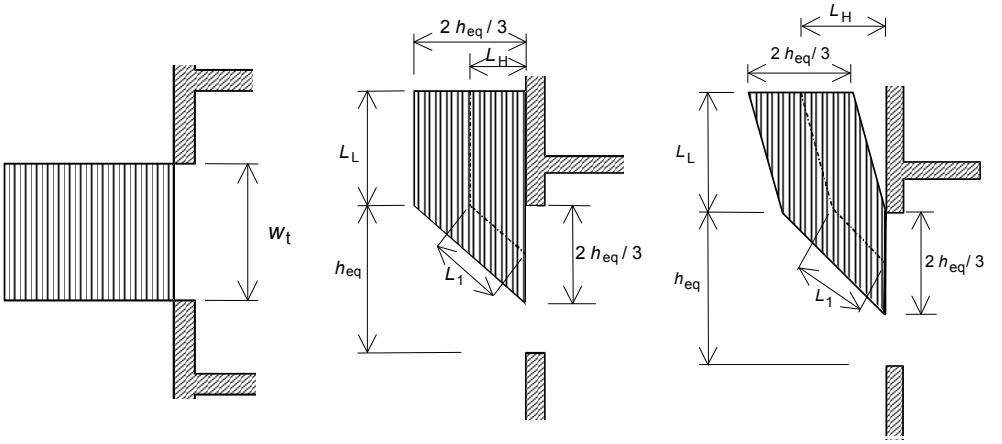
(3) Die Höhe der Flamme (siehe Bild B.2) ist gegeben durch:

~~$$L_L = \max\left(0; h_{eq} \left(2{,}37 \left(\frac{Q}{A_v \rho_g (h_{eq} g)^{1/2}} \right)^{2/3} - 1 \right) \right)$$~~ ~~(B.6)~~

Die Länge der Flamme darf mit Gleichung (B.7) bestimmt werden.

ANMERKUNG Mit $\rho_g = 0{,}45$ kg/m^3 und $g = 9{,}81$ m/s^2 kann diese Gleichung vereinfacht werden zu:

$$L_L = 1{,}9\left(\frac{Q}{w_t}\right)^{2/3} - h_{eq} \tag{B.7}$$



Horizontalschnitt **Vertikalschnitt** **Vertikalschnitt**

DIN EN 1991-1-2 Ber 1:2013-08

$L_H = \frac{h_{eq}}{3} \Rightarrow$	$L_1 = \sqrt{L_H^2 + \frac{h_{eq}^2}{9}} \cong \frac{h_{eq}}{2}$	$L_1 \cong \frac{h_{eq}}{2}$
	$L_f = L_L + L_1$	$L_f = \sqrt{L_L^2 + \left(L_H - \frac{h_{eq}}{3}\right)^2} + L_1$
$h_{eq} < 1{,}25 w_t$ und Wand oberhalb		keine Wand oberhalb oder $h_{eq} > 1{,}25 w_t$

DIN EN 1991-1-2 Ber 1:2013-08

Bild B.2: Flammenabmessungen ohne Zwangsbelüftung

(4) Die Flammenbreite entspricht der Fensterbreite (siehe Bild B.2).

(5) Die Flammentiefe entspricht zwei Dritteln der Fensterhöhe: $2/3\ h_{eq}$ (siehe Bild B.2).

(6) Die Austrittsweite von Flammen beträgt:

– bei einer Wand oberhalb des Fensters:

$L_H = h_{eq}/3$ falls $h_{eq} \le 1{,}25\ w_t$ (B.8)

$L_H = 0{,}3\ h_{eq}\ (h_{eq}/w_t)^{0{,}54}$ falls $h_{eq} > 1{,}25\ w_t$ und der Abstand zu jedem anderen Fenster $> 4\ w_t$ (B.9)

$L_H = 0{,}454\ h_{eq}\ (h_{eq}/2w_t)^{0{,}54}$ in anderen Fällen (B.10)

– keine Wand oberhalb des Fensters:

$L_H = 0{,}6\ h_{eq}\ (L_L/h_{eq})^{1/3}$ (B.11)

(7) Die Länge der Flammen entlang der Achse ist:

falls $L_L > 0$:

DIN EN 1991-1-2 Ber 1:2013-08

$L_f = L_L + h_{eq}/2$ bei einer Wand oberhalb des Fensters und wenn $h_{eq} \le 1{,}25\ w_t$ (B.12)

$L_f = (L_L{}^2 + (L_H - h_{eq}/3)^2)^{1/2} + h_{eq}/2$ keine Wand oberhalb des Fensters oder wenn $h_{eq} > 1{,}25\ w_t$ (B.13)

falls $L_L = 0$, dann ist $L_f = 0$.

(8) Die Flammentemperatur am Fenster ist:

$$T_w = 520/(1 - 0{,}4725\ (L_f \cdot w_t\ /Q)) + T_0 \quad [\mathrm{K}] \tag{B.14}$$

mit $L_f \cdot w_t/Q < 1$.

(9) Die Emissivität der Flamme darf am Fenster zu $\varepsilon_f = 1{,}0$ angenommen werden.

(10) Die Temperatur der Flamme entlang der Achse ist:

$$T_z = (T_w - T_0)\,(1 - 0{,}4725\,(L_x \cdot w_t/Q)) + T_0 \quad [\mathrm{K}] \tag{B.15}$$

mit

$$L_x \cdot w_t/Q < 1$$

L_x ist die Länge der Flammenachse vom Fenster zu dem Ort, für den die Berechnung durchgeführt wird.

(11) Die Emissivität von Flammen darf bestimmt werden mit:

~~$\varepsilon_f = 1 - e^{-0{,}3 d_f}$~~ (B.16)

~~Dabei ist d_f die Dicke der Flamme [m].~~

Die Emissivität der Flamme ist unabhängig von der Dicke der Flamme zu $\varepsilon_f = 1{,}0$ anzusetzen.

(12) Der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion beträgt:

$$\alpha_c = 4{,}67\,(1/d_{eq})^{0{,}4}\,(Q/A_v)^{0{,}6} \tag{B.17}$$

(13) Befindet sich eine Markise oder ein Balkon (mit einem horizontalen Vorsprung W_a) an der oberen Kante des Fensters sowie über dessen volle Breite (siehe Bild B.3), sollten bei einer Wand oberhalb des Fensters und, wenn $h_{eq} \leq 1{,}25\ w_t$ zutrifft, die Höhe und der horizontale Vorsprung der Flamme wie folgt abgeändert werden:

- die in (3) angegebene Flammenhöhe L_L wird um $W_a\,(1 + \sqrt{2}\,)$ verringert;
- der in (6) angegebene horizontale Vorsprung der Flamme L_H wird um W_a erhöht.

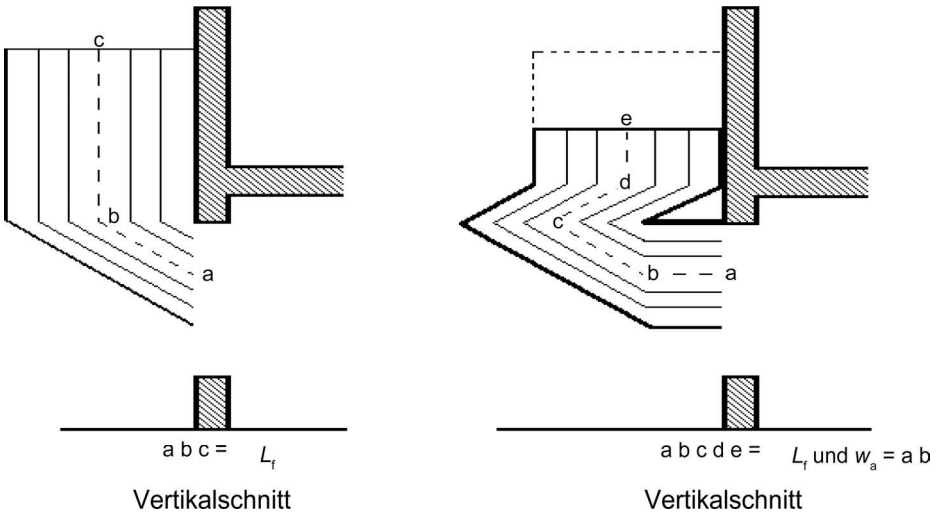


Bild B.3: Ablenkung der Flammen durch Markisen

(14) Gelten die gleichen Bedingungen für eine Markise oder einen Balkon, wie in (13) beschrieben, sollten, wenn sich keine Wand oberhalb des Fensters befindet oder $h_{eq} > 1{,}25\ w_t$ gilt, die Höhe und der horizontale Vorsprung der Flamme wie folgt abgeändert werden:

- die in (3) angegebene Flammenhöhe L_L wird um W_a verringert;
- der in (6) angegebene horizontale Vorsprung der Flamme L_H mit dem oben angegebenen Wert L_L wird um W_a erhöht.

~~Zwangsbelüftung~~ ~~B.4.2~~

Dieser Abschnitt darf nicht angewendet werden.

B.5 Gesamtkonfigurationsfaktor

(1) Der Gesamtkonfigurationsfaktor Φ_f für den Strahlungsaustausch eines Bauteiles mit einer Öffnung sollte berechnet werden mit:

$$\Phi_f = \frac{(C_1\Phi_{f,1}+C_2\Phi_{f,2})\,d_1+(C_3\Phi_{f,3}+C_4\Phi_{f,4})\,d_2}{(C_1+C_2)\,d_1+(C_3+C_4)\,d_2} \tag{B.28}$$

Dabei ist

$\Phi_{f,i}$ der Konfigurationsfaktor der Bauteilseite i zu der Öffnung, siehe Anhang G;

d_i die Querschnittsabmessungen der Bauteilseite i;

C_i der Abschirmungskoeffizient der Bauteilseite i folgender Größe:

- für eine geschützte Bauteilseite: $C_i = 0$;
- für eine ungeschützte Bauteilseite: $C_i = 1$.

(2) Der Konfigurationsfaktor $\Phi_{f,i}$ einer Bauteilseite, die von der Öffnung aus nicht sichtbar ist, beträgt Null.

(3) Der Gesamtkonfigurationsfaktor Φ_z eines Bauteils für den Strahlungsaustausch mit einer Flamme sollte berechnet werden mit:

$$\Phi_z = \frac{(C_1\Phi_{z,1}+C_2\Phi_{z,2})\,d_1+(C_3\Phi_{z,3}+C_4\Phi_{z,4})\,d_2}{(C_1+C_2)\,d_1+(C_3+C_4)\,d_2} \tag{B.29}$$

Dabei ist

$\Phi_{z,i}$ der Konfigurationsfaktor der Bauteilseite i zu der Flamme, siehe Anhang G.

(4) Der Konfigurationsfaktor $\Phi_{z,i}$ einzelner Bauteilseiten für den Strahlungsaustausch mit Flammen darf auf Grundlage äquivalenter rechteckiger Flammenabmessungen bestimmt werden. Die Abmessungen und die Lage der äquivalenten Rechtecke, die zu diesem Zwecke die Vorder- und Seitenansicht abbilden, sollten nach Anhang G bestimmt werden. Für andere Zwecke sollten die Flammenabmessungen aus Abschnitt B.4 dieses Anhangs verwendet werden.

Anhang C
(informativ)

Lokale Brände

Zu Anhang C

Der Anhang C darf angewendet werden mit folgenden Abweichungen:

– 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.

(1) Mit der Gleichung in diesem Anhang kann die thermische Einwirkung durch lokale Brände bestimmt werden. Dabei ist nach dem Verhältnis von Flammenhöhe zur Deckenhöhe zu unterscheiden.

(2) Der Netto-Wärmestrom von einem lokalen Brand in ein Bauteil sollte mit Gleichung (3.1) bestimmt werden, wobei der Konfigurationsfaktor nach Anhang G zu bestimmen ist.

(3) Die Flammenlänge L_f eines lokalen Brandes beträgt (siehe Bild C.1):

$$L_f = -1{,}02\, D + 0{,}0148\, Q^{2/5} \quad \text{[m]} \tag{C.1}$$

(4) Bei einem Brand, in dem die Flamme nicht die Decke erreicht ($L_f < H$; siehe Bild C.1), oder bei einem Brand im Freien wird die Temperatur $\Theta_{(z)}$ entlang der vertikalen Symmetrieachse der Flamme berechnet mit:

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0{,}25\, Q_c^{2/3} (z - z_0)^{-5/3} \leq 900 \quad \text{[°C]} \tag{C.2}$$

Dabei ist

D der Durchmesser des Feuers [m], siehe Bild C.1;

Q die Wärmefreisetzungsrate [W] des Brandes nach E.4 in Anhang E;

Q_c der konvektive Anteil der Wärmefreisetzungsrate [W], mit $Q_c = 0{,}8\, Q$ als Vorgabe;

z die Höhe [m] entlang der Flammenachse, siehe Bild C.1;

H der Abstand [m] zwischen dem Brandherd und der Decke, siehe Bild C.1.

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

(5) Der gedachte Ursprung z_0 der Achse wird bestimmt mit:

$$z_0 = -1{,}02\, D + 0{,}00524\, Q^{2/5} \quad \text{[m]} \tag{C.3}$$

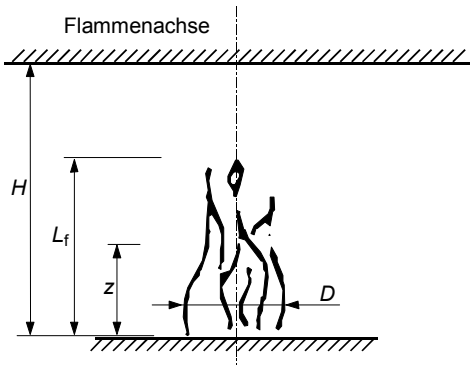


Bild C.1

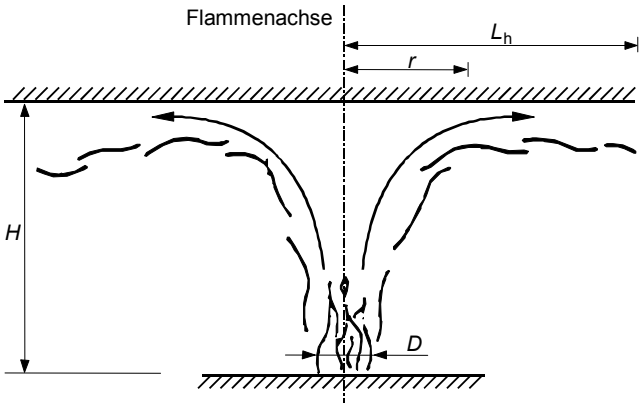


Bild C.2

(6) Wenn die Flamme die Decke erreicht ($L_f \approx H$; siehe Bild C.2), dann beträgt die Wärmestromdichte $\dot{h}$ [W/m²] in Oberflächen in Deckenhöhe:

$$\begin{aligned} \dot{h} &= 100\,000 && \text{wenn} \quad y \le 0{,}30 \\ \dot{h} &= 136\,300 - 121\,000\, y && \text{wenn} \quad 0{,}30 < y < 1{,}0 \\ \dot{h} &= 15\,000\, y^{-3{,}7} && \text{wenn} \quad y \ge 1{,}0 \end{aligned} \tag{C.4}$$

Dabei ist

y ein Parameter [–], für den gilt: $y = \dfrac{r + H + z'}{L_h + H + z'}$;

r der horizontale Abstand [m] zwischen der vertikalen Flammenachse und dem Ort an der Decke, für den der Wärmestrom berechnet wird, siehe Bild C.2;

H der Abstand [m] zwischen dem Brandherd und der Decke, siehe Bild C.2.

(7) Die horizontale Flammenausbreitung L_h (siehe Bild C.2) beträgt:

$$L_h = \left(2{,}9\, H\, (Q_H^*)^{0{,}33}\right) - H \quad \text{[m]} \tag{C.5}$$

(8) Q_H^* ist eine dimensionslose Wärmefreisetzungsrate und beträgt:

$$Q_H^* = Q/(1{,}11 \cdot 10^6 \cdot H^{2{,}5}) \quad [-] \tag{C.6}$$

(9) z' ist die vertikale Lage des gedachten Brandherdes [m] und beträgt:

$$\begin{aligned} z' &= 2{,}4D(Q_D^{*2/5} - Q_D^{*2/3}) && \text{wenn} \quad Q_D^* < 1{,}0 \\ z' &= 2{,}4D(1{,}0 - Q_D^{*2/5}) && \text{wenn} \quad Q_D^* \ge 1{,}0 \end{aligned} \tag{C.7}$$

Dabei ist

$$Q_D^* = Q/(1{,}11 \cdot 10^6 \cdot D^{2{,}5}) \quad [-] \tag{C.8}$$

(10) Die Netto-Wärmestromdichte $\dot{h}_{net}$ in der brandbeanspruchten Fläche in Höhe der Decke beträgt:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h} - \alpha_c \cdot (\Theta_m - 20) - \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [\,(\Theta_m + 273)^4 - (293)^4\,] \tag{C.9}$$

Dabei ergeben sich die verschiedenen Größen aus den Gleichungen (3.2), (3.3) und (C.4).

(11) Die in den Absätzen (3) bis (10) angegebenen Regeln gelten unter den folgenden Voraussetzungen:

– der Durchmesser des Brandes ist begrenzt auf $D \le 10$ m,

– die Wärmefreisetzungsrate des Brandes ist begrenzt auf $Q \le 50$ MW.

(12) Bei mehreren örtlichen Bränden darf Gleichung (C.4) dazu verwendet werden, die einzelnen Wärmestromdichten $\dot{h}_1$, $\dot{h}_2$ ... in den Oberflächen in Deckenhöhe zu ermitteln. Für die gesamte Wärmestromdichte gilt:

$$\dot{h}_{tot} = \dot{h}_1 + \dot{h}_2 \ldots \le 100\,000 \quad \text{[W/m}^2\text{]} \tag{C.10}$$

Anhang D
(informativ)

Erweiterte Brandmodelle

Zu Anhang D

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.

Ein-Zonen-Modelle D.1

(1) Ein Ein-Zonen-Modell sollte für die Randbedingungen nach dem Feuerüberschlag verwendet werden. Dabei wird eine gleichmäßige Verteilung der Temperatur, der Dichte, der inneren Energie und des Gasdruckes im Brandabschnitt unterstellt.

(2) Bei der Temperaturberechnung sollten berücksichtigt werden:

– die Lösungen der Gleichungen zur Massenerhaltung und Energieerhaltung;
– der Massenaustausch zwischen dem inneren Gas, dem äußeren Gas (durch Öffnungen) und dem Brand (Pyrolyserate);
– der Energieaustausch zwischen dem Brand, den inneren Gasen, Wänden und Öffnungen.

(3) Das berücksichtigte ideale Gasgesetz lautet:

$$P_{\text{int}} = \rho_{\text{g}} R\, T_{\text{g}} \quad [\text{N/m}^2] \tag{D.1}$$

(4) Die Massenbilanz des Brandabschnittes lautet:

$$\frac{\text{d}m}{\text{d}t} = \dot{m}_{\text{in}} - \dot{m}_{\text{out}} + \dot{m}_{\text{fi}} \quad [\text{kg/s}] \tag{D.2}$$

Dabei ist

$\frac{\text{d}m}{\text{d}t}$ die Geschwindigkeit des Massenaustauschs im Brandabschnitt;

$\dot{m}_{\text{out}}$ der aus den Öffnungen austretende Massestrom;

$\dot{m}_{\text{in}}$ der durch die Öffnungen eintretende Massestrom;

$\dot{m}_{\text{fi}}$ die Geschwindigkeit, mit der Verbrennungsprodukte entstehen.

(5) Die Geschwindigkeit des Massenaustauschs und die Geschwindigkeit der Entstehung von Verbrennungsprodukten dürfen vernachlässigt werden. Daher gilt:

$$\dot{m}_{\text{in}} = \dot{m}_{\text{out}} \tag{D.3}$$

Diese Massenströme dürfen auf Grundlage konstanten Druckes infolge des Dichteunterschiedes, der zwischen der Umgebungstemperatur und Bereichen mit hohen Temperaturen entsteht, ermittelt werden.

(6) Die Energiebilanz von Gasen im Brandabschnitt darf aufgestellt werden mit:

$$\frac{\text{d}E_{\text{g}}}{\text{d}t} = Q - Q_{\text{out}} + Q_{\text{in}} - Q_{\text{wall}} - Q_{\text{rad}} \quad [\text{W}] \tag{D.4}$$

Dabei ist

E_{g} die innere Gasenergie [J];

Q die Wärmefreisetzungsrate des Brandes [W];

$Q_{out} = \dot{m}_{out} c T_f$;

$Q_{in} = \dot{m}_{in} c T_{amb}$;

$Q_{wall} = (A_t - A_{h,v})\, \dot{h}_{net}$, die Energieabgabe an die Umfassungsbauteile;

$Q_{rad} = A_{h,v} \sigma T_f^4$, die Energieabgabe durch Strahlung durch Öffnungen;

mit:

c spezifische Wärmekapazität [J/kgK];

$\dot{h}_{net}$ nach Gleichung (3.1);

$\dot{m}$ der Massestrom [kg/s];

T Temperatur [K].

D.2 Zwei-Zonen-Modelle

(1) Die Grundannahme für ein Zwei-Zonen-Modell ist eine Schicht unter der Decke, die Verbrennungsprodukte aufnimmt und eine horizontale Grenzfläche besitzt. Es werden verschiedene Zonen definiert, und zwar eine obere Schicht, eine untere Schicht, das Feuer und seine Plume, äußeres Gas und Wände.

(2) Für die obere Schicht dürfen einheitliche Gaseigenschaften angenommen werden.

(3) Der Austausch von Masse, Energie und chemischen Substanzen zwischen diesen Zonen darf berechnet werden.

(4) Bei einem Brandabschnitt mit gleichmäßig verteilter Brandlast kann sich ein Zwei-Zonen-Modell zu einem Ein-Zonen-Modell entwickeln, wenn einer der beiden nachstehenden Fällen eintritt:

– die Gastemperatur in der oberen Schicht wird größer als 500 °C,
– die Dicke der oberen Schicht wächst zu einer Dicke von mehr als 80 % der Brandabschnittshöhe.

D.3 Rechnergestütztes Fluid-Dynamik-Modell (CFD)

(1) Ein CFD darf zur numerischen Lösung der partiellen Differenzialgleichungen, die an allen Orten des Brandabschnittes die thermodynamischen und aerodynamischen Unbekannten liefern, verwendet werden.

ANMERKUNG CFD berechnen Systeme unter Berücksichtigung der Flüssigkeitsströmung, der Wärmeübertragung und damit verbundenen Phänomenen des Flüssigkeitsstroms. Diese Gleichungen sind die mathematische Formulierung der Erhaltungssätze der Physik:

– Massenerhaltung,
– Kraft gleich Masse mal Beschleunigung (Zweites Newton'sches Gesetz),
– Energieerhaltung (erster Satz der Thermodynamik).

Anhang E
(informativ)

Brandlastdichten

~~Allgemeines~~ ~~E.1~~

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.