

Niedersächsisches Ministerialblatt

62. (67.) Jahrgang

Hannover, den 30. 10. 2012

Nummer 37 a

1. ANLAGENBAND

zur

**Liste der Technischen Baubestimmungen
— Fassung September 2012 —**

DIN EN 1990

DIN EN 1990/NA

DIN EN 1991-1-1

DIN EN 1991-1-1/NA

DIN EN 1991-1-2

DIN EN 1991-1-2/NA

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MS vom 28. 9. 2012 (Nds. MBl. Nr. 37) zu verwenden.

Inhalt:

| | |
|---|-----|
| – DIN EN 1990: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung | 1 |
| – DIN EN 1990/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung | 113 |
| – DIN EN 1991-1-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau | 127 |
| – DIN EN 1991-1-1/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau | 169 |
| – DIN EN 1991-1-2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke | 193 |
| – DIN EN 1991-1-2/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke | 259 |

DIN EN 1990

ICS 91.010.30

Ersatzvermerk
siehe unten**Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung;
Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010**

Eurocode: Basis of structural design;
German version EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010

Eurocodes structuraux –
Eurocodes: Bases de calcul des structures;
Version allemande EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN EN 1990:2002-10;
mit DIN EN 1990/NA:2010-12 Ersatz für DIN 1055-100:2001-03;
Ersatz für DIN EN 1990/A1:2006-04 und DIN EN 1990/A1 Berichtigung 1:2010-05

Gesamtumfang 112 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1990:2010-12

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten wurden auf nationaler Ebene vom NA 005-51, FBR „Fachbereichsbeirat Bau KOA 01 „Mechanische Festigkeit und Standsicherheit“ begleitet.

Dieses Dokument enthält die europäische Änderung A1:2005, die den Anhang A2 zu EN 1990:2002 mit ergänzenden Regeln zu Bemessungswerten von Einwirkungen und Einwirkungskombinationen für Brücken zusätzlich festlegt.

Dieses Dokument enthält weiterhin die europäische Berichtigung AC:2010 zur Änderung A1:2005 zu DIN EN 1990:2002, die vom CEN 2010-04-21 angenommen wurde und EN 1990:2002 modifiziert und berichtigt.

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.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch die Textmarkierungen **A1** **A1**, der durch die Berichtigung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angegeben.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1991-1:1995-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet und der Text vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1990:2002-10, DIN EN 1990/A1:2006-04, DIN EN 1990/A1 Berichtigung 1:2010-05, DIN 1055-100:2001-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 zum A1 und dem A1 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN 1055-100: 2001-03
DIN EN 1990: 2002-10
DIN EN 1990/A1: 2006-04
DIN EN 1990/A1 Berichtigung 1: 2010-05
DIN V ENV 1991-1-1: 1995-12

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1990

April 2002

+A1

Dezember 2005

+A1:2005/AC

April 2010

ICS 91.010.30

Ersatz für ENV 1991-1:1994

Deutsche Fassung

Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

Eurocode —
Basis of structural design

Eurocodes structuraux —
Eurocodes: Bases de calcul des structures

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 29. November 2001 angenommen.

Diese Änderung A1 modifiziert die Europäische Norm EN 1990:2002. Sie wurde vom CEN am 14. Oktober 2004 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 21. April 2010 in Kraft und wurde in EN 1990:2002 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

**DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

Inhalt

| | Seite |
|--|-----------|
| Vorwort EN 1990:2002/A1:2005 | 5 |
| Hintergrund des Eurocode-Programms | 6 |
| Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes | 7 |
| Nationale Fassungen der Eurocodes | 7 |
| Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs) | 8 |
| Besondere Hinweise zu EN 1990..... | 8 |
| Nationaler Anhang zu EN 1990 | 9 |
| 1 Allgemeines | 9 |
| 1.1 Anwendungsbereich | 9 |
| 1.2 Normative Verweisungen | 10 |
| 1.3 Annahmen | 10 |
| 1.4 Unterscheidung nach Prinzipien und Anwendungsregeln..... | 11 |
| 1.5 Begriffe | 11 |
| 1.5.1 Einheitliche Begriffe in EN 1990 bis EN 1999 | 11 |
| 1.5.2 Besondere Begriffe im Zusammenhang mit der Tragwerksplanung | 12 |
| 1.5.3 Begriffe im Zusammenhang mit Einwirkungen | 15 |
| 1.5.4 Begriffe im Zusammenhang mit den Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen..... | 17 |
| 1.5.5 Begriffe im Zusammenhang mit geometrischen Größen | 18 |
| 1.5.6 Begriffe im Zusammenhang mit der statischen Berechnung | 18 |
| 1.6 Symbole und Formelzeichen | 19 |
| 2 Anforderungen | 22 |
| 2.1 Grundlegende Anforderungen | 22 |
| 2.2 Behandlung der Zuverlässigkeit | 23 |
| 2.3 Geplante Nutzungsdauer | 25 |
| 2.4 Dauerhaftigkeit..... | 25 |
| 2.5 Qualitätsmanagement | 26 |
| 3 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen | 26 |
| 3.1 Allgemeines..... | 26 |
| 3.2 Bemessungssituationen | 26 |
| 3.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit..... | 27 |
| 3.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit | 27 |
| 3.5 Bemessung nach Grenzzuständen | 28 |
| 4 Basisvariable..... | 29 |
| 4.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse | 29 |
| 4.1.1 Einteilung der Einwirkungen | 29 |
| 4.1.2 Charakteristische Werte von Einwirkungen | 29 |
| 4.1.3 Weitere repräsentative Werte veränderlicher Einwirkungen | 30 |
| 4.1.4 Darstellung der Ermüdungsbelastung | 31 |
| 4.1.5 Darstellung dynamischer Einwirkungen | 31 |
| 4.1.6 Geotechnische Einwirkungen | 31 |
| 4.1.7 Umgebungseinflüsse | 32 |
| 4.2 Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen | 32 |
| 4.3 Geometrische Angaben | 33 |
| 5 Statische Berechnung und versuchsgestützte Bemessung..... | 33 |
| 5.1 Statische Berechnung..... | 33 |
| 5.1.1 Tragwerksmodelle | 33 |
| 5.1.2 Statische Einwirkungen | 33 |

| | Seite |
|---|--|
| 5.1.3 | Dynamische Einwirkungen..... 33 |
| 5.1.4 | Baulicher Brandschutz 34 |
| 5.2 | Entwurf und Berechnung mit Versuchsunterstützung..... 35 |
| 6 | Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten..... 35 |
| 6.1 | Allgemeines 35 |
| 6.2 | Einschränkungen 35 |
| 6.3 | Bemessungswerte..... 36 |
| 6.3.1 | Bemessungswerte für Einwirkungen 36 |
| 6.3.2 | Bemessungswerte für Auswirkungen von Einwirkungen 36 |
| 6.3.3 | Bemessungswerte für Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen 37 |
| 6.3.4 | Bemessungswerte geometrischer Größen 38 |
| 6.3.5 | Bemessungswert der Tragfähigkeit 38 |
| 6.4 | Nachweise für Grenzzustände der Tragfähigkeit..... 39 |
| 6.4.1 | Allgemeines 39 |
| 6.4.2 | Nachweis der Lagesicherheit und der Tragfähigkeit..... 40 |
| 6.4.3 | Kombinationsregeln für Einwirkungen (ohne Ermüdung)..... 40 |
| 6.4.4 | Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen 42 |
| 6.4.5 | Teilsicherheitsbeiwerte für Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen 42 |
| 6.5 | Nachweise für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit..... 42 |
| 6.5.1 | Nachweise 42 |
| 6.5.2 | Gebrauchstauglichkeitskriterien 43 |
| 6.5.3 | Kombination der Einwirkungen 43 |
| 6.5.4 | Teilsicherheitsbeiwerte für Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen 44 |
| Anhang A 1 (normativ) Anwendung im Hochbau 45 | |
| A.1.1 | Anwendungsbereich 45 |
| A.1.2 | Kombinationen der Einwirkungen 45 |
| A.1.3 | Grenzzustände der Tragfähigkeit 46 |
| A.1.4 | Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 50 |
| Anhang A 2 (normativ) Anwendung für Brücken 55 | |
| A2.1 | Anwendungsbereich 57 |
| A2.2 | Einwirkungskombinationen..... 57 |
| A2.2.1 | Allgemeines 57 |
| A2.2.2 | Kombinationsregeln für Straßenbrücken 59 |
| A2.2.3 | Kombinationsregeln für Fußgängerbrücken 60 |
| A2.2.4 | Kombinationsregeln für Eisenbahnbrücken..... 60 |
| A2.2.5 | Kombination der Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen (ohne Erdbeben)..... 61 |
| A2.2.6 | Zahlenwerte für ψ -Faktoren 61 |
| A2.3 | Grenzzustände der Tragfähigkeit 65 |
| A2.3.1 | Bemessungswerte der Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen 65 |
| A2.3.2 | Bemessungswerte der Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erdbeben..... 69 |
| A2.4 | Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und andere spezielle Grenzzustände..... 71 |
| A2.4.1 | Allgemeines 71 |
| A2.4.2 | Gebrauchstauglichkeitskriterien für die Verformungen und Schwingungen von Straßenbrücken 71 |
| A2.4.3 | Schwingungsnachweise für Fußgängerbrücken bei Fußgängeranregung 72 |
| A2.4.4 | Verformungsnachweise und Schwingungsnachweise bei Eisenbahnbrücken..... 73 |
| Anhang B (informativ) Behandlung der Zuverlässigkeit im Bauwesen..... 81 | |
| B.1 | Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen..... 81 |
| B.2 | Symbole und Formelzeichen..... 81 |
| B.3 | Differenzierung der Zuverlässigkeit 81 |
| B.3.1 | Schadensfolgeklassen..... 81 |
| B.3.2 | Differenzierung der Zuverlässigkeitsindex β 82 |
| B.3.3 | Differenzierung durch Veränderung der Teilsicherheitsbeiwerte 82 |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

| | Seite |
|--|---|
| B.4 | Differenzierung der Überwachungsmaßnahmen bei der Planung83 |
| B.5 | Herstellungsüberwachung.....84 |
| B.6 | Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände84 |
| Anhang C (informativ) Grundlagen für die Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten und die | |
| | Zuverlässigkeitsanalyse85 |
| C.1 | Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen85 |
| C.2 | Symbole und Formelzeichen85 |
| C.3 | Einführung86 |
| C.4 | Überblick über Zuverlässigkeitsmethoden86 |
| C.5 | Zuverlässigkeitsindex β87 |
| C.6 | Zielwerte für den Zuverlässigkeitsindex β88 |
| C.7 | Verfahren zur Kalibration der Bemessungswerte89 |
| C.8 | Möglichkeiten der Zuverlässigkeitsnachweise in den Eurocodes91 |
| C.9 | Teilsicherheitsbeiwerte in EN 1990.....92 |
| C.10 | Kombinationsbeiwerte93 |
| Anhang D (informativ) Versuchsgestützte Bemessung94 | |
| D.1 | Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen94 |
| D.2 | Symbole und Formelzeichen94 |
| D.3 | Verschiedene Arten von Versuchen96 |
| D.4 | Versuchsplanung.....96 |
| D.5 | Ableitung von Bemessungswerten98 |
| D.6 | Allgemeine Grundsätze für die statistische Auswertung99 |
| D.7 | Statistische Bestimmung einer einzelnen Eigenschaft100 |
| D.7.1 | Allgemeines100 |
| D.7.2 | Bestimmung des Bemessungswertes über den charakteristischen Wert.....101 |
| D.7.3 | Direkte Bestimmung des Bemessungswertes für Tragfähigkeitsnachweise.....102 |
| D.8 | Statistische Bestimmung eines Widerstandsmodells103 |
| D.8.1 | Allgemeines.....103 |
| D.8.2 | Standardisiertes Auswerteverfahren (Methode (a))103 |
| D.8.3 | Standardisiertes Auswerteverfahren (Methode (b))108 |
| D.8.4 | Verwendung zusätzlicher Vorinformationen108 |
| Literaturhinweise110 | |

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1990:2002) wurde vom CEN /TC 250 „Structural Eurocodes“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI geführt wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung des identischen Textes oder durch amtliche Bekanntmachung bis spätestens Oktober 2002 und entgegenstehende nationale Normen müssen bis spätestens Mai 2010 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1991–1:1994.

CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

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, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Malta, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Vorwort EN 1990:2002/A1:2005

Dieses Dokument (EN 1990:2002/A1:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN 1990:2002 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2006 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2006 zurückgezogen werden.

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

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

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 Normen.

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 **AC** gestrichener Text **AC** **AC** Vorschriften **AC** 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 Vereinbarung¹⁾ 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 Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien **AC** gestrichener Text **AC** **AC** 2004/17/EG und 2004/18/EG **AC** 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*.

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

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

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

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

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

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

EN 1998 Eurocode 8, *Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*.

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

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Zustimmung der Bauaufsichtsorgane der jeweiligen Mitgliedsländer bei der nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich sein können.

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.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und 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)

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾.

Daher sind technische Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees des CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen $\boxed{\text{AC}}$ und ETAGs $\boxed{\text{AC}}$ arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Einzelbauteile, allgemeine Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von vollständigen $\boxed{\text{AC}}$ *gestrichener Text* $\boxed{\text{AC}}$ $\boxed{\text{AC}}$ Tragwerken, Bauwerksteilen und tragenden Bauprodukten $\boxed{\text{AC}}$, die sich für die übliche Anwendung eignen. Sie treffen auf bewährte Bauweisen und Aspekte neuartiger Anwendungen, enthalten aber keine Regelungen für ungewöhnliche Konstruktionen oder Sonderlösungen, wofür es erforderlich ist Experten zu Rate zu ziehen.

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 für Teilsicherheitsbeiwerte und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben,

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, in dem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
 - b) Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, 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.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

- Landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- Vorgehensweisen, wenn die Eurocodes mehrere zur Wahl anbieten;

Der Nationale Anhang darf auch enthalten:

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

Verbindung 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 **AC** *gestrichener Text* **AC** **AC** Vorschriften **AC** für die Tragwerksplanung⁴⁾ konsistent sind. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind, die die Eurocodes **AC** *gestrichener Text* **AC** **AC** verwenden **AC**, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1990

EN 1990 liefert Prinzipien und Anforderungen zur Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Tragwerken. Sie beruht auf dem Konzept der Bemessung nach Grenzzuständen mit Teilsicherheitsbeiwerten.

EN 1990 ist für die direkte Verwendung beim Entwurf, bei der Berechnung und Bemessung von Neubauten in Verbindung mit den Eurocodes EN 1991 bis EN 1999 gedacht.

EN 1990 liefert auch Hinweise zu Fragen der Zuverlässigkeit in Verbindung mit der Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit:

- für Bemessungsfälle, die in den EN 1991 bis EN 1999 nicht behandelt sind (z. B. bei ungewöhnlichen Einwirkungen, Tragwerken und Baustoffen),
- als Bezugsdokument für andere Technische Komitees von CEN, die sich mit baulichen Fragen beschäftigen.

EN 1990 ist für folgenden Anwenderkreis gedacht, für:

- Komitees, die Normen für die Tragwerksplanung und damit verbundene Produktstandards, Prüfnormen und Ausführungsnormen bearbeiten,
- Bauherren (die z. B. besondere Anforderungen an die Zuverlässigkeit oder Dauerhaftigkeit spezifizieren wollen)
- Tragwerksplaner und Ausführende,
- die Bauaufsicht und öffentliche Auftraggeber.

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 Grundlegendokumentes Nr. 1

EN 1990 darf bei Bedarf außerhalb des Geltungsbereiches der EN 1991 bis EN 1999 für:

- die Festlegung anderer Einwirkungen und Einwirkungskombinationen,
- die Festlegung von Berechnungsmodellen für andere Baustoffe und deren Verhalten,
- die Bestimmung von Zahlenwerten aufgrund anderer Zuverlässigkeitsanforderungen angewendet werden.

Die Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und andere Zuverlässigkeitsparameter gelten als Empfehlungen zur Erreichung eines akzeptablen Zuverlässigkeitsniveaus. Es werden dabei angemessene Fachkenntnisse und Qualitätssicherung vorausgesetzt. Daher sollten andere Technische Komitees von CEN, die EN 1990 als Grundlage verwenden, die gleichen Werte übernehmen.

Nationaler Anhang zu EN 1990

Diese Norm enthält alternative Methoden und Werte sowie Empfehlungen für Klassen mit Hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen getroffen werden. Dazu wird die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1990 einen Nationalen Anhang mit den national festzulegenden Parametern erhalten, mit dem die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, möglich ist.

AC gestrichener Text AC

AC Nationale Auswahlmöglichkeiten bestehen zu den folgenden Regelungen des Anhangs A1 der EN 1990: AC

- A1.1(1)
- A1.2.1(1)
- A1.2.2 (Tabelle A1.1)
- A1.3.1(1) (Tabellen A1.2(A) bis (C))
- A1.3.1(5)
- A1.3.2 (Tabelle A1.3)
- A1.4.2 (2)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) EN 1990 legt Prinzipien und Anforderungen für die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Tragwerken fest, beschreibt die Grundlagen der Tragwerksplanung einschließlich der Nachweise und gibt Hinweise zu den dafür anzuwendenden Zuverlässigkeitsanforderungen.

(2) EN 1990 gilt in Verbindung mit den EN 1991 bis EN 1999 für die Tragwerksplanung von Bauwerken des Hoch- und Ingenieurbaus und schließt geotechnische Aspekte, die Brandschutzbemessung, die Bemessung für Erdbeben sowie Gesichtspunkte für die Ausführung und für Tragwerke mit befristeter Standzeit ein.

ANMERKUNG Für Sonderbauwerke (z. B. Kerntechnische Anlagen, Dämme usw.) können weitere Regelungen über EN 1990 bis EN 1999 hinaus erforderlich werden.

DIN EN 1990:2010-12 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) EN 1990 kann auch für die Tragwerksplanung mit Baustoffen und Einwirkungen herangezogen werden, die nicht in den EN 1991 bis EN 1999 geregelt sind.

(4) EN 1990 kann auch zur Beurteilung des Tragverhaltens bestehender Bauwerke, bei Instandsetzungs- und Umbaumaßnahmen oder bei beabsichtigten Nutzungsänderungen verwendet werden.

ANMERKUNG Dafür können zusätzliche oder ergänzende Vorkehrungen notwendig werden.

1.2 Normative Verweisungen

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 Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ANMERKUNG Die Eurocodes wurden als Europäische Vornormen veröffentlicht. Die folgenden bereits veröffentlichten oder in Bearbeitung befindlichen Normen werden in den normativen Abschnitten zitiert.

EN 1991 Eurocode 1: *Einwirkungen auf Tragwerke.*

EN 1992 Eurocode 2: *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken.*

EN 1993 Eurocode 3: *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahltragwerken.*

EN 1994 Eurocode 4: *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton.*

EN 1995 Eurocode 5: *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holztragwerken.*

EN 1996 Eurocode 6: *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken aus Mauerwerk.*

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

EN 1998 Eurocode 8: *Auslegung von Bauwerken in Erdbebengebieten.*

EN 1999 Eurocode 9: *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken aus Aluminium.*

1.3 Annahmen

(1) Die mit den Prinzipien und Anwendungsregeln verfolgten Bemessungsziele werden erreicht, wenn die Annahmen, die in der EN 1990 bis EN 1999 genannt werden, zutreffen (siehe Abschnitt 2).

(2) Die allgemeinen Annahmen für EN 1990 sind:

— Die Wahl des Tragsystems und die Tragwerksplanung werden von dafür entsprechend qualifizierten und erfahrenen Personen durchgeführt.

— Die Bauausführung erfolgt durch geschultes und erfahrenes Personal.

— AC gestrichener Text AC AC Sachgerechte Aufsicht und Güteüberwachung während der Bemessung und der Bauausführung, d. h. in Fabriken, Fertigungsanlagen und auf der Baustelle, sind sichergestellt; AC

— Die Verwendung von Baustoffen und Erzeugnissen erfolgt entsprechend den Angaben in EN 1990 oder EN 1991 bis EN 1999 oder den maßgebenden Ausführungsnormen, Werkstoff- oder Produktnormen.

— Das Tragwerk wird sachgemäß instand gehalten.

— Das Tragwerk wird entsprechend den Planungsannahmen genutzt.

ANMERKUNG Für besondere Bauvorhaben können darüber hinausgehende Annahmen getroffen werden.

1.4 Unterscheidung nach Prinzipien und Anwendungsregeln

(1) Abhängig vom Charakter der einzelnen Absätze wird in EN 1990 nach Prinzipien und Anwendungsregeln unterschieden.

(2) Die Prinzipien enthalten:

— Allgemeine Festlegungen und Festlegungen von Begriffen, die grundsätzlich gelten;

— Anforderungen und Rechenmodelle, die grundsätzlich gültig sind, soweit auf die Möglichkeit von Alternativen nicht ausdrücklich hingewiesen wird.

(3) Die Prinzipien werden durch den Buchstaben P nach der Absatznummer gekennzeichnet.

(4) Die Anwendungsregeln sind allgemein anerkannte Regeln, die den Prinzipien folgen und deren Anforderungen erfüllen.

(5) Abweichende Anwendungsregeln sind zulässig, wenn vom Aufsteller nachgewiesen werden kann, dass sie mit den maßgebenden Prinzipien übereinstimmen und im Hinblick auf die Bemessungsergebnisse bezüglich der Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit, die bei Anwendung der Eurocodes erwartet werden, mindestens gleichwertig sind.

ANMERKUNG Wird bei dem Entwurf eines Tragwerks eine abweichende Anwendungsregel verwendet, kann der Anspruch der vollständigen Übereinstimmung des Tragwerks mit EN 1990 nicht erhoben werden, wenn die abweichende Anwendungsregel der Prinzipien in EN 1990 entspricht. Wird EN 1990 hinsichtlich der Eigenschaft in Anhang Z einer Produktnorm oder einer ETA-Richtlinie verwendet, so kann die Anwendung einer abweichenden Anwendungsregel die Erteilung des CE-Zeichens ausschließen.

(6) In EN 1990 werden Anwendungsregeln durch Absatznummern in Klammern, z. B. wie für diesen Abschnitt, gekennzeichnet.

1.5 Begriffe

ANMERKUNG Für die Zwecke dieser Norm wurden die Begriffe aus ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930, ISO 8402 abgeleitet.

1.5.1 Einheitliche Begriffe in EN 1990 bis EN 1999

1.5.1.1

Bauwerk

alles, was baulich erstellt wird oder von Bauarbeiten herrührt

ANMERKUNG Definition nach ISO 6707-1. Dieser Begriff beinhaltet sowohl Gebäude als auch Ingenieurbauwerke. Er bezieht sich auf das vollständige Bauwerk, das sowohl tragende und nicht tragende Bauteile, auch für die Gründung, enthält.

1.5.1.2

Art des Bauwerks

Art des Bauwerks, die vorgesehene Nutzung angibt, z. B. Wohnhaus, Stützwand, Industriegebäude, Straßenbrücke

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

1.5.1.3

Bauart

gibt die hauptsächlich verwendeten tragenden Baustoffe an, z. B. Stahlbetonbau, Stahlbau, Holzbau, Mauerwerksbau, Verbundbau

1.5.1.4

Bauverfahren

Art und Weise, in der das Bauwerk ausgeführt wird, z. B. Ortbetonbau, Fertigteilbau, Freivorbau

1.5.1.5

Baustoff

Material, das für Bauwerke verwendet wird, z. B. Beton, Stahl, Holz, Mauerwerk

1.5.1.6

Tragwerk

planmäßige Anordnung miteinander verbundener Bauteile, die so entworfen sind, dass sie ein bestimmtes Maß an Tragfähigkeit und Steifigkeit aufweisen

1.5.1.7

Bauteil

physisch unterscheidbarer Teil des Tragwerks, z. B. eine Stütze, ein Träger, eine Deckenplatte, ein Gründungspfahl

1.5.1.8

Art des Tragwerks

bezeichnet die Anordnung tragender Bauteile

ANMERKUNG Tragwerksarten sind z. B. Rahmen, Hängebrücken.

1.5.1.9

Tragsystem

tragende Teile eines Bauwerks und die Art und Weise, in der diese Teile zusammenwirken

1.5.1.10

Tragwerksmodell

Idealisierung des Tragsystems zum Zwecke der Berechnung und Bemessung

1.5.1.11

Bauausführung

alle Tätigkeiten für die physische Erstellung eines Gebäudes oder Ingenieurbauwerks einschließlich der Beschaffung von Baustoffen, Überwachung und der Erstellung der Herstellungsunterlagen

ANMERKUNG Der Begriff beinhaltet die Arbeiten auf der Baustelle; es kann auch die Herstellung von Bauteilen außerhalb der Baustelle sowie ihren anschließenden Einbau auf der Baustelle bezeichnen.

1.5.2 Besondere Begriffe im Zusammenhang mit der Tragwerksplanung

1.5.2.1

Bemessungskriterien

quantitative Aussagen, welche die für jeden Grenzzustand zu erfüllenden Bedingungen beschreiben

1.5.2.2

Bemessungssituationen

eine Reihe von physikalischen Bedingungen, ersatzweise für die wirklichen Bedingungen innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts angenommen werden kann, für die die Tragwerksplanung nachweist, dass maßgebende Grenzzustände nicht überschritten werden

1.5.2.3

vorübergehende Bemessungssituation

eine Bemessungssituation, die während eines wesentlich kürzeren Zeitraums als der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerks maßgebend ist und die eine hohe Auftretenswahrscheinlichkeit hat

ANMERKUNG Eine vorübergehende Bemessungssituation bezieht sich auf vorübergehende Bedingungen des Tragwerks, der Nutzung oder Einwirkung, z. B. während der Bauzeit oder während Instandsetzungsmaßnahmen.

1.5.2.4

ständige Bemessungssituation

eine Bemessungssituation, die innerhalb eines Zeitraumes von gleicher Größenordnung wie die geplante Nutzungsdauer des Tragwerks maßgebend ist.

ANMERKUNG Im Allgemeinen bezieht sie sich auf die üblichen Nutzungsbedingungen.

1.5.2.5

außergewöhnliche Bemessungssituation

eine Bemessungssituation, die außergewöhnliche Bedingungen für das Tragwerk einbezieht; z. B. Brand, Explosion, Anprall oder örtliches Versagen

1.5.2.6

baulicher Brandschutz

Tragwerksplanung unter Berücksichtigung der Brandschutzanforderungen

1.5.2.7

Bemessungssituation mit Erdbeben

eine Bemessungssituation die für das Tragwerk unter der Bedingung, von Erdbebeneinwirkung gilt

1.5.2.8

geplante Nutzungsdauer

angenommener Zeitdauer, innerhalb der ein Tragwerk unter Berücksichtigung vorgesehener Instandhaltungsmaßnahmen für seinen vorgesehenen Zweck genutzt werden soll, ohne dass jedoch eine wesentliche Instandsetzung erforderlich ist

1.5.2.9

Gefährdung

im Zusammenhang mit EN 1990 bis EN 1999 ein außergewöhnliches und schwer wiegendes Ereignis, z. B. eine ungewöhnliche Einwirkung oder ein Umwelteinfluss, ungenügende Festigkeit oder Tragwiderstand oder übermäßige Abweichung von den vorgesehenen Abmessungen.

1.5.2.10

Lastanordnung

Festlegung der Lage, Größe und Richtung einer freien Einwirkung

1.5.2.11

Lastfall

untereinander verträgliche Lastanordnungen, Verformungen und Imperfektionen mit vorgegebenen veränderlichen und ständigen Einwirkungen, die für einen bestimmten Nachweis gleichzeitig zu berücksichtigen sind

1.5.2.12

Grenzzustände

Zustände, bei deren Überschreitung das Tragwerk die Entwurfsanforderungen nicht mehr erfüllt

1.5.2.13

Grenzzustände der Tragfähigkeit

Zustände, die im Zusammenhang mit Einsturz oder anderen Formen des Tragwerksversagens stehen

ANMERKUNG Sie entsprechen im Allgemeinen dem größten Tragwiderstand des Tragwerks oder des tragenden Bauteils.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

1.5.2.14

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Zustände, bei deren Überschreitung die festgelegten Bedingungen für die Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerks oder eines Bauteils nicht mehr erfüllt sind

1.5.2.14.1

nicht umkehrbare Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Grenzzustände, die dauernd überschritten bleiben, nachdem die für die Überschreitung maßgeblichen Einwirkungen entfernt werden

1.5.2.14.2

umkehrbare Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Grenzzustände, die nicht überschritten bleiben, wenn die für die Überschreitung maßgeblichen Einwirkungen zurückgenommen wird

1.5.2.14.3

Gebrauchstauglichkeitskriterium

Entwurfskriterium für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

1.5.2.15

Tragfähigkeit

mechanische Eigenschaft eines Bauteils oder eines Bauteilquerschnitts im Hinblick auf Versagensformen, z. B. Biege- und Knickwiderstand, Knickwiderstand, Zugwiderstand

1.5.2.16

Festigkeit

mechanische Baustoffeigenschaft, üblicherweise in Spannungseinheiten ausgedrückt

1.5.2.17

Zuverlässigkeit

Fähigkeit eines Tragwerks oder Bauteils die festgelegten Anforderungen innerhalb der geplanten Nutzungszeit zu erfüllen. Die Zuverlässigkeit wird i. d. R. mit probabilistischen Größen ausgedrückt

ANMERKUNG Zuverlässigkeit gilt für Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit eines Tragwerks.

1.5.2.18

Differenzierung der Zuverlässigkeit

Maßnahmen zur volkswirtschaftlichen Optimierung der im Bauwesen eingesetzten Mittel unter Berücksichtigung der Schadensfolgen und Baukosten

1.5.2.19

Basisvariable

variable, die eine physikalische Größe bezeichnet, mit der eine Einwirkung oder ein Umwelteinfluss, eine Baustoff- oder Bauteileigenschaft einschließlich der Eigenschaft des Baugrundes oder eine geometrische Abmessung charakterisiert wird

1.5.2.20

Instandhaltung

Gesamtheit der Maßnahmen, die während der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerks durchgeführt werden, um dessen Funktionsfähigkeit zu erhalten

ANMERKUNG Maßnahmen zur Wiederinstandsetzung eines Tragwerks nach außergewöhnlichen Einwirkungen oder Erdbeben gehören nicht zur Instandhaltung.

1.5.2.21

Instandsetzung

Maßnahmen zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des Tragwerks, die über Maßnahmen der Bauwerksunterhaltung

1.5.2.22**Nennwert**

ein Wert, der nicht auf statistischer Grundlage ausgewiesen ist, sondern z. B. aufgrund von Erfahrungen oder physikalischen Bedingungen

1.5.3 Begriffe im Zusammenhang mit Einwirkungen**1.5.3.1****Einwirkung***F*

- a) eine Gruppe von Kräften (Lasten), die auf ein Tragwerk wirken (direkte Einwirkung).
- b) eine Gruppe von aufgezwungenen Verformungen oder Beschleunigung, die z. B. durch Temperaturänderungen, Feuchtigkeitsänderung, ungleiche Setzung oder Erdbeben hervorgerufen werden (indirekte Einwirkung).

1.5.3.2**Auswirkung von Einwirkungen***E*

Beanspruchungen von Bauteilen (z. B. Schnittkräfte, Momente, Spannungen, Dehnungen) oder Reaktionen des Gesamttragwerks (z. B. Durchbiegungen, Verdrehungen) die durch Einwirkungen hervorgerufen werden

1.5.3.3**ständige Einwirkung***G*

eine Einwirkung, von der vorausgesetzt wird, dass sie während der gesamten Nutzungsdauer wirkt und deren zeitliche Größenänderung gegenüber dem Mittelwert vernachlässigbar ist oder bei der die Änderung bis zum Erreichen eines bestimmten Grenzwertes immer in der gleichen Richtung (gleichmäßig) stattfindet.

1.5.3.4**veränderliche Einwirkung***Q*

eine Einwirkung, deren zeitliche Größenänderung nicht vernachlässigbar ist oder für die die Änderung nicht immer in der gleichen Richtung stattfindet

1.5.3.5**außergewöhnliche Einwirkung***A*

eine Einwirkung, die i. d. R. von kurzer Dauer, aber von bedeutender Größenordnung ist, und die während der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerks, jedoch mit keiner nennenswerten Wahrscheinlichkeit auftreten kann

ANMERKUNG 1 Von einer außergewöhnlichen Einwirkung können erhebliche Folgen ausgehen, wenn keine besonderen Maßnahmen ergriffen werden.

ANMERKUNG 2 Anprall, Schnee, Wind und Erdbeben können als veränderliche oder außergewöhnliche Einwirkungen behandelt werden, je nach statistischem Auftreten.

1.5.3.6**Erdbebeneinwirkung***A_E*

Einwirkung, die infolge von Bewegungen des Baugrundes während eines Erdbebens auftritt

1.5.3.7**geotechnische Einwirkung**

Einwirkung, die vom Boden, durch Bodenverfüllung oder Grundwasser auf das Bauwerk übertragen wird

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

1.5.3.8

ortsfeste Einwirkung

Einwirkung mit festgelegter Verteilung über das Tragwerk oder Bauteil, so dass Größe und Richtung der gesamten Einwirkung eindeutig durch die Festlegung der Größe und Richtung an einen Punkt bestimmt sind

1.5.3.9

freie Einwirkung

Einwirkung, die eine unterschiedliche räumliche Verteilungen über das Tragwerk haben kann

1.5.3.10

Einzeleinwirkung

Einwirkung, von der angenommen werden kann, dass sie zeitlich und räumlich von jeder anderen Einwirkung unabhängig ist

1.5.3.11

statische Einwirkung

Einwirkung, die keine bemerkenswerte Beschleunigung des Tragwerks oder der Bauteile erzeugt

1.5.3.12

dynamische Einwirkung

Einwirkung, die bemerkenswerte Beschleunigungen des Tragwerks oder der Bauteile erzeugt

1.5.3.13

quasi-statische Einwirkung

dynamische Einwirkung, die durch eine äquivalente statische Ersatzeinwirkung bei der Berechnung beschrieben wird

1.5.3.14

charakteristischer Wert einer Einwirkung

F_k

wichtigster repräsentativer Wert einer Einwirkung

ANMERKUNG Sofern der charakteristische Wert auf statistischer Grundlage festgelegt werden kann, wird er mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit gewählt, mit der er während des „Bezugszeitraumes“ nicht überschritten wird, wobei die geplante Nutzungsdauer des Tragwerks und die Dauer der Bemessungssituation berücksichtigt werden.

1.5.3.15

Bezugszeitraum

gewählter Zeitraum für die statistische Beurteilung veränderlicher Einwirkungen und, wo möglich, auch außergewöhnlicher Einwirkungen

1.5.3.16

Kombinationswert einer veränderlichen Einwirkung

$\psi_0 Q_k$

Wert der Einwirkung, der – sofern statistisch festlegbar – so gewählt wird, dass die Auswirkung der Kombination von Einwirkungen etwa der gleichen Auftretenswahrscheinlichkeit wie die Auswirkung des charakteristischen Wertes einer Einzeleinwirkung entspricht. Der Kombinationswert kann mittels des Beiwerts $\psi_0 \leq 1$ als Teil des charakteristischen Wertes angegeben werden.

1.5.3.17

häufiger Wert einer veränderlichen Einwirkung ($\psi_1 Q_k$)

Wert der Einwirkung, der – sofern statistisch festlegbar – so gewählt wird, dass entweder der Überschreitungszeitraum nur ein Teil des Bezugszeitraums ist oder die Überschreitungshäufigkeit innerhalb des Bezugszeitraumes auf einen bestimmten Wert beschränkt ist. Der häufige Wert kann mittels des Beiwertes $\psi_1 \leq 1$ als Teil des charakteristischen Wertes angegeben werden.

AC ANMERKUNG Zum häufigen Wert von Verkehrseinwirkungen mit mehreren Komponenten siehe die Lastgruppen in EN 1991-2. **AC**

1.5.3.18
quasi-ständiger Wert einer veränderlichen Einwirkung

$\psi_2 Q_k$

Wert der Einwirkung, der so gewählt wird, dass der Zeitraum, in dem er überschritten wird, einen wesentlichen Teil des Bezugszeitraums ausmacht. Der quasi-ständige Wert kann mittels des Beiwerts $\psi_2 \leq 1$ als Teil des charakteristischen Wertes angegeben werden.

1.5.3.19
Begleitwert einer veränderlichen Einwirkung

ψQ_k

Wert einer veränderlichen Einwirkung, die die Leiteinwirkung in einer Einwirkungskombination begleitet

ANMERKUNG Der Begleitwert einer veränderlichen Einwirkung kann der Kombinationswert, der häufige Wert oder der quasi-ständige Wert sein.

1.5.3.20
Repräsentativer Wert einer Einwirkung

F_{rep}

Wert, der für den Nachweis eines Grenzzustandes verwendet wird. Der repräsentative Wert kann der charakteristische Wert (F_k) oder ein Begleitwert (ψF_k) sein

1.5.3.21
Bemessungswert einer Einwirkung

F_d

Wert einer Einwirkung, der durch Multiplikation des repräsentativen Wertes mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F ermittelt wird

ANMERKUNG Auch das Produkt aus dem repräsentativen Wert und dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F ($\gamma_F = \gamma_{sd} \times \gamma_i$) kann als Bemessungswert bezeichnet werden (siehe 6.3.2).

1.5.3.22
Kombination von Einwirkungen

Gesamtheit der Bemessungswerte für den Nachweis der Tragwerkszuverlässigkeit für einen Grenzzustand unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit ihres Auftretens

1.5.4 Begriffe im Zusammenhang mit den Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen

1.5.4.1
charakteristischer Wert einer Baustoff- oder Produkteigenschaft X_k oder einer Bauteileigenschaft R_k

Wert einer Baustoff-, Produkt- oder Bauteileigenschaft mit bestimmter Auftretenswahrscheinlichkeit bei unbegrenzter Probenzahl. Dieser Wert entspricht i. d. R. einer bestimmten Fraktile der statistischen Verteilung, in einigen Fällen werden Nennwerte verwendet.

1.5.4.2
Bemessungswert einer Baustoff- oder Produkteigenschaft X_d oder einer Bauteileigenschaft R_d

Wert, der aus dem charakteristischen Wert der Baustoff- oder Produkteigenschaft X_k oder einer Bauteileigenschaft R_k durch Teilen mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_m oder γ_M gebildet wird, oder deren besonderen Fällen auch direkt bestimmt wird

1.5.4.3
Nennwert einer Baustoff- oder Produkteigenschaft X_n oder einer Bauteileigenschaft R_n

ein üblicherweise als charakteristischer Wert benutzter Wert, der einem geeigneten Dokument z. B. einer Europäischen Norm oder Vornorm entnommen wird

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

1.5.5 Begriffe im Zusammenhang mit geometrischen Größen

1.5.5.1

charakteristischer Wert einer geometrischen Eigenschaft a_k

Der Wert entspricht üblicherweise den bei der Planung festgelegten Nennmaßen. Wo notwendig, entsprechen die geometrischen Größen festgelegten Fraktile einer statistischen Verteilung.

1.5.5.2

Bemessungswert einer geometrischen Größe a_d

Im Allgemeinen der Nennwert. Wo notwendig, entsprechen die geometrischen Werte festgelegten Fraktile der statistischen Verteilung.

ANMERKUNG Im Allgemeinen entspricht der Bemessungswert einer geometrischen Eigenschaft dem charakteristischen Wert. Abweichungen treten auf, wenn der Grenzzustand sehr empfindlich auf die Größe der geometrischen Eigenschaft reagiert, z. B. beim Einfluss von geometrischen Imperfektionen auf das Knicken. In diesen Fällen wird der Bemessungswert direkt in den Bemessungsnormen EN 1992 bis EN 1999 angegeben. Im Bedarfsfall kann der Bemessungswert auch aus statistischen Auswertungen mit einer Fraktile bestimmt werden, die über die Fraktile des charakteristischen Wertes hinausgeht.

1.5.6 Begriffe im Zusammenhang mit der statischen Berechnung

ANMERKUNG Die in diesem Absatz enthaltenen Definitionen beziehen sich nicht immer auf Begriffe, die in EN 1990 verwendet werden. Sie werden aber hier aufgeführt, um eine Vereinheitlichung der sich auf die Tragwerksberechnung beziehenden Begriffe für EN 1991 bis EN 1999 sicherzustellen.

1.5.6.1

statische Berechnung

Methode oder Rechenverfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen in jedem Punkt eines Tragwerks

ANMERKUNG Eine statische Berechnung kann in drei Stufen mit verschiedenen Verfahren durchgeführt werden: Berechnung des gesamten Tragwerks, Berechnung eines Bauteils, örtliche Untersuchung.

1.5.6.2

Berechnung des gesamten Tragwerks

Ermittlung von miteinander abgestimmten Schnittgrößen (Kräfte, Momenten oder Spannungen), die im Gleichgewicht mit den Einwirkungen des Tragwerks stehen und die konstruktive Ausbildung sowie die Werkstoffeigenschaften berücksichtigen

1.5.6.3

linear elastische Berechnung nach Theorie 1. Ordnung ohne Schnittgrößenumlagerung

Berechnung auf der Grundlage eines linearen Baustoffgesetzes (Spannungen-Dehnungen oder Momenten-Krümmungen) und der Geometrie des unverformten Tragwerks

1.5.6.4

linear elastische Berechnung nach Theorie 1. Ordnung mit Schnittgrößenumlagerung

Die Schnittgrößen aus einer linear elastischen Berechnung nach Theorie 1. Ordnung werden für die Bemessung unter Beibehaltung des Gleichgewichts mit den äußeren Lasten umgelagert, ohne in genaueren Rechnungen auf das Rotationsvermögen einzugehen.

1.5.6.5

linear elastische Berechnung nach Theorie 2. Ordnung

linear elastische Berechnung auf der Grundlage eines linearen Baustoffgesetzes und der Geometrie des verformten Tragwerks

1.5.6.6

nichtlineare Berechnung nach Theorie 1. Ordnung

Berechnung anhand der Geometrie des unverformten Tragwerks unter Berücksichtigung der Nichtlinearität des Baustoffverhaltens

ANMERKUNG Die nichtlineare Berechnung nach Theorie 1. Ordnung kann elastisch mit geeigneten Steifigkeitsannahmen, elastisch-ideal plastisch (siehe 1.5.6.8 und 1.5.6.9), elastisch-plastisch (siehe 1.5.6.10) oder starr-plastisch (siehe 1.5.6.11) durchgeführt werden.

1.5.6.7

nichtlineare Berechnung nach Theorie 2. Ordnung

Berechnung anhand der Geometrie des verformten Tragwerks unter Berücksichtigung der Nichtlinearität der Baustoffe

ANMERKUNG Die nichtlineare Berechnung nach Theorie 2. Ordnung kann elastisch-ideal plastisch oder elastisch-plastisch sein.

1.5.6.8

elastisch-ideal plastische Berechnung nach Theorie 1. Ordnung

Berechnung auf der Grundlage der Geometrie des unverformten Tragwerks und eines Baustoffgesetzes mit einem linear elastischen Teil und einem anschließenden ideal plastischen Teil ohne Wiederverfestigung

1.5.6.9

elastisch – ideal plastische Berechnung nach Theorie 2. Ordnung

Berechnung auf der Grundlage eines Baustoffgesetzes mit einem linear elastischen Teil und einem anschließenden ideal plastischen Teil ohne Wiederverfestigung und der Geometrie des verformten Tragwerks

1.5.6.10

elastisch-plastische Berechnung AC gestrichener Text AC

Berechnung auf der Grundlage einer Spannungs-Dehnungs- oder Momenten-Krümmungsbeziehung mit linear elastischem Teil und einem anschließenden plastischen Teil mit oder ohne Wiederverfestigung

ANMERKUNG In der Regel werden die Berechnungen mit Theorie 1. Ordnung durchgeführt, seltener mit Theorie 2. Ordnung.

1.5.6.11

starr-plastische Berechnung

Berechnung auf der Grundlage der Geometrie des unverformten Tragwerks, bei der die Grenztragsfähigkeit direkt anhand eines Versagensansatzes bestimmt wird

ANMERKUNG Als Baustoffgesetz wird ein ideal plastisches Momenten-Rotationsgesetz ohne elastische Anteile und Verfestigungsanteile zugrunde gelegt.

1.6 Symbole und Formelzeichen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Symbole.

ANMERKUNG Die verwendeten Symbole und Formelzeichen beruhen auf der ISO 3898:1987.

Lateinische Großbuchstaben

| | |
|----------|---|
| A | Außergewöhnliche Einwirkung |
| A_d | Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung |
| A_{Ed} | Bemessungswert einer Einwirkung infolge Erdbeben $A_{Ed} = \gamma_1 A_{Ek}$ |
| A_{Ek} | Charakteristischer Wert einer Einwirkung infolge Erdbeben |
| C_d | Nennwert oder Funktion bestimmter Bemessungs-Material-Eigenschaften |
| E | Auswirkung der Einwirkungen |
| E_d | Bemessungswert einer Auswirkung |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

| | |
|-------------------------|--|
| $E_{d,dst}$ | Bemessungswert der destabilisierenden Auswirkung der Einwirkungen |
| $E_{d,stab}$ | Bemessungswert der stabilisierenden Auswirkung der Einwirkungen |
| F | Einwirkung |
| F_d | Bemessungswert einer Einwirkung |
| F_k | Charakteristischer Wert einer Einwirkung |
| F_{rep} | Repräsentativer Wert einer Einwirkung |
| G | Ständige Einwirkung |
| G_d | Bemessungswert einer ständigen Einwirkung |
| $G_{d,inf}$ | Unterer Bemessungswert einer ständigen Einwirkung |
| $G_{d,sup}$ | Oberer Bemessungswert einer ständigen Einwirkung |
| G_k | Charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung |
| G_{kj} | Charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung j |
| $G_{kj,sup}/G_{kj,inf}$ | Oberer/Unterer charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung |
| P | Maßgebender repräsentativer Wert einer Vorspannung (siehe EN 1992 bis EN 1996 und EN 1998 bis EN 1999) |
| P_d | Bemessungswert einer Vorspannkraft |
| P_k | Charakteristischer Wert einer Vorspannkraft |
| P_m | Mittelwert der Vorspannung |
| Q | Veränderliche Einwirkung |
| Q_d | Bemessungswert einer veränderlichen Einwirkung |
| Q_k | Charakteristischer Wert einer einzelnen veränderlichen Einwirkung |
| Q_{k1} | Charakteristischer Wert einer maßgebenden veränderlichen Einwirkung 1 (Leiteinwirkung) |
| Q_{ki} | Charakteristischer Wert einer nicht maßgebenden veränderlichen Einwirkung i (Begleiteinwirkung) |
| R | Widerstand |
| R_d | Bemessungswert eines Widerstandes |
| R_k | Charakteristischer Wert eines Widerstandes |
| X | Baustoffeigenschaft oder Produkteigenschaft |
| X_d | Bemessungswert der Baustoffeigenschaft oder Produkteigenschaft |
| X_k | Charakteristischer Wert der Baustoffeigenschaft oder Produkteigenschaft |

Lateinische Kleinbuchstaben

| | |
|-----------|--|
| a_d | Bemessungswert einer geometrischen Größe |
| a_k | Charakteristischer Wert einer geometrischen Größe |
| a_{nom} | Nennwert einer geometrischen Größe |
| u | Horizontalverschiebung eines Tragwerks oder Bauteils |
| w | Durchbiegung eines Bauteils |

Griechische Großbuchstaben

| | |
|------------|--|
| Δa | Änderung einer geometrischen Nenngröße für bestimmte Bemessungszwecke, z. B. die Abschätzung von Auswirkungen von Imperfektionen |
|------------|--|

Griechische Kleinbuchstaben

| | |
|---|--|
| γ | Teilsicherheitsbeiwert |
| γ_f | Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen, der die Möglichkeit einer ungünstigen Abweichung der Einwirkungen gegenüber den repräsentativen Werten berücksichtigt |
| γ_F | Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Größenabweichungen |
| γ_g | Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, der die Möglichkeit einer ungünstigen Abweichung der Einwirkungen gegenüber den repräsentativen Werten berücksichtigt |
| γ_G | Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Größenabweichungen |
| $\gamma_{G,j}$ | Teilsicherheitsbeiwert für die ständige Einwirkung G_j |
| $\gamma_{G_j, sup} / \gamma_{G_j, inf}$ | Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen j für die Berechnung mit oberen/unteren Bemessungswerten |
| γ_I | Wichtungsfaktor (siehe EN 1998) |
| γ_m | Teilsicherheitsbeiwert für eine Baustoffeigenschaft |
| γ_M | Teilsicherheitsbeiwert für eine Bauteileigenschaft unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Größenabweichungen |
| γ_P | Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen aus Vorspannen (siehe EN 1992 bis EN 1996 und EN 1998 bis EN 1999) |
| γ_q | Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen, der die Möglichkeit einer ungünstigen Abweichung der Einwirkung gegenüber den repräsentativen Werten berücksichtigt |
| γ_Q | Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Größenabweichungen |
| γ_{Qi} | Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung Q_i |
| γ_{Rd} | Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Modellunsicherheiten des Widerstandsmodells |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

| | |
|---------------|---|
| γ_{sd} | Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Modellunsicherheiten der Idealisierung der Einwirkungen und/oder Auswirkungen |
| η | Umrechnungsfaktor |
| ξ | Abminderungsfaktor |
| ψ_0 | Kombinationswerte einer veränderlichen Einwirkungen |
| ψ_1 | Beiwert für häufige Werte der veränderlichen Einwirkungen |
| ψ_2 | Beiwert für quasi-ständige Werte der veränderlichen Einwirkungen |

2 Anforderungen

2.1 Grundlegende Anforderungen

(1)P Ein Tragwerk ist so zu planen und auszuführen, dass es während der Errichtung und in der vorgesehenen Nutzungszeit mit angemessener Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit

- den möglichen Einwirkungen und Einflüssen standhält und
- ~~A1~~ *gestrichener Text* ~~A1~~ ~~A1~~ die geforderten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks oder eines Bauteils erfüllt.

ANMERKUNG Siehe auch 1.3, 2.1(7) und 2.4(1)P. ~~A1~~

(2)P Bei der Planung und der Berechnung des Tragwerks sind

- ausreichende Tragfähigkeit,
- Gebrauchstauglichkeit und
- Dauerhaftigkeit

zu beachten.

(3)P Im Brandfall muss für die geforderte Feuerwiderstandsdauer eine ausreichende Tragsicherheit vorhanden sein.

ANMERKUNG Siehe dazu EN 1991-1-2.

(4)P Ein Tragwerk ist so auszubilden und auszuführen, dass durch Ereignisse wie

- Explosionen,
- Anprall oder
- menschliches Versagen

keine Schadensfolgen entstehen, die in keinem Verhältnis zur Schadensursache stehen.

ANMERKUNG 1 Die vorgenannten Ereignisse und Gefährdungen sind für jedes Projekt mit dem Bauherrn und der zuständigen Behörde festzulegen.

ANMERKUNG 2 Weitere Informationen enthält EN 1991-1-7.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(5)P Die mögliche Schädigung ist durch die angemessene Wahl einer oder mehrerer der folgenden Maßnahmen zu begrenzen oder zu vermeiden:

- Verhinderung, Ausschaltung oder Minderung der Gefährdungen, denen das Tragwerk ausgesetzt sein kann ;
- Wahl der Art des Tragsystems so, dass die Anfälligkeit gegen die hier betrachteten Gefährdungen gering bleibt;
- Wahl der Art des Tragsystems und seiner baulichen Durchbildung derart, dass mit dem schädigungsbedingten Ausfall eines einzelnen Bauteils oder eines begrenzten Teils des Tragwerks oder mit sonstigen in Kauf genommenen lokalen Schäden kein Totalversagen des Gesamttragwerks auftritt ;
- wenn möglich, Vermeidung von Tragsystemen, die ohne Vorankündigung total versagen können ;
- Kopplung von Tragelementen.

(6) Die grundlegenden Anforderungen sind durch

- die Wahl geeigneter Baustoffe,
- durch zweckmäßigen Entwurf und Bemessung und geeignete bauliche Durchbildung sowie
- durch die Festlegung von Überwachungsverfahren für den Entwurf, die Herstellung, Ausführung und Nutzung entsprechend den Besonderheiten des Projektes zu erfüllen.

(7) Die Festlegungen in Abschnitt 2 setzen voraus, dass der Entwurf und die Berechnung nach dem anerkannten Stand der Technik mit der für das Projekt erforderlichen Befähigung und Sorgfalt durchgeführt werden.

2.2 Behandlung der Zuverlässigkeit

(1)P Für in den Anwendungsbereich von EN 1990 fallende Tragwerke ist die erforderliche Zuverlässigkeit dadurch sicherzustellen, dass

- a) der Entwurf und die Bemessung nach EN 1990 bis EN 1999 erfolgen und
- b) geeignete
 - Ausführungs- und
 - Qualitätsmanagementmaßnahmen

angewendet werden.

ANMERKUNG Siehe 2.2(5) und Anhang B.

(2) Differenzierte Zuverlässigkeitsniveaus können z. B.

- für die Tragfähigkeit oder
- die Gebrauchstauglichkeit

zur Anwendung kommen.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Bei der Wahl differenzierter Zuverlässigkeitsniveaus für ein bestimmtes Tragwerk sind z. B. folgende Gesichtspunkte zu beachten:

- Mögliche Ursachen und Formen des Versagens;
- Mögliche Versagensfolgen in Hinblick auf Leben und Unversehrtheit von Personen und auf wirtschaftliche Verluste;
- Öffentliche Einstellung zu dem Versagen;
- Kosten und Aufwendungen, um das Versagensrisiko zu vermindern.

(4) Bei der Festlegung eines Zuverlässigkeitsniveaus für ein bestimmtes Tragwerk darf

- die einheitliche Einstufung des Tragwerks als Ganzes oder
- die eine unterschiedliche Einstufung der Bauteile des Tragwerks vorgenommen werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang B.

(5) Das geforderte Zuverlässigkeitsniveau für die Tragsicherheit oder Gebrauchstauglichkeit darf durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- a) Präventivmaßnahmen oder Schutzmaßnahmen (z. B. Einbau von Anprallsicherungen, aktive oder passive Brandschutzmaßnahmen, Korrosionsschutzmaßnahmen wie Beschichtungen, Überzüge, kathodischen Schutz usw.);
- b) Geeignete Maßnahmen bei der Berechnung:
 - Zahlenwerte für repräsentative Werte der Einwirkungen,
 - Wahl der Teilsicherheitsbeiwert bei der Bemessung;
- c) Vorkehrungen für das Qualitätsmanagement;
- d) Maßnahmen zur Fehlerreduzierung beim Entwurf, der Berechnung und der Ausführung von Tragwerken sowie zur Verhütung grober Fehler;
- e) Weitere Maßnahmen bei der Tragwerksplanung, die auf folgende Gesichtspunkte eingehen:
 - Grundlegende Anforderungen;
 - Robustheit (Schadenstoleranz);
 - Dauerhaftigkeit in Verbindung mit der Wahl einer geeigneten Nutzungsdauer;
 - Art und Umfang von vorausgehenden Bodenuntersuchungen und Untersuchung möglicher Umwelteinflüsse;
 - Genauigkeit der verwendeten Berechnungsverfahren;
 - Konstruktive Durchbildung.
- f) Sicherstellung der geplanten Ausführung in Übereinstimmung mit den in EN 1991 bis EN 1999 in Bezug genommenen Ausführungsnormen.
- g) Geeignete Überwachung und Instandhaltung entsprechend den Vorgaben der Projektunterlagen.

(6) Die Maßnahmen zur Abwehr potentieller Schadensursachen oder Minderung von Schadensfolgen dürfen in gewissen Grenzen ausgetauscht werden, wenn die erforderliche Gesamtzuverlässigkeit dadurch nicht beeinträchtigt wird.

2.3 Geplante Nutzungsdauer

(1) Die geplante Nutzungsdauer sollte festgelegt werden.

ANMERKUNG In Tabelle 2.1 sind Klassen für die Planung der Nutzungsdauer angegeben. Die Werte in Tabelle 2.1 dürfen für Dauerhaftigkeitsnachweise (z. B. Ermüdungsnachweise) verwendet werden. Siehe auch Anhang A.

Tabelle 2.1 — Klassifizierung der Nutzungsdauer

| Klasse der Nutzungsdauer | Planungsgröße der Nutzungsdauer (in Jahren) | Beispiele |
|--------------------------|---|---|
| 1 | 10 | Tragwerke mit befristeter Standzeit ^a |
| 2 | 10–25 | Austauschbare Tragwerksteile, z. B. Kranbahnträger, Lager |
| 3 | 15–30 | Landwirtschaftlich genutzte und ähnliche Tragwerke |
| 4 | 50 | Gebäude und andere gewöhnliche Tragwerke |
| 5 | 100 | Monumentale Gebäude, Brücken und andere Ingenieurbauwerke |

^a ANMERKUNG Tragwerke oder Teile eines Tragwerks, die mit der Absicht der Wiederverwendung demontiert werden können, sollten nicht als Tragwerke mit befristeter Standzeit betrachtet werden.

2.4 Dauerhaftigkeit

(1)^P Das Tragwerk ist so zu bemessen, dass zeitabhängige Veränderungen der Eigenschaften das Verhalten des Tragwerks während der geplanten Nutzungsdauer nicht unvorhergesehen verändern. Dabei sind die Umweltbedingungen und die geplanten Instandhaltungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

(2) Für ein angemessen dauerhaftes Tragwerk sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- die vorgesehene oder vorhersehbare zukünftige Nutzung des Tragwerks;
- die geforderten Entwurfskriterien;
- die erwarteten Umweltbedingungen;
- die Zusammensetzung, Eigenschaften und Verhalten der Baustoffe und Bauprodukte;
- die Eigenschaften des Baugrundes;
- die Wahl des Tragsystems;
- die Gestaltung der Bauteile und Anschlüsse;
- die Qualität der Bauausführung und der Überwachungsaufwand;
- besondere Schutzmaßnahmen;
- die geplante Instandhaltung während der geplanten Nutzungszeit.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

ANMERKUNG Die EN 1992 bis EN 1999 schreiben geeignete Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit in ihrem Anwendungsbereich vor.

(3)P Die Umweltbedingungen sind während der Planungsphase zu erfassen, um ihre Bedeutung für die Dauerhaftigkeit festzustellen und geeignete Maßnahmen für den Schutz von Baustoffen und Bauprodukten treffen zu können.

(4) Das Maß der zeitabhängigen Änderungen der Eigenschaften darf aufgrund von Berechnungen, Messungen und Erfahrungen mit bereits erstellten Bauwerken oder aufgrund einer Kombination solcher Vorerfahrungen eingeschätzt werden.

2.5 Qualitätsmanagement

(1) Um ein Tragwerk zu erstellen, das den Anforderungen und den Annahmen der Tragwerksplanung entspricht, sollten geeignete Maßnahmen zur Qualitätssicherung ergriffen werden. Diese Maßnahmen umfassen

- die Festlegung der Zuverlässigkeitsanforderungen,
- organisatorische Maßnahmen und
- Überwachungen in der Planungsphase, bei der Ausführung, während der Nutzung und Instandhaltung.

ANMERKUNG Falls zutreffend, kann EN ISO 9001:2000 für Qualitätsmanagementmaßnahmen angewendet werden.

3 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

3.1 Allgemeines

(1)P Es ist zwischen den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zu unterscheiden.

ANMERKUNG In einigen Fällen werden zusätzliche Nachweise benötigt, z. B. zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit.

(2) Der Nachweis für einen Grenzzustand darf entfallen, wenn ausreichend Kenntnis belegen, dass er durch den Nachweis eines anderen Grenzzuständen abgedeckt wird.

(3)P Die Grenzzustände sind für die Bemessungssituationen nachzuweisen, siehe 3.2.

(4) Bemessungssituationen sollten in ständige, vorübergehende und außergewöhnliche Situationen unterteilt werden, siehe 3.2.

(5) Nachweise für Grenzzuständen, die von der Nutzungszeit abhängen, (z. B. bei der Ermüdung), sollten auf die geplante Nutzungszeit des Tragwerks bezogen werden.

ANMERKUNG Die meisten zeitabhängigen Einflüsse sind kumulativ.

3.2 Bemessungssituationen

(1)P Die maßgebende Bemessungssituation sind unter Berücksichtigung der Gegebenheiten, bei denen das Tragwerk seine Funktion erfüllen muss, zu bestimmen.

(2)P Die Bemessungssituationen sind wie folgt einzuteilen:

- ständige Situationen, die den üblichen Nutzungsbedingungen des Tragwerks entsprechen;
- vorübergehende Situationen, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände des Tragwerks beziehen, z. B. im Bauzustand oder bei der Instandsetzung;

- außergewöhnliche Situationen, die sich auf außergewöhnliche Bedingungen für das Tragwerk beziehen, z. B. auf Brand, Explosionen, Anprall oder Folgen lokalen Versagens;
- Situationen bei Erdbeben, die die Bedingungen bei Erdbebeneinwirkungen auf das Tragwerk umfassen.

ANMERKUNG Die notwendigen Angaben der jeweiligen Bemessungssituation sind EN 1991 bis EN 1999 zu entnehmen.

(3) Die gewählten Bemessungssituationen müssen alle Bedingungen, die während der Ausführung und Nutzung des Tragwerks vernünftigerweise erwartet werden können, hinreichend genau erfassen.

3.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

(1)P Die Grenzzustände, die

- die Sicherheit von Personen und/oder
- die Sicherheit des Tragwerks betreffen,

sind als Grenzzustände der Tragfähigkeit einzustufen.

(2) Unter bestimmten Umständen sind auch Grenzzustände, die den Schutz von Gegenständen in Tragwerken betreffen, als Grenzzustände der Tragfähigkeit einzustufen.

ANMERKUNG Die Umstände werden im Einzelfall mit dem Bauherrn und der zuständigen Behörde festgelegt.

(3) Zustände vor Eintritt des Bauteilversagens dürfen zur Vereinfachung als Grenzzustände der Tragfähigkeit behandelt werden.

(4)P Die folgenden Grenzzustände sind im Bedarfsfall nachzuweisen:

- der Verlust der Lagesicherheit des als starrer Körper betrachteten Tragwerks oder eines seiner Teile.
- das Versagen durch übermäßige Verformungen bzw. Übergang des Bauwerks oder seiner Teile, einschließlich der Lager und Gründungen in einen kinematischen Zustand, einem Bruchzustand oder eine instabile Lage.
- das Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile durch Materialermüdung oder andere zeitabhängige Auswirkungen.

ANMERKUNG Für die verschiedenen Grenzzustände der Tragfähigkeit werden unterschiedliche AC gestrichener Text AC Teilsicherheitsbeiwerte angewendet, siehe 6.4.1. AC

3.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

(1)P Die Grenzzustände, die

- die Funktion des Tragwerks oder eines seiner Teile unter normalen Gebrauchsbedingungen oder
- das Wohlbefinden der Nutzer oder
- das Erscheinungsbild des Bauwerks betreffen,

sind als Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit einzustufen.

ANMERKUNG 1 In Verbindung mit der Gebrauchstauglichkeit wird beim "Aussehen" auf große Durchbiegungen und ungewollte Rissbildung Bezug genommen und nicht auf andere Gesichtspunkte des Erscheinungsbildes.

ANMERKUNG 2 In der Regel werden die Gebrauchstauglichkeitsanforderungen für jedes Projekt besonders vereinbart.

(2)P Es ist nach umkehrbaren und nicht umkehrbaren Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit zu unterscheiden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Die Gebrauchstauglichkeitsnachweise sollten auf folgende Kriterien eingehen:

- a) Verformungen und Verschiebungen, die das
 - Erscheinungsbild,
 - das Wohlbefinden der Nutzer oder
 - die Funktionen des Tragwerks (einschließlich der Funktionsfähigkeit von Maschinen und Installationen) beeinflussen oder
 - die Schäden an Belägen, Beschichtungen oder an nichttragenden Bauteilen hervorrufen;
- b) Schwingungen,
 - die bei Personen körperliches Unbehagen hervorrufen oder
 - die Funktionsfähigkeit des Tragwerks einschränken;
- c) Schäden, die voraussichtlich das
 - Erscheinungsbild,
 - die Dauerhaftigkeit oder
 - die Funktionsfähigkeit des Tragwerks nachteilig beeinflussen.

ANMERKUNG Weitere Regelungen zu Gebrauchstauglichkeitskriterien sind in EN1992 bis EN1999 zu finden.

3.5 Bemessung nach Grenzzuständen

(1)P Die Bemessung ist mit für die jeweiligen Grenzzustände geeigneten Modellen für das Tragsystem und für die Belastung durchzuführen.

(2)P Es ist nachzuweisen, dass kein Grenzzustand überschritten wird, wenn die zutreffenden Bemessungswerte für

- die Einwirkungen,
- die Baustoffeigenschaften oder
- die Produkt- oder Bauteileigenschaften und
- die geometrischen Maße in diesen Modellen verwendet werden.

(3)P Die Nachweise sind für alle maßgebenden Bemessungssituationen und Lastfälle durchzuführen.

(4) Zur Erfüllung der Anforderungen in 3.5(1)P sollte das Bemessungsverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten nach Abschnitt 6 angewendet werden.

(5) Mit Zustimmung des Bauherrn und der zuständigen Behörde darf eine Bemessung mit direkter Anwendung probabilistischer Verfahren (Definition siehe Anhang C) durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Die zuständige Behörde kann spezielle Bedingungen für die Anwendung geben.

ANMERKUNG 2 Die Grundlagen von probabilistischen Verfahren enthält der Anhang C.

(6)P Für ausgewählte Bemessungssituationen sind die kritischen Lastfälle zu bestimmen.

(7) Die Lastfälle sollten die für den jeweiligen Nachweis maßgebenden Belastungsanordnungen sowie die Imperfektionen und Verformungen enthalten, die gleichzeitig mit den ständigen Lasten und ortsfesten veränderlichen Lasten anzusetzen sind.

(8)P Bei den Lastannahmen sind mögliche Richtungsabweichungen oder Lageabweichungen des Lastangriffs zu berücksichtigen.

(9) Die Tragwerks- und Lastmodelle können wirkliche physikalische Modelle oder virtuelle mathematische Modelle sein.

4 Basisvariable

4.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

4.1.1 Einteilung der Einwirkungen

(1)P Einwirkungen sind nach ihrer zeitlichen Veränderung wie folgt zu unterteilen:

- ständige Einwirkungen (G), z. B. Eigengewicht von Tragwerken, eingebauten Ausrüstungen oder Straßenbelägen oder indirekte Einwirkungen aus Schwinden oder ungleichmäßigen Setzungen;
- veränderliche Einwirkungen (Q), z. B. Nutzlasten auf Decken, Trägern oder Dächern, Wind- und Schneelasten;
- außergewöhnliche Einwirkungen (A), z. B.: Explosionen oder Fahrzeuganprall.

ANMERKUNG Indirekte Einwirkungen aus eingepprägten Verformungen können ständige oder veränderliche Einwirkungen sein.

(2) Einige Einwirkungen, z. B. Erdbebeneinwirkungen oder Schneelasten dürfen nach Bauwerksstandort als außergewöhnliche oder veränderliche Einwirkung angesehen werden, siehe EN 1991.

(3) Wasserlasten dürfen je nach ihrer Zeitveränderlichkeit als ständige oder veränderliche Einwirkung eingestuft werden.

(4)P Einwirkungen werden auch eingeteilt:

- nach ihrem Ursprung, ob direkt oder indirekt;
- nach der Veränderung ihrer räumlichen Verteilung, ob ortsfest oder frei;
- nach ihrer Natur oder der Bauwerksreaktion, ob statisch oder dynamisch.

(5) Eine Einwirkung wird durch ein Modell beschrieben, wobei ihre Größe meistens durch einen Zahlenwert, der verschiedene repräsentative Beträge annehmen kann, ausgedrückt wird.

ANMERKUNG Für einige Einwirkungen und Nachweise ist eine komplexere Formulierung erforderlich.

4.1.2 Charakteristische Werte von Einwirkungen

(1)P Der charakteristische Wert F_k einer Einwirkung ist als wichtigster repräsentativer Wert wie folgt festzulegen:

- aus EN 1991 als Mittelwert, als oberer oder unterer Wert oder als Nennwert (d. h. ohne Bezug auf eine statistische Verteilung);
- aus den Projektunterlagen, wobei die in EN 1991 angegebenen Verfahren zu beachten sind.

(2)P Der charakteristische Wert einer ständigen Einwirkung ist wie folgt zu bestimmen:

- bei kleiner Streuung von G als ein einziger Wert G_k ;
- bei größerer Streuung von G als oberer Wert $G_{k,sup}$ und unterer Wert $G_{k,inf}$

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Eine kleine Streuung von G darf angenommen werden, wenn sich G nicht erheblich während der geplanten Nutzungszeit verändert und der Variationskoeffizient klein ist. Dann darf G_k als Mittelwert angesetzt werden.

ANMERKUNG Ein solcher Variationskoeffizient kann je nach Tragwerkstyp im Bereich von 0,05 bis 0,10 liegen.

(4) Reagiert das Tragwerk sehr empfindlich auf die Veränderung von G (z. B.: bei einigen Arten von vorgespannten Betontragwerken), dann sollten auch bei $V_G \leq 0,05$ die Werte $G_{k,sup}$ und $G_{k,inf}$ verwendet werden. Dann darf $G_{k,inf}$ als 5%-Fraktile und $G_{k,sup}$ als 95%-Fraktile einer Gaußverteilung von G angenommen werden.

(5) Das Eigengewicht G_k eines Tragwerks darf durch einen einzigen charakteristischen Wert ausgedrückt und auf der Grundlage der Nennabmessungen und der Durchschnittswichten bestimmt werden, siehe EN 1991-1-1.

ANMERKUNG Zur Bestimmung von Setzungen der Gründung, siehe EN 1997.

(6) Die Vorspannung (P) sollte als ständige Einwirkung eingestuft werden, die durch kontrolliert aufgebrachte Kräfte oder durch kontrolliert aufgebrachte Verformungen erzeugt wird. Die gewählte Vorspannung sollte entsprechend zugeordnet werden (z. B.: Vorspannung durch Spannglieder oder Vorspannung durch eingeprägte Lagerverschiebungen).

ANMERKUNG Der charakteristische Wert der Vorspannung zum Zeitpunkt t kann der obere Wert $P_{k,sup}(t)$, der untere Wert $P_{k,inf}(t)$ oder der Mittelwert $P_m(t)$ sein. Genauere Angaben, siehe in EN 1992 bis EN 1996 und EN 1999.

(7)P Bei veränderlichen Einwirkungen ist der charakteristische Wert Q_k so festzulegen, dass er entweder

- für einen bestimmten Bezugszeitraum als oberer Wert eine vorgegebene Wahrscheinlichkeit nicht überschreitet oder als unterer Wert eine vorgegebene Wahrscheinlichkeit erreicht
- oder als Nennwert angegeben wird, wenn eine statistische Verteilung unbekannt ist.

ANMERKUNG 1 Zahlenwerte werden in EN 1991 angegeben.

ANMERKUNG 2 Der charakteristische Wert der klimatischen Einwirkungen beruht auf der 98%-Überschreitungsfraktile der Extremwertverteilung der wesentlichen zeitveränderlichen Basisvariablen für einen Bezugszeitraum von 1 Jahr. Dies entspricht einer mittleren Wiederkehrperiode dieser Basisvariablen von 50 Jahren. In bestimmten Fällen verlangt die Natur der Belastung oder die Bemessungssituation jedoch andere Wiederkehrperioden oder Fraktile.

(8) Außergewöhnliche Einwirkungen sollten durch ihre Bemessungswerte A_d für jedes Projekt festgelegt werden.

ANMERKUNG siehe auch EN 1991-1-7.

(9) Bei Erdbebeneinwirkungen sollte der Bemessungswert A_{Ed} für den Einzelfall aus dem charakteristischen Wert A_{Ek} bestimmt werden.

ANMERKUNG Siehe EN 1998.

(10) Für Einwirkungen mit mehreren Komponenten (z. B. Verkehrslasten auf Straßenbrücken) sollte die charakteristische Einwirkung durch eine Gruppe von Werten angegeben werden, die einzeln bei der Bemessung zu berücksichtigen sind.

4.1.3 Weitere repräsentative Werte veränderlicher Einwirkungen

(1)P Als weitere repräsentative Werte einer Einwirkung sind anzusetzen:

- a) der Kombinationswert, der durch das Produkt $\psi_0 Q_k$ beschrieben wird und für Tragfähigkeitsnachweise und Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Grenzzustände mit nicht umkehrbaren Auswirkungen verwendet wird (siehe Abschnitt 6 und Anhang C);

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

- b) der häufige Wert, der durch das Produkt $\psi_1 Q_k$ beschrieben wird und für Tragsicherheitsnachweise einschließlich solcher mit außergewöhnlichen Belastungen und für Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Grenzzustände mit umkehrbaren Grenzzuständen verwendet wird.

ANMERKUNG 1 Für den Hochbau ist beispielsweise der häufige Wert so gewählt, dass er in nicht weniger als 1 % des Bezugszeitraumes überschritten wird; für die Verkehrsbelastung von Straßenbrücken ist der häufige Wert mit einer Wiederkehrperiode von 1 Woche definiert.

ANMERKUNG 2 AC *gestrichener Text* AC AC Der durch das Produkt $\psi_{1,infq} Q_k$ beschriebene seltene Wert darf nur für die Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Betonbrücken verwendet werden. Der seltene Wert, der nur bei Verkehrslasten auf Straßen (siehe EN 1991-2) definiert ist, hat eine Wiederkehrperiode von 1 Jahr.

ANMERKUNG 3 Zum häufigen Wert von Verkehrseinwirkungen mit mehreren Komponenten siehe EN 1991-2. AC

Der „seltene“ Wert, der nur bei Verkehrslasten auf Brücken (siehe EN 1991-2), thermischen Temperatureinwirkungen (siehe EN 1991-1-5) und Windlasten (siehe EN 1991-1-4) definiert ist, hat eine Wiederkehrperiode von 1 Jahr;

- c) der quasi-ständige Wert, der durch das Produkt $\psi_2 Q_k$ beschrieben wird und für Tragfähigkeitsnachweise mit außergewöhnlichen Einwirkungen und Gebrauchstauglichkeitsnachweisen mit umkehrbaren Grenzzuständen verwendet wird. Quasi-ständige Werte werden auch für die Berechnung von Langzeitwirkungen verwendet.

ANMERKUNG Für Nutzlasten auf Decken ist der quasi-ständige Wert i. d. R. so festgelegt, dass er in nicht weniger als 50 % des Bezugszeitraumes überschritten wird. Der quasi-ständige Wert kann auch aus der Mittelung über ein bestimmtes Zeitintervall festgelegt werden. Für Windlasten und Verkehrslasten auf Brücken.

4.1.4 Darstellung der Ermüdungsbelastung

(1) Die Ermüdungsbelastungen, die für häufige Fälle (z. B.: für Einfeld- und Durchlaufträger von Brücken, turmartigen Bauwerken unter Windbelastung usw.) aus den Bauwerksreaktionen auf zeitveränderliche Einwirkungen bestimmt wurden, sollten den entsprechenden Teilen von EN 1991 entnommen werden.

(2) Für Tragwerke, die nicht in den Anwendungsbereich der entsprechenden Teile von EN 1991 fallen, sind die Ermüdungslasten aus Messungen oder gleichwertigen numerischen Untersuchungen an wirklichen Bauwerken zu bestimmen.

ANMERKUNG Baustoffspezifische Regelungen (z. B. zur Berücksichtigung des Einflusses der mittleren Spannung oder nicht-linearer Bauteilreaktionen) sind in EN 1992 bis EN 1999 enthalten.

4.1.5 Darstellung dynamischer Einwirkungen

(1) AC *gestrichener Text* AC AC Die in EN 1991 angegebenen Lastmodelle, die durch charakteristische Werte bestimmt werden, und die darin angegebenen Ermüdungslastmodelle können die Auswirkungen von Beschleunigungen enthalten, die entweder implizit von den Einwirkungen oder explizit durch Anwendung von Schwingbeiwerten verursacht werden. AC

ANMERKUNG Die Gültigkeitsgrenzen für diese Lastmodelle sind in den verschiedenen Teilen von EN 1991 angegeben.

(2) Wenn dynamische Einwirkungen erhebliche Bauwerksbeschleunigungen außerhalb der Gültigkeitsgrenzen der dynamischen Lastmodelle erzeugen, sollten dynamische Berechnungen der Tragwerke durchgeführt werden, siehe 5.1.3(6).

4.1.6 Geotechnische Einwirkungen

(1)P Geotechnische Einwirkungen sind nach EN 1997-1 zu bestimmen.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

4.1.7 Umgebungseinflüsse

(1)P Umgebungseinflüsse mit Wirkung auf die Dauerhaftigkeit des Tragwerks sind durch geeignete Baustoffwahl, das Tragwerkskonzept und dessen bauliche Durchbildung zu berücksichtigen.

ANMERKUNG EN 1992 bis EN 1999 zeigen die notwendigen Maßnahmen auf.

(2) Die Auswirkungen von Umgebungseinflüssen sind, soweit möglich, auch quantitativ zu berücksichtigen.

4.2 Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen

(1) Die Eigenschaften von Baustoffen (einschließlich Boden und Fels), Bauprodukten oder Bauteilen sollten als charakteristische Werte angegeben werden (siehe 1.5.4.1).

(2) Wenn die Grenzzustandsnachweise auf die Größen der Baustoff-, Bauprodukt- und Bauteileigenschaften empfindlich reagieren, sollten obere und untere charakteristische Eigenschaften verwendet werden.

(3) Soweit nicht anders in EN 1991 bis EN 1999 geregelt, sollten folgende Werte gelten:

- für den unteren charakteristischen Wert die 5%-Fraktile;
- für den oberen charakteristischen Wert die 95%-Fraktile.

(4)P Die Baustoff-, Produkt- und Bauteileigenschaften sind nach den gültigen Prüfnormen und genormten Verfahren zu bestimmen. Wo notwendig, sind Übertragungsbeiwerte anzuwenden, mit denen die Probeneigenschaften auf die Eigenschaften im Tragwerk oder im Boden umgerechnet werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang D und EN 1992 bis EN 1999.

(5) Wenn nicht genügend statistische Daten für die Bestimmung der charakteristischen Werte oder Bemessungswerte zur Verfügung stehen, dürfen Nennwerte verwendet werden. Werden obere oder untere Bemessungswerte direkt bestimmt (z. B.: Reibungsbeiwerte oder Dämpfungswerte), so sollten dies so erfolgen, dass die ungünstigen Werte das geforderte Zuverlässigkeitsmaß für Erreichen des betrachteten Grenzzustandes im gleichen Umfang wie bei anderen Bemessungswerten beeinflussen wird.

(6) Wo obere Grenzwerte der Festigkeit nötig sind (z. B.: für die Kapazitätsbemessung oder bei der Bestimmung von Rissmomenten bei Betonkonstruktionen), sollten obere charakteristische Werte verwendet werden.

(7) Soweit Abminderungen von Festigkeitseigenschaften aus wiederholten Lasten zu berücksichtigen sind, sind die Festlegungen in EN 1992 bis EN 1999 zu beachten.

(8) Für Steifigkeitsparameter (z. B.: Elastizitätsmoduli, Kriechbeiwerte) und Wärmeausdehnungsbeiwerte sollten Mittelwerte verwendet werden. Wo die Einwirkungsdauer der Lasten Einfluss hat, sollten geeignete andere Werte verwendet werden.

ANMERKUNG In einigen Fällen sollte ein niedriger oder höherer Wert als der Mittelwert des E-Moduls berücksichtigt werden (z. B. im Fall eines Stabilitätsversagens).

(9) Baustoff- und Produkteigenschaften werden in EN 1992 bis EN 1999 sowie in den maßgebenden harmonisierten Europäischen Technischen Produktnormen oder in anderen Dokumenten angegeben. Soweit die EN 1992 bis EN 1999 keine anders lautenden Angaben machen, sollten aus den Europäischen Produktnormen die ungünstigsten Werte verwendet werden.

(10)P Wenn keine Teilsicherheitsbeiwerte vorliegen, die statistisch abgeleitet sind, sind auf der sicheren Seite liegende Werte zu verwenden.

ANMERKUNG Bei neuartigen Baustoffen oder Produkten ist entsprechende Vorsicht angezeigt.

4.3 Geometrische Angaben

- (1)P Geometrische Abmessungen sind mit ihren charakteristischen Werten zu verwenden, bei entsprechender Empfindlichkeit oder (z. B.: bei Imperfektionen) direkt als Bemessungswerte.
- (2) Die bei der Tragwerksplanung vorgesehenen Maße (in Zeichnungen) dürfen als charakteristische Werte verwendet werden.
- (3) Wenn die statistische Verteilung ausreichend bekannt ist, dürfen geometrische Angaben verwendet werden, die einer vorgeschriebenen Fraktile der statistischen Verteilung entsprechen.
- (4) Imperfektionen für Bauteile und Tragwerke sollten EN 1992 bis EN 1999 entnommen werden.
- (5)P Auf die Maßtoleranzen an Schnittstellen zwischen Bauteilen aus verschiedenen Baustoffen ist zu achten.

5 Statische Berechnung und versuchsgestützte Bemessung

5.1 Statische Berechnung

5.1.1 Tragwerksmodelle

- (1)P Den statischen Berechnungen sind geeignete Tragwerksmodelle mit den maßgebenden Einflussgrößen zugrunde zu legen.
- (2) Die Tragwerksmodelle sollten mit ausreichender Genauigkeit die betrachteten Grenzzustände erfassen.
- (3) Die statischen Modelle müssen den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Falls erforderlich müssen diese durch Versuche bestätigt werden.

5.1.2 Statische Einwirkungen

- (1)P Den Modellen der statischen Einwirkungen sind geeignete Annahmen für das Last-Verformungsverhalten der Bauteile und ihrer Verbindungen sowie des Baugrunds zugrunde zu legen.
- (2)P Die Randbedingungen sind so zu wählen, dass sie den geplanten konstruktiven Ausbildungen entsprechen.
- (3)P Theorie 2. Ordnung ist bei Tragfähigkeitsnachweisen zu berücksichtigen, wenn die Knotenverschiebungen oder Stabverformungen erheblichen Einfluss auf die Schnittgrößen haben.

ANMERKUNG Die Anwendung der Theorie 2. Ordnung ist in EN 1991 bis EN 1999 geregelt.

- (4)P Indirekte Einwirkungen sind wie folgt zu verfolgen:

- bei linearer elastischer Berechnung direkt oder als gleichwirkende Ersatzbelastung (unter Verwendung geeigneter Steifigkeitsannahmen);
- bei nichtlinearer Berechnung direkt als eingeprägte Verformung.

5.1.3 Dynamische Einwirkungen

- (1)P Das Berechnungsmodell für die Berechnung der Schnittgrößen hat die maßgebenden tragenden Bauteile mit ihren Massen, Tragfähigkeiten, Steifigkeiten und Dämpfungseigenschaften, ferner alle maßgebenden nicht tragenden Bauteilen mit ihren Eigenschaften zu berücksichtigen.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(2)P Die Randbedingungen des Modells müssen denjenigen des Tragwerks entsprechen.

(3) Wenn dynamische Einwirkungen als quasi-statisch wirkende Einwirkungen angesetzt werden dürfen, ist darauf zu achten, dass die dynamischen Anteile entweder in den quasi-statischen Einwirkungen enthalten sind oder durch zusätzliche Schwingbeiwerte bei den statischen Einwirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Für die Bestimmung von Schwingbeiwerten kann die Kenntnis der Eigenfrequenz erforderlich sein.

(4) Bei wesentlicher Interaktion von Boden- und Bauwerksverformungen darf der Baugrund durch geeignete Federn und Dämpfer modelliert werden.

(5) In bestimmten Fällen (wie bei winderregten Schwingungen oder Erdbebeneinwirkungen) dürfen dynamische Nachweise anhand einer Modalanalyse mit linear elastischem Bauteilverhalten nach Theorie 1. Ordnung geführt werden. Für Bauwerke ohne ungewöhnliche Geometrie, Steifigkeits- und Massenverteilung darf mit der Grundschiwingung anstelle der Modalen oder mit auf dieser Grundlage ermittelten quasi-statischen Ersatzkräften gerechnet werden.

(6) Wenn zutreffend, dürfen dynamische Einwirkungen auch in Form von Zeitverläufen oder Dichteverteilungen über Frequenzen angegeben werden und die Bauwerksreaktionen durch darauf abgestimmte Methoden bestimmt werden.

(7) Wenn dynamische Einwirkungen Schwingungen erzeugen, die aufgrund ihrer Amplitude und Frequenzen Gebrauchstauglichkeitsgrenzen überschreiten könnten, sollten Gebrauchstauglichkeitsnachweise durchgeführt werden.

ANMERKUNG Hinweise für solche Nachweise sind in Anhang A und EN 1992 bis EN 1999 enthalten.

5.1.4 Baulicher Brandschutz

(1)P Die Tragwerksanalyse für den Brandfall ist mit den für diese Bemessungssituationen geregelten Modellen für die thermischen und mechanischen Einwirkungen (siehe EN 1991-1-2) und mit den Kenndaten für das Tragwerk bei erhöhten Temperaturen durchzuführen.

(2) Die Erfüllung der Anforderungen für den baulichen Brandschutz an ein Tragwerk sollte anhand einer Analyse des Gesamttragwerks, von Tragwerksabschnitten oder von Bauteilen, mit Hilfe tabellierter Daten oder Versuchsdaten durchgeführt werden.

(3) Das Verhalten des Tragwerks im Brandfall sollte unter Berücksichtigung von

- Nennbrandverläufen oder
- Modellen für Naturbrandverläufe

zusammen mit den Begleiteinwirkungen nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1991-1-2.

(4) Das Bauteilverhalten bei erhöhten Temperaturen sollte nach EN 1992 bis EN 1996 und EN 1999 mit den dort geregelten Berechnungsmodellen nachgewiesen werden.

(5) Je nach Baustoff und Nachweisverfahren darf:

- mit gleichmäßiger Temperaturverteilung über den Querschnitt oder mit Temperaturgradienten über den Querschnitt und längs der Bauteile gerechnet werden,
- die Untersuchung für einzelne Bauteile unter Brandeinwirkung getrennt oder im Zusammenwirken mit den übrigen Bauteilen des Gesamttragwerks durchgeführt werden.

(6) Das Verhalten der Bauteile bei erhöhter Temperatur sollte nicht-linear angenommen werden.

ANMERKUNG siehe auch EN 1991 bis EN 1999.

5.2 Entwurf und Berechnung mit Versuchsunterstützung

(1) Der Entwurf und die Berechnung können in Verbindung mit Versuchen durchgeführt werden.

ANMERKUNG Versuche können z. B. unter folgenden Umständen notwendig sein:

- wenn keine zutreffenden Modelle zur Verfügung stehen,
- wenn Serienbauteile eingesetzt werden sollen,
- wenn Annahmen beim Entwurf überprüft werden sollen,

siehe Anhang D.

(2)P Die Versuche sind so durchzuführen, dass mit den Ergebnissen die geforderte Zuverlässigkeit der zu betrachtenden Bemessungssituation nachweisbar ist. Dabei ist die statistische Unsicherheit infolge begrenzter Versuchsanzahl zu berücksichtigen.

(3) Die Teilsicherheitsbeiwerte (einschließlich derer für Modellunsicherheit), sind ähnlich wie in EN 1991 bis EN 1999 zu wählen.

6 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

6.1 Allgemeines

(1)P Bei Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten ist zu zeigen, dass in allen maßgebenden Bemessungssituationen bei Ansatz der Bemessungswerte für Einwirkungen oder deren Auswirkungen und für Tragwiderstände keiner der maßgebenden Grenzzustände überschritten wird.

(2) In den gewählten Bemessungssituationen und den maßgebenden Grenzzuständen sollten die einzelnen Einwirkungen für die kritischen Lastfälle nach den Regelungen dieses Abschnitts kombiniert werden, um zu den kritischen Lastfällen zu gelangen. Einwirkungen, die z. B. aus physikalischen Gründen nicht gleichzeitig auftreten können, brauchen in der Kombination nicht berücksichtigt zu werden.

(3) Die Bemessungswerte sollten aus den

- charakteristischen Werten oder
- anderen repräsentativen Werten und den Teilsicherheitsbeiwerten und gegebenenfalls weiteren Faktoren, die in diesem Abschnitt und in EN 1991 bis EN 1999 angegeben sind, ermittelt werden.

(4) Es kann auch zweckmäßig sein, die Bemessungswerte auf der sicheren Seite direkt festzulegen.

(5)P Bemessungswerte, die direkt statistisch bestimmt werden, müssen für die verschiedenen Grenzzustände mindestens die gleiche Zuverlässigkeit wie bei Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte nach dieser Norm bewirken.

6.2 Einschränkungen

(1) Die Anwendungsregeln in EN 1990 sind auf Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Tragwerke mit statischer Belastung beschränkt. Dies schließt quasi-statische Ersatzlasten und statische Lasten mit Schwingbeiwerten für dynamische Lasten, z. B. für Wind- oder Verkehrslasten ein. Für nicht-lineare Berechnungen sowie für Ermüdungsnachweise gelten die Regeln in EN 1991 bis EN 1999.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

6.3 Bemessungswerte

6.3.1 Bemessungswerte für Einwirkungen

(1) Der Bemessungswert F_d einer Einwirkung F kann allgemein wie folgt dargestellt werden:

$$F_d = \gamma_f F_{\text{rep}} \quad (6.1a)$$

mit:

$$F_{\text{rep}} = \psi F_k \quad (6.1b)$$

Dabei ist

F_k der charakteristische Wert der Einwirkung;

F_{rep} der maßgebende repräsentative Wert der Einwirkung;

γ_f der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung, der die Möglichkeit ungünstiger Größenabweichungen der Einwirkung berücksichtigt;

ψ entweder der Wert 1,00 oder ψ_0 , ψ_1 oder ψ_2 .

(2) Der Bemessungswert A_{Ed} für Erdbebeneinwirkung wird unter Berücksichtigung des Tragwerksverhaltens und anderer Kriterien nach EN 1998 bestimmt.

6.3.2 Bemessungswerte für Auswirkungen von Einwirkungen

(1) Für einen bestimmten Lastfall können die Bemessungswerte der Auswirkungen E_d von Einwirkungen allgemein wie folgt dargestellt werden:

$$E_d = \gamma_{\text{Sd}} E \{ \gamma_{\text{fi},i} F_{\text{rep},i} ; a_d \} i \geq 1 \quad (6.2)$$

Dabei ist

a_d Bemessungswerte der geometrischen Größen (siehe 6.3.4);

γ_{Sd} der Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung von Unsicherheiten:

— im Berechnungsmodell der Auswirkungen;

— im Berechnungsmodell der Einwirkungen.

ANMERKUNG Im Allgemeinen hängen die Auswirkungen auch von der Bauart ab.

(2) In der Regel kann wie folgt vereinfacht werden:

$$E_d = E \{ \gamma_{\text{fi},i} F_{\text{rep},i} ; a_d \} i \geq 1 \quad (6.2a)$$

mit:

$$\gamma_{\text{fi},i} = \gamma_{\text{Sd}} \times \gamma_{\text{fi}} \quad (6.2b)$$

ANMERKUNG In einigen Fällen, z. B. wenn geotechnische Einwirkungen zu berücksichtigen sind, können die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{fi} auf die Auswirkungen der einzelnen Einwirkungen angebracht werden, oder es kann nur ein globaler Teilsicherheitsbeiwert auf die Auswirkung der Kombination der Einwirkungen mit den jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerten angewendet werden.

(3)P Wenn zwischen günstigen und ungünstigen Auswirkungen einer ständigen Einwirkung unterschieden werden muss, sind zwei Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{G,inf}$ und $\gamma_{G,sup}$) zu verwenden.

(4) Bei Anwendung nichtlinearer Verfahren der Schnittgrößenberechnung (d. h. wenn die Auswirkungen nicht proportional zu den Einwirkungen sind) dürfen im Falle einer vorherrschenden Einwirkung die folgenden vereinfachten Regeln verwendet werden:

- a) Wenn die Auswirkung stärker als die Einwirkung ansteigt, wird der Teilsicherheitsbeiwert γ_F auf den repräsentativen Wert der Einwirkung angewendet.
- b) Wenn die Auswirkung geringer als die Einwirkung ansteigt, wird der Teilsicherheitsbeiwert γ_F auf die Auswirkung infolge des repräsentativen Wertes der Einwirkung angewendet.

ANMERKUNG Sieht man von Seil- und Membrankonstruktionen ab, fallen die meisten Tragwerke in die Kategorie a).

(5) Soweit in den maßgebenden Normen EN 1991 bis EN 1999 besondere Regeln zur Behandlung nicht linearer Verfahren angegeben sind (z. B. für vorgespannte Konstruktionen), sind diese der Regelung 6.3.2(4) vorzuziehen.

6.3.3 Bemessungswerte für Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen

(1) Der Bemessungswert X_d einer Baustoff- oder Produkteigenschaft kann allgemein wie folgt beschrieben werden:

$$X_d = \eta \frac{X_k}{\gamma_m} \quad (6.3)$$

Dabei ist

X_k der charakteristische Wert einer Baustoff- oder Produkteigenschaft (siehe 4.2(3));

η der Umrechnungsbeiwert zwischen Probeneigenschaften und maßgebenden Eigenschaften im Bauteil, der die Auswirkung von

- Volumen- und Maßstabeffekten,
- Feuchtigkeits- und Temperatureinflüssen, und
- anderen maßgebenden Parameter im Mittel berücksichtigt;

γ_m der Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoff- oder Produkteigenschaft, der Folgendes abdeckt:

- die Möglichkeit ungünstiger Abweichungen der Baustoff- oder Produkteigenschaft vom charakteristischen Wert,
- die Streuung des Umrechnungsbeiwertes η .

(2) In einigen Fällen wird der Umrechnungsbeiwert η

- implizit im charakteristischen Wert X_k selbst oder
- durch Verwendung von γ_M anstelle von γ_m berücksichtigt (siehe Gleichung (6.6b)).

ANMERKUNG Der Bemessungswert von X_d kann über

- empirische Beziehungen zwischen Messwerten an Proben und im Bauteil,
- aus Vorkenntnissen oder
- aufgrund von Angaben in Europäischen Normen
- oder geeigneten anderen Unterlagen ermittelt werden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

6.3.4 Bemessungswerte geometrischer Größen

(1) Die Bemessungswerte von geometrischen Größen, wie Abmessungen von Bauteilen, die für die Bestimmung der Schnittgrößen oder Tragwiderstände benutzt werden, dürfen durch Nennwerte wiedergegeben werden:

$$a_d = a_{\text{nom}} \quad (6.4)$$

(2)P Wenn Abweichungen bei den geometrischen Größen (z. B. durch Ungenauigkeit der Krafteinleitungsstelle oder der Auflagerpunkte) wesentlich für die Zuverlässigkeit des Tragwerks sind (z. B. bei Theorie 2. Ordnung), sind die geometrischen Bemessungswerte wie folgt festzulegen:

$$a_d = a_{\text{nom}} \pm \Delta_a \quad (6.5)$$

Dabei berücksichtigt Δ_a :

- die Möglichkeit ungünstiger Abweichungen von charakteristischen Werten oder Nennwerten;
- kumulative Wirkungen anderer Abweichungen.

ANMERKUNG 1 a_d kann auch geometrische Imperfektionen darstellen, wobei gilt $a_{\text{nom}} = 0$ (d. h. $\Delta_a \neq 0$).

ANMERKUNG 2 EN 1991 bis EN 1999 liefern weiter gehende Angaben.

(3) Die Wirkung anderer geometrischer Abweichungen wird durch

- den Teilsicherheitsbeiwert γ_F auf der Einwirkungsseite oder
 - den Teilsicherheitsbeiwert γ_M auf der Tragsicherheitsseite
- abgedeckt.

ANMERKUNG Toleranzen sind in den Ausführungsnormen, auf die EN 1990 bis EN 1999 Bezug nehmen, festgelegt.

6.3.5 Bemessungswert der Tragfähigkeit

(1) Der Bemessungswert R_d der Tragfähigkeit kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R\{X_{d,i}; a_d\} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R\left\{\eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{m,i}}; a_d\right\} \quad i \geq 1 \quad (6.6)$$

Dabei ist

γ_{Rd} der Teilsicherheitsbeiwert für die Unsicherheit des Widerstandsmodells, einschließlich geometrischer Abweichungen soweit diese nicht explizit berücksichtigt sind (siehe 6.3.4(2));

$X_{d,i}$ der Bemessungswert einer Baustoff- oder Produkteigenschaft i .

(2) Der Ausdruck (6.6) darf wie folgt vereinfacht werden:

$$R_d = R\left\{\eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{M,i}}; a_d\right\} \quad i \geq 1 \quad (6.6a)$$

wobei:

$$\gamma_{M,i} = \gamma_{Rd} \times \gamma_{m,i} \quad (6.6b)$$

ANMERKUNG In $\gamma_{M,i}$ darf η_i enthalten sein, siehe 6.3.3(2).

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit darf auch direkt mit dem charakteristischen Wert der Tragfähigkeit eines Bauproduktes oder Bauteils ohne Bezugnahme auf die Bemessungswerte einzelner Basisvariablen bestimmt werden.

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (6.6c)$$

ANMERKUNG Diese Beziehung gilt für Produkte und Bauteile aus einem Baustoff und wird auch im Anhang D „Versuchsgestützte Bemessung“ benutzt.

(4) Bei Bauprodukten oder Bauteilen aus mehreren Baustoffen (z. B. Verbundbauteilen) oder bei geotechnischen Nachweisen darf der Bemessungswert der Tragfähigkeit auch wie folgt bestimmt werden:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{M,1}} R \left\{ \eta_1 X_{k,1}; \eta_i X_{k,i} (i>1) \frac{\gamma_{m,1}}{\gamma_{m,i}}; a_d \right\} \quad (6.6d)$$

ANMERKUNG In einigen Fällen können die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M auch direkt auf mehrere Einzelfestigkeiten angewendet werden.

6.4 Nachweise für Grenzzustände der Tragfähigkeit

6.4.1 Allgemeines

(1)P Bei der Tragwerksplanung sind Nachweise für folgende Grenzzustände der Tragfähigkeit erforderlich:

- a) EQU: Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder eines seiner Teile betrachtet als starrer Körper, bei dem:
 - AC gestrichener Text AC AC kleine Abweichungen der Größe oder der räumlichen Verteilung der ständigen Einwirkungen, die den gleichen Ursprung haben; und AC
 - die Festigkeit von Baustoffen und Bauprodukten oder des Baugrunds im Allgemeinen keinen Einfluss hat;
- b) STR: Versagen oder übermäßige Verformungen des Tragwerks oder seiner Teile einschließlich der Fundamente, Fundamentkörper, Pfähle, wobei die Tragfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen entscheidend ist;
- c) GEO: Versagen oder übermäßige Verformungen des Baugrundes, bei der die Festigkeit von Boden oder Fels wesentlich an der Tragsicherheit beteiligt sind;
- d) FAT: Ermüdungsversagen des Tragwerks oder seiner Teile.

ANMERKUNG AC gestrichener Text AC AC Für den Ermüdungsnachweis werden die Kombinationen der Einwirkungen in EN 1992 bis EN 1995, EN 1998 und EN 1999 angegeben.

- e) UPL: Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder des Baugrundes aufgrund von Hebungen durch Wasserdruck (Auftriebskraft) oder sonstigen vertikalen Einwirkungen;

ANMERKUNG Siehe EN 1997.

- f) HYD: hydraulisches Heben und Senken, interne Erosion und das Rohrleitungssystem im Baugrund aufgrund von hydraulischen Gradienten.

ANMERKUNG Siehe EN 1997. AC

(2)P Für die Bemessungswerte für Einwirkungen gilt der Anhang A.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

6.4.2 Nachweis der Lagesicherheit und der Tragfähigkeit

(1)P Beim Nachweis der Lagesicherheit des Tragwerks (EQU) ist zu zeigen, dass

$$E_{d,dst} \leq R_{d,stb} \quad (6.7)$$

Dabei ist

$E_{d,dst}$ der Bemessungswert der Auswirkung der destabilisierenden Einwirkungen;

$R_{d,stb}$ der Bemessungswert der Auswirkung der stabilisierenden Einwirkungen.

(2) Die Grenzzustandsgleichung für die Lagesicherheit kann durch weitere Elemente ergänzt werden, z. B. bei Einfluss von Reibung zwischen Starrkörpern.

(3)P Beim Nachweis für Grenzzustände der Tragfähigkeit eines Querschnitts, Bauteils oder einer Verbindung (STR oder GEO) ist zu zeigen, dass

$$E_d \leq R_d \quad (6.8)$$

Dabei ist

E_d der Bemessungswert der Auswirkung der Einwirkungen;

R_d der Bemessungswert der zugehörigen Tragfähigkeit.

ANMERKUNG 1 Einzelheiten zu dem Verfahren STR und GEO sind im Anhang A angegeben.

ANMERKUNG 2 Der Ausdruck (6.8) deckt nicht alle Nachweisformen, z. B. solche mit Interaktionsformeln ab, siehe EN 1992 bis EN 1999.

6.4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen (ohne Ermüdung)

6.4.3.1 Allgemeines

(1)P Für jeden kritischen Lastfall sind die Bemessungswerte E_d der Auswirkungen der Kombination der Einwirkungen zu bestimmen, die entsprechend den nachfolgenden Regeln als gleichzeitig auftretend angenommen werden.

(2) Jede Einwirkungskombination sollte eine

— dominierende Einwirkung (Leiteinwirkung), oder

— eine außergewöhnliche Einwirkung ausweisen.

(3) Die Kombination der Einwirkungen sollte nach 6.4.3.2 bis 6.4.3.4 erfolgen.

(4)P Wenn der Nachweis sehr empfindlich auf die räumliche Verteilung einer ständigen Einwirkung reagiert, sind die ungünstig wirkenden und die günstig wirkenden Teile dieser Einwirkung getrennt zu erfassen.

ANMERKUNG Dies trifft vor allem beim Nachweis der Lagesicherheit und ähnlich gelagerten Grenzzuständen zu, siehe 6.4.2(2).

(5) Wenn mehrere Auswirkungen aus einer Einwirkung (z. B. Biegemoment und Normalkraft infolge Eigengewicht) nicht voll korreliert sind, sollte der Teilsicherheitsbeiwert der günstig wirkenden Auswirkung abgemindert werden.

ANMERKUNG Weitere Hinweise sind in EN 1992 bis EN 1999 angegeben.

(6) Eingeprägte Verformungen sollten nur berücksichtigt werden, wenn sie Einfluss haben.

ANMERKUNG Weitere Hinweise siehe 5.1.2.4(P) und EN 1992 bis EN 1999.

6.4.3.2 Kombinationen von Einwirkungen bei ständigen oder vorübergehenden Bemessungssituationen (Grundkombinationen)

(1) Zur Bestimmung der Auswirkung der Einwirkungen sollte die allgemeine Kombination

$$E_d = \gamma_{sd} E \{ \gamma_{g,j} G_{k,j} ; \gamma_p P ; \gamma_{q,1} Q_{k,1} ; \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1 ; i > 1 \quad (6.9a)$$

angewendet werden.

(2) Die Kombinationen der Auswirkung sollte aus dem

— der Bemessungswert der dominierenden veränderlichen Einwirkung (Leiteinwirkung) und

— den Bemessungswerten der Kombinationswerte der begleitenden veränderlichen Einwirkungen (Begleiteinwirkungen) ist wie folgt ermittelt werden:

$$E_d = E \{ \gamma_{g,j} G_{k,j} ; \gamma_p P ; \gamma_{Q,1} Q_{k,1} ; \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1 ; i > 1 \quad (6.9b)$$

ANMERKUNG siehe auch 6.4.3.2(4).

(3) Die Kombination der Einwirkungen in Klammern { } in (6.9b) darf entweder durch

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_p P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

ausgedrückt werden oder für Nachweise STR und GEO durch die ungünstigere der beiden Kombinationen

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_p P "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_p P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10a)/(6.10b)$$

Dabei bedeuten:

„+“ „ist zu kombinieren“

\sum „gemeinsame Auswirkung von“

ξ der Reduktionsbeiwert für ungünstig wirkende ständige Einwirkungen G.

ANMERKUNG Weitere Angaben zur Wahl der Methode sind im Anhang A zu finden.

(4) Wenn die Beziehung zwischen den Einwirkungen und den Auswirkungen der Einwirkungen nicht linear ist, sollten die Beziehungen (6.9a) oder (6.9b) je nach Typ der Nichtlinearität (unterlinearer oder überlinearer Anstieg der Schnittgrößen) direkt angewendet werden (siehe auch 6.3.2.(4)).

6.4.3.3 Kombinationen von Einwirkungen bei außergewöhnlichen Bemessungssituationen

(1) Zur Bestimmung der Auswirkung der Einwirkungen sollte die allgemeine Kombination

$$E_d = E \{ G_{k,j} ; P ; A_d ; (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) Q_{k,1} ; \psi_{2,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1 ; i > 1 \quad (6.11a)$$

angewendet werden.

(2) Die Kombination der Einwirkungen in Klammern { } kann durch:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.11b)$$

ausgedrückt werden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Die Wahl zwischen $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ oder $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ hängt von der maßgebenden außergewöhnlichen Bemessungssituation ab (Anprall, Brandbelastung oder Überleben nach einem außergewöhnlichen Ereignis).

ANMERKUNG In den maßgebenden Teilen von EN 1991 bis EN 1999 sind Hilfestellungen enthalten.

- (4) Die Einwirkungskombinationen für außergewöhnliche Bemessungssituationen sollten entweder
- explizit eine außergewöhnliche Einwirkung A (Brandbelastung oder Anprall) enthalten oder
 - eine Situation nach dem außergewöhnlichen Ereignis erfassen ($A = 0$).

AC gestrichener Text **AC** **AC** Für die Brandbemessung sollte A_d neben den Temperatureinflüssen auf die Baustoffeigenschaften auch den Bemessungswert der indirekten Auswirkungen der thermischen Einwirkung des Brandes bezeichnen. **AC**

6.4.3.4 Kombinationen von Einwirkungen für Bemessungssituationen bei Erdbeben

(1) Zur Bestimmung der Auswirkung der Einwirkungen sollte die allgemeine Kombination

$$E_d = E \{ G_{k,j}; P; A_{Ed}; (\psi_{2,1} Q_{k,1}) \} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.12a)$$

angewendet werden.

(2) Die Kombination der Einwirkungen in Klammern { } kann durch:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.12b)$$

ausgedrückt werden.

6.4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen

(1) Die Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen sollten EN1991 und Anhang A entnommen werden.

6.4.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen sollten EN 1992 bis EN 1999 entnommen werden.

6.5 Nachweise für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

6.5.1 Nachweise

(1)P Es ist nachzuweisen, dass:

$$E_d \leq C_d \quad (6.13)$$

Dabei ist

C_d der Bemessungswert der Grenze für das maßgebende Gebrauchstauglichkeitskriterium;

E_d der Bemessungswert der Auswirkung der Einwirkungen in der Dimension des Gebrauchstauglichkeitskriteriums aufgrund der maßgebenden Einwirkungskombination nach 6.5.3.

6.5.2 Gebrauchstauglichkeitskriterien

(1) In den Anhängen A1, A2 usw. werden für die dort behandelten Arten von Bauwerken Hinweise zu Verformungen angegeben, die als Gebrauchstauglichkeitskriterien angesehen und für die Grenzwerte vereinbart werden können.

ANMERKUNG Weitere Gebrauchstauglichkeitskriterien, wie Rissbreite, Spannungs- oder Dehnungsbegrenzungen, Gleitwiderstand sind in EN 1991 bis EN 1999 geregelt.

6.5.3 Kombination der Einwirkungen

(1) Die Kombination der Einwirkungen sollte sich an dem Bauwerksverhalten und an den Gebrauchstauglichkeitskriterien orientieren.

(2) Die Kombinationen für Einwirkungen, die für Gebrauchstauglichkeitsnachweise in Frage kommen, sind durch die folgenden Beziehungen symbolisch definiert (siehe auch 6.5.4):

ANMERKUNG In diesen Gleichungen werden alle Teilsicherheitsbeiwerte zu 1,0 angenommen, siehe Anhang A und EN 1991 bis EN 1999.

a) Charakteristische Kombination:

$$E_d = E \{G_{k,j}; P; Q_{k,1}; \psi_{0,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.14a)$$

in der die Kombination der Einwirkungen in der Klammer { } durch

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

ausgedrückt werden kann.

ANMERKUNG Die charakteristische Kombination wird i.d.R. für nicht umkehrbare Auswirkungen am Tragwerk verwendet.

b) Häufige Kombination:

$$E_d = E \{G_{k,j}; P; \psi_{1,1} Q_{k,1}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.15a)$$

in der die Kombination der Einwirkungen in der Klammer { } durch:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" \psi_{1,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$$

ausgedrückt werden kann.

ANMERKUNG Die häufige Kombination wird i.d.R. für umkehrbare Auswirkungen am Tragwerk verwendet.

c) Quasi-ständige Kombination:

$$E_d = E \{G_{k,j}; P; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.16a)$$

in der die Kombination der Einwirkungen in der Klammer { } durch:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.16b)$$

ausgedrückt werden kann. Die Bezeichnungen sind in 1.6 angegeben.

ANMERKUNG Die quasi-ständige Kombination wird i.d.R. für Langzeitauswirkungen, z. B. für das Erscheinungsbild des Bauwerks verwendet.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Zur Definition der repräsentativen Werte für die Einwirkung aus Vorspannung (z. B. P_k oder P_m) wird auf die Regelung in den Eurocodes für den entsprechenden Typ der Vorspannung hingewiesen.

(4)P Die Auswirkungen von eingprägten Verformungen sind, sofern wesentlich, zu berücksichtigen.

ANMERKUNG In einigen Fällen benötigen die Gleichungen (6.14) und (6.16) Modifizierungen. Hinweise dazu sind den maßgebenden Teilen von EN 1991 bis EN 1999 zu entnehmen

6.5.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen

(1) Für Gebrauchstauglichkeitsnachweise sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für die Baustoff-, Bauprodukt- und Bauteileigenschaften mit 1,0 anzunehmen, wenn in den EN 1992 bis EN 1999 keine gegenteiligen Angaben gemacht werden.

Anhang A1

(normativ)

Anwendung im Hochbau

A.1.1 Anwendungsbereich

(1) Dieser Anhang der EN 1990 enthält Regelungen für die Kombination der Einwirkungen im Hochbau. Es werden auch Empfehlungen für Teilsicherheitsbeiwerte für ständige, veränderliche und außergewöhnliche Lasten und ψ -Beiwerte für die Anwendung im Hochbau angegeben.

ANMERKUNG Hinweise zur Anwendung der Tabelle 2.1 (geplante Nutzungsdauer) dürfen im Nationalen Anhang gegeben werden.

A.1.2 Kombinationen der Einwirkungen

A.1.2.1 Allgemeines

(1) Einwirkungen, die aus physikalischen oder betrieblichen Gründen nicht gleichzeitig auftreten können, brauchen in der Einwirkungskombination nicht gemeinsam berücksichtigt zu werden.

ANMERKUNG 1 Die Einwirkungskombination darf im Hochbau für bestimmte Nutzungsarten, Gebäudeformen oder Standorte auf maximal zwei veränderliche Lasten beschränkt bleiben.

ANMERKUNG 2 Wenn aus geographischen Gründen die Regelungen der Abschnitte A1.2.1(2) und A1.2.1(3) ergänzt werden müssen, kann dies im Nationalen Anhang erfolgen.

(2) Für den Nachweis der Tragsicherheit sollten die Einwirkungskombinationen nach (6.9a) bis (6.12b) verwendet werden.

(3) Die Einwirkungskombinationen nach (6.14a) bis (6.16b) sollten für Gebrauchstauglichkeitsnachweise verwendet werden.

(4) Einwirkungskombinationen, die Kräfte infolge Vorspannung beinhalten, sollten nach den in EN 1992 bis EN 1999 enthaltenen Angaben behandelt werden.

A.1.2.2 Kombinationsbeiwerte ψ

(1) Für die Kombinationsbeiwerte sollen Zahlenwerte festgelegt werden.

ANMERKUNG AC gestrichener Text AC AC Empfehlungen für ψ -Faktoren für die wichtigsten Einwirkungen können Tabelle A1.1 entnommen werden. Zu den während der Bauausführung geltenden ψ -Faktoren siehe EN 1991-1-6, Anhang A1. AC

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle A.1.1 — Empfehlungen für Zahlenwerte für Kombinationsbeiwerte im Hochbau

| Einwirkung | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|--|----------|----------|----------|
| Nutzlasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-1) | | | |
| Kategorie A: Wohngebäude | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Kategorie B: Bürogebäude | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Kategorie C: Versammlungsbereiche | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Kategorie D: Verkaufsflächen | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Kategorie E: Lagerflächen | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Fahrzeugverkehr im Hochbau Kategorie F: Fahrzeuggewicht $\leq 30\text{kN}$ | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Kategorie G: 30kN < Fahrzeuggewicht $\leq 160\text{kN}$ | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Kategorie H : Dächer | 0 | 0 | 0 |
| Schneelasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-3) ^a | | | |
| — Finnland, Island, Norwegen, Schweden | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| — Für Orte in CEN-Mitgliedsstaaten mit einer Höhe über 1000 m ü. NN | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| — Für Orte in CEN-Mitgliedsstaaten mit einer Höhe niedriger als 1000 m ü. NN | 0,5 | 0,2 | 0 |
| Windlasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-4) | 0,6 | 0,2 | 0 |
| Temperaturanwendungen (ohne Brand) im Hochbau, siehe EN 1991-1-5 | 0,6 | 0,5 | 0 |
| ANMERKUNG Die Festlegung der Kombinationsbeiwerte erfolgt im Nationalen Anhang. | | | |
| ^a Bei nicht ausdrücklich genannten Ländern sollten die maßgebenden örtlichen Bedingungen betrachtet werden. | | | |

A.1.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

A.1.3.1 Bemessungswerte für Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen

(1) Als Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen sollten für Grenzzustände der Tragfähigkeit in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen (siehe 6.9a bis 6.10b) die Werte in Tabelle A1.2(A) bis A1.2(C) verwendet werden.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte in Tabelle A1.2 ((A) bis (C)) können z. B. entsprechend unterschiedlicher nationaler Anforderungen an das Zuverlässigkeitsniveau modifiziert werden (siehe Abschnitt 2 und Anhang B).

(2) Reagieren die Grenzzustände sehr empfindlich auf die Verteilung der ständigen Lasten, dann sollten in den Tabellen A2(A) bis A2(C) jeweils die oberen und unteren charakteristischen Werte der Einwirkungen verwendet werden, siehe 4.1.2(2)P.

(3) Für Nachweise der Lagesicherheit (EQU, siehe 6.4.1) sollten im Hochbau die Teilsicherheitsbeiwerte in Tabelle A1.2(A) verwendet werden.

(4) Tragsicherheitsnachweise für die Bauteile (STR, siehe 6.4.1), die keine geotechnischen Einwirkungen enthalten, sollten mit den Teilsicherheitsbeiwerten in Tabelle A1.2(B) geführt werden.

(5) Tragsicherheitsnachweise (STR) für Bauteile (wie Fundamente, Pfähle, Wände des Fundamentkörpers usw.), die auch geotechnische Einwirkungen und Bodenwiderstände (GEO, siehe 6.4.1) beinhalten, sollten nach einem der im Folgenden aufgeführten drei Verfahren in Verbindung mit EN 1997 geführt werden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Verfahren 1: Es werden Doppelnachweise, einmal mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach Tabelle A1.2(C) und zum anderen mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach Tabelle A1.2(B), für die geotechnischen Einwirkungen und die sonstigen Einwirkungen aus dem oder auf das Tragwerk geführt. In der Regel werden die Abmessungen der Fundamentkörper durch die Anwendung der Werte aus Tabelle A1.2(C) bestimmt, während für die Tragsicherheit die Werte der Tabelle A1.2(B) maßgebend sind.

ANMERKUNG Bei komplexeren Fällen, siehe EN 1997.

Verfahren 2: Sowohl für die geotechnischen Einwirkungen als auch für die sonstigen Einwirkungen aus dem oder auf das Tragwerk werden ausschließlich die Werte aus der Tabelle A1.2(B) verwendet.

Verfahren 3: Es werden in einem Mischverfahren für die geotechnischen Einwirkungen die Werte der Tabelle A1.2(C) und gleichzeitig für die sonstigen Einwirkungen aus dem oder auf das Tragwerk die Werte der Tabelle A1.2(B) verwendet.

ANMERKUNG Die Auswahl eines der drei Verfahren wird im Nationalen Anhang angegeben.

(6) Die Stabilität des Baugrunds für Hochbauten (z. B. die Stabilität eines Hanges, auf dem das Gebäude steht) sollte nach EN 1997 nachgewiesen werden.

(7) AC gestrichener Text AC AC Hydraulisch (HYD) und durch Auftriebskräfte (UPL) verursachter Grundbruch (z. B. für die Sohle von Baugruben) sollte nach EN 1997 nachgewiesen werden.“ AC

AC gestrichener Text AC AC **Tabelle A1.2(A) — Bemessungswerte der Einwirkungen (EQU)(Gruppe A)**

| Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen | Ständige Einwirkungen | | Leit-einwirkung ^a | Begleiteinwirkungen | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | Ungünstig | Günstig | | Vorherrschende (gegebenenfalls) | Weitere |
| (Gleichung 6.10) | $\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$ | $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |
| <p>ANMERKUNG 1 Die γ-Werte können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die folgenden Werte gelten als Empfehlungswerte für γ.</p> <p>$\gamma_{G,j,sup} = 1,10$</p> <p>$\gamma_{G,j,inf} = 0,90$</p> <p>$\gamma_{Q,1} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>$\gamma_{Q,i} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>ANMERKUNG 2 Für den Fall, dass der Nachweis des statischen Gleichgewichtes auch den Widerstand der tragenden Bauteile einschließt, darf alternativ zu den zwei getrennten Nachweisen nach den Tabellen A1.2(A) und A1.2(B) ein kombinierter Nachweis basierend auf Tabelle A1.2 (A) durchgeführt werden – sofern dies nach dem Nationalen Anhang zulässig ist –, wobei die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte empfohlen werden. Die empfohlenen Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang geändert werden.</p> <p>$\gamma_{G,j,sup} = 1,35$</p> <p>$\gamma_{G,j,inf} = 1,15$</p> <p>$\gamma_{Q,1} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>$\gamma_{Q,i} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>vorausgesetzt, dass der Nachweis mit $\gamma_{G,j,inf} = 1,00$ für den ungünstig und den günstig wirkenden Teil der ständigen Einwirkung nicht maßgebend wird.</p> | | | | | |
| <p>^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in Tabelle A1.1 angegebenen.</p> | | | | | |

AC

EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

gestrichener Text AC **Tabelle A1.2(B) — Bemessungswerte der Einwirkungen (STR/GEO) (Gruppe B)**

| Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen | Ständige Einwirkungen | | Leiteinwirkung | Begleiteinwirkungen ^a | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| | Ungünstig | Günstig | | Vorherrschende (gegebenfalls) | Weitere |
| (Gleichung 6.10) | $\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$ | $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |
| | $\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$ | | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |

ANMERKUNG 1 Die verbindliche Festlegung aus der Auswahl 6.10 oder 6.10 a) und 6.10 b) erfolgt im Nationalen Anhang. Im Falle von 6.10 a) und 6.10 b) kann der Nationale Anhang 6.10 a) so verändern, dass nur ständige Einwirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Die Festlegung der γ - und ξ -Werte erfolgt im Nationalen Anhang. Bei Wahl der Ausdrücke 6.10 oder 6.10 a) und 6.10 b) wurden die folgenden γ - und ξ -Werte empfohlen.

$\gamma_{G,j,sup} = 1,35$

$\gamma_{G,j,inf} = 1,00$

$\gamma_{Q,1} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)

$\gamma_{Q,i} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)

$\xi = 0,85$ (so dass $\xi \gamma_{G,j,sup} = 0,85 \times 1,35 = 1,15$)

Zu γ -Werten für eingeprägte Verformungen siehe auch EN 1991 bis EN 1999.

ANMERKUNG 3 Die charakteristischen Werte aller ständigen Einwirkungen, die den gleichen Ursprung besitzen, werden mit $\gamma_{G,sup}$ multipliziert, wenn ihre gesamte Auswirkung ungünstig ist; für den Fall, dass alle ständigen Einwirkungen eine günstige Wirkung verursachen, ist $\gamma_{G,inf}$ zu verwenden. Zum Beispiel können alle Einwirkungen aus dem Eigengewicht des Tragwerks als aus einem Ursprung herrührend betrachtet werden; dies gilt auch bei Verwendung unterschiedlicher Materialien.

ANMERKUNG 4 Im Sonderfall können die Werte γ_G und γ_Q in γ_g und γ_q und die Werte γ_{Sd} für die Modellunsicherheit aufgeteilt werden. In den meisten Fällen kann für γ_{Sd} ein Wert im Bereich von 1,05 bis 1,15 verwendet werden, wobei diese Festlegung im Nationalen Anhang geändert werden kann.

^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in Tabelle A1.1 angegebenen.

AC

AC gestrichener Text **AC** **AC** **Tabelle A1.2(C) — Bemessungswerte der Einwirkungen (STR/GEO) (Gruppe C)**

| Ständige und vorübergehende Bemessungssituation | Ständige Einwirkungen | | Leiteinwirkung ^a | Begleiteinwirkungen ^a | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| | Ungünstig | Günstig | | Vorherrschende (gegebenenfalls) | Weitere |
| (Gleichung 6.10) | $\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$ | $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |
| ANMERKUNG Die γ -Werte können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Folgende Werte werden empfohlen: $\gamma_{G,j,sup} = 1,00$ $\gamma_{G,j,inf} = 1,00$ $\gamma_{Q,1} = 1,30$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_{Q,i} = 1,30$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) | | | | | |
| ^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in Tabelle A1.1 angegebenen. | | | | | |

AC

A.1.3.2 Bemessungswerte für Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erdbeben

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen in Tragsicherheitsnachweisen für außergewöhnliche Bemessungssituationen (Gleichungen 6.11a bis 6.12b) sollten mit 1,0 angesetzt werden. Die Kombinationsbeiwerte sind in der Tabelle A1.1 angegeben.

ANMERKUNG Zu Bemessungssituationen bei Erdbeben, siehe auch EN 1998.

Tabelle A1.3 — Bemessungswerte der Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erdbeben **AC** gestrichener Text **AC**

AC

| Bemessungssituation | Ständige Einwirkungen | | Leiteinwirkung, außergewöhnliche Einwirkungen, Einwirkung von Erdbeben | Veränderliche Begleiteinwirkungen ^b | |
|--|-----------------------|---------------|--|--|----------------------|
| | Ungünstig | Günstig | | Vorherrschende (gegebenenfalls) | Weitere |
| Außergewöhnlich ^a (Gleichung 6.11 a)/b) | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | A_d | $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ | $\psi_{2,i} Q_{k,i}$ |
| Erdbeben (Gleichung 6.12 a)/b) | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | $A_{Ed} = \gamma_1 A_{Ek}$ | $\psi_{2,i} Q_{k,i}$ | |
| ^a Im Falle außergewöhnlicher Bemessungssituationen darf die vorherrschende Begleiteinwirkung mit ihrem häufigen Wert verwendet werden oder wie bei Erdbeben mit ihrem quasi-ständigen Wert. Die Festlegung erfolgt für die verschiedenen außergewöhnlichen Einwirkungen im Nationalen Anhang. Siehe auch EN 1991-1-2. | | | | | |
| ^b Die veränderlichen Einwirkungen sind die in Tabelle A1.1 angegebenen. | | | | | |

AC

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

A.1.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

A.1.4.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen

(1) Falls nicht anders in EN 1991 bis EN 1999 angegeben, sollten für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die Teilsicherheitsbeiwerte 1,0 angesetzt werden.

Tabelle A1.4 — Bemessungswerte für Einwirkungen, die für die Einwirkungskombinationen der Gebrauchstauglichkeitsnachweise benutzt werden AC *gestrichener Text* AC

AC

| Kombination | Ständige Einwirkungen G_d | | Veränderliche Einwirkungen Q_d | |
|------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------------|----------------------|
| | Ungünstig | Günstig | Leiteinwirkung | Weitere |
| Charakteristisch | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | $Q_{k,1}$ | $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ |
| Häufig | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ | $\psi_{2,i} Q_{k,i}$ |
| Quasi-ständig | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ | $\psi_{2,i} Q_{k,i}$ |

AC

A.1.4.2 Gebrauchstauglichkeitskriterien

(1) Gebrauchstauglichkeitsgrenzzustände im Hochbau sollten durch Kriterien z. B. für Deckensteifigkeiten, Höhenunterschiede an Deckenfugen, Schiefstellung von Stockwerken oder Gebäuden oder die Steifigkeit von Dächern definiert werden. Steifigkeitskriterien können als Verformungsbegrenzungen oder Grenzen für Schwingungen ausgedrückt werden. Schiefstellungskriterien können durch Begrenzung seitlicher Verschiebungen erfasst werden.

(2) Für jedes Projekt sollten die Gebrauchstauglichkeitskriterien entsprechend den Nutzungsanforderungen festgelegt und mit dem Bauherrn vereinbart werden.

ANMERKUNG Gebrauchstauglichkeitskriterien können im Nationalen Anhang geregelt sein.

AC Nationale Auswahlmöglichkeiten bestehen zu den folgenden Regelungen des Anhangs A2 der EN 1990.

Allgemeine Regelungen

| Regelungen | Bezug |
|--|---|
| A2.1 (1) ANMERKUNG 3 | Anwendung der Tabelle 2.1: Planungswerte der Nutzungsdauer |
| A2.2.1 (2) ANMERKUNG 1 | Kombinationen mit Einwirkungen, die nicht in der EN 1991 geregelt sind |
| A2.2.6 (1) ANMERKUNG 1 | Werte für ψ -Faktoren |
| A2.3.1 (1) | Veränderung der Bemessungswerte von Einwirkungen für Grenzzustände der Tragfähigkeit |
| A2.3.1 (5) | Wahl der Verfahren 1, 2 oder 3 |
| A2.3.1 (7) | Definition der Kräfte infolge Eisdruck |
| A2.3.1 (8) | Zahlenwerte für γ_p -Faktoren für Einwirkungen aus Vorspannung, soweit nicht in den für die Bemessung maßgebenden Eurocodes festgelegt |
| A2.3.1 Tabelle A2.4 (A) ANMERKUNGEN 1 und 2 | Werte für γ -Faktoren |
| A2.3.1 Tabelle A2.4 (B) | — ANMERKUNG 1: Wahl von 6.10 oder 6.10a/b — ANMERKUNG 2: Werte für die Faktoren γ und ξ — ANMERKUNG 4: Werte für γ_{sd} |
| A2.3.1 Tabelle A2.4 (C) | Werte für γ -Faktoren |
| A2.3.2 (1) | Bemessungswerte in Tabelle A2.5 für außergewöhnliche Bemessungssituationen, Bemessungswerte von veränderlichen Begleiteinwirkungen und Bemessungssituationen mit Erdbeben |
| A2.3.2 Tabelle A2.5, ANMERKUNG | Bemessungswerte für Einwirkungen |
| A2.4.1 (1) ANMERKUNG 1 (Tabelle A2.6) ANMERKUNG 2 | Alternative γ -Werte für Verkehrslasten für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit „Nicht häufige“ Kombination der Einwirkungen |
| A2.4.1 (2) | Gebrauchstauglichkeitsanforderungen und Kriterien für die Berechnung der Verformungen |

Regelungen für Straßenbrücken

| Regelungen | Bezug |
|------------------------|---|
| A2.2.2 (1) | Bezugnahme auf die „nicht häufige“ Kombination der Einwirkungen |
| A2.2.2 (3) | Kombinationsregeln für Spezialfahrzeuge |
| A2.2.2 (4) | Kombinationsregeln für Schnee- und Verkehrslasten |
| A2.2.2 (6) | Kombinationsregeln für Wind und Temperatureinwirkungen |
| A2.2.6 (1) ANMERKUNG 2 | Werte für $\psi_{1,infq}$ -Faktoren |
| A2.2.6 (1) ANMERKUNG 3 | Werte für Wasserkräfte |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Regelungen für Fußgängerbrücken

| Regelungen | Bezug |
|--------------|--|
| A2.2.3 (2) | Kombinationsregeln für Wind und Temperatureinwirkungen |
| A2.2.3 (3) | Kombinationsregeln für Schnee- und Verkehrslasten |
| A2.2.3 (4) | Kombinationsregeln für wettergeschützte Fußgängerbrücken |
| A2.4.3.2 (1) | Komfortkriterien für Fußgängerbrücken |

Regelungen für Eisenbahnbrücken

| Regelungen | Bezug |
|---|--|
| A2.2.4 (1) | Kombinationsregeln für Schneelasten auf Eisenbahnbrücken |
| A2.2.4 (4) | Größte gleichzeitig mit Schienenverkehr auftretende Windgeschwindigkeit |
| A2.4.4.1 (1) ANMERKUNG 3 | Anforderungen zu Verformungen und Schwingungen bei temporären Eisenbahnbrücken |
| A2.4.4.2.1(4)P | Spitzenwerte für die Beschleunigungen des Überbaus von Eisenbahnbrücken sowie die zugehörigen Frequenzbereiche |
| A2.4.4.2.2 — Tabelle A2.7 ANMERKUNG | Grenzwerte für die Verdrehung des Überbaus bei Eisenbahnbrücken |
| A2.4.4.2.2 (3)P | Grenzwerte für die gesamte Verdrehung des Überbaus bei Eisenbahnbrücken |
| A2.4.4.2.3 (1) | Vertikale Verformungen von Eisenbahnbrücken mit und ohne Schotterbett |
| A2.4.4.2.3 (2) | Begrenzung der Verdrehungen der Brückenüberbauenden von Eisenbahnbrücken ohne Schotterbett |
| A2.4.4.2.3 (3) | Zusätzliche Grenzen der Winkelverdrehung an den Enden der Überbauten |
| A2.4.4.2.4 (2) — Tabelle A2.8 ANMERKUNG 3 | Werte für α - und r -Faktoren |
| A2.4.4.2.4 (3) | Kleinste Frequenz für horizontale Schwingungen von Eisenbahnbrücken |
| A2.4.4.3.2 (6) | Anforderungen an den Reisendenkomfort bei temporären Eisenbahnbrücken |

AC

(3)P Die Gebrauchstauglichkeitskriterien für Verformungen und Schwingungen sind:

- abhängig von der geplanten Nutzung
- in Verbindung mit den Nutzungsanforderungen, siehe 3.4
- unabhängig vom Baustoff für die Bauteile

zu definieren.

A.1.4.3 Vertikale und horizontale Verformungen

(1) Entsprechend den Gebrauchstauglichkeitsanforderungen nach 3.4(1) sollten die Durchbiegungen und seitlichen Verschiebungen für die maßgebenden Einwirkungskombinationen nach (6.14a) bis (6.16b) mit den in EN 1992 bis EN 1999 spezifizierten Verfahren berechnet werden. Bei den Anforderungen sollte auf die Unterscheidung nach umkehrbaren und nicht umkehrbaren Grenzzuständen geachtet werden.

52

(2) Für Durchbiegungen gelten die Definitionen in Bild A.1.1.

w_c „Spannungslose Werkstattform“ mit Überhöhung;

w_1 Durchbiegungsanteil aus ständiger Belastung in der Einwirkungskombination nach Gleichung (6.14a) bis (6.16b);

w_2 Durchbiegungszuwachs aus Langzeitwirkung der ständigen Belastung;

w_3 Durchbiegungsanteil infolge veränderlicher Einwirkung in der Einwirkungskombination nach Gleichung (6.14a) bis (6.16b);

w_{tot} Gesamte Durchbiegung als Summe von w_1 , w_2 und w_3 ;

w_{max} Verbleibende Durchbiegung nach der Überhöhung;

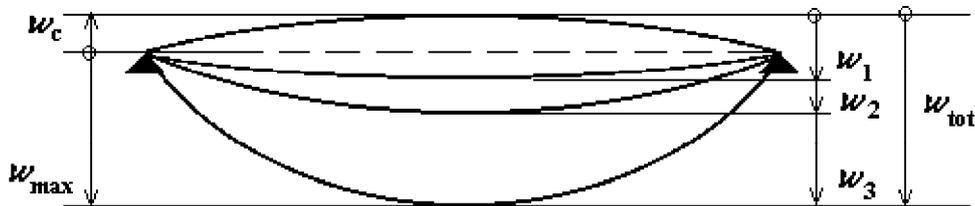


Bild A.1.1 — Definitionen der Durchbiegungen

(3) Durchbiegungen, die zu Nutzungsbeschränkungen oder Beschränkungen des Tragwerks, des Ausbaus oder nicht tragender Bauteile (z. B. Zwischenwände, Fassade) führen können, sollten mit Einwirkungen ermittelt werden, die nach der Herstellung des Bauwerks oder des Ausbaus auftreten.

ANMERKUNG Hinweise zur Anwendung der Ausdrücke (6.14a) bis (6.16b) gibt es in 6.5.3 und EN 1992 bis EN 1999.

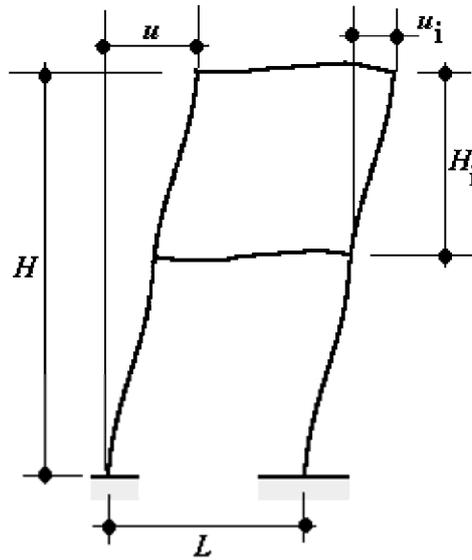
(4) Wenn das Erscheinungsbild des Tragwerks betroffen ist, sollte die quasi-ständige Kombination nach Gleichung (6.16b) verwendet werden.

(5) Bei der Vereinbarung von Bedingungen für das Wohlbefinden der Nutzer oder für Maschinenbetrieb sind auch die maßgebenden veränderlichen Belastungen mit zu vereinbaren.

(6) Sofern maßgebend sollten die Langzeitwirkungen, die aus Schwinden, Relaxation oder Kriechen herrühren, mit ständigen Einwirkungen und dem quasi-ständigen Anteil der veränderlichen Einwirkungen berechnet werden.

(7) Für seitliche Verschiebungen gelten die Definitionen in Bild A.1.2.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)



u Seitliche Gesamtverschiebung des Gebäudes über die Gebäudehöhe H .

u_1 Seitliche Stockwerksverschiebung über eine Geschosshöhe H_1 .

Bild A1.2— Definitionen für seitliche Verschiebungen

A.1.4.4 Schwingungen

(1) Die Frage befriedigenden Schwingungsverhaltens des Gebäudes oder seiner Teile im Gebrauchszustand sollte im Hinblick auf folgende Auswirkungen geprüft werden:

- a) Wohlbefinden der Nutzer;
- b) Funktionsfähigkeit des Tragwerks oder seiner Teile (z. B. Rissbildung in Zwischenwänden, Beschädigung der Fassade, Empfindlichkeit von Installationen oder Inventar).

Andere Auswirkungen sollten im Einzelfall mit dem Bauherrn vereinbart werden.

(2) Bei Schwingungen kann die Gebrauchstauglichkeit dadurch erreicht werden, dass die Eigenfrequenz des Tragwerks oder des Bauteils oberhalb von Grenzen gehalten wird, die von der Schwingungserregung und der Nutzung abhängen und mit dem Bauherrn und/oder der zuständigen Behörde vereinbart werden sollten.

(3) Liegt die Eigenfrequenz des Tragwerks oder des Bauteils unter den Grenzwerten, sollte eine genauere dynamische Berechnung unter Berücksichtigung der Dämpfung durchgeführt werden.

ANMERKUNG Weitere Hinweise sind in EN 1991-1-1, EN 1991-1-4 und in ISO 10137 zu finden.

(4) Infrage kommende Erregermechanismen können z. B. sein: Laufen von Personen oder synchronisierte Bewegungen von Personen, Maschinen, bodenübertragene Schwingungen aus Verkehr oder Winderregungen. Die Erregermechanismen sind für den Einzelfall mit dem Bauherrn zu vereinbaren.

Anhang A2
(normativ)**Anwendung für Brücken****Nationaler Anhang zu EN 1990 Anhang A2**

Nationale Auswahlmöglichkeiten bestehen zu den folgenden Regelungen des Anhangs A2 der EN 1990.

Allgemeine Regelungen

| Regelungen | Bezug |
|---|---|
| A2.1 (1) ANMERKUNG 3 | Anwendung der Tabelle 2.1: Planungswerte der Nutzungsdauer |
| A2.2.1(2) ANMERKUNG 1 | Kombinationen mit Einwirkungen, die nicht in der EN 1991 geregelt sind |
| A2.2.6(1) ANMERKUNG 1 | Werte für ψ -Faktoren |
| A2.3.1(1) | Veränderung der Bemessungswerte von Einwirkungen für Grenzzustände der Tragfähigkeit |
| A2.3.1(5) | Wahl der Verfahren 1, 2 oder 3 |
| A2.3.1(7) | Definition der Kräfte infolge Eisdruck |
| A2.3.1(8) | Zahlenwerte für γ_p -Faktoren für Einwirkungen aus Vorspannung, soweit nicht in den für die Bemessung maßgebenden Eurocodes festgelegt |
| A2.3.1 Tabelle A2.4(A) ANMERKUNG 1 und 2 | Werte für γ -Faktoren |
| A2.3.1 Tabelle A2.4(B) | — ANMERKUNG 1: Wahl von 6.10 oder 6.10a/b — ANMERKUNG 2: Werte für die Faktoren γ und ξ — ANMERKUNG 4: Werte für γ_{Sd} |
| A2.3.1 Tabelle A2.4(C) | Werte für γ -Faktoren |
| A2.3.2(1) | Bemessungswerte in Tabelle A2.5 für außergewöhnliche Bemessungssituationen, Bemessungswerte von begleitenden veränderlichen Einwirkungen und Bemessungssituationen mit Erdbeben |
| A2.3.2 Tabelle A2.5 ANMERKUNG | Bemessungswerte für Einwirkungen |
| A2.4.1(1) ANMERKUNG 1 (Tabelle A2.6) ANMERKUNG 2 | Alternative γ -Werte für Verkehrslasten für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit „Nicht häufige“ Kombination der Einwirkungen |
| A2.4.1(2) | Gebrauchstauglichkeitsanforderungen und Kriterien für die Berechnung der Verformungen |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Regelungen für Straßenbrücken

| Regelungen | Bezug |
|--------------------------|---|
| A2.2.2 (1) | Bezugnahme auf die „nicht häufige“ Kombination der Einwirkungen |
| A2.2.2(3) | Kombinationsregeln für Spezialfahrzeuge |
| A2.2.2(4) | Kombinationsregeln für Schnee- und Verkehrslasten |
| A2.2.6 | Kombinationsregeln für Wind und Temperatureinwirkungen |
| A2.2.6(1) ANMERKUNG 2 | Werte für $\psi_{1,infq}$ -Faktoren |
| A2.2.6(1) ANMERKUNG 3 | Werte für Wasserkräfte |

Regelungen für Fußgängerbrücken

| Regelungen | Bezug |
|-------------|---|
| A2.2.3(2) | Kombinationsregeln für Wind und Temperatureinwirkungen |
| A2.2.3(43) | Kombinationsregeln für Schnee- und Verkehrslasten |
| A2.2.3(4) | Komfortkriterien für Fußgängerbrücken, die wettergeschützt sind |
| A2.4.3.2(1) | Komfortkriterien für Fußgängerbrücken |

Regelungen für Eisenbahnbrücken

| Regelungen | Bezug |
|---|--|
| A2.2.4(1) | Kombinationsregeln für Schneelasten auf Eisenbahnbrücken |
| A2.2.4(4) | Größte gleichzeitig mit Schienenverkehr auftretende Windgeschwindigkeit |
| A2.4.4.1(1) ANMERKUNG 3 | Anforderungen zu Verformungen und Schwingungen bei temporären Eisenbahnbrücken |
| A2.4.4.2.1(4)P | Spitzenwerte für die Beschleunigungen des Überbaus von Eisenbahnbrücken sowie die zugehörigen Frequenzbereiche |
| A2.4.4.2.2 – Tabelle A2.7 ANMERKUNG | Grenzwerte für die Verdrehung des Überbaus bei Eisenbahnbrücken |
| A2.4.4.2.2(3)P | Grenzwerte für die gesamte Verdrehung des Überbaus bei Eisenbahnbrücken |
| A2.4.4.2.3(1) | Vertikale Verformungen von Eisenbahnbrücken mit und ohne Schotterbett |
| A2.4.4.2.3(2) | Begrenzung der Verdrehungen der Brückenüberbauenden von Eisenbahnbrücken ohne Schotterbett |
| A2.4.4.2.3(3) | Zusätzliche Grenzen der Winkelverdrehung an den Enden der Überbauten |
| A2.4.4.2.4(2) – Tabelle A2.8 ANMERKUNG 3 | Werte für α_i - und r_i -Faktoren |
| A2.4.4.2.4(3) | Kleinste Frequenz für horizontale Schwingungen von Eisenbahnbrücken |
| A2.4.4.3.2(6) | Anforderungen an den Reisendenkomfort bei temporären Eisenbahnbrücken |

A2.1 Anwendungsbereich

AC gestrichener Text **AC**

(1) Anhang A2 zur EN 1990 liefert Regelungen und Verfahren zur Erstellung der Einwirkungskombinationen für Nachweise für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit (außer Ermüdungsnachweise) zusammen mit den empfohlenen Bemessungswerten für ständige, veränderliche und außergewöhnliche Einwirkungen sowie den ψ -Faktoren für Straßenbrücken, Fußgängerbrücken und Eisenbahnbrücken. Er gilt auch für die Einwirkungen während der Bauausführung. Zum Nachweis von bauweisenunabhängigen Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit werden ebenfalls Verfahren und Regelungen angegeben.

ANMERKUNG 1 Symbole, Bezeichnungen, Lastmodelle und Lastgruppen sind die gleichen, wie sie in den maßgebenden Abschnitten der EN 1991-2 verwendet oder definiert sind.

ANMERKUNG 2 Symbole, Bezeichnungen und Lasten während der Bauausführung entsprechen den Definitionen in EN 1991-1-6.

ANMERKUNG 3 Im Nationalen Anhang können Hinweise zur Anwendung der Tabelle 2.1 (Planungswerte der Nutzungsdauer) gegeben werden.

ANMERKUNG 4 Die meisten der in den Abschnitten A2.2.2 bis A2.2.5 definierten Kombinationsregeln stellen Vereinfachungen dar, um unnötig komplizierte Berechnungen zu vermeiden. Sie können, wie in den Abschnitten A2.2.1 bis A2.2.5 beschrieben, im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt geändert werden.

ANMERKUNG 5 Anhang A2 zur EN 1990 enthält keine Regelungen zur Bestimmung der Einwirkungen auf Lager (Kräfte und Momente) sowie der zugehörigen Lagerbewegungen, und es werden auch keine Regelungen für die Berechnung von Brücken mit Einfluss der Boden – Bauwerksinteraktion, die von den Bewegungen und Verformungen der Lager abhängig sein können, angegeben.

(2) Die in diesem Anhang A2 von EN 1990 angegebenen Regelungen können unvollständig sein für:

- Brücken, die nicht in der EN 1991-2 behandelt werden (z. B. Brücken unter einer Start- bzw. Landebahn von Flugzeugen, bewegliche Brücken, überdachte Brücken, Brücken für Wasserwege etc.),
- Brücken mit gleichzeitigem Straßen- und Schienenverkehr,
- andere bauliche Anlagen mit Verkehrsbelastungen (z. B. für die Hinterfüllung von Stützwänden).

AC gestrichener Text **AC**

A2.2 Einwirkungskombinationen

A2.2.1 Allgemeines

(1) Einflüsse aus Einwirkungen, die aus physikalischen oder funktionalen Gründen nicht gleichzeitig auftreten können, brauchen nicht zusammen kombiniert werden.

(2) Kombinationen mit Einwirkungen, die außerhalb des Geltungsbereiches der EN 1991 liegen (z. B. Bodensenkungen in Bergbaugebieten, besondere Einflüsse aus Wind, Wasser, Treibgut, Überflutung, Schlamm- und Schneelawinen, Brand und Eisdruck), sollten in Übereinstimmung mit EN 1990, 1.1(3), besonders definiert werden.

ANMERKUNG 1 Die Kombinationen der Einwirkungen können im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Zu Einwirkungen infolge Erdbeben siehe EN 1998.

ANMERKUNG 3 Zu Einwirkungen aus Wasserströmungen oder Treibgut siehe auch EN 1991-1-6.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Für Tragfähigkeitsnachweise sollten die in den Gleichungen (6.9a) bis (6.12b) angegebenen Einwirkungskombinationen benutzt werden.

ANMERKUNG Die Gleichungen (6.9a) bis (6.12b) gelten nicht für Ermüdungsnachweise. Zu Ermüdungsnachweisen siehe EN 1991 bis EN 1999.

(4) Für Gebrauchstauglichkeitsnachweise sollten die in den Gleichungen (6.14a) bis (6.16b) angegebenen Einwirkungskombinationen benutzt werden. In A2.4 sind zusätzliche Regelungen zu Verformungs- und Schwingungsnachweisen angegeben.

(5) Die veränderlichen Einwirkungen aus Verkehr sollten, wenn gefordert, gleichzeitig mit den anderen Einwirkungen in Übereinstimmung mit den maßgebenden Abschnitten der EN 1991-2 berücksichtigt werden.

(6)P Es sind die maßgebenden Bemessungssituationen während der Bauausführung zu berücksichtigen.

(7)P Es sind die maßgebenden Bemessungssituationen zu berücksichtigen, wenn eine Brücke abschnittsweise zur Nutzung freigegeben wird.

(8) Es sind gegebenenfalls besondere Lasten aus der Bauausführung gleichzeitig in angemessenen Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Wenn durch geeignete Kontrollmaßnahmen Lasten aus der Bauausführung nicht gleichzeitig wirken können, so brauchen sie nicht in die Einwirkungskombinationen übernommen zu werden.

(9)P Bei der Kombination der veränderlichen Einwirkungen aus Verkehr mit anderen veränderlichen Einwirkungen, die in anderen Teilen der EN 1991 festgelegt sind, ist jede Lastgruppe, die nach EN 1991-2 verwendet wird, als eine einzelne veränderliche Einwirkung zu behandeln.

(10) Schneelasten und Windeinwirkungen brauchen nicht gleichzeitig mit aus Bauaktivitäten resultierenden Verkehrslasten Q_{ca} kombiniert werden (z. B. Lasten durch Baustellenpersonal).

ANMERKUNG Für die Anforderungen zur gleichzeitigen Berücksichtigung von Schnee- und Windeinwirkungen mit anderen Lasten aus der Bauausführung (z. B. schweres Gerät oder Kran), die während einer vorübergehenden Bemessungssituation zu berücksichtigen sind, kann es für ein Einzelprojekt erforderlich werden, eine Zustimmung einzuholen. Siehe auch EN 1991-1-3, EN 1991-1-4, EN 1991-1-6.

(11) Die Einwirkungen aus der Bauausführung sollten, gegebenenfalls, mit den Einwirkungen aus Wasser und Temperatur kombiniert werden. Bei der Festlegung dieser Kombinationen sollten die verschiedenen Parameter, die die Wassereinwirkungen und Temperatureinwirkungen bestimmen, beachtet werden.

(12) Die Kombination mit Einwirkungen aus Vorspannung sollte in Übereinstimmung mit A2.3.1(8) und EN 1992 bis EN 1999 erfolgen.

(13) Einflüsse aus ungleichmäßigen Setzungen sollten berücksichtigt werden, wenn sie im Vergleich zu den direkten Einwirkungen nicht zu vernachlässigen sind.

ANMERKUNG Für das Einzelprojekt können spezielle Grenzen für die Gesamtsetzungen und die Setzungsdifferenzen festgelegt werden.

(14) Wenn das Tragwerk sehr empfindlich auf ungleichmäßige Setzungen reagiert, sollte die bei der Setzungsbestimmung vorhandene Vorhersagensungenauigkeit berücksichtigt werden.

(15) Ungleiche Setzungen des Tragwerks infolge Bodensenkung sollten als ständige Einwirkung G_{set} klassifiziert werden und in die Kombinationen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit eingeschlossen werden. G_{set} sollte als Gruppe von Werten spezifiziert werden, die den Setzungsdifferenzen (bezogen auf ein Bezugsniveau) zwischen verschiedenen Einzelfundamenten oder Teilen einer Gründung $d_{set,i}$ (i ist die Nummer des Einzelfundamentes oder Gründungsteils) entsprechen.

ANMERKUNG 1 Setzungen werden hauptsächlich durch ständige Lasten und Hinterfüllungen verursacht. Die Berücksichtigung veränderlicher Einwirkungen kann bei bestimmten Einzelprojekten notwendig sein.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

ANMERKUNG 2 Setzungen sind monoton zeitabhängig (in einer Richtung wirkend) und brauchen nur von dem Zeitpunkt an berücksichtigt zu werden, von dem an sie einen Einfluss auf die Tragwerksbeanspruchung haben (z. B. nachdem das Tragwerk oder Teile des Tragwerks statisch unbestimmt werden). Des Weiteren kann bei Tragwerken oder Tragwerksteilen aus Stahlbeton eine Interaktion zwischen der Entwicklung der Setzungen und dem Kriechen der Betonteile auftreten.

(16) Die Setzungsdifferenzen zwischen Einzelfundamenten oder Teilen des Gründungskörpers $d_{\text{set},i}$ sollten als wahrscheinliche Werte entsprechend EN 1997 und unter Beachtung des Bauablaufes angegeben werden.

ANMERKUNG Verfahren zur Bestimmung der Setzungen sind in EN 1997 angegeben.

(17) Wenn keine besonderen Messungen durchgeführt werden, sollte die ständige Einwirkung aus Setzung wie folgt bestimmt werden:

- wahrscheinliche Werte $d_{\text{set},i}$ für alle Einzelfundamente oder Teile des Gründungskörpers,
- zwei Einzelfundamenten oder Teile eines einzelnen Gründungskörpers, die nach ungünstigster Wirkung ausgesucht werden, werden die Setzungen $d_{\text{set},i} \pm \Delta d_{\text{set},i}$ zugeordnet, wobei $\Delta d_{\text{set},i}$ die Ungenauigkeit der Setzungsvorhersage berücksichtigt.

A2.2.2 Kombinationsregeln für Straßenbrücken

(1) Die „nicht-häufigen“ Werte der veränderlichen Einwirkungen sind für bestimmte Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit von Betonbrücken vorgesehen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann auf die „nicht-häufige“ Kombinationen der Einwirkungen verweisen. Die Gleichung für diese Einwirkungskombination lautet:

$$E_d = E \{ G_{k,j} ; P ; \psi_{1,\text{infq}} Q_{k,1} ; \psi_{1,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1 ; i > 1 \quad (\text{A2.1a})$$

wobei der Klammerausdruck $\{ \}$ folgende Einwirkungskombination enthält:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,\text{infq}} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{1,i} Q_{k,i} \quad (\text{A2.1b})$$

(2) Lastmodell 2 (oder der zugehörigen Lastgruppe gr1b) und die konzentrierte Last Q_{fwk} (siehe 5.3.2.2 in EN 1991-2) auf Gehwegen brauchen nicht mit irgendeiner anderen veränderlichen Einwirkung kombiniert zu werden.

(3) Schneelasten und Einwirkungen aus Wind brauchen nicht kombiniert werden mit:

- Brems- und Beschleunigungskräften oder Zentrifugalkräften oder der zugehörigen Lastgruppe gr2,
- Lasten auf Geh- und Radwegen oder der zugehörigen Lastgruppe gr3,
- Menschenansammlungen (Lastmodell 4) oder der zugehörigen Lastgruppe gr4.

ANMERKUNG Die Regeln für die Kombination von Spezialfahrzeugen (siehe EN 1991-2, Anhang A) mit normalem Verkehr (abgedeckt durch LM1 und LM2) und anderen veränderlichen Einwirkungen können im Nationalen Anhang festgelegt oder für das Einzelprojekt vereinbart werden.

(4) Schneelasten brauchen nicht mit den Lastmodellen 1 und 2 oder mit den zugehörigen Lastgruppen gr1a und gr1b kombiniert zu werden, es sei denn, es gibt andere Festlegungen für spezielle Schneegebiete.

ANMERKUNG Gebiete, in denen Schneelasten mit Lastgruppen gr1a und gr1b möglicherweise zu kombinieren sind, können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

DIN EN 1990:2010-12 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(5) Mit dem Lastmodell 1 oder mit der zugehörigen Lastgruppe gr1 sollten keine Windeinwirkungen größer als der kleinere Wert von F_{W}^* oder $\psi_0 F_{Wk}$ kombiniert werden.

ANMERKUNG Zu Windeinwirkungen siehe EN1991-1-4.

(6) Einwirkungen aus Wind und Temperatur brauchen nicht gleichzeitig berücksichtigt zu werden, es sei denn, es gibt andere Festlegungen für lokale Klimaverhältnisse.

ANMERKUNG Abhängig von den lokalen Klimaverhältnissen kann für ein Einzelprojekt eine abweichende Regelung für die gleichzeitige Einwirkung aus Wind und Temperatur definiert werden.

A2.2.3 Kombinationsregeln für Fußgängerbrücken

(1) Die Verkehrslast aus der konzentrierten Last Q_{fwk} braucht nicht mit einer anderen veränderlichen Einwirkung kombiniert zu werden.

(2) Einwirkungen aus Wind und Temperatur brauchen nicht gleichzeitig berücksichtigt zu werden, es sei denn, es gibt andere Festlegungen für lokale Klimaverhältnisse.

ANMERKUNG Abhängig von den lokalen Klimaverhältnissen kann für ein Einzelprojekt eine abweichende Regelung für die gleichzeitige Einwirkung aus Wind und Temperatur definiert werden.

(3) Schneelasten brauchen nicht mit den Lastgruppen gr1 und gr2 kombiniert zu werden, es sei denn, es gibt andere Festlegungen für einzelne Gebiete oder bestimmte Typen von Fußgängerbrücken.

ANMERKUNG Gebiete oder bestimmte Typen von Fußgängerbrücken, bei denen die Schneelasten mit Lastgruppen gr1a und gr2 in Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen sind, können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(4) Für Fußgängerbrücken, bei denen der Fußgänger- und Radverkehr vor Witterungseinflüssen geschützt ist, sollten spezielle Kombinationsregeln festgelegt werden.

ANMERKUNG Diese Einwirkungskombinationen können im Nationalen Anhang festgelegt, oder für das Einzelprojekt vereinbart werden. Es wird empfohlen, ähnliche Kombinationsregeln, wie im Hochbau anzuwenden (siehe Anhang A1), indem die Nutzlasten durch die maßgebende Verkehrslastgruppe ersetzt werden und die ψ -Faktoren der Verkehrseinwirkung aus der Tabelle A2.2 verwendet werden.

A2.2.4 Kombinationsregeln für Eisenbahnbrücken

(1) In Einwirkungskombinationen für ständige oder vorübergehende Bemessungssituationen, die nach Fertigstellung der Brücke auftreten, brauchen Schneelasten nicht berücksichtigt zu werden, es sei denn, es gibt Festlegungen für besondere Schneegebiete oder bestimmte Typen von Eisenbahnbrücken.

ANMERKUNG Gebiete oder bestimmte Typen von Eisenbahnbrücken, bei denen die Schneelasten in den Einwirkungskombinationen möglicherweise zu berücksichtigen sind, sind im Nationalen Anhang festzulegen.

(2) Die Kombinationen der Einwirkungen aus Verkehrslasten und Einwirkungen aus Wind sollten enthalten:

— vertikale Einwirkungen aus Schienenverkehr einschließlich des dynamischen Faktors und horizontale Einwirkung aus Schienenverkehr und Wind, wobei jede dieser Einwirkungen jeweils als Leiteinwirkung anzusetzen ist.

— AC gestrichener Text AC AC vertikale Einwirkungen aus Schienenverkehr ohne dynamische Faktoren und Seitenkräfte aus dem Lastbild „unbeladener Zug“, definiert in EN 1991-2 (6.3.4 und 6.5) mit Windkräften zum Nachweis der Stabilität. AC

(3) Windeinwirkungen brauchen nicht kombiniert zu werden mit:

— Lastgruppen gr 13 oder gr 23;

— Lastgruppen gr 16, gr 17, gr 26, gr 27 und Lastmodell SW/2 (siehe EN 1991-2, 6.3.3).

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(4) Windeinwirkungen größer als der kleinere Wert von F_W^{**} oder $\psi_0 F_{Wk}$ sollten nicht zusammen mit Verkehrslasten kombiniert werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Grenzwerte für die größtmögliche Windgeschwindigkeit angeben, bei denen der Schienenverkehr noch möglich ist und für die F_W^{**} bestimmt wird. Siehe auch 1991-1-4.

(5) Einwirkungen infolge aerodynamischer Wirkung des Schienenverkehrs (siehe EN 1991-2, 6.6) und Windeinwirkungen sollten miteinander kombiniert werden. Jede dieser Einwirkungen sollte jeweils als Leiteinwirkung angesetzt werden.

(6) Falls ein tragendes Bauteil nicht direkt der Windeinwirkung ausgesetzt ist, sollte die Einwirkung q_{ik} infolge der aerodynamischen Wirkungen mit der Summe aus Zuggeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit bestimmt werden.

(7) Wenn für Einwirkungen aus Schienenverkehr keine Lastgruppen benutzt werden, sollte die gesamte Einwirkung aus Schienenverkehr als eine einzige mehrkomponentige veränderliche Einwirkung angesehen werden, deren Einzelkomponenten mit maximalen (ungünstigen) oder minimalen (günstigen) Werten je nach Situation anzusetzen sind.

A2.2.5 Kombination der Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen (ohne Erdbeben)

(1) Wenn es nötig ist, eine außergewöhnliche Einwirkung zu berücksichtigen, braucht in der außergewöhnlichen Einwirkungskombination keine weitere außergewöhnliche Einwirkung und auch keine Windeinwirkung oder Schneelast berücksichtigt zu werden.

(2) In einer außergewöhnlichen Bemessungssituation mit Fahrzeuganprall (Straße oder Schiene) unter einer Brücke, sollten Verkehrslasten auf der Brücke als begleitende Einwirkungen mit ihrem häufigen Wert berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Zu Einwirkungen aus Fahrzeuganprall siehe AC gestrichener Text AC EN 1991-1-7.

ANMERKUNG 2 Weitere Kombinationen mit außergewöhnlichen Einwirkungen (z. B. Kombinationen mit Lawinen, Überflutung oder Unterspülung) sind für ein Einzelprojekt mit dem Auftraggeber oder der zuständigen Behörde zu vereinbaren.

ANMERKUNG 3 Zu (1) siehe auch Tabelle A2.1.

(3) Bei außergewöhnlichen Einwirkungen aus der Entgleisung eines Zuges auf einer Brücke sollte der Schienenverkehr auf den anderen Gleisen als begleitende Einwirkung mit zugehörigen Kombinationsbeiwerten berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Zu Einwirkungen aus Fahrzeuganprall siehe AC gestrichener Text AC EN 1991-1-7.

ANMERKUNG 2 Die außergewöhnliche Einwirkung aus Fahrzeuganprall auf der Brücke schließt Einwirkungen aus Entgleisung nach EN1991-2, 6.7.1, ein.

(4) Außergewöhnliche Bemessungssituationen aus Schiffskollision mit den Brückenpfeilern sollten besonders festgelegt werden.

ANMERKUNG Diese Bemessungssituationen können für das Einzelprojekt festgelegt werden, siehe EN 1991-1-7.

A2.2.6 Zahlenwerte für ψ -Faktoren

(1) Die Zahlenwerte für ψ -Faktoren sind festzulegen.

ANMERKUNG 1 Die ψ -Faktoren können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Empfehlungen für die Zahlenwerte der ψ -Faktoren für Verkehrslastgruppen und weitere gebräuchliche Einwirkungen werden in folgenden Tabellen angegeben:

- Tabelle A2.1 für Straßenbrücken,
- Tabelle A2.2 für Fußgängerbrücken,
- Tabelle A2.3 für Eisenbahnbrücken, sowohl für Lastgruppen als auch für die einzelnen Komponenten der Gesamteinwirkung des Verkehrs.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle A2.1 — Empfehlung für die Zahlenwerte der ψ -Faktoren für Straßenbrücken

| Einwirkung | Bezeichnung | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 | |
|---|--|---|-----------------------------------|--------------------------------------|---|
| Verkehrslasten (siehe EN 1991-2, Tabelle 4.4) | gr1a (LM1+Lasten auf Gehwegen oder Radwegen) ^a | Doppelachse | 0,75 | 0,75 | 0 |
| | | Gleichmäßig verteilte Last | 0,40 | 0,40 | 0 |
| | | Gehweg- und Radwegbelastung ^b | 0,40 | 0,40 | 0 |
| | gr1b (Einzelachse) | | 0 | 0,75 | 0 |
| | gr2 (Horizontalkräfte) | | 0 | 0 | 0 |
| | gr3 (Gehwegbelastung) | | 0 | gestrichener Text 0,40 | 0 |
| | gr4 (LM4 – Menschengedränge) | | 0 | gestrichener Text — | 0 |
| gr5 (LM3 – Spezialfahrzeuge) | | 0 | gestrichener Text — | 0 | |
| Windkräfte | F_{Wk} Ständige Bemessungssituationen | 0,6 | 0,2 | 0 | |
| | Bauausführung | 0,8 | — | 0 | |
| | F_W^* | 1,0 | — | — | |
| Temperatur- einwirkungen | T_k | 0,6 ^c | 0,6 | 0,5 | |
| Schneelasten | $Q_{Sn,k}$ (während der Bauausführung) | 0,8 | — | — | |
| Lasten aus Bauausführung | Q_c | 1,0 | | 1,0 | |
| <p>^a Die empfohlenen Werte für ψ_0, ψ_1, ψ_2 für gr1a und gr1b gelten für Straßenverkehr, der den Anpassungsfaktoren α_{Qj}, α_{qj}, α_{qr} und β_Q gleich 1 entspricht. Die Werte für die gleichmäßig verteilte Last entsprechen seltenen Verkehrssituationen mit normalem Verkehr und Anhäufung von LKWs. Für andere Straßenklassen oder ungewöhnliche Verkehrssituationen können in Verbindung mit der Wahl der α-Faktoren andere Zahlenwerte zutreffend sein. Zum Beispiel kann für die gleichmäßig verteilte Last im System LM1 ein Wert ψ_2 ungleich Null angenommen werden, wenn die Brücke ständig durch einen kontinuierlich fließenden Schwerverkehr beansprucht wird. Siehe auch EN 1998.</p> <p>^b Der Kombinationswert für Gehweg- und Radwegbelastung, aufgeführt in Tabelle 4.4a der EN 1991-2, ist ein „abgeminderter Wert“. Die ψ_0- und ψ_1-Faktoren sind auf diesen Wert anwendbar.</p> <p>^c Der empfohlene Zahlenwert für ψ_0 für Temperatureinwirkungen darf für die Grenzzustände der Tragfähigkeit EQU, STR und GEO in den meisten Fällen auf 0 abgemindert werden. Siehe auch die Eurocodes für die Bemessung.</p> | | | | | |

ANMERKUNG 2 Wenn der Nationale Anhang für einige Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit für Stahlbetonbrücken auf „nicht häufige“ Kombinationen von Einwirkungen verweist, können darin auch die Zahlenwerte von $\psi_{1,infq}$ festgelegt werden. Die empfohlenen Zahlenwerte von $\psi_{1,infq}$ sind:

- 0,80 für gr1a (LM1), gr1b (LM2), gr3 (Gehwegbelastung), gr4 (LM4, Menschengedränge) und T (Temperatureinwirkungen);
- 0,60 für F_{Wk} in ständigen Bemessungssituationen;
- 1,00 in anderen Fällen (d. h. der charakteristische Wert wird als „nicht häufiger“ Wert verwendet).

ANMERKUNG 3 Die charakteristischen Werte für Einwirkungen aus Wind und Schnee während der Bauausführung sind in EN 1991-1-6 definiert. Gegebenenfalls können repräsentative Werte für Einwirkungen infolge Wasser (F_{wa}) im Nationalen Anhang oder für ein Einzelprojekt definiert werden.

Tabelle A2.2 — Empfehlung für die Zahlenwerte der ψ -Faktoren für Fußgängerbrücken

| Einwirkung | Bezeichnung | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|---|--|------------------|----------|----------|
| Verkehrslasten | gr1 | 0,40 | 0,40 | 0 |
| | Q_{fwk} | 0 | 0 | 0 |
| | gr2 | 0 | 0 | 0 |
| Windkräfte | F_{Wk} | 0,3 | 0,2 | 0 |
| Temperatur | T_k | 0,6 ^a | 0,6 | 0,5 |
| Schneelasten | $Q_{Sn,k}$ (während der Bauausführung) | 0,8 | — | 0 |
| Lasten aus Bauausführung | Q_c | 1,0 | | 1,0 |
| ^a Der empfohlene Zahlenwert für ψ_0 für thermische Einwirkungen kann für die Grenzzustände der Tragfähigkeit EQU, STR und GEO in den meisten Fällen auf 0 abgemindert werden. Siehe auch Eurocodes für die Bemessung. | | | | |

ANMERKUNG 4 Für Fußgängerbrücken ist der „nicht häufige“ Wert der veränderlichen Einwirkungen nicht maßgebend.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle A2.3 — Empfehlung für die Zahlenwerte der ψ -Faktoren für Eisenbahnbrücken

| Einwirkungen | | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2^d | |
|--|--|--|----------|------------|--|
| Komponente der Verkehrseinwirkung^e | LM 71 | 0,80 | a | 0 | |
| | SW/0 | 0,80 | a | 0 | |
| | SW/2 | 0 | 1,00 | 0 | |
| | Unbeladener Zug | 1,00 | – | – | |
| | HSLM | 1,00 | 1,00 | 0 | |
| | Anfahr- und Bremskräfte Zentrifugalkraft Interaktionskräfte infolge von Verformungen unter vertikalen Verkehrslasten | Für einzelne Komponenten der mehrkomponentigen Verkehrseinwirkung, die an Stelle von Lastgruppen als Leiteinwirkung verwendet werden, sollten die ψ -Faktoren verwendet werden, die für die zugehörigen vertikalen Lasten empfohlen werden. | | | |
| | Seitenstoß | 1,00 | 0,80 | 0 | |
| | Lasten auf Dienstwege | 0,80 | 0,50 | 0 | |
| | Betriebslastenzug | 1,00 | 1,00 | 0 | |
| | Horizontaler Erddruck infolge Überschreitung der Verkehrslasten Aerodynamische Wirkungen | 0,80 | a | 0 | |
| Einwirkung des Hauptverkehrs (Lastgruppen) | gr11 (LM71 + SW/0) | 0,80 | 0,80 | 0 | |
| | gr12 (LM71 + SW/0) | | | | Max. vertikal 1 mit max. längs |
| | gr13 (Bremsen/Anfahren) | | | | Max. vertikal 2 mit max. quer |
| | gr14 (Zentrifugalkraft/Seitenstoß) | | | | Max. längs |
| | gr15 (unbeladener Zug) | | | | Max. seitlich |
| | gr16 (SW/2) | | | | Seitenstabilität mit „unbeladenem Zug“ |
| | gr17 (SW/2) | | | | SW/2 mit max. längs |
| | gr21 (LM71 + SW/0) | 0,80 | 0,70 | 0 | |
| | gr22 (LM71 + SW/0) | | | | Max. vertikal 1 mit max. längs |
| | gr23 (Bremsen/Anfahren) | | | | Max. vertikal 2 mit max. quer |
| | gr24 (Zentrifugalkraft/Seitenstoß) | | | | Max. längs |
| | gr26 (SW/2) | | | | Max. zur Seite |
| | gr27 (SW2) | | | | SW/2 mit max. längs |
| | gr31 (LM71 + SW/0) | | | | SW/2 mit max. quer |
| | Zusätzliche Lastfälle | 0,80 | 0,60 | 0 | |
| Andere Einwirkungen aus Betrieb | Aerodynamische Wirkung | 0,80 | 0,50 | 0 | |
| | Allgemeine Lasten aus Instandhaltung für Dienstgehewege | 0,80 | 0,50 | 0 | |
| Windkräfte^b | F_{Wk} | 0,75 | 0,50 | 0 | |
| | F_W^{**} | 1,00 | 0 | 0 | |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle A2.3 (fortgesetzt)

| Einwirkungen | | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2^d |
|--|--|----------|----------|------------|
| Temperatur^c | T_k | 0,60 | 0,60 | 0,50 |
| Schneelasten | $Q_{Sn,k}$ (während der Bauausführung) | 0,8 | — | 0 |
| Lasten aus Bauausführung | Q_c | 1,0 | | 1,0 |
| <p>a 0,8 wenn nur 1 Gleis belastet wird 0,7 wenn 2 Gleise gleichzeitig belastet werden 0,6 wenn 3 oder mehr Gleise gleichzeitig belastet werden</p> <p>b Wenn Windkräfte gleichzeitig mit Verkehrseinwirkungen wirken, sollte die Windkraft $\psi_0 F_{Wk}$ nicht größer als F_W^{**} (siehe EN 1991-1-4) angenommen werden. Siehe A2.2.4(4)</p> <p>c Siehe EN 1991-1-5</p> <p>d Falls Verformungen aus ständigen oder vorübergehenden Bemessungssituationen berücksichtigt werden, sollte ψ_2 für Einwirkungen aus Schienenverkehr mit 1,00 angenommen werden. Für seismische Bemessungssituationen siehe Tabelle A2.5.</p> <p>e Die kleinste, gleichzeitig mit den einzelnen Verkehrslastkomponenten wirkende günstige vertikale Last (z.B. Zentrifugalkraft, Traktion oder Bremsen) ist 0,5 LM71 usw.</p> | | | | |

ANMERKUNG 5 Für spezielle Bemessungssituationen (z. B. Berechnung der Brückenüberhöhung aus gestalterischen Gründen oder für die Entwässerung oder die Einhaltung des Lichtraumes) können die Anforderungen für die hierzu anzuwendenden Einwirkungskombinationen für das Einzelprojekt definiert werden.

ANMERKUNG 6 Bei Eisenbahnbrücken wird der „nicht häufige“ Wert von veränderlichen Einwirkungen nicht verwendet.

(2) ~~AC~~ *gestrichener Text* ~~AC~~ ~~AC~~ Im Falle von Eisenbahnbrücken sollte für jeweils eine Lastgruppe, wie in EN 1991-2 definiert, ein einheitlicher ψ -Wert angewendet werden; dieser sollte dem für die führende Komponente der Lastgruppe geltenden ψ -Wert entsprechen. ~~AC~~

(3) ~~AC~~ *gestrichener Text* ~~AC~~ ~~AC~~ Im Falle von Eisenbahnbrücken sollten für die Bemessung mit Lastgruppen die in EN 1991-2, 6.8.2, Tabelle 6.11 festgelegten Lastgruppen verwendet werden. ~~AC~~

(4) ~~AC~~ *gestrichener Text* ~~AC~~ ~~AC~~ Falls maßgebend, sollten für Eisenbahnbrücken Kombinationen einzelner Verkehrseinwirkungen (einschließlich einzelner Komponenten) angewendet werden. Einzelne Verkehrseinwirkungen können auch z. B. für die Bemessung der Lager, für die Bestimmung der maximalen seitlichen und minimalen vertikalen Lasten aus Verkehr, für Lagerzwängungen, für den Lagesicherheitsnachweis an Widerlagern (speziell bei mehrfeldrigen Brücken) usw. maßgebend werden, siehe Tabelle A2.3. ~~AC~~

ANMERKUNG Einzelne Komponenten des Verkehrs können auch z. B. für die Bemessung der Lager, für die Bestimmung der maximalen seitlichen und minimalen vertikalen Lasten aus Verkehr, für Lagerzwängungen, für den Lagesicherheitsnachweis an Widerlagern (speziell bei mehrfeldrigen Brücken) usw. maßgebend werden, siehe Tabelle 2.3.

A2.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

ANMERKUNG Ohne Ermüdungsnachweise

A2.3.1 Bemessungswerte der Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen

(1) Die Bemessungswerte der Einwirkungen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen (Gleichungen 6.9a bis 6.10b) sollten den Tabellen A2.4(A) bis (C) entsprechen.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

ANMERKUNG Die in den Tabellen A2.4 ((A) bis (C)) angegebenen Werte können im Nationalen Anhang (z. B. bei abweichenden Zuverlässigkeitsanforderungen, siehe Abschnitt 2 und Anhang B) geändert werden.

(2) Bei Anwendung der Tabellen A2.4(A) bis A2.4(C) sollte in Fällen, in denen der Grenzzustand sehr empfindlich auf die Veränderung der Größe der ständigen Einwirkungen reagiert, entsprechend 4.1.2(2)P der obere und untere charakteristische Wert dieser Einwirkungen benutzt werden.

(3) Die Lagesicherheit der Brücken (EQU, siehe 6.4.1 und 6.4.2(2)) sollte mit den in Tabelle A2.4(A) angegebenen Bemessungswerten der Einwirkungen nachgewiesen werden.

(4) Tragsicherheitsnachweise (STR, siehe 6.4.1) für Bauteile ohne geotechnische Einwirkungen sollten mit den in Tabelle A2.4(B) angegebenen Bemessungswerten der Einwirkungen durchgeführt werden.

(5) Tragsicherheitsnachweise (STR) für Bauteile (Gründungskörper, Gründungspfähle, Pfeiler, Seitenwände, Flügelmauern, Seiten- und Stirnwände von Widerlagern, Schotterrückhaltewände, usw.) mit geotechnischen Einwirkungen und Bodenwiderständen (GEO, siehe 6.4.1) sollten mit einem der drei folgenden Verfahren, mit Bestimmung der geotechnischen Einwirkungen und Bodenbeanspruchbarkeiten nach EN 1997, nachgewiesen werden:

- Verfahren 1: Es werden für das Tragwerk Doppelnachweise, einmal mit den Bemessungswerten nach Tabelle A2.4(C) und zum anderen mit den Bemessungswerten nach Tabelle A2.4(B) für die geotechnischen Einwirkungen und die sonstigen Einwirkungen geführt.
- Verfahren 2: Für das Tragwerk werden sowohl für die geotechnischen Einwirkungen als auch für die sonstigen Einwirkungen ausschließlich die Werte aus der Tabelle A2.4(B) verwendet.
- Verfahren 3: Für das Tragwerk werden gemischt für die geotechnischen Einwirkungen die Werte der Tabelle A2.4(C) und gleichzeitig für die sonstigen Einwirkungen die Werte der Tabelle A2.4(B) verwendet.

ANMERKUNG Die Auswahl eines der Verfahren 1, 2 oder 3 kann im Nationalen Anhang erfolgen.

(6) Die Stabilität des Baugrundes (z. B. Stabilität eines Hanges, auf dem ein Brückenpfeiler steht) sollte nach EN 1997 nachgewiesen werden.

(7) AC gestrichener Text AC Hydraulisch (HYD) und durch Auftriebskräfte (UPL) verursachter Grundbruch (z. B. für die Sohle von Baugruben) sollte nach EN 1997 nachgewiesen werden. AC.

ANMERKUNG Zu Einwirkungen aus Wasser und Treibgut siehe EN 1991-1-6. Nachweise für die allgemeine und örtliche Auskolkung können für ein Einzelprojekt notwendig werden. Anforderungen zur Berücksichtigung des Eisdruckes auf Brückenpfeiler usw. können im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

(8) Die γ_p -Faktoren, die auf Einwirkungen aus Vorspannung anzuwenden sind, sollten für die maßgebenden repräsentativen Werte dieser Einwirkungen entsprechend EN 1990 bis EN 1999 festgelegt werden.

ANMERKUNG Wenn keine γ_p -Faktoren in den Eurocodes für die Bemessung bereitgestellt werden, können diese Werte im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden. Sie hängen unter anderem ab von:

- der Art der Vorspannung (siehe Anmerkung zu 4.1.2(6));
- der Klassifikation der Vorspannung als direkte oder indirekte Einwirkung (siehe 1.5.3.1);
- der Art der Tragwerksberechnung (siehe 1.5.6);
- dem ungünstigen oder günstigen Einfluss der Einwirkungen aus Vorspannung und der Verwendung als Leit- oder Begleitwirkung in der Kombination.

Bauausführung siehe auch EN 1991-1-6.

Tabelle A2.4(A) — Bemessungswerte der Einwirkungen (EQU) (Gruppe A)

| Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen | Ständige Einwirkungen | | Vorspannung | Leitwirkung ^a | Begleiteinwirkungen ^a | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| | Ungünstig | Günstig | | | Vorherrschende (gegebenenfalls) | Weitere |
| (Gleichung 6.10) | $\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$ | $\gamma_P P$ | $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |
| <p>ANMERKUNG 1 Die γ-Werte für die ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen können im Nationalen Anhang festgelegt werden.</p> <p>Für die ständigen Bemessungssituationen werden die folgenden γ-Werte empfohlen:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,05$ $\gamma_{G,inf} = 0,95^{(1)}$ $\gamma_Q = 1,35$ für Einwirkungen aus Straßen- und Fußgängerverkehr bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_Q = 1,45$ für Einwirkungen aus Schienenverkehr bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_Q = 1,50$ für alle anderen veränderlichen Einwirkungen in ständigen Bemessungssituationen bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) γ_P = Empfehlungswert, der im einschlägigen Eurocode für die Bemessung angegeben ist.</p> <p>Für den Lagesicherheitsnachweis in vorübergehenden Bemessungssituationen bezeichnet $Q_{k,1}$ die vorherrschende destabilisierende veränderliche Einwirkung und $Q_{k,i}$ die maßgebenden begleitenden destabilisierenden veränderlichen Einwirkungen.</p> <p>Für die Bauausführung werden die folgenden γ-Werte empfohlen, wenn die Ausführung ausreichend im Hinblick auf die Verteilung der ständigen Lasten kontrolliert wird:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,05$ $\gamma_{G,inf} = 0,95^{(1)}$ $\gamma_Q = 1,35$ für Lasten aus der Bauausführung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_Q = 1,50$ für alle anderen veränderlichen Einwirkungen bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>(1) Die veränderlichen Merkmale von Gegengewichten können berücksichtigt werden, indem eine oder beide der folgenden Empfehlungen verwendet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Anwendung eines Teilsicherheitsbeiwerts $\gamma_{G,inf} = 0,8$, wenn das Eigengewicht nicht besonders genau definiert ist (z. B. bei Containern); — Berücksichtigung der Streuung der für das Projekt festgelegten Position durch einen geometrischen Wert, der proportional zur Abmessung der Brücke festgelegt wird, wenn die Größe des Gegengewichtes genau definiert ist. Bei der Bauausführung von Stahlbrücken wird häufig der Streubereich der Position des Gegengewichtes mit ± 1 m angenommen. <p>ANMERKUNG 2 Für den Nachweis der Lagerhebung bei mehrfeldrigen Brücken oder in Fällen, in denen der Lagesicherheitsnachweis auch die Beanspruchbarkeiten von tragenden Bauteilen enthält (z. B. wenn die Lagesicherheit durch aussteifende Systeme oder Bauteile, wie z. B. Anker, Abspannungen, Hilfsstützen, erreicht wird), darf alternativ zu zwei getrennten Nachweisen nach den Tabellen A2.4 (A) und A2.4 (B) auch ein kombinierter Nachweis mit der Tabelle A2.4 (A) durchgeführt werden. Die γ-Werte können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die folgenden γ-Werte werden empfohlen:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,25$ $\gamma_{G,inf} = 1,25$ $\gamma_Q = 1,35$ für Einwirkungen aus Straßen- und Fußgängerverkehr bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_Q = 1,45$ für Einwirkungen aus Schienenverkehr bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_Q = 1,50$ für alle anderen veränderlichen Einwirkungen in ständigen Bemessungssituationen bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_Q = 1,35$ für alle anderen veränderlichen Einwirkungen bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>vorausgesetzt, dass der Nachweis mit $\gamma_{G,inf} = 1,00$ sowohl für den günstigen als auch für den ungünstigen Teil der ständigen Einwirkungen keine ungünstigere Wirkung erzeugt.</p> | | | | | | |
| <p>^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in den Tabellen A2.1 bis A2.3 angegebenen.</p> | | | | | | |

Tabelle A2.4(B)— Bemessungswerte der Einwirkungen (STR/GEO) (Gruppe B)

| Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen | Ständige Einwirkungen | | Vorspannung | Leiteinwirkung ^a | Begleiteinwirkungen ^a | | Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen | Ständige Einwirkungen | | Vorspannung | Leiteinwirkung ^a | Begleiteinwirkungen ^a | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|------------------------------|----------------------------------|---|---|--|--------------------------------------|--------------|------------------------------|---|---|
| | Ungünstig | Günstig | | | Vorherrschende (gegebenfalls) | Weitere | | Ungünstig | Günstig | | | Vorherrschende | Weitere |
| (Gleichung 6.10) | $\gamma_{G,j,sup} \bar{G}_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} \bar{G}_{k,j,inf}$ | $\gamma_P P$ | $\gamma_{Q,1} \bar{Q}_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \bar{Q}_{k,i}$ | (Gleichung 6.10 a)) | $\gamma_{G,j,sup} \bar{G}_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} \bar{G}_{k,j,inf}$ | $\gamma_P P$ | | $\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} \bar{Q}_{k,1}$ | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \bar{Q}_{k,i}$ |
| | | | | | | | (Gleichung 6.10 b)) | $\xi \gamma_{G,j,sup} \bar{G}_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} \bar{G}_{k,j,inf}$ | $\gamma_P P$ | $\gamma_{Q,1} \bar{Q}_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \bar{Q}_{k,i}$ |

ANMERKUNG 1 Die Auswahl zwischen 6.10, oder 6.10 a) und 6.10 b) kann im Nationalen Anhang erfolgen. Im Fall der Wahl von 6.10 a) und 6.10 b) kann der Nationale Anhang in 6.10 a) nur ständige Einwirkungen vorsehen.

ANMERKUNG 2 Die γ - und ξ -Faktoren können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die folgenden Werte für γ und ξ werden für die Ausdrücke 6.10, oder 6.10 a) und 6.10 b) empfohlen:

$$\gamma_{G,sup} = 1,35^1)$$

$$\gamma_{G,inf} = 1,00$$

$$\gamma_Q = 1,35 \text{ wenn } Q \text{ die ungünstige Einwirkung infolge Straßen- oder Fußgängerverkehr darstellt (0 bei günstiger Einwirkung)}$$

$$\gamma_Q = 1,45 \text{ wenn } Q \text{ die ungünstige Einwirkung infolge Schienenverkehr in Form der Lastgruppen 11 bis 31 (außer 16, 17, 26³⁾ und 27³⁾), Lastmodellen LM71, SW/0 und HSLM und wirklichen Zügen darstellt, wenn diese als einzelne Leiteinwirkung aus Verkehr berücksichtigt werden (0 bei günstiger Einwirkung)}$$

$$\gamma_Q = 1,20 \text{ wenn } Q \text{ die ungünstige Einwirkung infolge Schienenverkehr in Form der Lastgruppen 16 und 17 und SW/2 darstellt (0 bei günstiger Einwirkung)}$$

$$\gamma_Q = 1,50 \text{ für andere Einwirkungen aus Verkehr und andere veränderliche Einwirkungen²⁾}$$

$$\xi = 0,85 \text{ (so dass } \xi \gamma_{G,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15).$$

$\gamma_{Gset} = 1,20$ im Falle von linearen elastischen Berechnungen, und $\gamma_{Gset} = 1,35$ im Falle von nicht linearen elastischen Berechnungen, in Bemessungssituationen mit ungünstiger Wirkung der Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen. In Bemessungssituationen, in denen Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen günstige Wirkung erzeugen, sind diese Einwirkungen nicht zu berücksichtigen. Siehe auch EN 1991 bis EN 1999 zu γ -Werten, die für eingeprägte Verformungen zu berücksichtigen sind.

γ_P = Empfehlungswert, der im einschlägigen Eurocode für die Bemessung angegeben ist.

¹⁾ Dieser Wert gilt für das Eigengewicht von tragenden und nicht tragenden Bauteilen, Schotterbett, Boden, Grundwasser und frei fließendes Wasser, bewegliche Lasten usw.

²⁾ Dieser Wert gilt für veränderliche horizontale Erdrücke, Grundwasser, frei fließendes Wasser und Schotterbett, Verkehrslasten auf Hinterfüllungen, die Erddruck erzeugen, aerodynamische Wirkungen des Verkehrs, Einwirkungen aus Wind und Temperatur, usw.

³⁾ Bei Schienenverkehrseinwirkungen in Form der Lastgruppen 26 und 27 darf $\gamma_Q = 1,20$ auf einzelne Komponenten der Einwirkungen aus SW/2 und $\gamma_Q = 1,45$ auf einzelne Komponenten der Einwirkungen aus den Lastmodellen LM71, SW/0 und HSLM usw. angewendet werden.

ANMERKUNG 3 Die charakteristischen Werte aller ständigen Einwirkungen, die den gleichen Ursprung besitzen, werden als Ganzes, wenn ihre Auswirkung ungünstig ist, mit $\gamma_{G,sup}$ multipliziert und mit $\gamma_{G,inf}$, wenn ihre Auswirkung günstig ist. Zum Beispiel dürfen alle Einwirkungen aus dem Eigengewicht des Tragwerks als aus einem Ursprung herrührend betrachtet werden; dies gilt auch bei Verwendung unterschiedlicher Materialien. Siehe aber A2.3.1 (2).

ANMERKUNG 4 Bei bestimmten Nachweisen die Werte γ_G und γ_Q in γ_G und γ_Q und die Werte γ_{sd} für die Modellunsicherheit aufgeteilt werden. In den meisten Fällen kann für γ_{sd} ein Wert im Bereich von 1,05 bis 1,15 verwendet werden, wobei diese Festlegung im Nationalen Anhang geändert werden kann.

ANMERKUNG 5 Für Einwirkungen aus Wasser, die nicht durch EN 1997 abgedeckt werden (d. h. bei fließendem Gewässer), kann die zu verwendende Einwirkungskombination für das Einzelprojekt festgelegt werden.

^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in den Tabellen A2.1 bis A2.3 angegebenen.

Tabelle A2.4(C) — Bemessungswerte der Einwirkungen (STR/GEO) (Gruppe C)

| Ständige und vorübergehende Bemessungssituation | Ständige Einwirkungen | | Vorspannung | Leiteinwirkung ^a | Begleiteinwirkungen ^a | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| | Ungünstig | Günstig | | | Vorherrschende (gegebenenfalls) | Weitere |
| (Gleichung 6.10) | $\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$ | $\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$ | $\gamma_P P$ | $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |
| <p>ANMERKUNG Die γ-Werte können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Folgende Werte werden empfohlen:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,00$ $\gamma_{G,inf} = 1,00$ $\gamma_{Gset} = 1,00$ $\gamma_Q = 1,15$ für Einwirkungen aus Straßen- und Fußgängerverkehr bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_Q = 1,25$ für Einwirkungen aus Schienenverkehr bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_{Q,i} = 1,30$ für die veränderlichen Teile des horizontalen Erddrucks von Erdkörper, Grundwasser, frei fließendem Gewässer oder Schotter, für Verkehrslasten auf Hinterfüllungen, die horizontalen Erddruck erzeugen, bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_Q = 1,30$ für alle anderen veränderlichen Einwirkungen bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_{Gset} = 1,00$ im Falle von linearen elastischen Berechnungen oder nicht linearen elastischen Berechnungen, in Bemessungssituationen, in denen Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen ungünstige Einflüsse erzeugen. In Bemessungssituationen, in denen Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen günstige Einflüsse erzeugen, sind diese Einwirkungen nicht zu berücksichtigen. γ_P = Empfehlungswert, der im einschlägigen Eurocode für die Bemessung angegeben ist.</p> | | | | | | |
| ^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in den Tabellen A2.1 bis A2.3 angegebenen. | | | | | | |

AC

A2.3.2 Bemessungswerte der Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erdbeben

(1) Die γ -Faktoren für Einwirkungen in Tragsicherheitsnachweisen für außergewöhnliche Bemessungssituationen und Erdbeben (Ausdrücke 6.11a to 6.12b) werden in der Tabelle A2.5 angegeben. Die ψ -Faktoren sind in den Tabellen A2.1 bis A2.3 definiert.

ANMERKUNG Für Bemessungssituationen mit Erdbeben siehe auch EN 1998.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle A2.5 — Bemessungswerte der Einwirkungen in außergewöhnlichen Einwirkungskombinationen und Kombinationen für Erdbeben

AC gestrichener Text AC

AC

| Bemessungssituation | Ständige Einwirkungen | | Vorspannung | Leiteinwirkung, außergewöhnliche Einwirkungen, Einwirkung von Erdbeben | Veränderliche Begleiteinwirkungen ^b | |
|---|-----------------------|---------------|-------------|--|---|----------------------|
| | Ungünstig | Günstig | | | Vorherrschende (gegebenenfalls) | Weitere |
| Außergewöhnlich ^a (Gleichung 6.11 a)/b) | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | P | A_d | $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ oder $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ | $\psi_{2,i} Q_{k,i}$ |
| Erdbeben ^c (Gleichung 6.12 a)/b) | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | P | $A_{Ed} = \gamma A_{Ek}$ | $\psi_{2,i} Q_{k,i}$ | |

^a Im Falle außergewöhnlicher Bemessungssituationen darf die vorherrschende veränderliche Einwirkung mit ihrem häufigen Wert verwendet werden oder wie bei Erdbeben mit ihrem quasi-ständigen Wert. Die Festlegung erfolgt für die verschiedenen außergewöhnlichen Einwirkungen im Nationalen Anhang.

^b Die veränderlichen Einwirkungen sind die in den Tabellen A2.1 bis A2.3 angegebenen.

^c Der Nationale Anhang oder ein Einzelprojekt kann besondere Bemessungssituationen für Erdbeben festlegen. Für Eisenbahnbrücken braucht nur eine Spur als belastet angenommen zu werden, und das Lastmodell SW/2 kann vernachlässigt werden.

ANMERKUNG Die in dieser Tabelle A2.5 angegebenen Bemessungswerte dürfen im Nationalen Anhang geändert werden. Für alle nicht seismischen Einwirkungen wird ein Wert von $\gamma = 1,0$ empfohlen.

AC

(2) Sind in speziellen Fällen eine oder mehrere veränderliche Einwirkungen gleichzeitig mit außergewöhnlichen Einwirkungen zu berücksichtigen, sollten auch ihre repräsentativen Werte festgelegt werden.

ANMERKUNG Zum Beispiel können für Brücken mit Fertigteilen Lasten aus der Bauausführung mit Einwirkungen kombiniert werden, die sich bei einem Unfall mit Herunterfallen eines Fertigteils ergeben. Die maßgebenden repräsentativen Werte können für das Einzelprojekt festgelegt werden.

(3) Besteht während der Bauausführung die Gefahr des Verlustes der Lagesicherheit, sollten die Einwirkungen wie folgt kombiniert werden:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j,sup} + \sum_{j \geq 1} G_{k,j,inf} + P + A_d + \psi_2 Q_{c,k} \quad (A2.2)$$

Dabei ist

$Q_{c,k}$ der charakteristische Wert der in EN 1991-1-6 definierten Lasten aus Bauausführung (z. B. der charakteristische Wert der maßgebenden Kombination der Lastgruppen Q_{ca} , Q_{cb} , Q_{cc} , Q_{cd} , Q_{ce} und Q_{cf}).

A2.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und andere spezielle Grenzzustände

A2.4.1 Allgemeines

(1) Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sollten, wenn nicht anders in EN 1991 bis EN 1999 festgelegt, die Bemessungswerte der Einwirkungen der Tabelle A2.6 genommen werden.

ANMERKUNG 1 Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit können die γ -Faktoren für Einwirkungen aus Verkehr und anderen Einwirkungen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Empfohlen werden die in der Tabelle A2.6 angegebenen Bemessungswerte, für die alle γ -Faktoren zu 1,0 angesetzt sind.

Tabelle A2.6 — Bemessungswerte der Einwirkungen bei den Einwirkungskombinationen

AC gestrichener Text AC

AC

| Kombination | Ständige Einwirkungen G_d | | Vorspannung | Veränderliche Einwirkungen Q_d | |
|------------------|-----------------------------|---------------|-------------|----------------------------------|----------------------|
| | Ungünstig | Günstig | | Leiteinwirkung | Weitere |
| Charakteristisch | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | P | $Q_{k,1}$ | $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ |
| Häufig | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | P | $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ | $\psi_{2,i} Q_{k,i}$ |
| Quasi-ständig | $G_{k,j,sup}$ | $G_{k,j,inf}$ | P | $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ | $\psi_{2,i} Q_{k,i}$ |

AC

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang kann auch auf die „nicht häufige“ Kombination der Einwirkungen verweisen.

(2) Die Kriterien für die Gebrauchstauglichkeit sollten entsprechend den in 3.4 und in EN 1992 bis EN 1999 enthaltenen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit festgelegt werden. Verformungen sollten entsprechend EN 1991 bis EN 1999 berechnet werden, wobei die Einwirkungskombinationen nach Gleichungen (6.14a) bis (6.16b) (siehe Tabelle A2.6) entsprechend den Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und der Unterscheidung zwischen umkehrbaren und nicht umkehrbaren Grenzzuständen benutzt werden sollten.

ANMERKUNG Anforderungen und Kriterien für die Gebrauchstauglichkeit können im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

A2.4.2 Gebrauchstauglichkeitskriterien für die Verformungen und Schwingungen von Straßenbrücken

(1) Gegebenenfalls sollten für Straßenbrücken die folgenden Anforderungen und Kriterien definiert werden:

- Abheben des Brückenüberbaus an den Lagern,
- Schädigung der Lager.

ANMERKUNG Das Abheben des Überbaus am Brückenende kann die Verkehrssicherheit gefährden und Schäden an tragenden und nicht tragenden Bauteilen verursachen. Für das Abheben kann ein höheres Sicherheitsniveau gefordert werden, als normalerweise für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit akzeptiert wird.

(2) Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit während der Bauausführung sollten in Übereinstimmung mit EN 1990 bis EN 1999 festgelegt werden.

(3) Für Straßenbrücken sollten, gegebenenfalls, Anforderungen und Kriterien für die Verformungen und Schwingungen festgelegt werden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

ANMERKUNG 1 Gebrauchstauglichkeitsnachweise mit Grenzzuständen der Verformungen und Schwingungen sind nur in Ausnahmefällen für Straßenbrücken zu führen. Für den Nachweis der Verformungen wird die häufige Kombination der Einwirkung empfohlen.

ANMERKUNG 2 Schwingungen von Straßenbrücken können unterschiedliche Ursachen haben, besonders Einwirkungen aus Verkehr und Wind. Zu Schwingungen aus Windeinwirkungen siehe EN 1991-1-4. Bei Schwingungen hervorgerufen durch Verkehr sollten die Komfortkriterien berücksichtigt werden. Ermüdung sollte gegebenenfalls berücksichtigt werden.

A2.4.3 Schwingungsnachweise für Fußgängerbrücken bei Fußgängeranregung

ANMERKUNG Zu Schwingungen infolge Windeinwirkung siehe EN 1991-1-4.

A2.4.3.1 Bemessungssituationen in Verbindung mit Belastungsannahmen aus Verkehr

(1) Für den Fußgängerverkehr sollten die Bemessungssituationen (siehe 3.2) ausgewählt werden, die für die Nutzungszeit der Fußgängerbrücke zugelassen werden sollen und vorhersehbar sind.

ANMERKUNG Die Bemessungssituationen können die Art und Weise berücksichtigen, wie der Verkehr für ein Einzelprojekt ausgewiesen, reguliert und begrenzt werden soll.

(2) In Abhängigkeit von der Brückenfläche und den betroffenen Bauteilen sollte eine Personengruppe, bestehend aus 8 bis 15 normal gehenden Personen, als ständige Bemessungssituation betrachtet werden.

(3) Weitere ständige, vorübergehende oder außergewöhnliche Bemessungssituationen sollten in Abhängigkeit von der Brückenfläche und den betroffenen Bauteilen unter Beachtung folgender Ereignisse festgelegt werden:

- Fußgängerströme (wesentlich mehr als 15 Personen);
- Menschenansammlungen bei gelegentlichen „festlichen“ oder „sportlichen“ Ereignissen.

ANMERKUNG 1 Diese Verkehrssituationen können für ein Einzelprojekt vereinbart werden, besonders bei Brücken im innerstädtischen Bereich, in der Nachbarschaft von Bahnhöfen, Schulen, öffentlichen Gebäuden und anderen öffentlichen Plätzen.

ANMERKUNG 2 Die Definition der Bemessungssituationen, die im Zusammenhang mit gelegentlichen festlichen oder sportlichen Ereignissen stehen, hängen davon ab, wie diese Ereignisse durch den zuständigen Eigentümer oder die zuständige Behörde geregelt werden können. In der vorliegenden Norm werden dazu keine Regeln angegeben. Hierzu können spezielle Untersuchungen notwendig werden.

A2.4.3.2 Komfortkriterien für Fußgänger (für die Gebrauchstauglichkeit)

(1) Als Komfortkriterien sollten die größten zulässigen Beschleunigungen an der ungünstigsten Stelle des Überbaus definiert werden.

ANMERKUNG Die Kriterien können im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden. Die folgenden maximalen Beschleunigungen (m/s^2) werden empfohlen:

- 0,7 für vertikale Schwingungen,
- 0,2 für horizontale Schwingungen bei normaler Nutzung,
- 0,4 für außergewöhnliche Menschenansammlungen.

(2) Ein Nachweis der Komfortkriterien sollte durchgeführt werden, wenn die Grundfrequenz des Überbaus kleiner ist als:

- 5 Hz für Vertikalschwingungen,
- 2,5 Hz für Horizontal- (Seiten-) und Torsionsschwingungen.

ANMERKUNG Die in den Berechnungen benutzten Eingangswerte, und daher auch die Ergebnisse, enthalten sehr große Ungenauigkeiten. Wenn die Komfortkriterien nur knapp erfüllt werden, kann es notwendig sein, bereits beim Entwurf Möglichkeiten der Einrichtung von Dämpfern vorzusehen, die nach Fertigstellung des Tragwerks eingebaut werden können. In solchen Fällen sollte der Tragwerksplaner Messungen am Bauwerk einplanen.

A2.4.4 Verformungsnachweise und Schwingungsnachweise bei Eisenbahnbrücken

A2.4.4.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt enthält Grenzwerte für Verformungen und Schwingungen, die bei dem Entwurf neuer Eisenbahnbrücken zu berücksichtigen sind.

ANMERKUNG 1 Übermäßige Brückenverformungen können den Verkehr gefährden, indem unzulässige Veränderungen der vertikalen und horizontalen Gleislage, vergrößerte Schienenspannungen und Schwingung des Brückentragwerks auftreten. Zu große Schwingungen können zur Instabilität des Schotters führen, und die Rad-Schiene-Kontaktkräfte können unzulässig klein werden. Übermäßige Verformungen können auch zu vergrößerten Lasten für das Gleis/Brückensystem führen und den Reisendenkomfort beeinträchtigen.

ANMERKUNG 2 Die Grenzwerte für die Verformungen und Schwingungen sind entweder explizit angegeben oder implizit in den Steifigkeitskriterien für die Brücke nach A2.4.4.1(2)P enthalten.

ANMERKUNG 3 Der Nationale Anhang kann Grenzen für die Verformungen und Schwingungen für Hilfsbrücken festlegen. Der Nationale Anhang kann besondere Anforderungen für Hilfsbrücken angeben, die von den geplanten Nutzungsbedingungen abhängen (z. B. besondere Anforderungen für schiefe Brücken).

(2)P Nachweise der Brückenverformungen für die Verkehrssicherheit sind für folgende Punkte durchzuführen:

- vertikale Beschleunigung des Überbaus (um Instabilität des Schotters und unzulässige Abminderung der Rad-Schiene-Kontaktkräfte zu verhindern – siehe A2.4.4.2.1),
- vertikale Durchbiegung des Brückenüberbaus für einzelne Felder (um angemessene vertikale Gleisradien und eine allgemeine Tragwerkssteifigkeit sicherzustellen – siehe A2.4.4.2.3(3)),
- unbehindertes Abheben an den Lagern (um vorzeitiges Versagen der Lager zu verhindern),
- vertikale Durchbiegung am Überbauende, das über die Lager auskragt, (um eine Destabilisierung der Gleise zu verhindern und die Abhebekräfte auf die Schienenbefestigung und zusätzliche Schienenspannungen zu begrenzen – siehe A2.4.4.2.3(1) und EN1991-2, 6.5.4.5.2),
- Verdrehung des Überbaus bezogen auf die Gleisachse zwischen Auffahrt und Brückenmitte (um das Risiko der Zugentgleisung zu minimieren – siehe A2.4.4.2.2),

ANMERKUNG A2.4.4.2.2 enthält eine Mischung von Kriterien, die die Anforderungen an die Betriebssicherheit und den Reisendenkomfort erfüllen.

- Verdrehung der Überbauenden um die Querachse am Brückenende oder resultierende Gesamtverdrehung zwischen zwei aneinander angrenzenden Überbauenden (um zusätzliche Schienenspannungen (siehe EN 1991-2, 6.5.4), Abhebekräfte bei Schienenbefestigungen und Winkelabweichungen an Schienenausügen und Weichenelementen zu begrenzen – siehe A2.4.4.2.3(2)),
- Längsverschiebung der Oberkante der Überbauenden infolge Verformungen in Längsrichtung und Verdrehung des Überbauendes (um zusätzliche Schienenspannungen zu begrenzen und Störungen des Schotters und der Gleislage zu minimieren – siehe EN 1991-2, 6.5.4.5.2),
- horizontale Querverschiebung (um zulässige horizontale Gleisradien sicherzustellen – siehe A2.4.4.2.4, Tabelle A2.8),

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

- horizontale Verdrehung der Überbauenden um die vertikale Achse (um die horizontale Gleisgeometrie und den Reisendenkomfort sicherzustellen – siehe A2.4.4.2.4 Tabelle A2.8),
- Begrenzung der ersten Eigenfrequenz der seitlichen Schwingungen des Feldes, um das Auftreten von Resonanz zwischen der seitlichen Bewegung der Fahrzeuge in ihren Aufhängungen und der Bewegung der Brücke zu vermeiden – siehe A2.4.4.2.4(3).

ANMERKUNG Es gibt weitere Steifigkeitskriterien, die implizit in der Begrenzung der Eigenfrequenzen der Brücken in EN 1991-2, 6.4.4 und in der Bestimmung der dynamischen Faktoren für Betriebslastenzüge nach EN 1991-2, 6.4.6.4 und EN1991-2 Anhang C enthalten sind.

(3) Nachweise der Brückenverformungen sollten für den Reisendenkomfort durchgeführt werden, z. B. vertikale Durchbiegungen des Überbaus, um die Beschleunigungen der Wagenkästen nach A2.4.4.3 zu begrenzen.

(4) Die in A2.4.4.2 und A2.4.4.3 angegebenen Grenzen berücksichtigen bereits die Einflüsse der Gleisinstandhaltung (z. B. durch Vernachlässigung der Einflüsse von Setzungen der Gründungen, Kriechen usw.).

A2.4.4.2 Kriterien für die Betriebssicherheit

A2.4.4.2.1 Vertikale Beschleunigung des Überbaus

(1)P Um die Betriebssicherheit sicherzustellen, ist in den Fällen, in denen eine dynamische Berechnung erforderlich ist, der Nachweis des Spitzenwertes der Beschleunigung des Überbaus infolge Einwirkungen des Schienenverkehrs durchzuführen. Dieser Nachweis für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit dient der Vermeidung von Gleisinstabilität.

(2) Ob eine dynamische Berechnung notwendig ist, kann nach EN 1991-2, 6.4.4 entschieden werden.

(3)P Wenn eine dynamische Berechnung notwendig ist, ist diese nach EN 1991-2, 6.4.6 durchzuführen.

ANMERKUNG Im Allgemeinen brauchen nur die charakteristischen Einwirkungen aus Schienenverkehr nach EN1991-2, 6.4.6.1 berücksichtigt zu werden.

(4)P Die maximalen Spitzenwerte der Beschleunigungen des Brückenüberbaus müssen entlang jedes Gleises die folgenden Grenzwerte einhalten:

- i) γ_{bt} bei Schotteroberbau;
- ii) γ_{df} bei direkt befestigten Gleisen und Bauteilen für Hochgeschwindigkeitsverkehr

Diese Grenzen gelten für alle Bauteile, die Gleise tragen, wobei die Frequenzen (und die zugehörigen Eigenformen) bis zu dem größeren der Werte

- i) 30 Hz;
- ii) 1,5fache Frequenz der ersten Eigenform (Grundschiwingung) des betrachteten Bauteils;
- iii) die Frequenz der dritten Eigenform des betrachteten Bauteils.

berücksichtigt werden müssen.

ANMERKUNG Die Grenzwerte und zugehörigen Frequenzen können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Es werden die folgenden Werte empfohlen:

$$\gamma_{bt} = 3,5 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma_{df} = 5 \text{ m/s}^2$$

A2.4.4.2.2 Verwindung des Überbaus

(1)P Die Verwindung des Brückenüberbaus ist für die charakteristischen Werte des Lastmodells 71 sowie falls erforderlich SW/0 oder SW/2, multipliziert mit Φ und α , und das Lastmodell HSLM einschließlich der Einflüsse aus Fliehkraft, alle nach EN1991-2, 6, zu berechnen. Die Verwindung muss an der Auffahrt zur Brücke, im Verlauf der Brücke und am Brückende überprüft werden (siehe A2.4.4.1(2)P).

(2) Die maximale Verwindung t [mm/3 m] der Spurweite eines Gleises s [m] von 1,435 m, gemessen über die Länge von 3 m (Bild A2.1), sollte die in Tabelle A2.7 angegebenen Werte nicht überschreiten:

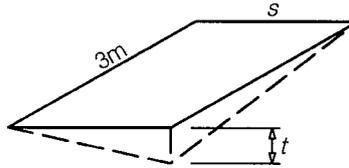


Bild A2.1 — Definition der Verwindung des Überbaus

Tabelle A2.7 — Grenzwerte für die Verwindung des Überbaus

| Geschwindigkeitsbereiche V (km/h) | Maximale Verwindung t (mm/3 m) |
|--|-------------------------------------|
| $V \leq 120$ | $t \leq t_1$ |
| $120 < V \leq 200$ | $t \leq t_2$ |
| $V > 200$ | $t \leq t_3$ |

ANMERKUNG Die Werte für t können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

Es werden die folgenden Werte für t empfohlen:

$$t_1 = 4,5$$

$$t_2 = 3,0$$

$$t_3 = 1,5$$

Werte für Gleise mit anderen Spurweiten können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(3)P Die Gesamtverdrehung der Gleise aus der ständigen Verdrehung ohne Einwirkung des Schienenverkehrs (z. B. in einer Übergangskurve), und der Verdrehung der Gleise aus den Brückenverformungen infolge des Schienenverkehrs, darf den Wert t_T nicht überschreiten.

ANMERKUNG Die Werte für t_T können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Der empfohlene Wert für t_T ist 7,5 mm/3 m.

A2.4.4.2.3 Vertikale Verformungen des Überbaus

(1) Bei allen Tragwerkssystemen, deren charakteristische vertikale Lasten nach EN 1991-2, 6.3.2 (und gegebenenfalls bei SW/0 und SW/2 nach EN 1991-2, 6.3.3) klassifiziert sind, sollte die maximale gesamte vertikale Verformung infolge Einwirkungen aus Schienenverkehr, gemessen entlang irgendeines Gleises, den Wert $L/600$ nicht überschreiten.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

ANMERKUNG Zusätzliche Anforderungen zur Begrenzung der vertikalen Verformungen können für Brücken mit und ohne Schotterbett im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

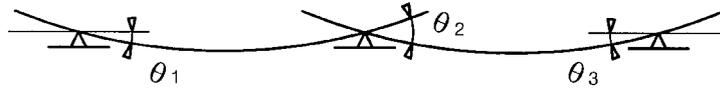


Bild A2.2 — Definition von Endverdrehungen von Überbauten

(2) Begrenzungen der Verdrehung der Überbauenden von Brücken mit Schotteroberbau sind implizit in EN 1991-2, 6.5.4 enthalten.

ANMERKUNG Die Anforderungen für nicht geschottete Tragwerke können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(3) Es sollten zusätzliche Grenzen für die Verdrehungen an den Überbauenden in der Nähe von Schienenauszügen, Weichen und Kreuzungen usw. festgelegt werden.

ANMERKUNG Die zusätzlichen Grenzen der Verdrehungen können im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

(4) Begrenzungen der vertikalen Verschiebungen an den Brückenenden, die über die Lager auskragen, sind in EN1991-2, 6.5.4.5.2 angegeben.

A2.4.4.2.4 Querverformungen und Querschwingungen des Überbaus

(1)P Die Querverformungen und Querschwingungen des Überbaus sind für die charakteristische Kombination von Lastmodell 71 und erforderlichenfalls SW/0, multipliziert mit dem zugehörigen dynamischen Faktor ϕ und mit α (bzw. dem Betriebslastenzug mit dem zugehörigen dynamischen Faktor), mit den Windlasten, Seitenstoß und Zentrifugalkräften nach EN 1991-2, 6 und den Einflüssen aus Temperaturunterschieden in Querrichtung der Brücke zu überprüfen.

(2) Die Querverformung δ_h auf der Oberseite des Überbaus sollte begrenzt werden, um sicherzustellen, dass:

- der horizontale Rotationswinkel am Brückenende um die vertikale Achse nicht größer als die Werte in Tabelle A2.8 ist, oder
- der Radiuswechsel der Spur im Überbau nicht größer als die Werte in Tabelle A2.8 ist, oder
- am Überbauende die Differenz der Querverformung zwischen dem Überbau und der angrenzenden Spur oder zwischen angrenzenden Überbauten nicht dem festgelegten Wert überschreitet.

ANMERKUNG Der Höchstwert der Differenz der Querverformung darf im Nationalen Anhang oder für ein Einzelprojekt festgelegt werden.

Tabelle A2.8 — Maximale horizontale Rotation und größte Änderung des Krümmungsradius

| Geschwindigkeitsbereiche V (km/h) | Maximale horizontale Rotation (rad) | Größte Änderung des Krümmungsradius (m) | |
|--|---|---|----------------|
| | | Einfeldträger | Mehrfeldträger |
| $V \leq 120$ | α_1 | r_1 | r_4 |
| $120 < V \leq 200$ | α_2 | r_2 | r_5 |
| $V > 200$ | α_3 | r_3 | r_6 |

ANMERKUNG 1 Die Änderung des Krümmungsradius kann wie folgt bestimmt werden:

$$r = \frac{L^2}{8 \delta_h} \quad (\text{A2.7})$$

ANMERKUNG 2 Die Querverformungen setzen sich aus den Verformungen des Brückenüberbaus und der Unterbauten (einschließlich Pfeiler, Stützen und Gründungen) zusammen.

ANMERKUNG 3 Die Werte für α_i und r_i können im Nationalen Anhang definiert werden.

Es werden die folgenden Werte empfohlen:
 $\alpha_1 = 0,0035$; $\alpha_2 = 0,0020$; $\alpha_3 = 0,0015$;
 $r_1 = 1700$; $r_2 = 6000$; $r_3 = 14000$;
 $r_4 = 3500$; $r_5 = 9500$; $r_6 = 17500$

(3) Die erste Eigenfrequenz für seitliche Schwingungen eines Brückenfeldes sollte mindestens f_{h0} betragen.

ANMERKUNG Der Wert für f_{h0} kann im Nationalen Anhang definiert werden. Es wird der folgende Wert empfohlen:

$$f_{h0} = 1,2 \text{ Hz.}$$

A2.4.4.2.5 Längsverschiebungen des Überbaus

(1) Die Begrenzung der Längsverschiebungen an den Brückenenden ist in EN 1991-2, 6.5.4.5.2 angegeben.

ANMERKUNG Siehe auch A2.4.4.2.3.

A2.4.4.3 Grenzwerte für die maximale vertikale Durchbiegung für den Reisendenkomfort

A2.4.4.3.1 Komfortkriterien

(1) Der Reisendenkomfort hängt von den vertikalen Beschleunigungen b_v ab, die in einem Fahrzeug bei der Fahrt über die Brücke und deren Übergangsbereiche auftreten.

(2) Die Komfortkategorien und die zugehörigen Grenzwerte für die vertikalen Beschleunigungen sollten festgelegt werden.

ANMERKUNG Die Komfortkategorien und die zugehörigen Grenzwerte für die vertikalen Beschleunigungen können für das Einzelprojekt festgelegt werden. Empfehlungen für Komfortkategorien sind in Tabelle A2.9 angegeben.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle A2.9 — Empfehlungen für Komfortkategorien

| Komfortkategorien | Vertikale Beschleunigungen b_v (m/s ²) |
|-------------------|---|
| Sehr gut | 1,0 |
| gut | 1,3 |
| ausreichend | 2,0 |

A2.4.4.3.2 Verformungskriterien zum Nachweis des Reisendenkomforts

(1) Um die vertikalen Fahrzeugbeschleunigungen auf die in Tabelle A2.4.4.3.1(2) angegebenen Werte zu begrenzen, liefert dieser Abschnitt die maximal zulässigen vertikalen Verformungen δ entlang der Gleisachse als Funktion der:

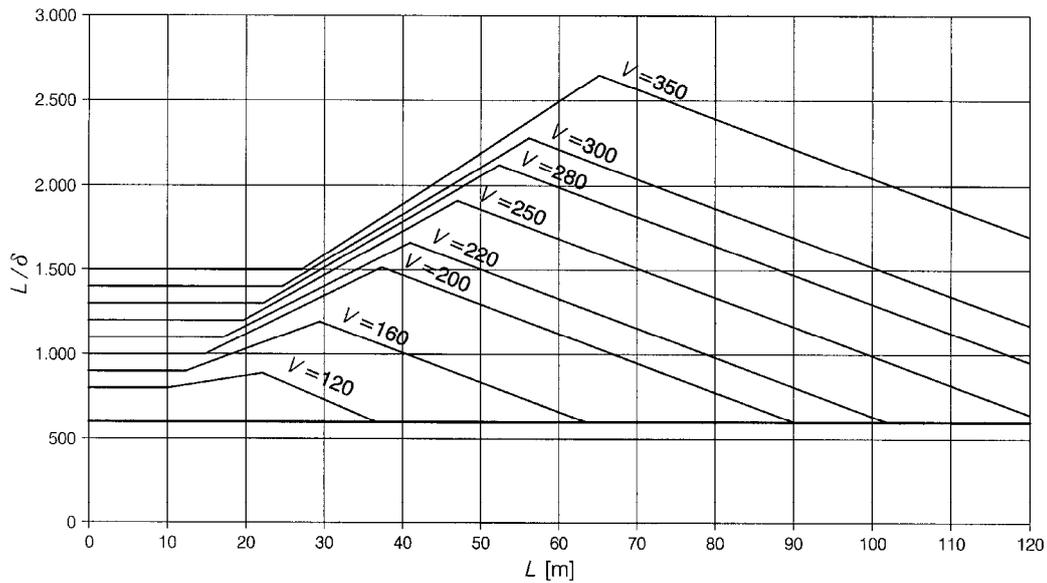
- Feldlänge L [m];
- Zuggeschwindigkeit V [km/h];
- Anzahl der Felder und
- Tragwerkssystem der Brücke (Einfeldträger, Durchlaufträger).

Alternativ kann die vertikale Beschleunigung b_v durch eine dynamische Berechnung unter Berücksichtigung der Fahrzeug-Brücke-Interaktion (siehe A2.4.4.3.3) bestimmt werden.

(2) Die vertikale Verformung δ sollte mit dem Lastmodell 71, multipliziert mit dem Faktor ϕ und mit dem Wert $\alpha = 1,0$ nach EN1991-2, Abschnitt 6, bestimmt werden.

Bei Brücken mit zwei oder mehr Gleisen sollte nur ein Gleis belastet werden.

(3) Bei außergewöhnlichen Tragwerken, z. B. Durchlaufträgern mit sehr unterschiedlichen Feldlängen oder Brückenfeldern mit starken Steifigkeitssprüngen, sollte eine besondere dynamische Berechnung durchgeführt werden.



Die Faktoren, die in A2.4.4.3.2.(5) angegeben sind, sollten nicht angewendet werden, wenn damit die Grenze $L/\delta = 600$ überschritten wird.

Bild A2.3 — Maximale zulässige vertikale Verformung δ für Eisenbahnbrücken mit 3 oder mehr aufeinander folgenden Einfeldträgern entsprechend einer zulässigen vertikalen Beschleunigung von $b_v = 1 \text{ m/s}^2$ in einem Wagen für die Geschwindigkeiten V [km/h].

(4) Die in Bild A2.3 angegebenen Grenzwerte L/δ gelten für $b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$, das der Komfortkategorie „sehr gut“ entspricht. Für andere Komfortkategorien und zugehörige maximale zulässige vertikale Beschleunigungen b'_v dürfen die in Bild A2.3 angegebenen Werte für L/δ durch b'_v [m/s²] geteilt werden.

(5) Die in Bild A2.3 angegebenen Werte L/δ gelten für drei oder mehr aufeinander folgende Einfeldträger. Für die Anwendung auf Brücken aus einem Einfeldträger oder aus zwei hintereinander liegenden Einfeldträgern oder einem zweifeldrigen Durchlaufträger sollten die in Bild A2.3 angegebenen Werte L/δ mit 0,7 multipliziert werden. Bei drei- oder mehrfeldrigen Durchlaufträgern sollten die in Bild A2.3 angegebenen Werte L/δ mit 0,9 multipliziert werden.

(6) Die in Bild A2.3 angegebenen Werte L/δ sind für Spannweiten bis zu 120 m gültig. Bei größeren Spannweiten ist eine spezielle Berechnung erforderlich.

ANMERKUNG Die Anforderungen für den Reisendenkomfort für Hilfsbrücken kann im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

A2.4.4.3.3 Anforderungen an dynamische Berechnungen mit Berücksichtigung der Fahrzeug – Brücke – Interaktion für den Komfortnachweis

(1) Bei einer dynamischen Berechnung unter Berücksichtigung der Fahrzeug – Brücke Interaktion sollten folgende Punkte beachtet werden:

- i) ein ausreichender Geschwindigkeitsbereich bis zur festgelegten maximalen Geschwindigkeit,
- ii) charakteristische Belastung des Betriebslastenzuges, festgelegt für das Einzelprojekt in Übereinstimmung mit EN1991-2, 6.4.6.1.1,
- iii) dynamische Masseninteraktion zwischen den Fahrzeugen des Betriebslastenzuges und dem Tragwerk,

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

- iv) die Dämpfung- und Steifigkeitseigenschaften der Fahrzeugaufhängungen,
- v) ausreichende Anzahl von Fahrzeugen, um die maximale Lastwirkung im längsten Feld zu erzeugen,
- vi) eine ausreichende Anzahl von Feldern in einem Mehrfeldbauwerk, um Resonanzwirkungen in den Fahrzeugaufhängungen zu erzeugen.

ANMERKUNG Die Anforderung an die Gleisrauigkeit für die dynamische Berechnung unter Berücksichtigung der Fahrzeug — Brücke — Interaktion kann für das Einzelprojekt festgelegt werden.

Anhang B (informativ)

Behandlung der Zuverlässigkeit im Bauwesen

B.1 Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen

(1) Dieser Anhang zu EN 1990 enthält zusätzliche Hinweise zu Abschnitt 2.2 (Behandlung der Zuverlässigkeit) und den entsprechenden Abschnitten in EN 1991 bis EN 1999.

ANMERKUNG In den bauartbezogenen Eurocodes EN 1992, EN 1993, EN 1996, EN 1997 und EN 1998 wird von der Möglichkeit der Differenzierung der Zuverlässigkeit Gebrauch gemacht.

(2) In diesem Anhang werden folgende Verfahren für die Behandlung der Zuverlässigkeit von Bauwerken (für Grenzzustände der Tragfähigkeit, nicht Ermüdung) empfohlen:

- a) In Verbindung mit Abschnitt 2.2(5)b werden Schadensfolgeklassen eingeführt, denen angenommene Schadensfolgen und die Gefährdung des Bauwerks zugrunde liegen. Abschnitt B.3 enthält ein Verfahren zur Anpassung der Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und die Bauteilwiderstände an die Schadensfolgeklassen.

ANMERKUNG Die Differenzierung der Zuverlässigkeit kann durch den Zuverlässigkeitsindex (siehe Anhang C) ausgedrückt werden. Dabei wird auf bekannte oder angenommene statistische Verteilungen der Einwirkungen, der Bauwerkswiderstände und der Modellungenauigkeiten Bezug genommen.

- b) In Verbindung mit Abschnitt 2.2(5)c und 2.2(5)d werden in B.4 und B.5 Möglichkeiten zur Differenzierung der Qualitätsanforderungen an den Entwurf, die Berechnung und die Ausführung je nach Bauwerkstyp angegeben.

ANMERKUNG Die in B.4 und B.5 angegebenen Vorkehrungen und Prüfmaßnahmen für den Entwurf, die Berechnung, die konstruktive Durchbildung und Ausführung zielen darauf ab, Versagen infolge grober Fehler zu vermeiden und das Beanspruchbarkeitsniveau zu erreichen, das bei der Planung vorausgesetzt wurde.

(3) Die Vorgehensweise ist in Form einer Rahmenempfehlung dargestellt, so dass die Mitgliedsländer bei Bedarf mit unterschiedlichen Zuverlässigkeitsniveaus arbeiten können.

B.2 Symbole und Formelzeichen

In diesem Anhang gelten die folgenden Symbole und Formelzeichen:

K_{FI} Faktor für Einwirkungen zur Differenzierung der Zuverlässigkeit

β Zuverlässigkeitsindex

B.3 Differenzierung der Zuverlässigkeit

B.3.1 Schadensfolgeklassen

(1) Zum Zwecke der Differenzierung der Zuverlässigkeit können Schadensfolgeklassen (CC) eingeführt werden, bei denen die Auswirkungen des Versagens oder der Funktionsbeeinträchtigung eines Tragwerks gemäß Tabelle B.1 betrachtet werden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle B.1 — Klassen für Schadensfolgen

| Schadens- folgeklassen | Merkmale | Beispiele im Hochbau oder bei sonstigen Ingenieurbauwerken |
|---------------------------|---|--|
| CC 3 | Hohe Folgen für Menschenleben <u>oder</u> sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen | Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle) |
| CC 2 | Mittlere Folgen für Menschenleben, beeinträchtigte wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen | Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen (z. B. ein Bürogebäude) |
| CC 1 | Niedrige Folgen für Menschenleben <u>und</u> kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen | Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser) |

(2) Das Kriterium für die Klassifizierung nach Schadensfolgen ist die Bedeutung des Tragwerks oder seiner Teile im Hinblick auf Versagensfolgen, siehe B.3.3.

(3) Je nach Tragwerksart und Bemessungsstrategie können verschiedene Teile eines Tragwerks der gleichen, einer höheren oder niedrigeren Schadensfolgekategorie zugewiesen werden wie das Gesamttragwerk.

ANMERKUNG Zur Zeit sind die Zuverlässigkeitsanforderungen auf die einzelnen Teile eines Bauwerks bezogen.

B.3.2 Differenzierung der Zuverlässigkeitsindex β

(1) Über den Zuverlässigkeitsindex β können Zuverlässigkeitsklassen (RC) definiert werden.

(2) Die drei Zuverlässigkeitsklassen RC 1, RC 2 und RC 3 können mit den drei Schadensfolgekategorien CC 1, CC 2 und CC 3 verknüpft werden.

(3) Tabelle B.2 enthält Empfehlungen für Mindestwerte des Zuverlässigkeitsindex in Verbindung mit Zuverlässigkeitsklassen an (siehe auch Anhang C).

Tabelle B.2 — Empfehlungen für Mindestwerte des Zuverlässigkeitsindex β

| Zuverlässigkeits-Klasse | Mindestwert für β | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Bezugszeitraum 1 Jahr | Bezugszeitraum 50 Jahre |
| RC 3 | 5,2 | 4,3 |
| RC 2 | 4,7 | 3,8 |
| RC 1 | 4,2 | 3,3 |

ANMERKUNG Die Bemessung nach EN 1990 mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach Anhang A sowie nach EN 1991 bis EN 1999 führt in der Regel zu einem Tragwerk mit einer Mindestzuverlässigkeit $\beta \geq 3,8$ für einen Bezugszeitraum von 50 Jahren. Größere Zuverlässigkeitsklassen als RC 3 werden in diesem Anhang nicht weiter betrachtet, da für die betroffenen Bauteile Sonderuntersuchungen angestellt werden müssen.

B.3.3 Differenzierung durch Veränderung der Teilsicherheitsbeiwerte

(1) Ein Weg der Differenzierung der Zuverlässigkeit besteht in der Klassifizierung nach Teilsicherheitsbeiwerten für die Grundkombination der Einwirkungen für ständige Bemessungssituationen. Beispielsweise kann bei gleichen Überwachungs- und Prüfmaßnahmen bei Planung und Ausführung ein Faktor K_{FI} nach Tabelle B.3 mit den Teilsicherheitsbeiwerten angewendet werden.

Tabelle B.3 — K_{FI} -Faktoren für Einwirkungen

| K_{FI} -Beiwert für Einwirkungen | Zuverlässigkeitsklasse | | |
|--|------------------------|------|------|
| | RC 1 | RC 2 | RC 3 |
| K_{FI} | 0,9 | 1,0 | 1,1 |
| ANMERKUNG Zur Erreichung der Zuverlässigkeitsklasse RC 3 werden in der Regel andere Maßnahmen als die Anwendung des K_{FI} -Faktors vorgezogen. Der K_{FI} -Faktor ist nur auf ungünstige Einwirkungen anzuwenden. | | | |

(2) Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit der Differenzierung der Zuverlässigkeit durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_M auf der Widerstandsseite. Eine Ausnahme besteht bei, siehe auch B6.

(3) Die verschiedenen Klassen für Teilsicherheitsbeiwert γ_M können mit anderen begleitenden Maßnahmen, z. B. Überwachungsmaßnahmen bei der Planung oder Ausführung, verbunden sein. Dazu werden in diesem Anhang drei Stufen für Überwachungsmaßnahmen angegeben. Die Anwendung von verschiedenen Stufen von Überwachungsmaßnahmen für die verschiedenen Zuverlässigkeitsklassen wird empfohlen.

(4) Aus Wirtschaftlichkeitsgründen kann es zweckmäßig sein, bestimmte Bauarten (z. B. Beleuchtungsmaste, Leitungsmaste) der Zuverlässigkeitsklasse RC 1 zuzuordnen, aber höhere Stufen für Überwachungsmaßnahmen anzuwenden.

B.4 Differenzierung der Überwachungsmaßnahmen bei der Planung

(1) Die Differenzierung der Überwachungsmaßnahmen bei der Planung besteht in verschiedenen organisatorischen Qualitätssicherungsmaßnahmen, die kombiniert werden können. Beispielsweise kann die Festlegung einer bestimmten Stufe für Überwachungsmaßnahmen (B.4(2)) mit anderen Maßnahmen wie der Klassifizierung des Planers oder der Prüfinstanz (B.4(3)) verbunden sein.

(2) In Tabelle B.4 werden drei mögliche Stufen für Überwachungsmaßnahmen bei der Planung (DSL) angegeben. Diese Stufen können mit den Zuverlässigkeitsklassen, die je nach Bedeutung des Tragwerks in nationalen Vorschriften oder den Planungsgrundlagen gefordert werden, verknüpft sein und durch geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen konkretisiert werden, siehe 2.5.

Tabelle B.4 — Überwachungsmaßnahmen bei der Planung (DSL)

| Überwachungsmaßnahmen bei der Planung | Merkmale | Mindestanforderungen an die Prüfung statischer Berechnungen, von Zeichnungen und Anweisungen |
|---------------------------------------|---------------------------|---|
| DSL 3 in Verbindung mit RC 3 | Verstärkte Überwachung | Prüfung durch unabhängige Drittstelle: Prüfung durch eine von der Planungsstelle organisatorisch unabhängige Prüfstelle (Fremdüberwachung) |
| DSL 2 in Verbindung mit RC 2 | Normale Überwachung | Prüfung durch eine von der Planungsstelle unabhängige Prüfstelle in der eigenen Organisation (Eigenüberwachung durch eigene Prüfstelle) |
| DSL 1 in Verbindung mit RC 1 | Normale Überwachung | Eigenüberwachung: Prüfung durch die Planungsstelle selbst. |

(3) Die Differenzierung der Überwachungsmaßnahmen bei der Planung kann auch eine Klassifizierung der Planer oder Prüfer (Prüfingenieure, Gutachter usw.) je nach Kompetenz und Erfahrung und organisatorischer Zugehörigkeit abhängig von der Bauart bedeuten.

ANMERKUNG Die Klassifizierung kann von Bauart, Werkstoff und Art des Tragwerks abhängig sein.

(4) Die Differenzierung der Überwachungsmaßnahmen kann auch in der unterschiedlichen Modellierung der Einwirkungen nach Art und Größe oder in Aktiv- oder Passivmaßnahmen zur Begrenzung der Einwirkungen bestehen.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

B.5 Herstellungsüberwachung

(1) In Tabelle B.5 werden drei Überwachungsstufen für die Herstellung (IL) angegeben. Die verschiedenen Überwachungsstufen können mit den verschiedenen Qualitätsklassen verknüpft sein und durch verschiedene Qualitätssicherungsmaßnahmen konkretisiert werden (siehe 2.5). Weitere Hinweise sind den Ausführungsnormen zu entnehmen, auf die in EN 1992 bis EN 1996 und in EN 1999 Bezug genommen wird.

Tabelle B.5 — Überwachungsstufen (IL) für die Herstellung

| Überwachungsstufe | Merkmale | Anforderungen |
|--------------------------------|------------------------|---|
| IL 3 In Verbindung mit RC 3 | Verstärkte Überwachung | Überwachung durch unabhängige Drittstelle (Fremdüberwachung) |
| IL 2 In Verbindung mit RC 2 | Normale Überwachung | Überwachung durch Überwachungsstelle der eigenen Organisation |
| IL 1 in Verbindung mit RC 1 | Normale Überwachung | Eigenüberwachung |

ANMERKUNG Zusammen mit den Überwachungsstufen werden Prüfpläne für Bauprodukte und die Herstellung von Bauwerken definiert. Da diese baustoffabhängig sind, werden Einzelheiten in den jeweiligen Ausführungsnormen angegeben.

B.6 Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände

(1) Eine Abminderung des Teilsicherheitsbeiwerts für eine Baustoff- oder Produkteigenschaft oder einen Bauteilwiderstand ist möglich, wenn höhere Überwachungsklassen als in Tabelle B.5 zusammen mit höheren Anforderungen angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Zur Prüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen durch Bauteilprüfungen siehe Abschnitt 5 und Anhang D.

ANMERKUNG 2 Zu Regelungen für verschiedene Baustoffe siehe EN 1992 bis EN 1998.

ANMERKUNG 3 Eine solche Abminderung (z. B. wegen geringerer Modellunsicherheit oder Streuung der Abmessungen) bedeutet keine Differenzierung der Zuverlässigkeit; sie stellt nur eine Kompensationsmaßnahme dar, bei der das Zuverlässigkeitsniveau abhängig vom Erfolg einer Prüfmaßnahme eingehalten wird.

Anhang C (informativ)

Grundlagen für die Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten und die Zuverlässigkeitsanalyse

C.1 Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen

(1) Dieser Anhang liefert Hinweise und Hintergrundangaben zu der Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten nach Abschnitt 6 und Anhang A. Er stellt auch die Grundlage für den Anhang D dar und liefert Bezüge zu Anhang B.

(2) Dieser Anhang gibt auch Hinweise zur:

- Verwendung von Zuverlässigkeitsmethoden,
- Anwendung zuverlässigkeitsorientierter Methoden zur Bestimmung von Bemessungswerten und Teilsicherheitsbeiwert in den Bemessungsgleichungen mittels Kalibrierung,
- Verwendung der Nachweisverfahren in den Eurocodes.

C.2 Symbole und Formelzeichen

In diesem Anhang C werden die folgenden Symbole und Formelzeichen verwendet:

Lateinische Großbuchstaben

P_f Versagenswahrscheinlichkeit

Prob(.) Wahrscheinlichkeit

P_S Überlebenswahrscheinlichkeit

Lateinische Kleinbuchstaben

a geometrische Abmessung

g Grenzzustandsfunktion

Griechische Großbuchstaben

Φ Kumulative Verteilungsfunktion für die standardisierte Normalverteilung

Griechische Kleinbuchstaben

α_E Wichtungsfaktor nach FORM (Zuverlässigkeitsmethode erster Ordnung) für die Einwirkungsseite

α_R Wichtungsfaktor nach FORM (Zuverlässigkeitsmethode erster Ordnung) für die Widerstandsseite

β Zuverlässigkeitsindex

θ Modellunsicherheit

μ_X Mittelwert für X

σ_X Standardabweichung für X

V_X Variationskoeffizient für X

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

C.3 Einführung

(1) Bei der Methode mit Teilsicherheitsbeiwerten werden die Basisvariablen (d. h. Einwirkungen, Widerstände und geometrische Eigenschaften) durch Anwendung von Teilsicherheitsbeiwerten und Kombinationsbeiwerten als Bemessungswerte für die maßgebenden Grenzzustandsnachweise dargestellt, siehe C.7.

ANMERKUNG Abschnitt 6 von EN 1990 geht auf die Bemessungswerte für Einwirkungen, Auswirkungen der Einwirkungen, Baustoff- und Bauprodukteigenschaften und geometrische Größen ein.

(2) Prinzipiell können Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte auf folgende Weise bestimmt werden:

a) durch Kalibration an der bisherigen Erfahrung;

ANMERKUNG Die meisten Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte in den derzeit verfügbaren Eurocodes sind auf diese Weise entstanden.

b) durch statistische Auswertung von Versuchsergebnissen oder Messungen. (Diese sollte mit probabilistischen Vorgehensweisen durchgeführt werden.)

(3) Wird die Vorgehensweise 2b) gegebenenfalls in Kombination mit 2a) angewandt, so sollten die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände für die Tragfähigkeitsnachweise an repräsentativen Tragwerken so ermittelt werden, dass die Zielgröße des Zuverlässigkeitsindex β möglichst gut angenähert wird, siehe C.6.

C.4 Überblick über Zuverlässigkeitsmethoden

(1) Bild C.1 zeigt in einem Diagramm die Hierarchie der verschiedenen Methoden zur Kalibrierung der Bemessungsgleichungen (für die Grenzzustände) mit Teilsicherheitsbeiwerten.

(2) Die probabilistischen Methoden für die Kalibrierung der Teilsicherheitsbeiwerte können in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden

- die vollständig probabilistischen Methoden (Stufe III) und
- die Zuverlässigkeitsmethoden 1. Ordnung (FORM) (Stufe II).

ANMERKUNG 1 Die vollständig probabilistischen Methoden (Stufe III) geben zwar im Prinzip genaue Auskünfte zum Zuverlässigkeitsproblem, werden aber selten als Grundlage für Bemessungsnormen angewendet, da häufig statistische Daten fehlen.

ANMERKUNG 2 Die Stufe-II-Methoden beruhen auf einigen Vereinfachungen und führen für die meisten Anwendungen im Bauwesen zu ausreichend genauen Ergebnissen.

(3) Bei den Stufe-II- und Stufe-III-Methoden wird als Maß für die Zuverlässigkeit die Überlebenswahrscheinlichkeit $P_S = (1 - P_f)$ benutzt, wobei P_f die Versagenswahrscheinlichkeit für die betrachtete Versagensart für einen bestimmten Bezugszeitraum ist. Liegt die berechnete Versagenswahrscheinlichkeit höher als eine vorgegebene Zielgröße P_0 , wird das Tragwerk als unsicher betrachtet.

ANMERKUNG Die „Versagenswahrscheinlichkeit“ und der zugehörige Zuverlässigkeitsindex (siehe C.5) sind lediglich operative Werte, die nicht die wirklichen Versagensraten ausdrücken, sondern nur für die Kalibrierung der Normen und für Vergleiche der Zuverlässigkeitsniveaus verschiedener Tragwerke verwendet werden.

(4) Die Eurocodes beruhen im Wesentlichen auf der Methode a) (siehe Bild C.1). Die Methode c) oder gleichwertige Methoden wurden hauptsächlich bei der Weiterentwicklung der Eurocodes angesetzt.

ANMERKUNG Ein Beispiel für die Weiterentwicklung ist die Methode für die versuchsgestützte Bemessung nach Anhang D.

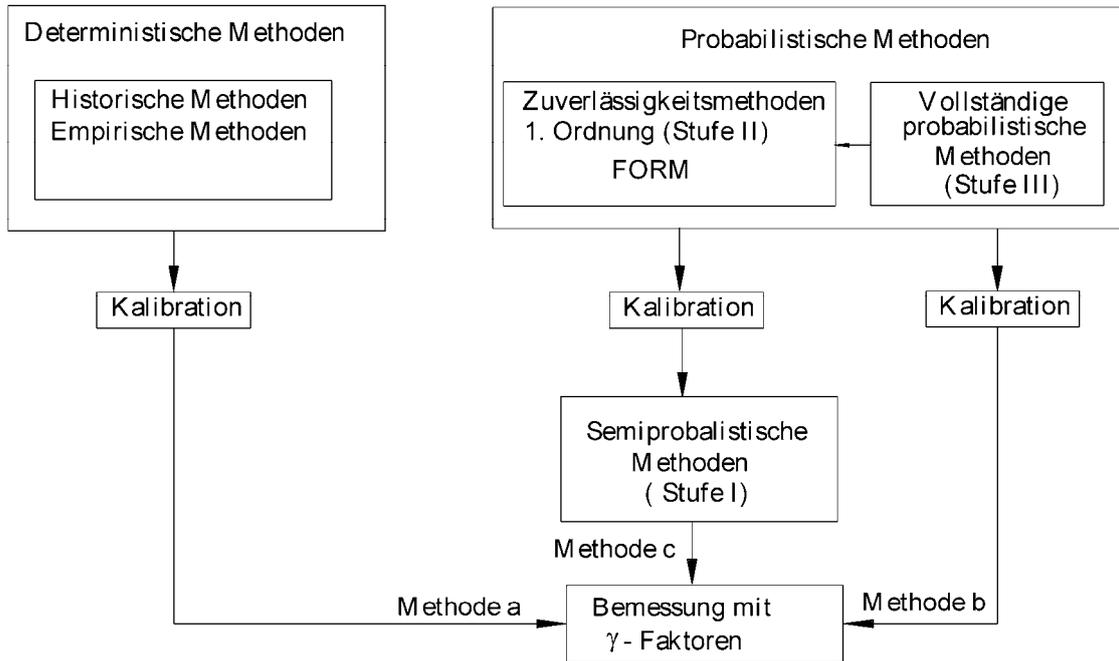


Bild C.1 — Überblick über Zuverlässigkeitsmethoden

C.5 Zuverlässigkeitsindex β

(1) Im Rahmen der Stufe-II-Verfahren wird der Zuverlässigkeitsindex β als Maß für die Zuverlässigkeit betrachtet.

$$P_f = \Phi(-\beta) \tag{C.1}$$

wobei Φ die kumulative Verteilungsfunktion für die standardisierte Normalverteilung ist. Die Beziehung zwischen P_f und β ist in Tabelle C.1 angegeben.

Tabelle C.1 — Beziehung zwischen β und P_f

| | | | | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| P_f | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-3} | 10^{-4} | 10^{-5} | 10^{-6} | 10^{-7} |
| β | 1,28 | 2,32 | 3,09 | 3,72 | 4,27 | 4,75 | 5,20 |

(2) Die Versagenswahrscheinlichkeit P_f kann mit der Grenzzustandsgleichung g derart ausgedrückt werden, dass für $g > 0$ Überleben und für $g \leq 0$ Versagen eintritt:

$$P_f = \text{Prob}(g \leq 0) \tag{C.2a}$$

Wenn R der Widerstand und E die Auswirkung der Einwirkungen ist, dann lautet die Grenzzustandsfunktion:

$$g = R - E \tag{C.2b}$$

mit R , E und g als Zufallsvariable.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Ist g normal verteilt, wird β als

$$\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g} \quad (\text{C.2c})$$

angenommen, wobei:

μ_g der Mittelwert von g

σ_g die Standardabweichung von g sind,

so dass

$$\mu_g - \beta\sigma_g = 0 \quad (\text{C.2d})$$

und

$$P_f = \text{Prob}(g < 0) = \text{Prob}(g < \mu_g - \beta\sigma_g) \quad (\text{C.2e})$$

Bei anderen Verteilungen als der Normalverteilung kann β als konventionelles Maß für die Zuverlässigkeit $P_S = (1 - P_f)$ aufgefasst werden.

C.6 Zielwerte für den Zuverlässigkeitsindex β

(1) Tabelle C.2 gibt Zielwerte für den Zuverlässigkeitsindex β für verschiedene Bemessungssituationen für die Bezugszeit 1 Jahr und 50 Jahre an. Die β -Werte in Tabelle C.2 entsprechen den Sicherheitsanforderungen für die Zuverlässigkeitsklasse RC 2 (siehe Anhang B).

ANMERKUNG 1 Für β -Berechnungen werden im Allgemeinen folgende Verteilungen zu Grunde gelegt:

- lognormale Verteilung oder Weibull-Verteilung für Baustoffeigenschaften, Bauteilwiderstände und Modell-Unsicherheiten;
- Normalverteilung für Eigengewicht;
- für veränderliche Einwirkungen, ausgenommen für Ermüdungseinwirkungen, einfachheitshalber, die Normalverteilung, die Extremwertverteilung wäre angemessener.

ANMERKUNG 2 Rührt die wesentliche Unsicherheit von Einwirkungen her, die statistisch unabhängige Jahresmaxima aufweisen, so kann der β -Wert für andere Bezugszeiträume mit Hilfe folgender Näherung berechnet werden:

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n \quad (\text{C.3})$$

mit

β_n Zuverlässigkeitsindex für einen Bezugszeitraum von n Jahren

β_1 Zuverlässigkeitsindex für einen Bezugszeitraum von 1 Jahr:

Tabelle C.2 — Zielwert des Zuverlässigkeitsindex β für Bauteile^a mit RC 2 –Anforderungen

| Grenzzustand | Zielwert des Zuverlässigkeitsindex | |
|--|------------------------------------|--------------------------|
| | 1 Jahr | 50 Jahre |
| Tragfähigkeit | 4,7 | 3,8 |
| Ermüdung | | 1,5 bis 3,8 ^b |
| Gebrauchstauglichkeit (nicht umkehrbar) | 2,9 | 1,5 |
| ^a Siehe Anhang B ^b Abhängig von der Zugänglichkeit, Wiederinstandsetzbarkeit und Schadenstoleranz | | |

(2) Die wirkliche Versagenshäufigkeit steht im Wesentlichen im Zusammenhang mit menschlichem Versagen, das bei der Bestimmung der Teilsicherheitsbeiwerte unberücksichtigt bleibt (siehe Anhang B). Insofern stellt β nicht notwendigerweise ein Indiz für die wirkliche Versagenshäufigkeit dar.

C.7 Verfahren zur Kalibration der Bemessungswerte

(1) Bei der Methode mit Bemessungswerten (siehe Bild C.1) sind für alle Basisvariablen Bemessungswerte zu bestimmen. Die Bemessung gilt als ausreichend, wenn die Grenzzustände beim Einsetzen der Bemessungswerte nicht überschritten werden. Symbolisch heißt das

$$E_d < R_d \quad (C.4)$$

wobei sich die Indizes „d“ auf Bemessungswerte beziehen. Auf diese Weise wird nachgewiesen, dass der Zuverlässigkeitsindex β mindestens den Zielwert erreicht. E_d und R_d können symbolisch wie folgt dargestellt werden:

$$E_d = E (F_{d1}, F_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, \theta_{d1}, \theta_{d2}, \dots) \quad (C.5a)$$

$$R_d = R (X_{d1}, X_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, \theta_{d1}, \theta_{d2}, \dots) \quad (C.5b)$$

wobei gilt:

E Auswirkung der Einwirkung

R Bauwerkswiderstand

F Einwirkung

X Baustoffeigenschaft

a geometrische Eigenschaft

θ Modellunsicherheit.

Bei besonderen Bemessungssituationen (z. B. bei Ermüdung) ist im Allgemeinen eine weiter gehende Formulierung zur Beschreibung des Grenzzustandes erforderlich.

(S) Grenzzustandsfunktion $g = R - E = 0$

P Bemessungspunkt

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

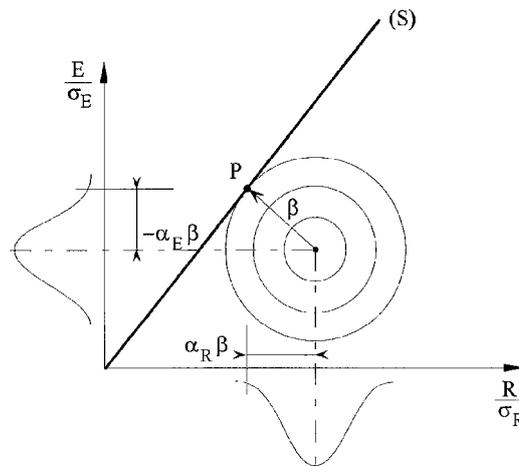


Bild C.2 — Bemessungspunkt und Zuverlässigkeitsindex β nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung (FORM) für normalverteilte nicht korrelierte Variablen

(2) Die Bemessungswerte sollten so bestimmt werden, dass sie den Werten der Basisvariablen im Bemessungspunkt nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung entsprechen. Der Bemessungspunkt ist der Punkt auf der Grenzzustandsfunktion $g = 0$ mit dem kürzesten Abstand zum Mittelpunkt im Raum der normierten Variablen, siehe Bild C.2.

(3) Die Bemessungswerte für die Auswirkungen E_d der Einwirkungen und für die Bauwerkswiderstände R_d sollten so festgelegt werden, dass die ungünstigen Werte mit Auftretenswahrscheinlichkeiten auftreten:

$$P(E > E_d) = \Phi(+\alpha_E \beta) \quad (\text{C.6a})$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta) \quad (\text{C.6b})$$

wobei

β Zielwert des Zuverlässigkeitsindex (siehe C.6)

α_E, α_R mit $|\alpha| \leq 1$ Wichtungsfaktoren nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung (FORM). Der Wert α ist für ungünstige Einwirkungen oder deren Auswirkungen negativ und für Widerstände positiv.

Für α_E und α_R dürfen $\alpha_E = -0,7$ und $\alpha_R = 0,8$ verwendet werden, wenn die Bedingung

$$0,16 < \sigma_E / \sigma_R < 7,6 \quad (\text{C.7})$$

eingehalten wird, wobei σ_E und σ_R die Standardabweichungen für die Auswirkungen E bzw. Widerstände R in den Ausdrücken (C.6a) und (C.6b) sind. Damit ergibt sich

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,7\beta) \quad (\text{C.8a})$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-0,8\beta) \quad (\text{C.8b})$$

(4) Wenn die Bedingung (C.7) nicht erfüllt ist, sollte $\alpha = \pm 1,0$ für die Variable mit der größeren Standardabweichung und $\alpha = \pm 0,4$ für die Variable mit der kleineren Standardabweichung benutzt werden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(5) Enthält das Einwirkungsmodell mehrere Basisvariablen, so gilt die Beziehung (C.8a) nur für die Leiteinwirkung. Für die Begleiteinwirkungen dürfen die Bemessungswerte mit

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \cdot 0,7 \cdot \beta) = \Phi(-0,28\beta) \quad (\text{C.9})$$

festgelegt werden.

ANMERKUNG Die Werte nach (C.9) entsprechen bei $\beta = 3,8$ ungefähr der 90%-Fraktile.

(6) Tabelle C.3 liefert Hinweise zur Bestimmung der Bemessungswerte für Variablen, deren Verteilungsfunktionen bekannt sind.

Tabelle C.3 — Bemessungswerte für verschiedene Verteilungsfunktionen

| Verteilung | Bemessungswerte |
|--|---|
| Normal | $\mu - \alpha\beta\sigma$ |
| Lognormal | $\mu \exp(-\alpha\beta V)$ für $V = \sigma/\mu < 0,2$ |
| Gumbel | $u - \frac{1}{\alpha} \ln\{-\ln \Phi(-\alpha\beta)\}$ <p>mit $u = \mu - \frac{0,577}{\alpha}; \alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$</p> |
| ANMERKUNG In diesen Ausdrücken sind μ = Mittelwert, σ = Standardabweichung und V = Variationskoeffizient für die entsprechende Variable. Bei veränderlichen Einwirkungen sollten diese Größen auf den gleichen Bezugszeitraum wie β bezogen sein. | |

(7) Eine Möglichkeit der Bestimmung des Teilsicherheitsbeiwertes für Einwirkungen besteht darin, den Bemessungswert durch den repräsentativen oder charakteristischen Wert zu teilen.

C.8 Möglichkeiten der Zuverlässigkeitsnachweise in den Eurocodes

(1) In den EN 1990 bis EN 1999 werden in der Regel die Bemessungswerte der Basisvariablen X_d und F_d nicht direkt in die Bemessungsgleichungen eingesetzt. Man verwendet vielmehr ihre repräsentativen Werte X_{rep} und F_{rep} , nämlich

- die charakteristischen Werte, d. h. Werte mit definierter Über- oder Unterschreitungswahrscheinlichkeit, z. B. Einwirkungen, Baustoffeigenschaften und geometrische Eigenschaften (siehe auch 1.5.3.14, 1.5.4.1 und 1.5.5.1);
- Nennwerte, die wie charakteristische Werte für Werkstoffeigenschaften (siehe 1.5.4.3) und wie Bemessungswerte für geometrische Eigenschaften (siehe 1.5.5.2) behandelt werden.

(2) Die repräsentativen Werte X_{rep} und F_{rep} werden mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten entweder dividiert oder multipliziert, um die Bemessungswerte X_d und F_d zu erhalten.

ANMERKUNG Siehe auch Ausdruck (C.10).

(3) Bemessungswerte für Einwirkungen F_d , für Baustoffeigenschaften X_d und für geometrische Eigenschaften a_d werden in den Ausdrücken (6.1), (6.3) und (6.4) der EN 1990 angegeben.

Wird ein oberer Wert für den Widerstand X_k verwendet (siehe 6.3.3), nimmt der Ausdruck (6.3) die Form an

$$X_d = \eta \gamma_M \cdot X_{k,sup} \quad (\text{C.10})$$

wobei γ_M ein Faktor größer als 1 ist.

ANMERKUNG Ausdruck (C.10) kann im Fall der Kapazitätsbemessung zur Anwendung kommen.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(4) Modellgenauigkeiten werden bei den Bemessungswerten der Auswirkungen E_d der Einwirkungen und der Bauwerkswiderstände R_d durch die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Sd} und γ_{Rd} berücksichtigt:

$$E_d = \gamma_{Sd} E \{ \gamma_{Gj} G_{kj} ; \gamma_P P ; \gamma_{Q1} Q_{k1} ; \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} ; a_{d\dots} \} \quad (\text{C.11})$$

$$R_d = R \{ \eta X_k / \gamma_m ; a_{d\dots} \} / \gamma_{Rd} \quad (\text{C.12})$$

(5) Der ψ -Beiwert, der die Reduktion der Bemessungswerte veränderlicher Einwirkung bewirkt, wird in Form von ψ_0 , ψ_1 oder ψ_2 für gleichzeitig wirkende Begleiteinwirkungen angewandt.

(6) Bei Bedarf können die folgenden Vereinfachungen an (C.11) und (C.12) angewendet werden:

a) auf der Lastseite (bei nur einer Einwirkung oder linearer Tragwerksantwort):

$$E_d = E \{ \gamma_{Fi}, F_{\text{rep},i}, a_d \} \quad (\text{C.13})$$

b) auf der Widerstandsseite entsprechend dem Vorgehen in den einzelnen Eurocodes auf der Basis des allgemeinen Ausdrucks (6.6). Dabei sollte das Zuverlässigkeitsniveau nicht reduziert werden.

ANMERKUNG In den Eurocodes sind auch nichtlineare Widerstands- und Einwirkungsmodelle und solche mit mehreren Variablen anzutreffen. Dafür werden die oben genannten Beziehungen umfangreicher.

C.9 Teilsicherheitsbeiwerte in EN 1990

(1) Die Definition der verschiedenen Teilsicherheitsbeiwerte ist in 1.6 der EN 1990 zu finden.

(2) Die Beziehung zwischen den einzelnen Teilsicherheitsbeiwerten in den Eurocodes geht aus Bild C3 hervor.

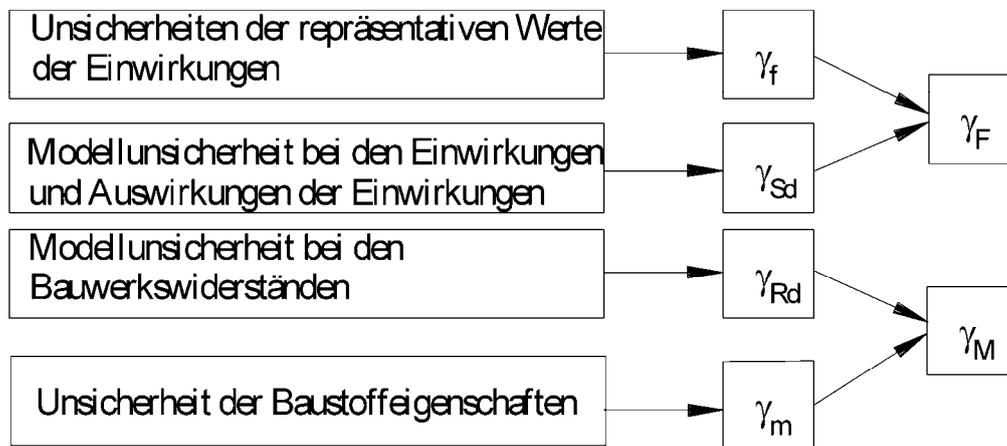


Bild C.1 — Beziehung zwischen den einzelnen Teilsicherheitsbeiwerten

C.10 Kombinationsbeiwerte

(1) Die Tabelle C.4 liefert Ausdrücke für die Bestimmung der Kombinationsbeiwerte (siehe Abschnitt 6) für den Fall von zwei veränderlichen Einwirkungen.

(2) Die Ausdrücke in Tabelle C.4 beruhen auf folgenden Annahmen und Bedingungen:

- die beiden zu kombinierenden Einwirkungen sind voneinander unabhängig;
- der Grundzeitraum T_1 oder T_2 ist für jede Einwirkung eine konstante Größe; T_1 ist die größere Basisperiode;
- die Einwirkungsgrößen sind während der Grundzeiträume konstante Größen;
- die Größen der Einwirkungen in den jeweiligen Grundzeiträumen sind nicht korreliert;
- die beiden Einwirkungen stellen ergodische Prozesse dar.

(3) Die Verteilungsfunktionen in Tabelle C.4 beziehen sich auf die Größtwerte im Bezugszeitraum T . Die Verteilungsfunktionen berücksichtigen alle Grundzeiträume, auch solche, in denen die Einwirkungsgröße null ist.

Tabelle C.4 — Ausdrücke für Kombinationsbeiwerte ψ_0 für zwei veränderliche Einwirkungen

| | |
|---|--|
| Verteilung | $\psi_0 = \frac{F_{\text{Begleiteinwirkung}}}{F_{\text{Leiteinwirkung}}}$ |
| Allgemein | $\frac{F_s^{-1}\{\Phi(0,4\beta')^{N_1}\}}{F_s^{-1}\{\Phi(0,7\beta)^{N_1}\}}$ mit $\beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0,7\beta)/N_1\}$ |
| Näherung für sehr große X_1 | $\frac{F_s^{-1}\{\exp[-N_1\Phi(-0,4\beta')]\}}{F_s^{-1}\{\Phi(0,7\beta)\}}$ mit $\beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0,7\beta)/N_1\}$ |
| Normalverteilung (Näherung) | $\frac{1 + (0,28\beta - 0,7\ln N_1)V}{1 + 0,7\beta V}$ |
| Gumbelverteilung (Näherung) | $\frac{1 - 0,78V[0,577 + \ln(-\ln(\Phi(0,28\beta)))] + \ln N_1}{1 - 0,78V[0,577 + \ln(-\ln(\Phi(0,7\beta)))]}$ |
| <p>$F_s(.)$ ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Extremwerte der Begleiteinwirkung im Bezugszeitraum T $\Phi_s(.)$ ist die Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung T ist der Bezugszeitraum T_1 ist die größere der Grundzeiträume der zu kombinierenden Einwirkungen N_1 ist die Ganzzahlige Näherung für das Verhältnis T/T_1 β ist der Zuverlässigkeitsindex V ist der Variationskoeffizient für die Begleiteinwirkung im Bezugszeitraum</p> | |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Anhang D
(informativ)

Versuchsgestützte Bemessung

D.1 Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen

- (1) Dieser Anhang liefert Hinweise zu den Abschnitten 3.4, 4.2 und 5.2.
- (2) Dieser Anhang soll keine bestehenden Abnahmeregelungen in anderen Europäischen Normen für Produkte und Ausführungen ersetzen.

D.2 Symbole und Formelzeichen

In diesen Anhang gelten die folgenden Symbole und Formelzeichen:

Lateinische Großbuchstaben

- $E(.)$ Mittelwert von $(.)$
- V Variationskoeffizient [$V = (\text{Standardabweichung}/\text{Mittelwert})$]
- V_X Variationskoeffizient für X
- V_δ Schätzwert für den Variationskoeffizienten für das Streumaß δ
- X Reihe der j Basisvariablen $X_1 \dots X_j$
- $X_{k(n)}$ charakteristischer Wert unter Berücksichtigung der statistischen Ungenauigkeit infolge der Probenzahl n , aber ohne weitere Umrechnungsfaktoren η
- \underline{X}_m Reihe der Mittelwerte der Basisvariablen
- \underline{X}_n Reihe der Nennwerte der Basisvariablen

Lateinische Kleinbuchstaben:

- b Mittelwertkorrektur
- b_i Korrekturfaktor für jeden Versuch
- $g_n(\underline{X})$ Widerstandsfunktion (der Basisvariablen \underline{X}), die das Bemessungsmodell darstellt
- $k_{d,n}$ Fraktilefaktor für Bemessungswerte
- k_n Fraktilefaktor für charakteristische Werte
- m_X Mittelwert von Eigenschaften von n Proben
- n Anzahl experimenteller oder numerischer Testresultate
- r Wert der Widerstandsfunktion
- r_d Bemessungswert der Widerstandsfunktion

| | |
|------------|---|
| r_e | Mittelwert der experimentellen Werte des Widerstandes |
| r_{ee} | Extremwert (Maximum oder Minimum) der experimentellen Werte des Widerstandes [d. h. der Wert r_e , der am meisten vom Mittelwert abweicht]; |
| r_{ei} | experimenteller Wert des Widerstandes für jeden Versuch i |
| r_{em} | Mittelwert der experimentellen Werte des Widerstandes |
| r_k | charakteristischer Wert der Widerstandsfunktion |
| r_m | Wert der Widerstandsfunktion, gerechnet mit den Mittelwerten der Basisvariablen |
| r_n | Nennwert der Widerstandsfunktion |
| r_t | theoretische Widerstandsfunktion gleich lautend mit $g_n(\underline{X})$ |
| r_{ti} | Werte der theoretischen Widerstandsfunktion bei Einsetzen der gemessenen Parameter \underline{X} für den Versuch i |
| s | Schätzwert für die Standardabweichung σ |
| s_Δ | Schätzwert für σ_Δ |
| s_δ | Schätzwert für σ_δ |

Griechische Großbuchstaben

| | |
|----------------|--|
| Φ | Kumulative Verteilungsfunktion der Standard, Normalverteilung |
| Δ | Logarithmus des Streumaßes $\delta [\Delta_i = \ln(\delta_i)]$ |
| $\bar{\Delta}$ | Schätzwert für $E(\Delta)$ |

Griechische Kleinbuchstaben

| | |
|-------------------|--|
| α_E | Wichtungsfaktor für Auswirkungen von Einwirkung nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung FORM |
| α_R | Wichtungsfaktor für den Widerstand nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung FORM |
| β | Zuverlässigkeitsindex |
| γ_M^* | Korrigierter Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand $\left[\gamma_M^* = \frac{r_n}{r_d} \quad \text{oder} \quad \gamma_M^* = k_c \cdot \gamma_M \right]$ |
| δ | Streumaß |
| δ_i | Streumaß für die Probe $i \left[\delta_i = \frac{r_{ei}}{b \cdot r_{ti}} \right]$ |
| η_d | Bemessungswert des Umrechnungsfaktors [soweit die Umrechnung nicht in γ_M enthalten ist] |
| η_k | Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von Vorinformationen |
| σ | Standardabweichung $\left[\sigma = \sqrt{\text{Varianz}} \right]$ |
| σ_Δ^2 | Varianz für den Ausdruck Δ |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

D.3 Verschiedene Arten von Versuchen

- (1) Man sollte zwischen folgenden Arten von Versuchen unterscheiden:
- a) Versuche zur direkten Bestimmung der Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken oder deren Elementen für bestimmte Belastungsbedingungen. Solche Versuche können z. B. für Brandbelastung, Ermüdungslasten oder Anpralllasten durchgeführt werden.
 - b) Versuche zur Bestimmung bestimmter Baustoffeigenschaften unter bestimmten Prüfbedingungen; z. B. Bodenuntersuchungen an der Baustelle oder im Labor oder Versuche mit neuen Baustoffen.
 - c) Versuche zur Verringerung von Unsicherheiten bei den Einwirkungen oder den durch sie verursachten Auswirkungen; z. B. durch Windkanaluntersuchungen oder Versuche zur Bestimmung von Wellenlasten oder Strömungslasten.
 - d) Versuche zur Verringerung von Unsicherheiten hinsichtlich bestimmter Größen der Widerstandsmodelle; z. B. durch Bauteilversuche oder Versuche mit Bauteilgruppen (z. B. Dach- oder Deckenkonstruktionen).
 - e) Kontrollversuche zur Überprüfung der Qualität gelieferter Produkte oder der Stimmigkeit von Produkteigenschaften; z. B. Seilprüfung für Brücken oder Betonwürfelprüfung.
 - f) Versuche während der Ausführung zur Bestätigung der Eigenschaften nach Einbau; z. B. Pfahlprüfungen oder Seilkraftprüfungen während der Ausführung.
 - g) Kontrollprüfungen zur genaueren Bestimmung der Eigenschaften des Tragwerks oder seiner Teile nach der Fertigstellung; z. B. zur Bestimmung der elastischen Verformung, Eigenfrequenzen oder Dämpfung.
- (2) Sind Bemessungswerte aus den Versuchen (a), (b), (c) oder (d) zu bestimmen, so sollten anerkannte statistische Verfahren angewendet werden, siehe D5 bis D8.

ANMERKUNG Bei Versuchen (c) können besondere Verfahren notwendig werden.

(3) Die Versuchsarten (e), (f) oder (g) können als Abnahmeversuche angesehen werden, wenn zunächst mit vorsichtigen Annahmen bemessen wird und diese Annahmen später durch die Versuche bestätigt werden sollen.

D.4 Versuchsplanung

(1) Im Vorfeld der Versuche ist ein Versuchsplan mit der Versuchsanstalt abzustimmen. Der Plan sollte die Versuchsziele und alle Festlegungen zur Wahl und Herstellung der Prüfkörper, zur Versuchsdurchführung und zur Versuchsauswertung enthalten. Im Einzelnen sollte der Plan enthalten:

- Zielsetzung der Versuchsergebnisse,
- Prognose der Versuchsergebnisse,
- Festlegung der Prüfkörper und Proben,
- Festlegung der Belastungen,
- Versuchseinrichtung und -durchführung,
- Messplan,
- Auswertung und Berichte.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Zielsetzung und Anwendungsbereich: Die Versuchsziele sollten eindeutig dargestellt werden, z. B. die geforderten Eigenschaften, die Erfassung des Einflusses bestimmter Parameter, die im Versuch variiert werden sollen, sowie die Gültigkeitsgrenzen. Grenzen aus den Versuchsmöglichkeiten und die erforderlichen Übertragungsfunktionen (z. B. infolge Modellgesetzen) sind festzulegen.

Prognose der Versuchsergebnisse: Es sind alle Eigenschaften und Umstände, die die Prognose der Versuchsergebnisse beeinflussen könnten, zu berücksichtigen, z. B.:

- geometrische Parameter und deren Veränderung,
- geometrische Imperfektionen,
- Baustoffeigenschaften,
- Einflüsse von Herstellung und Baumethode,
- Maßstabeffekte von Umgebungsbedingungen und Reihenfolgeeffekte.

Die erwarteten Versagensarten und rechnerischen Modelle sind in Verbindung mit den Einflussgrößen zu beschreiben. Bei Unklarheit hinsichtlich der maßgebenden Versagensart sollte der Versuchsplan Pilotversuche berücksichtigen.

ANMERKUNG Die Möglichkeit verschiedener Versagensarten eines Bauteils ist zu prüfen.

Festlegung der Prüfkörper und Proben: Die Prüfkörper sind so festzulegen oder zu entnehmen, dass sie die Baubedingungen wiedergeben. Dabei sind folgende Gesichtspunkte zu beachten:

- Abmessungen und Toleranzen,
- Baustoffe und Herstellung von Prototypen,
- Anzahl der Prüfkörper,
- Probenahmeverfahren,
- Zwängungen.

Die Zielsetzung des Probenahmeverfahrens sollte sein, statistisch repräsentative Proben zu erhalten.

Es ist auf mögliche Unterschiede zwischen den Prüfkörpern und der Gesamtheit der Bauteile zu achten, die die Ergebnisse beeinflussen können.

Festlegung der Belastungen: Die Bedingungen für die Belastung und die Umgebungsbedingungen sollten erfassen:

- Lasteinleitungen,
- Belastungs- und Zeitverlauf,
- Zwängungen,
- Temperaturen,
- Relative Feuchtigkeit,
- Verformungs- oder kraftgesteuerte Belastung etc.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Die Belastungsfolge ist so festzulegen, dass sie den vorgesehenen Bedingungen des Bauteils entspricht, sowohl unter normalen als auch unter erschwerten Bedingungen. Mögliche Interaktionen zwischen Bauteilverhalten und Prüfmaschine sind zu beachten.

Wenn das Bauteilverhalten von der Veränderung einer oder mehrerer Einwirkungen abhängt, die im Versuch nicht variiert werden, so sollten diese mit ihren repräsentativen Werten angesetzt werden.

Versuchseinrichtung und -durchführung: Für eine ausreichende Qualität der Versuchsergebnisse sind geeignete Versuchseinrichtungen und Messverfahren notwendig. Besonders auf ausreichende Festigkeit und Steifigkeit der Lasteinleitungs- und Lagerkonstruktion sowie auf freie Verformungswege ist zu achten.

Messplan: Vor der Versuchsdurchführung sind alle Eigenschaften, die an den verschiedenen Prüfkörpern gemessen werden sollen, aufzulisten. Dazu sind anzugeben:

- a) die Messstellen
- b) die Messverfahren, z. B. für
 - Zeitverläufe der Verschiebungen,
 - Geschwindigkeiten,
 - Beschleunigungen,
 - Dehnungen,
 - Kräfte und Drücke,
 - Erforderliche Frequenzen
 - Messgenauigkeiten und
 - geeignete Messgeräte

Auswertung und Berichte: Besondere Hinweise siehe D.5 bis D.8. Versuchs- und Prüfnormen, nach denen die Versuche durchgeführt werden, sind zu zitieren.

D.5 Ableitung von Bemessungswerten

(1) Die Ableitung von Bemessungswerten für Baustoffeigenschaften, Modellparameter oder Bauteilwiderstände aus Versuchen sollte wie folgt erfolgen:

- a) entweder durch Bestimmung des charakteristischen Wertes, der dann durch einen Teilsicherheitsbeiwert zu dividieren und möglicherweise mit einem Übertragungsfaktor zu multiplizieren ist (siehe D.7.2 und D.8.2);
- b) oder durch direkte Bestimmung des Bemessungswertes mit impliziter oder expliziter Berücksichtigung der Übertragungsfunktion und der erforderlichen Zuverlässigkeit (siehe D.7.3 und D.8.3).

ANMERKUNG Im Allgemeinen ist die Methode (a) vorzuziehen, wenn der Teilsicherheitsbeiwert von dem Bemessungsverfahren her vorgegeben ist (siehe (3) unten).

(2) Bei der Herleitung des charakteristischen Wertes aus Versuchen (Methode (a)) sind zu berücksichtigen:

- a) Streuung der Versuchsergebnisse;
- b) Statistische Unsicherheit infolge begrenzter Versuchsanzahl;
- c) Statistische Vorinformationen.

(3) Der Teilsicherheitsbeiwert für den charakteristischen Wert sollte dem entsprechenden Eurocode entnommen werden, wenn eine hinreichende Vergleichbarkeit zwischen den Versuchen und den unter Anwendung der γ -**Faktoren** geführten numerischen Nachweisen besteht.

(4) Hängt die Bauwerks- oder Bauteilreaktion oder die Festigkeit von Einflüssen ab, die im Versuch nicht ausreichend berücksichtigt werden, wie z. B.

- Zeit- oder Dauereinflüsse,
- Maßstabs- und Größeneinflüsse,
- Verschiedene Umgebungs-, Belastungs- oder Randbedingungen,
- Einflüsse aus Bauteilwiderständen,

dann sind diese Einflüsse in den Berechnungsmodellen zu berücksichtigen.

(5) Wenn in besonderen Fällen die Methode in D.5(1)b) zur Bestimmung von Bemessungswerten verwendet wird, sind zu beachten:

- die maßgebenden Grenzzustände;
- das erforderliche Zuverlässigkeitsniveau;
- Verträglichkeit mit den Annahmen in Ausdruck (C.8a) auf der Einwirkungsseite;
- wo notwendig, die geforderte Nutzungsdauer;
- Vorinformationen aus ähnlichen Fällen.

ANMERKUNG Weitere Hinweise siehe D.6, D.7 und D.8.

D.6 Allgemeine Grundsätze für die statistische Auswertung

(1) Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse sind das Verhalten und die Versagensarten zunächst mit den Vorhersagen zu vergleichen. Treten erhebliche Unterschiede auf, sind diese zu erklären; das kann zu zusätzlichen Versuchen, gegebenenfalls mit abweichenden Bedingungen, oder zu Veränderungen des theoretischen Modells führen.

(2) Die Versuchsauswertung sollte mit statistischen Verfahren erfolgen, wobei Kenntnisse über Verteilungsfunktionen und ihre Parameter auszunutzen sind. Die Verfahren in diesem Anhang dürfen nur unter folgenden Bedingungen angewendet werden:

- die statistischen Daten (einschließlich Vorinformationen) gelten für bestimmte Grundgesamtheiten, die genügend homogen sind; und
- es stehen ausreichend viele Messergebnisse zur Verfügung.

ANMERKUNG Bei der Untersuchung von Versuchsergebnissen sind folgende drei Hauptkategorien zu unterscheiden:

- wird nur ein Versuch oder werden nur einzelne Versuche durchgeführt, ist keine klassische, statistische Auswertung möglich. Nur umfangreiche Vorinformationen und Hypothesen zur Verknüpfung dieser Vorinformationen mit den Versuchsergebnissen machen es möglich, eine statistische Schlussfolgerung zu ziehen (Bayessche Verfahren, siehe ISO 12491);
- sind umfangreiche Versuchsreihen vorhanden, um einen einzelnen Parameter zu bestimmen, kann eine klassische, statistische Auswertung möglich sein. Übliche Fälle werden beispielsweise in D.7 behandelt. Diese Auswertung erfordert immer noch Vorinformationen über den Parameter, jedoch in geringerem Umfang als oben;
- werden Versuchsreihen durchgeführt, um ein Bemessungsmodell (in Form einer Funktion) mit einer oder mehreren Einflussgrößen zu kalibrieren, ist eine klassische, statistische Auswertung möglich.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(3) Die Ergebnisse der Versuchsauswertung sind nur für die Versuchsbedingungen und Belastungsbedingungen gültig. Bei Übertragung der Versuchsergebnisse auf andere Bedingungen und Belastungen sind Vorinformationen von früheren Versuchen oder auf theoretischer Grundlage zu nutzen.

D.7 Statistische Bestimmung einer einzelnen Eigenschaft

D.7.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt enthält Vorgehensweisen zur Herleitung von Bemessungswerten für eine einzelne Eigenschaft aus Versuchen nach Typ (a) und (b) in D.3(1) (z. B. eine Festigkeit), indem die Auswertungsmethoden (a) und (b) nach D.5(1) verwendet werden.

ANMERKUNG Die hier angegebenen Ausdrücke, die Bayessche Verfahren mit „unsicheren“ Vorverteilungen benutzen, führen etwa zu den gleichen Ergebnissen wie klassische, statistische Methoden mit einem Konfidenzniveau von 75 %.

(2) Eine einzelne Eigenschaft kann

- a) in dem Widerstand R eines Produktes;
- b) in einer Eigenschaft X , die zum Widerstand R eines Produktes beiträgt,

bestehen.

(3) Im Fall a) kann das Verfahren in Abschnitt D.7.2 und D.7.3 verwendet werden, um charakteristische Werte R_k , die Bemessungswerte R_d oder die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M direkt zu bestimmen.

(4) Im Fall b) sollte berücksichtigt werden, dass der Bemessungswert eines Widerstandes R_d

- die Wirkungen anderer Eigenschaften X ;
- die Modellunsicherheit;
- andere Effekte (Maßstab, Volumen etc.)

einschließen kann.

(5) Die Tabellen und Ausdrücke in D.7.2 und D.7.3 beruhen auf folgenden Annahmen:

- die zu Grunde liegende Verteilung ist die Normalverteilung oder log-Normalverteilung;
- es gibt keine Vorinformationen über den Mittelwert;
- bei dem Fall „ V_X unbekannt“ gibt es keine Vorinformationen über den Variationskoeffizienten;
- bei dem Fall „ V_X bekannt“ bestehen volle Vorinformationen über den Variationskoeffizienten.

ANMERKUNG Mit der Verwendung von log-normale Verteilungen wurden mögliche negative Werte z. B. für Dimensionen oder Festigkeiten vermieden.

In der Praxis ist es ratsam, den Fall „ V_X bekannt“ in Verbindung mit einem oberen Schätzwert von V_X anstelle des Falles „ V_X unbekannt“ zu benutzen. Zudem sollte V_X , wenn unbekannt, mindestens mit 0,10 angenommen werden.

D.7.2 Bestimmung des Bemessungswertes über den charakteristischen Wert

(1) Der Bemessungswert einer Größe X sollte mit

$$X_d = \eta_d \frac{X_{k(n)}}{\gamma_m} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} m_x \{1 - k_n V_x\} \quad (\text{D.1})$$

festgelegt werden.

ANMERKUNG Die Bestimmung des maßgebenden Umrechnungsfaktors η_d hängt maßgeblich von der Versuchsart und dem Baustoff ab.

Der Wert k_n ist in Tabelle D.1 angegeben.

(2) Bei Anwendung der Tabelle D.1 ist Folgendes zu beachten:

— Die Zeile „ V_x bekannt“ sollte verwendet werden, wenn der Variationskoeffizient V_x oder ein oberer Schätzwert dafür aus Vorinformationen bekannt sind.

ANMERKUNG Vorinformationen können aus der Auswertung früherer vergleichbarer Versuche stammen, wobei die Vergleichbarkeit der Ingenieurbeurteilung unterliegt, (siehe D.7.1 (3)).

— Die Zeile „ V_x unbekannt“ sollte verwendet werden, wenn der Variationskoeffizient nicht aus Vorinformationen bekannt ist und deshalb aus den Versuchen mit

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} (x_i - m_x)^2 \quad (\text{D.2})$$

$$V_x = s_x / m_x \quad (\text{D.3})$$

geschätzt werden muss.

(3) Der Teilsicherheitsbeiwert γ_m ist entsprechend dem Anwendungsfall, in den die Versuche fallen, festzulegen.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle D.1 — Werte k_n für charakteristische Werte (5%-Fraktile)

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 20 | 30 | ∞ |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| V_X bekannt | 2,31 | 2,01 | 1,89 | 1,83 | 1,80 | 1,77 | 1,74 | 1,72 | 1,68 | 1,67 | 1,64 |
| V_X unbekannt | – | – | 3,37 | 2,63 | 2,33 | 2,18 | 2,00 | 1,92 | 1,76 | 1,73 | 1,64 |

ANMERKUNG 1 Diese Tabelle beruht auf der Normalverteilung.

ANMERKUNG 2 Bei Anwendung der lognormalen Verteilung wird Ausdruck (D.1):

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \exp [m_y - k_n s_y]$$

wobei:

$$m_y = \frac{1}{n} \sum \ln(x_i)$$

Falls V_X aus Vorinformationen bekannt ist,

$$s_y = \sqrt{\ln(V_X^2 + 1)} \approx V_X$$

Falls V_X nicht aus Vorinformationen bekannt ist,

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\ln x_i - m_y)^2}$$

D.7.3 Direkte Bestimmung des Bemessungswertes für Tragfähigkeitsnachweise

(1) Der Bemessungswert X_d einer Größe X sollte mit:

$$X_d = \eta_d X_{od} = \eta_d m_X \{1 - k_n V_X\} \quad (D.4)$$

bestimmt werden. Der Wert η_d sollte alle Unsicherheiten abdecken, die durch die Versuche selbst nicht erfasst werden.

(2) Der Wert $k_{d,n}$ sollte mit Tabelle D.2 bestimmt werden.

Tabelle D.2 — Werte $k_{d,n}$ für den Bemessungswert für Tragfähigkeitsnachweise

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 20 | 30 | ∞ |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| V_X bekannt | 4,36 | 3,77 | 3,56 | 3,44 | 3,37 | 3,33 | 3,27 | 3,23 | 3,16 | 3,13 | 3,04 |
| V_X unbekannt | – | – | – | 11,4 | 7,85 | 6,36 | 5,07 | 4,51 | 3,64 | 3,44 | 3,04 |

ANMERKUNG 1 Diese Tabelle beruht auf der Annahme, dass der Bemessungswert dem Produkt $\alpha_R \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$ (siehe Anhang C) entspricht und X normalverteilt ist. Die Unterschreitungswahrscheinlichkeit ist etwa 0,1 %.

ANMERKUNG 2 Mit einer log-normalen Verteilung wird der Ausdruck (D.4) folgendermaßen bestimmt:

$$X_d = \eta_d \exp [m_y - k_{d,n} s_y]$$

D.8 Statistische Bestimmung eines Widerstandsmodells

D.8.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt enthält Verfahren für die Kalibration von Widerstandsmodellen und die Bestimmung von Bemessungswerten anhand von Versuchen des Typs d) (siehe D.3(1)). Dabei werden Vorinformationen (Vorinformationen oder Hypothesen) angewendet.

(2) Anhand von Versuchen oder theoretischen Überlegungen ist ein „Bemessungsmodell“ $g_n(X)$ zu entwickeln, das zu einer Funktion r_1 für den Widerstand führt. Die Gültigkeit dieses Modells ist sodann mit Hilfe der statistischen Auswertung aller verfügbaren Versuchsdaten zu überprüfen. Wenn notwendig, ist das Bemessungsmodell dann so zu verbessern, bis ausreichende Korrelation zwischen den theoretischen Werten und den Versuchsergebnissen besteht.

(3) Die Streuung der Vorhersage mit Hilfe des Bemessungsmodells (d. h. die Variation des „Streuwertes δ^* “) ist ebenfalls mit den Versuchen zu bestimmen. Diese Streuung ist mit der Streuung der anderen Einflussgrößen in der Widerstandsfunktion zu kombinieren. Die Streuung der anderen Einflussgrößen umfasst:

- die Streuung der Baustofffestigkeiten und Steifigkeiten;
- die Streuung der geometrischen Eigenschaften.

(4) Der charakteristische Widerstand wird unter Berücksichtigung der Streuung aller Einflussgrößen ermittelt.

(5) Die zwei unterschiedlichen Methoden in D.5(1) entsprechen den Verfahren in D.8.2 und D.8.3. Dazu werden in D.8.4 einige Vereinfachungen angegeben.

Diese Verfahren werden in Form einzelner Schritte und in Verbindung mit Annahmen zur Grundgesamtheit mit Erläuterungen angegeben. Die Annahmen stellen lediglich Empfehlungen für die üblichen Fälle dar.

D.8.2 Standardisiertes Auswerteverfahren (Methode (a))

D.8.2.1 Allgemeines

(1) Für das standardisierte Auswerteverfahren gelten die folgenden Annahmen:

- a) Die Widerstandsfunktion ist eine Funktion von unabhängigen Variablen \underline{X} ;
- b) Es steht eine ausreichende Anzahl von Versuchsergebnissen zur Verfügung;
- c) Alle relevanten Größen sind gemessene Werte;
- d) Es gibt keine Korrelation (statistische Abhängigkeit) zwischen den Variablen in der Widerstandsfunktion;
- e) Alle Variablen genügen einer Normal-Verteilung oder einer log-Normal-Verteilung.

ANMERKUNG Die Anwendung der log-Normal-Verteilung für alle Variablen hat den Vorteil, dass keine negativen Zahlen entstehen.

(2) Die standardisierte Vorgehensweise der Methode D.5(1)a) besteht aus sieben Schritten, die in D.8.2.2.1 bis D.8.2.2.7 erläutert werden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

D.8.2.2 Standardisierte Vorgehensweise

D.8.2.2.1 Schritt 1: Entwicklung eines Bemessungsmodells

(1) Es ist ein Bemessungsmodell in Form der theoretischen Widerstandsfunktion r_t für ein Bauteil oder eine Konstruktion zu entwickeln, das zu dem Ausdruck

$$r_t = g_n(\underline{X}) \quad (D.5)$$

führt.

(2) Die Widerstandsfunktion sollte alle maßgebenden Basisvariablen \underline{X} enthalten, die Einfluss auf den betrachteten Grenzzustand haben.

(3) Für jeden Prüfkörper sind alle Basisvariablen zu messen (Annahme c) in D.8.2.1), damit diese für die Auswertung zur Verfügung stehen.

D.8.2.2.2 Schritt 2: Vergleich der experimentellen und theoretischen Werte

(1) Durch Einsetzen der wirklichen gemessenen Eigenschaften in die Widerstandsfunktion sind die theoretischen Werte r_{ti} zu bestimmen, mit denen der Vergleich mit dem experimentellen Werten r_{ei} durchgeführt wird.

(2) Die Punkte, die Wertepaare (r_{ti}, r_{ei}) darstellen, sind in einem Diagramm, wie in Bild D.1 darzustellen.

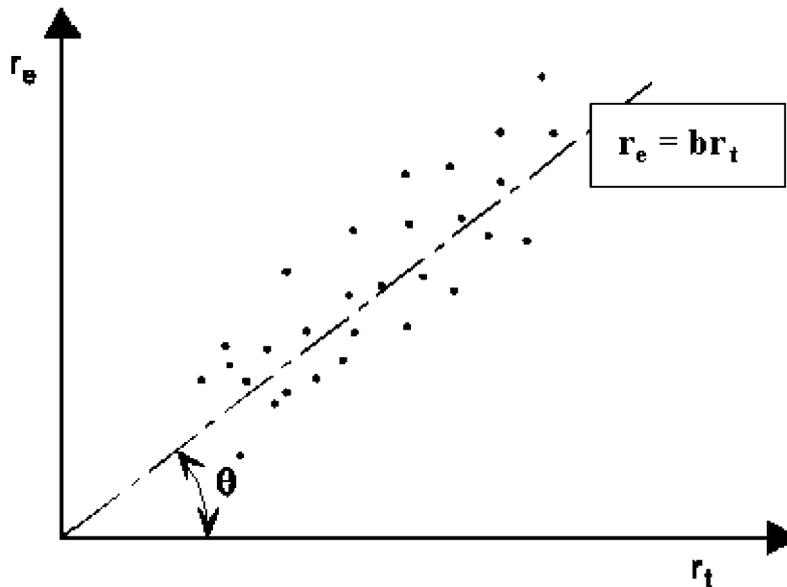


Bild D.1 — r_e - r_t -Diagramm

(3) Wäre die Widerstandsfunktion genau und vollständig, dann würden alle Punkte auf der Winkelhalbierenden liegen. In der Praxis treten Streuungen auf. Jede systematische Abweichung von der Winkelhalbierenden sollte untersucht werden, um festzustellen, ob Fehler beim Versuch oder in der Widerstandsfunktion vorliegen.

D.8.2.2.3 Schritt 3: Schätzung der Mittelwertkorrektur b

(1) Die Widerstandsfunktion r ist in der probabilistischen Form angegeben:

$$r = b r_t \delta \quad (\text{D.6})$$

mit

b = Mittelwertabweichung, ermittelt mit Hilfe des Minimums der Abweichungsquadrate:

$$b = \frac{\sum r_{ei} r_{ti}}{\sum r_{ti}^2} \quad (\text{D.7})$$

(2) Die Werte der theoretischen Widerstandsfunktion r_m gerechnet mit den Mittelwerten \underline{X}_m der Basisvariablen können mit:

$$r_m = b r_t(\underline{X}_m) = b g_{rt}(\underline{X}_m) \delta \quad (\text{D.8})$$

ermittelt werden.

D.8.2.2.4 Schritt 4: Schätzung des Variationskoeffizienten der Streugröße δ

(1) Die Streugröße δ_i sollte für jeden Versuchswert r_{ei} des Widerstandes mit Hilfe des Ausdrucks (D.9) bestimmt werden:

$$\delta_i = \frac{r_{ei}}{b r_{ti}} \quad (\text{D.9})$$

(2) Mit Hilfe der Werte δ_i ist ein Schätzwert von V_δ mit Hilfe

$$\Delta_i = \ln(\delta_i) \quad (\text{D.10})$$

durchzuführen.

(3) Der Schätzwert $\bar{\Delta}$ für $E(\Delta)$ folgt aus

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i \quad (\text{D.11})$$

(4) Der Schätzwert s_Δ^2 für σ_Δ^2 darf aus

$$s_\Delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2 \quad (\text{D.12})$$

ermittelt werden.

(5) Der Ausdruck:

$$V_\delta = \sqrt{\exp(s_\Delta^2) - 1} \quad (\text{D.13})$$

darf als Variationskoeffizient V_δ für die Streugröße δ verwendet werden.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

D.8.2.2.5 Schritt 5: Verträglichkeitsprüfung

(1) In der Regel ist die Verträglichkeit der Annahmen, die beim Aufstellen der Widerstandsfunktion gemacht wurden, mit den Versuchsergebnissen zu überprüfen.

(2) Wenn die Streuung der Werte (r_{ei} , r_{ti}) zu groß ist, um wirtschaftliche Widerstandsfunktionen zu erhalten, kann die Streuung auf folgende Weise verkleinert werden:

- a) durch Verbesserung der Bemessungsfunktion, indem zusätzliche Parameter berücksichtigt werden;
- b) Änderung von b und V_δ durch Aufteilung der Grundgesamtheit in geeignete Untergruppen, für die der Einfluss solcher zusätzlicher Parameter konstant ist.

(3) Um festzustellen, welcher Parameter den größten Einfluss auf die Streuung hat, können die Versuchsergebnisse unter Beachtung dieser Parameter in Untergruppen aufgeteilt werden.

ANMERKUNG Das Ziel ist, durch getrennte Auswertung nach Untergruppen mit der standardisierten Vorgehensweise die Widerstandsfunktion zu verbessern. Der Reduktion der Streuung in jeder Untergruppe kann eine vergrößerte, statistische Unsicherheit aus verkleinerter Versuchszahl entgegenstehen.

(4) Bei der Festlegung des Fraktilenfaktors k_n für den charakteristischen Wert (siehe Schritt 7) kann für alle Untergruppen der Faktor verwendet werden, der der Gesamtanzahl der Versuchsergebnisse entspricht.

ANMERKUNG Es ist darauf zu achten, dass die Häufigkeitsverteilung der Widerstandsfunktion bimodal oder multimodal sein kann. Diese Verteilung kann im interessierenden Bereich durch eine einmodale Normalverteilung approximiert werden.

D.8.2.2.6 Schritt 6: Bestimmung der Variationskoeffizienten V_{Xi} der Basisvariablen

(1) Wenn nachgewiesen werden kann, dass der Gesamtumfang der Versuche repräsentativ für die wirklichen Streuungsverhältnisse ist, dann können die Variationskoeffizienten V_{Xi} der Basisvariablen aus den Versuchsdaten bestimmt werden. Da dies jedoch in der Regel nicht zutrifft, werden die Variationskoeffizienten V_{Xi} aufgrund von Vorinformationen bestimmt.

D.8.2.2.7 Schritt 7: Bestimmung des charakteristischen Wertes r_k der Widerstandsfunktion

(1) Hat die Widerstandsfunktion mit j Basisvariablen die Produktform:

$$r = b r_t = b \{X_1 \times X_2 \dots X_j\} \delta$$

dann kann der Mittelwert $E(r)$ aus:

$$E(r) = b \{E(X_1) \times E(X_2) \dots E(X_j)\} = b g_n(\underline{X}_m) \quad (\text{D.14a})$$

und der Variationskoeffizient aus:

$$V_r^2 = (V_\delta^2 + 1) \left[\prod_{i=1}^j (V_{Xi}^2 + 1) \right] - 1 \quad (\text{D.14b})$$

bestimmt werden.

(2) Für kleine Werte von V_δ^2 und V_{Xi}^2 darf die folgende Näherung benutzt werden:

$$V_r^2 = V_\delta^2 + V_{rt}^2 \quad (\text{D.15a})$$

mit:

$$V_{rt}^2 = \sum_{i=1}^j V_{Xi}^2 \quad (\text{D.15b})$$

(3) Ist die Widerstandsfunktion eine komplexe Funktion in der Form:

$$r = b g_{rt} (X_1, \dots, X_j) \delta$$

dann kann der Mittelwert $E(r)$ aus:

$$E(r) = b g_{rt} (E(X_1), \dots, E(X_j)) = b g_{rt}(\underline{X}_m) \quad (D.16a)$$

und der Variationskoeffizient V_{rt} aus:

$$V_{rt}^2 = \frac{VAR[g_{rt}(\underline{X})]}{g_{rt}^2(\underline{X}_m)} = \frac{1}{g_{rt}^2(\underline{X}_m)} \times \sum_{i=1}^j \left(\frac{\partial g_{rt}}{\partial X_i} \times \sigma_i \right)^2 \quad (D.16b)$$

bestimmt werden.

(4) Ist die Versuchsanzahl auf $n < 100$ begrenzt, ist die Verteilung Δ für die statistischen Unsicherheiten zu berücksichtigen. Die Verteilung sollte als zentrale t-⁵⁾Verteilung mit den Parametern $\bar{\Delta}$, $V_{\Delta(t)}$ und n angenommen werden.

(5) In diesem Fall lautet der charakteristische Wert r_k der Widerstandsfunktion:

$$r_k = b g_R(\underline{X}_m) \exp(-k_\infty \alpha_{rt} Q_{rt} - k_n \alpha_\delta Q_\delta - 0,5 Q^2) \quad (D.17)$$

mit:

$$Q_{rt} = \sigma_{\ln(rt)} = \sqrt{\ln(V_{rt}^2 + 1)} \quad (D.18a)$$

$$Q_\delta = \sigma_{\ln(\delta)} = \sqrt{\ln(V_\delta^2 + 1)} \quad (D.18b)$$

$$Q = \sigma_{\ln(r)} = \sqrt{\ln(V_r^2 + 1)} \quad (D.18c)$$

$$\alpha_{rt} = \frac{Q_{rt}}{Q} \quad (D.19a)$$

$$\alpha_\delta = \frac{Q_\delta}{Q} \quad (D.19b)$$

wobei:

k_n Fraktilefaktor für den charakteristischen Wert aus Tabelle D.1 für den Fall „ V_X unbekannt“;

k_∞ Wert des Fraktilefaktors k_n für $n \rightarrow \infty$ [$k_\infty = 1,64$];

α_{rt} Wichtungsfaktor für Q_{rt} ;

α_δ Wichtungsfaktor für Q_δ .

ANMERKUNG Der Wert V_δ wird für die jeweilige Testreihe bestimmt.

(6) Für eine große Versuchsanzahl (z. B.: $n \geq 100$) darf der charakteristische Wert r_k der Widerstandsfunktion aus:

$$r_k = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_\infty Q - 0,5 Q^2) \quad (D.20)$$

ermittelt werden.

5) Hinweis des Übersetzers: Studentverteilung

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

D.8.3 Standardisiertes Auswerteverfahren (Methode (b))

(1) In diesem Fall gilt die gleiche Vorgehensweise wie in D.8.2, außer dass im Schritt 7 der Fraktilefaktor k_n für den charakteristischen Wert durch den Fraktilefaktor $k_{d,n}$ für den Bemessungswert ersetzt wird. Der Bemessungswert r_d der Widerstandsfunktion entspricht dem Produkt $k_{d,\infty} = \alpha_R \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$ (siehe Anhang C).

(2) Bei beschränkter Versuchsanzahl wird r_d aus:

$$r_d = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_{d,\infty} \alpha_{rt} Q_{rt} - k_{d,n} \alpha_{\delta} Q_{\delta} - 0,5 Q^2) \quad (\text{D.21})$$

ermittelt, wobei:

$k_{d,n}$ Fraktilefaktor für den Bemessungswert nach Tabelle D.2 für den Fall „ V_X unbekannt“;

$k_{d,\infty}$ Fraktilefaktor $k_{d,n}$ für

$n \rightarrow \infty$ [$k_{d,\infty} = 3,04$].

ANMERKUNG Der Wert V_{δ} ist für die betrachteten Versuche zu schätzen.

(3) Bei einer großen Versuchsanzahl darf der Bemessungswert r_d aus:

$$r_d = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_{d,\infty} Q - 0,5 Q^2) \quad (\text{D.22})$$

bestimmt werden.

D.8.4 Verwendung zusätzlicher Vorinformationen

(1) Sind die Gültigkeit der Widerstandsfunktion r_t und eine obere Grenze (konservative Schätzung) des Variationskoeffizienten V_r von vielen Versuchen bereits bekannt, darf für weitere ähnliche Versuche folgende vereinfachte Verfahrensweise angewendet werden.

(2) Wird nur ein weiterer Versuch durchgeführt, darf der charakteristische Wert r_k aus dem Versuchsergebnis r_e mit der Formel

$$r_k = \eta_k r_e \quad (\text{D.23})$$

bestimmt werden. Dabei ist

η_k ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von Vorinformationen, der mit

$$\eta_k = 0,9 \exp(-2,31 V_r - 0,5 V_r^2) \quad (\text{D.24})$$

angesetzt werden darf, wobei:

V_r der Größtwert des Variationskoeffizienten ist, der in den vorausgegangenen Versuchen beobachtet wurde.

(3) Werden zwei oder drei Versuche durchgeführt, die zu einem Mittelwert r_{em} führen, darf der charakteristische Wert r_k aus dem Mittelwert r_{em} bestimmt werden zu

$$r_k = \eta_k r_{em} \quad (\text{D.25})$$

wobei η_k ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von Vorinformationen ist, der mit

$$\eta_k = \exp(-2,0 V_r - 0,5 V_r^2) \quad (\text{D.26})$$

angesetzt werden darf. Dabei ist V_r der Größtwert des Variationskoeffizienten, der in den vorausgegangenen Versuchen beobachtet wurde und die extremen Werte r_{ec} (Maxima oder Minima) müssen die Bedingung

$$|r_{ec} - r_{em}| \leq 0,10 r_{em} \quad (\text{D.27})$$

erfüllen.

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(4) Aufgrund der vorhandenen Vorinformationen aus Versuchen, die zu bestimmten Bauweisen durchgeführt wurden, dürfen den verschiedenen Versagensarten bestimmte Variationskoeffizienten zugeordnet werden (siehe die entsprechenden Eurocodes). Für die verschiedenen Variationskoeffizienten V_r enthält Tabelle D.3 die Reduktionsfaktoren η_k nach den Beziehungen (D.24) und (D.26).

Tabelle D.3 — Reduktionsfaktor η_k

| Variationskoeffizient V_r | Reduktionsfaktor η_k | |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| | Für einen Versuch | Für 2 oder 3 Versuche |
| 0,05 | 0,80 | 0,90 |
| 0,11 | 0,70 | 0,80 |
| 0,17 | 0,60 | 0,70 |

DIN EN 1990:2010-12
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Literaturhinweise

EN ISO 9001:2000, *Qualitätsmanagementsystem-Modelle zur Qualitätssicherung bei der Planung, Produktion, Montage und Wartung*

ISO 2394, *General principles on reliability for structures*

ISO 2631-1:1997, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements*

ISO 3898, *Bases for design of structures — Notations — General symbols*

ISO 6707-1, *Building and civil engineering — Vocabulary — Part 1: General terms*

ISO 8402, *Quality management and quality assurance — Vocabulary*

ISO 8930, *General principles on reliability for structures — List of equivalent terms*

EN ISO 9001:2000, *Quality management systems – Requirements (ISO 9001:2000)*

ISO 10137, *Bases for design of structures — Serviceability of buildings and walkways against vibrations*

DIN EN 1990/NA

ICS 91.010.30

Mit DIN EN 1990:2010-12
Ersatz für
DIN 1055-100:2001-03**Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung**National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode: Basis of structural designAnnexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode: Bases de calcul des structures

Gesamtumfang 14 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1990/NA:2010-12

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-51 FBR „Fachbereichsbeirat KOA 01: Mechanische Festigkeit und Standsicherheit“ in Zusammenarbeit mit dem NA 005-51-01 AA „Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken (Sp CEN/TC 250/PT 1)“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1990:2010-12, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

Die Europäische Norm EN 1990:2002 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1990:2010-12 (en: *non-contradictory complementary information*, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1990:2010-12.

DIN EN 1990:2010-12 und dieser Nationale Anhang DIN EN 1990/NA:2010-12 ersetzen DIN 1055-100:2001-03.

Änderungen

Gegenüber DIN 1055-100:2001-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) teilweise Übernahme der Regelungen aus DIN 1055-100:2001-03 zur nationalen Anwendung von DIN EN 1990:2010-12.

Frühere Ausgaben

DIN 1055-100: 2001-03

NA.1 Anwendungsbereich

Dieser nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für die „Prinzipien und Anforderungen für die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Tragwerken“, die bei der Anwendung von DIN EN 1990:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1990:2010-12.

NA.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1990:2010-12**NA.2.1 Allgemeines**

DIN EN 1990:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus („NDP“).

- A.1.1(1)
- A.1.2.1(1)
- A.1.2.2
- A.1.3.1(1)
- A.1.3.1(3)
- A.1.3.1(4)
- A.1.3.1(5)
- A.1.3.1(6) (Tabelle A.1.2(C))
- A.1.3.2 (Tabelle A.1.3)
- A.1.4.2 (2)

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1990:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ gekennzeichnet.

- 1.2
- 1.3(2)
- 3.5(5)
- NA.4.1.8
- 5.2(1)
- 6.3.2(2)
- 6.3.2(4)
- 6.4.3.2(3)

DIN EN 1990/NA:2010-12

- 6.4.3.3(2)
- 6.4.3.3(3)
- 6.4.3.4(2)
- 6.4.4(1)
- 6.5.3(2)
- Anhang B

NA.2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1990:2010-12 bzw. ergänzt diese.

NCI zu 1.2

NA DIN 1054-101:2009-02, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Teil 101: Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*

NCI zu 1.3(2)

Der Text nach dem ersten Spiegelstrich wird ergänzt durch:

Die Tragwerksplanung wird unabhängig geprüft, Ausnahmen werden gesetzlich geregelt. (siehe auch Tabelle NA.B.1 diese Dokumentes)

NCI zu 3.5(5) Anmerkung 1

Spezielle Bedingungen für die Anwendung probabilistischer Verfahren sollten nur im Einzelfall und in Abstimmung mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde festgelegt werden.

NCI NA.4.1.8 Charakteristische und andere repräsentative Werte unabhängiger Auswirkungen

(1) Der charakteristische Wert einer unabhängigen Auswirkung E_{F_k} wird aus den charakteristischen Werten der unabhängigen Einwirkung F_k nach 4.1.2 am Tragwerk bestimmt.

(2) Die charakteristischen Werte unabhängiger Auswirkungen dürfen in den Einwirkungskombinationen nur dann verwendet werden, wenn das Tragwerk linear-elastisch berechnet wird und das Superpositionsprinzip somit gültig ist (siehe Ergänzungen zu 6.3.2, 6.4.3.2, 6.4.3.3, 6.4.3.4 und 6.5.3).

(3) Die charakteristischen Werte unabhängiger Auswirkungen, insbesondere die Schnittgrößen zwischen Bauwerk und Baugrund, werden bei der Bemessung der Gründung benötigt (siehe DIN EN 1997-1).

(4) Der repräsentative Wert einer unabhängigen Auswirkung wird aus den repräsentativen Werten der unabhängigen Einwirkung nach 4.1.3 bzw. 4.1.4 am Tragwerk bestimmt.

NCI zu 5.2(1) Anmerkung

ANMERKUNG NA.1 Die Anwendung der versuchsgestützten Bemessung in der Tragwerksplanung bedarf der Zustimmung des Bauherrn und der zuständigen Behörde.

NCI 6.3.2(2)

Bei der Betrachtung einer Einwirkungskombination (siehe 6.4 und 6.5) wird der Bemessungswert einer Beanspruchung E_d (z. B. Schnittkräfte, Schnittmomente, Spannungen, Dehnungen oder Verschiebungen) in der Regel wie folgt aus Gleichung (6.2a) hergeleitet:

$$E_d = E (\gamma_{F,1} \cdot F_{\text{rep},1}; \gamma_{F,2} \cdot F_{\text{rep},2}; \dots a_{d,1}; a_{d,2}; \dots) \quad (6.2c)$$

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks ergeben sich die Bemessungswerte der unabhängigen Auswirkungen $E_{F_d,i}$ analog zu den Bemessungswerten der unabhängigen Einwirkungen $F_{d,i}$ (siehe 6.3.1):

$$E_{F_d,i} = \gamma_F \cdot E_{\text{rep},i} \quad (i \geq 1) \quad (6.2d)$$

In diesem Fall darf der Bemessungswert einer Beanspruchung E_d an Stelle von Gleichung (6.2c) durch Superposition der Bemessungswerte der unabhängigen Auswirkungen $E_{F_d,i}$ berechnet werden:

$$E_d = E_{F_d,1} + E_{F_d,2} + \dots \quad (6.2e)$$

NCI 6.3.2(4)

Bei der Anwendung nichtlinearer Verfahren der Schnittgrößenberechnung dürfen bei der Kombination der Einwirkungen die folgenden vereinfachten Regeln angewendet werden:

- Wenn die vorherrschende Auswirkung überproportional ansteigt, wird der Bemessungswert der Beanspruchung nach Gleichung (6.2c) berechnet.
- Wenn die vorherrschende Auswirkung unterproportional ansteigt, werden die Bemessungswerte der unabhängigen Einwirkungen durch den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{F,1}$ der vorherrschenden unabhängigen Einwirkung dividiert. Die daraus resultierende Beanspruchung wird mit $\gamma_{F,1}$ multipliziert:

$$E_d = \gamma_{F,1} \cdot E [F_{\text{rep},1}; (\gamma_{F,2} / \gamma_{F,1}) \cdot F_{\text{rep},2}; \dots a_{d,1}; a_{d,2}; \dots] \quad (6.2f)$$

Für die Anwendung der vereinfachten Regelungen a) oder b) sind die bauartspezifischen Regelungen in DIN EN 1992 bis DIN EN 1999 maßgebend.

NCI zu 6.4.3.2(3)

Die Kombination von Einwirkungen nach Gleichung (6.9b) ist durch den in Gleichung (6.10) dargestellten Ansatz zu berücksichtigen. Die Verwendung der Gleichung (6.10a) und Gleichung (6.10b) ist nicht zulässig.

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks darf sich die Gleichung (6.9b) entweder auf Einwirkungen oder auf Auswirkungen beziehen, d. h. auf Schnittgrößen oder auch auf innere Kräfte bzw. Spannungen in einem Querschnitt, die von mehreren Schnittgrößen (z. B. Interaktion von Längskraft und Biegemoment) abhängen. In diesem Fall dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen auf der Grundlage von Gleichung (6.2e) dieses Anhangs wie folgt berechnet werden:

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot E_{Gk,j} + \gamma_P \cdot E_{Pk} + \gamma_{Q,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.10c)$$

Der charakteristische Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Auswirkung $E_{Qk,1}$ lässt sich dann wie folgt bestimmen:

$$\gamma_{Q,1} \cdot (1 - \psi_{0,1}) \cdot E_{Qk,1} = \max. \text{ oder } \min. \{ \gamma_{Q,i} \cdot (1 - \psi_{0,i}) \cdot E_{Qk,i} \} \quad (6.10d)$$

DIN EN 1990/NA:2010-12**NCI zu 6.4.3.3(2)**

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks darf sich die Gleichung (6.11a) entweder auf Einwirkungen oder auf Auswirkungen beziehen, d. h. auf Schnittgrößen oder auch auf innere Kräfte bzw. Spannungen in einem Querschnitt, die von mehreren Schnittgrößen (z. B. Interaktion von Längskraft und Biegemoment) abhängen. In diesem Fall dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen auf der Grundlage von Gleichung (6.2e) wie folgt berechnet werden:

$$E_{dA} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot E_{GK,j} + E_{PK} + E_{Ad} + \gamma_{QA,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot E_{QK,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{QA,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot E_{QK,i} \quad (6.11c)$$

Der charakteristische Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Auswirkung $E_{QK,1}$ lässt sich dann wie folgt bestimmen:

$$\gamma_{QA,1} \cdot (\psi_{1,1} - \psi_{2,1}) \cdot E_{QK,1} = \max. \text{ oder } \min. \{ \gamma_{QA,i} \cdot (\psi_{1,i} - \psi_{2,i}) \cdot E_{QK,i} \} \quad (6.11d)$$

ANMERKUNG In der Geotechnik werden in einigen außergewöhnlichen Bemessungssituationen Teilsicherheitsbeiwerte γ_{QA} verwendet, die von 1,00 verschieden sind (siehe DIN 1054).

NCI zu 6.4.3.3(3)

Im Allgemeinen wird der häufige Wert der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung $\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$ in den Nachweisen verwendet. Anderenfalls wird Gleichung (6.11c) ersetzt durch

$$E_{dA} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot E_{GK,j} + E_{PK} + E_{Ad} + \sum_{i > 1} \gamma_{QA,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot E_{QK,i} \quad (6.11e)$$

NCI zu 6.4.3.4(2)

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks darf sich die Gleichung (6.12a) entweder auf Einwirkungen oder auf Auswirkungen beziehen, d. h. auf Schnittgrößen oder auch auf innere Kräfte bzw. Spannungen in einem Querschnitt, die von mehreren Schnittgrößen (z. B. Interaktion von Längskraft und Biegemoment) abhängen. In diesem Fall dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen auf der Grundlage von Gleichung (6.2e) wie folgt berechnet werden:

$$E_{dE} = \sum_{j \geq 1} E_{GK,j} + E_{PK} + E_{AEd} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot E_{QK,i} \quad (6.12c)$$

NCI zu 6.4.4(1)

Für den Faktor γ_p sind die bauartspezifischen Festlegungen in DIN EN 1992 bis DIN EN 1999 maßgebend.

Für den Faktor $\gamma_{GA,j}$ sind die Festlegungen in Anhang A.1 zu beachten.

NCI zu 6.5.3(2)

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks dürfen sich die Gleichungen (6.14a), (6.15a) und (6.16a) entweder auf Einwirkungen oder auf Auswirkungen beziehen, d. h. auf Schnittgrößen oder auch auf innere Kräfte bzw. Spannungen in einem Querschnitt, die von mehreren Schnittgrößen (z. B. Interaktion von Längskraft und Biegemoment) abhängen. In diesem Fall dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen auf der Grundlage von Gleichung (6.2e) dieses Anhangs berechnet werden.

Zu (2a): Charakteristische Kombination

Bei linear-elastischer Berechnung dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen auf der Grundlage von Gleichung (6.2e) wie folgt berechnet werden:

$$E_{d,char} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{Pk} + E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.14c)$$

Der charakteristische Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Auswirkung $E_{Qk,1}$ lässt sich dann wie folgt bestimmen:

$$(1 - \psi_{0,1}) \cdot E_{Qk,1} = \max. \text{ oder min. } \{ (1 - \psi_{0,i}) \cdot E_{Qk,i} \} \quad (6.14d)$$

Zu (2b): Häufige Kombination

Bei linear-elastischer Berechnung dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen für die häufige Kombination auf der Grundlage von Gleichung (6.2e) wie folgt berechnet werden:

$$E_{d,frequ} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{Pk} + \psi_{1,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.15c)$$

Der charakteristische Wert der vorherrschenden unabhängigen veränderlichen Auswirkung $E_{Qk,1}$ lässt sich dann wie folgt bestimmen:

$$(\psi_{1,1} - \psi_{2,1}) \cdot E_{Qk,1} = \max. \text{ oder min. } \{ (\psi_{1,1} - \psi_{2,i}) \cdot E_{Qk,i} \} \quad (6.15d)$$

Zu (2c): Quasi-ständige Kombination

Bei linear-elastischer Berechnung dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchungen auf der Grundlage von Gleichung (6.2e) wie folgt berechnet werden:

$$E_{d,perm} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{Pk} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.16c)$$

NDP zu A.1.1(1)

Die in Tabelle 2.1 angegebenen Werte gelten als Anhaltswerte. Die in den bauartspezifischen Bemessungsnormen enthaltenen Regelungen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit sichern bei angemessenem Instandhaltungsaufwand in der Regel während der vorgesehenen Nutzungsdauer die geforderte Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne wesentliche Beeinträchtigung der Nutzungseigenschaften.

NDP zu A.1.2.1(1) Anmerkung 2

Treten Schnee und Wind als Begleiteinwirkungen neben einer nichtklimatischen Leiteinwirkung auf, braucht bei Orten bis NN + 1 000 m nur eine der beiden klimatischen Einwirkungen als Begleiteinwirkung in den Kombinationsregeln für Einwirkungen nach 6.4.3 und 6.5.3 angesetzt zu werden. Tritt jedoch eine der klimatischen Einwirkungen (Wind oder Schnee) als Leiteinwirkung auf, ist die andere als Begleiteinwirkung zu berücksichtigen.

In den Windzonen III und IV darf bei der Kombination Wind/Schnee mit Wind als Leiteinwirkung auf die Kombination mit Schnee als Begleiteinwirkung verzichtet werden. Hingegen ist bei der Kombination Wind/Schnee mit Normalschnee als Leiteinwirkung der Wind als Begleiteinwirkung immer zu berücksichtigen. Bei dem Kombinationsfall mit Schnee als außergewöhnlicher Leiteinwirkung darf auf Wind als Begleiteinwirkung verzichtet werden. Davon unbenommen sind die Auswirkungen möglicher Schneeverwehungen auch für diesen Kombinationsfall zu prüfen.

DIN EN 1990/NA:2010-12**NDP zu A.1.2.2**

Tabelle A.1.1 wird durch die nachfolgende Tabelle NA.A.1.1 ersetzt.

Tabelle NA.A.1.1 — Zahlenwerte für Kombinationsbeiwerte im Hochbau

| Einwirkung | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|---|----------|----------|----------|
| Nutzlasten im Hochbau (Kategorien siehe EN 1991-1-1) ^a | | | |
| — Kategorie A: Wohn- und Aufenthaltsräume | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| — Kategorie B: Büros | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| — Kategorie C: Versammlungsräume | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| — Kategorie D: Verkaufsräume | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| — Kategorie E: Lagerräume | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| — Kategorie F: Verkehrsflächen, Fahrzeuglast ≤ 30 kN | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| — Kategorie G: Verkehrsflächen, 30 kN \leq Fahrzeuglast ≤ 160 kN | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| — Kategorie H: Dächer | 0 | 0 | 0 |
| Schnee- und Eislasten, siehe DIN EN 1991-1-3 | | | |
| — Orte bis zu NN + 1 000 m | 0,5 | 0,2 | 0 |
| — Orte über NN + 1 000 m | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Windlasten, siehe DIN EN 1991-1-4 | 0,6 | 0,2 | 0 |
| Temperatureinwirkungen (nicht Brand), siehe DIN EN 1991-1-5 | 0,6 | 0,5 | 0 |
| Baugrundsetzungen, siehe DIN EN 1997 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Sonstige Einwirkungen ^{b,c} | 0,8 | 0,7 | 0,5 |
| <p>^a Abminderungsbeiwerte für Nutzlasten in mehrgeschossigen Hochbauten siehe DIN EN 1991-1-1.</p> <p>^b Flüssigkeitsdruck ist im allgemeinen als eine veränderliche Einwirkung zu behandeln, für die die ψ-Beiwerte standortbedingt festzulegen sind. Flüssigkeitsdruck, dessen Größe durch geometrische Verhältnisse begrenzt ist, darf als eine ständige Einwirkung behandelt werden, wobei alle ψ-Beiwerte gleich 1,0 zu setzen sind.</p> <p>^c ψ-Beiwerte für Maschinenlasten sind betriebsbedingt festzulegen.</p> | | | |

Die in DIN EN 1991-1-1/NA definierten Kategorien T, Z, K und die Horizontallasten sind hinsichtlich der Einwirkungskombinationen den in Tabelle NA.A.1.1 angegebenen Kategorien für Nutzlasten im Hochbau zuzuordnen.

Mehrkomponentige Einwirkungen (z. B. Nutzlasten in mehrgeschossigen Gebäuden) dürfen bei der Kombination mit anderen veränderlichen Einwirkungen wie folgt berücksichtigt werden:

- Die charakteristischen Werte der einzelnen Komponenten (Kategorien) bzw. ihre vorherrschenden Bemessungswerte dürfen vereinfachend in voller Höhe addiert werden.
- Die Auswirkung der aufsummierten Nutzlasten darf bei der Lastweiterleitung in mehrgeschossigen Hochbauten abgemindert werden (siehe DIN EN 1991-1-1).
- Die weiteren repräsentativen Werte bzw. ihre begleitenden Bemessungswerte werden mit den jeweiligen Kombinationsbeiwerten berechnet.

NDP zu A.1.3.1(1):

In ständigen oder vorübergehenden Bemessungssituationen werden die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus den jeweiligen mit „P/T“ gekennzeichneten Spalten der Tabellen NA.A.1.2(A), NA.A.1.2(B) und NA.A.1.2(C) verwendet.

Die Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte nach den Tabellen NA.A.1.2(A), NA.A.1.2(B) und NA.A.1.2(C) gelten für die Zuverlässigkeitsklasse RC 2 nach Tabelle B.2 in Anhang B.

Bei Einstufung eines Bauwerks in eine andere Zuverlässigkeitsklasse (RC 1 oder RC 3) werden die Teilsicherheitsbeiwerte für die Grundkombination der Einwirkungen für ständige Bemessungssituationen mit dem zugehörigen Faktor K_{FI} nach Tabelle B.3 multipliziert. Dabei ist der K_{FI} -Faktor nur auf Einwirkungen mit ungünstiger Auswirkung anzuwenden.

Für die getrennte Betrachtung vorübergehender Bemessungssituationen werden gegebenenfalls in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angepasste Teilsicherheitsbeiwerte angegeben, siehe z. B. DIN EN 1997.

NDP zu A.1.3.1(3)

Tabelle A.1.2(A) wird durch die Tabelle NA.A.1.2(A) ersetzt.

Beim Nachweis des Grenzzustands (EQU) (Gruppe A) sind die Bemessungswerte der Einwirkungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten aus Tabelle NA.A.1.2(A) zu ermitteln.

Tabelle NA.A.1.2(A) — Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen (EQU) (Gruppe A)

| Einwirkung | Symbol | Situationen | |
|--|--------------------|-------------|------|
| | | P/T | A/E |
| Ständige Einwirkungen: Eigenlast des Tragwerks und von nicht tragenden Bauteilen, ständige Einwirkungen, die vom Baugrund herrühren, Grundwasser und frei anstehendes Wasser | | | |
| destabilisierend | $\gamma_{G,dst}$ | 1,10 | 1,00 |
| stabilisierend | $\gamma_{G,stb}$ | 0,90 | 0,95 |
| Bei kleinen Schwankungen der ständigen Einwirkungen, wenn durch Kontrolle die Unter- bzw. Überschreitung von ständigen Lasten mit hinreichender Zuverlässigkeit ausgeschlossen wird | | | |
| destabilisierend | $\gamma_{G,dst}$ | 1,05 | 1,00 |
| stabilisierend | $\gamma_{G,stb}$ | 0,95 | 0,95 |
| Ständige Einwirkungen für den kombinierten Nachweis der Lagesicherheit, der den Widerstand der Bauteile (z. B. Zugverankerungen) einschließt | | | |
| destabilisierend | $\gamma_{G,dst}^*$ | 1,35 | 1,00 |
| stabilisierend | $\gamma_{G,stb}^*$ | 1,15 | 0,95 |
| Destabilisierende veränderliche Einwirkungen | γ_Q | 1,50 | 1,00 |
| Außergewöhnliche Einwirkungen | γ_A | — | 1,00 |

ANMERKUNG Gleichung (6.7) in DIN EN 1990 muss richtig lauten: $E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$

DIN EN 1990/NA:2010-12

Beim Nachweis der Lagesicherheit werden die charakteristischen Werte aller destabilisierend wirkenden Anteile der ständigen Einwirkungen ($E_{d,dst}$) mit dem Faktor $\gamma_{G,dst}$ und die charakteristischen Werte aller stabilisierenden Anteile ($E_{d,stab}$) mit dem Faktor $\gamma_{G,stab}$ multipliziert. (Gemeint sind die Anteile des betrachteten Lastmodells).

Ist bei einem Nachweis der Lagesicherheit in der ständigen und/oder vorübergehenden Bemessungssituation (P/T), der Ansatz eines Bauteilwiderstands (Bemessungswert $R_{d,anch}$, z. B. für eine Zugverankerung) erforderlich, so ergibt sich beim Nachweis des Grenzzustands EQU:

$$E_{d,anch} = E_{d,dst} - E_{d,stab} \quad (A.1)$$

Dabei ist

- $E_{d,anch}$ der Bemessungswert der Verankerungskraft;
- $E_{d,dst}$ der Bemessungswert der Beanspruchung infolge der destabilisierenden Einwirkungen, ermittelt mit Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_{G,dst}^*$ bzw. γ_Q ;
- $E_{d,stab}$ der Bemessungswert der Beanspruchung infolge der stabilisierenden Einwirkungen (ohne Bauteilwiderstand $R_{d,anch}$), ermittelt mit Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_{G,stab}^*$.

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks (Gültigkeit des Superpositionsprinzips) folgt daraus

$$E_{d,anch} = E_{Gk,dst} \cdot \gamma_{G,dst}^* + E_{Qk} \cdot \gamma_Q - E_{Gk,stab} \cdot \gamma_{G,stab}^* \quad (A.2)$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{G,dst}^*$ und γ_Q für die destabilisierenden ständigen und veränderlichen Einwirkungen ($E_{Gk,dst}$ und E_{Qk}) sowie $\gamma_{G,stab}^*$ für die stabilisierenden ständigen Einwirkungen ($E_{Gk,stab}$) sind Tabelle NA.A.1.2(A) zu entnehmen.

Außerdem ist der Bemessungswert der Verankerungskraft bei günstiger Auswirkung aller ständigen Einwirkungen mit $\gamma_{G,inf}$ aus Tabelle NA.A.1.2(B) zu bestimmen:

$$E_{d,anch} = (E_{Gk,dst} - E_{Gk,stab}) \cdot \gamma_{G,inf} + E_{Qk} \cdot \gamma_Q \quad (A.3)$$

Der größere Bemessungswert der Verankerungskraft aus den Gleichungen (A.1) bzw. (A.2) und (A.3) ist maßgebend. Der Grenzzustand der Bruchsicherheit des Verankerungsbauteils ist analog zu Gleichung (6.8) in DIN EN 1990 nachzuweisen:

$$E_{d,anch} \leq R_{d,anch} \quad (A.4)$$

NDP zu A.1.3.1(4)

Tabelle A.1.2(B) wird durch die Tabelle NA.A.1.2(B) ersetzt.

Beim Nachweis des Grenzzustands (STR/GEO) (Gruppe B) sind die Bemessungswerte der Einwirkungen unter Verwendung der Gleichung (6.10) mit den Teilsicherheitsbeiwerten aus Tabelle NA.A.1.2(B) zu ermitteln. Die Verwendung der Gleichung (6.10a) und (6.10b) ist nicht gestattet.

Einwirkungen infolge Zwang werden grundsätzlich als veränderliche Einwirkungen $Q_{k,i}$ eingestuft. Eine Verminderung der Steifigkeit, z. B. infolge von Rissbildung oder Relaxation, darf ersatzweise durch Abminderung des Teilsicherheitsbeiwerts $\gamma_{Q,i}$ für Zwang berücksichtigt werden. Einzelheiten werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen geregelt.

Im Allgemeinen ist der Flüssigkeitsdruck als eine veränderliche Einwirkung zu behandeln. Flüssigkeitsdruck, dessen Größe durch geometrische Verhältnisse begrenzt ist, darf als eine ständige Einwirkung behandelt werden.

Für im Grenzzustand der Tragfähigkeit betrachtete Baugrundsetzungen sollte der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{G,sup} = 1,35$ für ständige Einwirkungen mit ungünstiger Auswirkung verwendet werden.

Bei Versagen des Tragwerks infolge von Materialermüdung werden die Teilsicherheitsbeiwerte auf der Seite der Einwirkungen in der Regel gleich 1,0 gesetzt ($\gamma_G, \gamma_Q = 1,0$). Modelle und Kombinationen für Einwirkungen im Grenzzustand der Ermüdung werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben.

Tabelle NA.A.1.2(B) — Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen (STR/GEO) (Gruppe B)

| Einwirkung | Symbol | Situationen | |
|---|------------------|-------------|------|
| | | P/T | A/E |
| unabhängige ständige Einwirkungen | | | |
| Auswirkung ungünstig ^{a, b} | $\gamma_{G,sup}$ | 1,35 | 1,00 |
| Auswirkung günstig ^{a, b} | $\gamma_{G,inf}$ | 1,00 | 1,00 |
| unabhängige veränderliche Einwirkungen | | | |
| Auswirkung ungünstig ^{b, c} | γ_Q | 1,50 | 1,00 |
| außergewöhnliche Einwirkungen | γ_A | — | 1,00 |
| <p>^a Beim Nachweis des Grenzzustands für das Versagen des Tragwerks werden alle charakteristischen Werte einer unabhängigen ständigen Einwirkung (d. h. die charakteristischen Werte aller ständigen Einwirkungen aus dem gleichen Ursprung) mit dem Faktor $\gamma_{G,sup}$ multipliziert, wenn die insgesamt resultierende Auswirkung auf die betrachtete Beanspruchung ungünstig ist, jedoch mit dem Faktor $\gamma_{G,inf}$, wenn die insgesamt resultierende Auswirkung günstig ist.</p> <p>^b Zur Wahl der Teilsicherheitsbeiwerte beim Nachweis von geotechnischen Grenzzuständen siehe DIN 1054-101:2009-02, Tabellen A 2-1, A 2-2 und A 2-3.</p> <p>^c Bei günstiger Auswirkung ist $\gamma_Q = 0$.</p> <p>^d Die Werte γ_G und γ_Q dürfen nur im Einzelfall und nur in Abstimmung mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde in Faktoren γ_G und γ_Q für die Unsicherheiten der repräsentativen Werte der Einwirkungen und in einen Faktor γ_{Ed} für die Modellunsicherheit der Einwirkungen und Beanspruchungen aufgeteilt werden.</p> | | | |

Wenn in einem Grenzzustand der Tragfähigkeit die Gefahr einer kollablen Situation vor Erreichen des Materialversagens droht (z. B. elastisches Knicken von nicht vorverformten Stäben), sind besondere oder zusätzliche Sicherheitselemente in die Grenzzustandsgleichung einzuführen. Diese Situationen werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen geregelt.

DIN EN 1990/NA:2010-12**NDP zu A.1.3.1(5)**

Bei Tragfähigkeitsnachweisen (STR) für Bauteile wie Fundamente, Pfähle, Wände des Fundamentkörpers usw., die auch geotechnische Einwirkungen und Bodenwiderstände (GEO, siehe 6.4.1) beinhalten, sind die charakteristischen Werte sowohl der geotechnischen Einwirkungen (in Verbindung mit DIN EN 1997) als auch der übrigen Einwirkungen aus dem oder auf das Tragwerk ausschließlich mit den Teilsicherheitsbeiwerten aus Tabelle NA.A.1.2(B) zu multiplizieren (Verfahren 2). Die Anwendung des Verfahrens 1 und des Verfahrens 3 ist nicht zulässig.

Die Gleitsicherheit einer Gründung wird dem Grenzzustand des Baugrundversagens (GEO) zugeordnet und ist ebenfalls mit den Teilsicherheitsbeiwerten aus Tabelle NA.A.1.2(B) nachzuweisen.

NDP zu A.1.3.1(6)

Tabelle A.1.2(C) wird durch die nachfolgende Tabelle NA.A.1.2(C) ersetzt.

Beim Nachweis der Gesamtstabilität des Baugrunds für Hochbauten (z. B. Stabilität eines Hangs, auf dem ein Gebäude steht, oder Böschungs- oder Geländebruch) sind die Bemessungswerte der Einwirkungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten aus Tabelle NA.A.1.2(C) zu ermitteln (Grenzzustand (GEO) (Gruppe C).

Tabelle NA.A.1.2(C) — Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen (GEO) (Gruppe C)

| Einwirkung | Symbol | Situationen | |
|--|------------|-------------|------|
| | | P/T | A/E |
| unabhängige ständige Einwirkungen | | | |
| Auswirkung ungünstig ^a | γ_G | 1,00 | 1,00 |
| Auswirkung günstig ^a | γ_G | 1,00 | 1,00 |
| unabhängige veränderliche Einwirkungen | | | |
| Auswirkung ungünstig ^b | γ_Q | 1,30 | 1,00 |
| außergewöhnliche Einwirkungen | γ_A | — | 1,00 |
| ^a Siehe Fußnote a zu Tabelle NA.A.1.2(B). ^b Siehe Fußnote c zu Tabelle NA.A.1.2(B). | | | |

NDP zu A.1.3.2

In außergewöhnlichen Bemessungssituationen oder bei Erdbeben werden die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus den jeweiligen mit „A/E“ gekennzeichneten Spalten der Tabelle NA.A.1.2(A) bis Tabelle NA.A.1.2(C) verwendet.

Die Bemessungswerte der veränderlichen Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erdbeben werden als Begleiteinwirkungen angesetzt. Für Fahrzeuganprall, Explosion oder Erdbeben darf in den Gleichungen (6.11a) und (6.11b) $\psi_{2,1}$ an Stelle von $\psi_{1,1}$ angesetzt werden.

NDP zu A.1.4.2 (2)

Eine Voraussetzung für die dauerhafte Einhaltung eines Grenzzustands der Tragfähigkeit kann auch die bleibende Einhaltung von Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sein, bei deren Überschreitung mit Schäden zu rechnen ist (z. B. Rissbreitenbeschränkung im Stahlbeton- und Spannbetonbau). Derartige Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit bedürfen daher besonderer Beachtung und werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen angegeben (siehe auch 6.5.2).

NCI zu Anhang B

Zum Zwecke der Differenzierung der Zuverlässigkeit werden drei Versagensfolgeklassen (CC 1, CC 2 und CC 3) eingeführt, bei denen die Auswirkungen des Versagens oder der Funktionsbeeinträchtigung eines Tragwerks gemäß Tabelle B.1 betrachtet werden.

ANMERKUNG Der Begriff „Versagensfolgeklasse“ wird synonym für den Begriff „Schadensfolgeklasse“ in DIN EN 1990 verwendet.

Nach Tabelle B.2 werden drei Zuverlässigkeitsklassen (RC 1, RC 2 und RC 3) eingeführt, die über die dort angegebenen Zielwerte des Zuverlässigkeitsindizes β definiert und mit den drei Versagensfolgeklassen CC 1, CC 2 und CC 3 verknüpft sind. Die in Anhang A.1 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte gelten für Zuverlässigkeitsklasse RC 2. Bei Einstufung eines Bauwerks in eine andere Zuverlässigkeitsklasse (RC 1 oder RC 3) werden diese Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle B.3 in Anhang B modifiziert (siehe A.1.3.1).

ANMERKUNG Zu B.3.2(3) und Tabelle B.2: Im Text ist das Wort „**Mindestwerte**“ durch „**Zielwerte**“ zu ersetzen.

In Abschnitt B.4 werden drei Stufen für Überwachungsmaßnahmen bei der Planung (DSL 1, DSL 2 und DSL 3) eingeführt, die mit den drei Zuverlässigkeitsklassen RC 1, RC 2 und RC 3 verknüpft sind und durch geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen konkretisiert werden, siehe 2.5.

Tabelle B.4 wird durch die nachfolgende Tabelle NA.B.1 ersetzt.

Tabelle NA.B.1 — Überwachungsmaßnahmen bei der Planung (DSL)

| Überwachungsmaßnahmen bei der Planung | Merkmale | Mindestanforderungen an die Prüfung statischer Berechnungen, von Zeichnungen und Anweisungen |
|--|------------------------------|--|
| DSL 3 verknüpft mit RC 3 | Bauaufsichtliche Überwachung | Prüfung durch die Bauaufsicht oder durch einen Prüfer für Bautechnik als hoheitlich berechtigter Unternehmer |
| DSL 2 verknüpft mit RC 2 | Verstärkte Überwachung | Prüfung durch eine von der Planungsstelle organisatorisch unabhängige Prüfstelle, durch einen Prüfer oder einen Prüfsachverständigen für Bautechnik (Fremdüberwachung) |
| DSL 1 verknüpft mit RC 1 | Normale Überwachung | Prüfung durch eine von der Planungsstelle unabhängige Prüfstelle in der eigenen Organisation (Eigenüberwachung durch eigene Prüfstelle), in einfachen Fällen durch die Planungsstelle selbst |

In Abschnitt B.5 werden drei Überwachungsstufen für die Herstellung (IL 1, IL 2 und IL 3) eingeführt, die mit den drei Zuverlässigkeitsklassen RC 1, RC 2 und RC 3 verknüpft sind und durch verschiedene Qualitätssicherungsmaßnahmen konkretisiert werden (siehe 2.5). Weitere Hinweise sind den Ausführungsnormen zu entnehmen, auf die in DIN EN 1992 bis DIN EN 1996 und in DIN EN 1999 Bezug genommen wird.

Tabelle B.5 wird durch die nachfolgende Tabelle NA.B.2 ersetzt.

DIN EN 1990/NA:2010-12**Tabelle NA.B.2 — Überwachungsstufen (IL) für die Herstellung und Nutzung**

| Überwachungsstufe | Merkmale | Anforderungen |
|--|--|---|
| IL 3 In Verbindung mit RC 3 | Verstärkte und wiederholende Überwachung | Überwachung der Herstellung und Überwachung während der Nutzung ^a durch die Bauaufsicht oder durch einen Prüfsachverständigen für Bautechnik als hoheitlich beliehener Unternehmer |
| IL 2 In Verbindung mit RC 2 | Verstärkte Überwachung | Überwachung der Herstellung durch unabhängige Drittstelle, durch einen Prüfsachverständigen oder einen Prüfsachverständigen für Bautechnik (Fremdüberwachung) |
| IL 1 in Verbindung mit RC 1 | Normale Überwachung | Überwachung der Herstellung durch Überwachungsstelle der eigenen Organisation, in einfachen Fällen durch Eigenüberwachung |
| <p>^a Überwachungsmaßnahmen während der Nutzung sind z. B. regelmäßige Inspektionen oder kontinuierliches Monitoring.</p> <p>ANMERKUNG Zusammen mit den Überwachungsstufen werden Prüfpläne für Bauprodukte und die Herstellung von Bauwerken definiert. Da diese baustoffabhängig sind, werden Einzelheiten in den jeweiligen Ausführungsnormen angegeben.</p> | | |

DIN EN 1991-1-1

ICS 91.010.30

Ersatzvermerk
siehe unten**Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke –
Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau;
Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009**

Eurocode 1: Actions on structures –
Part 1-1: General actions –
Densities, self-weight, imposed loads for buildings;
German version EN 1991-1-1:2002 + AC:2009

Eurocode 1: Actions sur les structures –
Partie 1-1: Actions générales –
Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation bâtiments;
Version allemande EN 1991-1-1:2002 + AC:2009

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN EN 1991-1-1:2002-10;
mit DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 Ersatz für DIN 1055-1:2002-06 und DIN 1055-3:2006-03;
Ersatz für DIN EN 1991-1-1 Berichtigung 1:2009-09

Gesamtumfang 41 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1991-1-1:2010-12

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1991-1-1:2002 + AC:2009) ist in der Verantwortung von CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) entstanden.

Die Arbeiten wurden auf nationaler Ebene vom NABau-Arbeitsausschuss NA 005-51-02 AA "Einwirkungen auf Bauten" begleitet.

Die Norm EN 1991-1-1 wurde am 2001-11-30 angenommen.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedsstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

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.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1991-2-1:1996-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

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

Gegenüber DIN EN 1991-1-1:2002-10, DIN EN 1991-1-1 Berichtigung 1:2009-09, DIN 1055-1:2002-06 und DIN 1055-3:2006-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN 1055-1: 1934-08, 1937-08, 1940-06, 1963-03, 1978-05, 1978-07, 2002-06
DIN 1055-2: 1943-08
DIN 1055-3: 1934x-08, 1951x-02, 1971-06, 2002-10
DIN V ENV 1991-2-1: 1996-01
DIN EN 1991-1-1: 2002-10
DIN EN 1991-1-1 Berichtigung 1: 2009-09

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1991-1-1

April 2002

+AC

März 2009

ICS 91.010.30

Deutsche Fassung

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

Eurocode 1: Actions on structures —
Part 1-1: General actions —
Densities, self-weight, imposed loads for buildings

Eurocode 1: Actions sur les structures —
Partie 1-1: Actions générales —
Poids volumiques, poids propres, charges
d'exploitation bâtiments

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. November 2001 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 18. März 2009 in Kraft und wurde in die EN 1991-1-1:2002 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Inhalt

| | Seite |
|--|-----------|
| Vorwort | 3 |
| Hintergrund des Eurocode-Programms | 3 |
| Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes | 4 |
| Nationale Fassungen der Eurocodes | 5 |
| Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN's und ETA's) | 5 |
| Besondere Hinweise zu EN 1991-1-1 | 5 |
| Nationaler Anhang zu EN 1991-1-1 | 6 |
| 1 Allgemeines | 7 |
| 1.1 Geltungsbereich | 7 |
| 1.2 Normative Verweise | 7 |
| 1.3 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln | 8 |
| 1.4 Begriffe | 8 |
| 1.5 Kurz- und Formelzeichen | 9 |
| 2 Einteilung der Einwirkungen | 10 |
| 2.1 Eigengewicht | 10 |
| 2.2 Nutzlasten | 10 |
| 3 Bemessungssituationen | 11 |
| 3.1 Allgemeines | 11 |
| 3.2 Eigengewicht | 11 |
| 3.3 Nutzlasten | 11 |
| 3.3.1 Allgemeines | 11 |
| 3.3.2 Zusätzliche Regelungen für Hochbauten | 11 |
| 4 Wichten für Baustoffe und Lagergüter | 12 |
| 4.1 Allgemeines | 12 |
| 5 Eigengewicht von Bauteilen | 12 |
| 5.1 Darstellung der Einwirkungen | 12 |
| 5.2 Charakteristische Werte für das Eigengewicht | 13 |
| 5.2.1 Allgemeines | 13 |
| 5.2.2 Zusätzliche Festlegungen für Hochbauten | 13 |
| 5.2.3 Zusätzliche Festlegungen für Brücken | 13 |
| 6 Nutzlasten im Hochbau | 14 |
| 6.1 Darstellung der Einwirkungen | 14 |
| 6.2 Lastanordnungen | 14 |
| 6.2.1 Decken-, Bühnen- und Dachkonstruktionen | 14 |
| 6.2.2 Stützen und Wände | 15 |
| 6.3 Charakteristische Werte für Nutzlasten | 15 |
| 6.3.1 Wohnungen, Versammlungsräume, Geschäfts- und Verwaltungsräume | 15 |
| 6.3.2 Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung | 18 |
| 6.3.3 Parkhäuser und Bereiche mit Fahrzeugverkehr (Brücken sind ausgeschlossen) | 22 |
| 6.3.4 Dachkonstruktionen | 23 |
| 6.4 Horizontallasten auf Zwischenwände und Absturzsicherungen | 25 |
| Anhang A (informativ) Nennwerte für Wichten von Baustoffen und Nennwerte für Wichten und Böschungswinkel für Lagergüter | 27 |
| Anhang B (informativ) Absturzsicherung und Schutzplanken für Parkhäuser | 38 |
| Literaturhinweise | 39 |

Vorwort

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

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2002, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

CEN/TC 250 ist für die Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau verantwortlich.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1991-2-1:1995.

Die Anhänge A und B sind informativ.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

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 Normen.

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 diese schließlich 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 Vereinbarung¹⁾ 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 Bauproduktenrichtlinie, 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

EN 1992, Eurocode 2: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten

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.

DIN EN 1991-1-1:2010-12 **EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)**

EN 1993, Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten

EN 1994, Eurocode 4: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahl-Beton-Verbundbauten

EN 1995, Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten

EN 1996, Eurocode 6: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Mauerwerksbauten

EN 1997, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik

EN 1998, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben

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

Die Eurocodes berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und deren Recht zur bauaufsichtlichen Festlegung sicherheitsbezogener Werte auf nationaler Ebene, 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 (EN's und ETA's).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. 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 vollständigen Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen sowie Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Tragwerksarten und Entwurfsbedingungen, wofür dann besondere Überlegungen des Tragwerksplaners erforderlich sind.

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

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie haben die Grundlagendokumente

- a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, in dem Begriffe und, soweit erforderlich, die technischen Grundlagen für Klassen und Anforderungsniveaus vereinheitlicht werden,
- b) Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungsniveaus mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische Nachweise und technische Regeln für den Projektentwurf,
- 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.

Nationale Fassungen der Eurocodes

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

Der nationale Anhang darf nur Angaben zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offengelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten jeweils in dem betreffenden Land, indem 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, z. B. Schneekarten,
- Vorgehensweisen, wenn die Eurocodes mehrere zur Wahl anbieten,
- Vorschriften zur Verwendung der informativen Anhänge,
- Verweise auf ergänzende Angaben, die die Anwendung unterstützen jedoch den Eurocode nicht widersprechen.

Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN's und ETA's)

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ konsistent sind. Insbesondere sollten Hinweise, die mit der CE-Kennzeichnung von Bauprodukten verbunden sind, die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter berücksichtigt werden.

Besondere Hinweise zu EN 1991-1-1

EN 1991-1-1 enthält Entwurfshinweise und Angaben für Einwirkungen für die Tragwerksplanung von Hochbauten, die folgende Bereiche umfassen:

- Wichten von Baustoffen und Lagergütern,
- Eigengewicht von Bauteilen und
- Nutzlasten für Hochbauten.

EN 1991-1-1 ist für Bauherren, Tragwerksplaner, Ausführende und öffentliche Auftraggeber bestimmt.

Es ist beabsichtigt, dass EN 1991-1-1 mit EN 1990 und den weiteren Teilen von EN 1991 und EN 1992 bis EN 1999, für die Tragwerksplanung angewendet wird.

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.

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Nationaler Anhang zu EN 1991-1-1

Diese Norm enthält eine Reihe alternativ Verfahren, Wertangaben und Empfehlungen für Klassifizierungen, die mit Hilfe von Anmerkungen gekennzeichnet sind und für die die Wahlmöglichkeit auf nationaler Ebene besteht. Daher sollten die nationalen Fassungen der EN 1991-1-1 einen nationalen Anhang aufweisen, der alle national festzulegenden Parameter enthält, die bei der Planung und Ausführung von Bauten und Ingenieurbauwerken in dem betreffenden Land angewendet werden müssen. Für EN 1991-1-1 besteht eine nationale Wahlmöglichkeit in folgenden Abschnitten:

- **AC** 2.2(3)
- 5.2.3(1) bis 5.2.3(5)
- 6.3.1.1(1)P (Tabelle 6.1)
- 6.3.1.2(1)P (Tabelle 6.2)
- 6.3.1.2(10) & (11)
- 6.3.2.2(1)P (Tabelle 6.4)
- 6.3.3.2(1) (Tabelle 6.8)
- 6.3.4.2 (Tabelle 6.10) und
- 6.4(1) (Tabelle 6.12). **AC**

1 Allgemeines

1.1 Geltungsbereich

(1) EN 1991-1-1 enthält Anweisungen und Angaben zu Einwirkungen für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken einschließlich geotechnischer Gesichtspunkte bezüglich:

- Wichten von Baustoffen und Lagergütern;
- Eigengewicht von Bauwerken;
- Nutzlasten im Hochbau.

(2) Abschnitt 4 und Anhang A enthält Nennwerte für Wichten für bestimmte Baustoffe, Baustoffe im Brückenbau und Lagergüter. Des Weiteren werden für bestimmte Schüttgüter die Böschungswinkel angegeben.

(3) Abschnitt 5 legt Verfahren zur Bestimmung der charakteristischen Werte für das Eigengewicht von Bauteilen fest.

(4) Abschnitt 6 enthält charakteristische Werte für Nutzlasten auf Decken und Dächer, bei denen nach den folgenden Nutzungsbedingungen unterschieden wird:

- Wohnungen, Versammlungsräume, Geschäfts- und Verwaltungsräume;
- Parkhäuser und Bereiche mit Fahrzeugverkehr;
- Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung;
- Dächer;
- Hubschrauberlandeflächen.

(5) Die in Abschnitt 6 angegebenen Lasten für Bereiche mit Fahrzeugverkehr beziehen sich auf Fahrzeuggesamtgewichte bis 160 kN. Die Lasten auf Verkehrsflächen mit Fahrzeuggewichten über 160 kN sollten mit den einschlägigen Behörden festgelegt werden. Weitere Hinweise können EN 1991-2 entnommen werden.

(6) Für Absturzsicherungen oder Wände, die als Absturzsicherungen dienen, werden Horizontalkräfte in Abschnitt 6 angegeben. Anhang B enthält zusätzliche Hinweise zu Absturzsicherungen in Parkhäusern.

ANMERKUNG Anpralllasten für Fahrzeuge sind in EN 1991-1-7 und EN 1991-2 geregelt.

(7) Bemessungssituationen und Lastwirkungen in Silo- oder Tankanlagen, die sich durch Wasser oder andere Schüttgüter ergeben, werden in EN 1991-3 geregelt.

1.2 Normative Verweise

Die folgenden Normen enthalten Regelungen, auf die in dieser Euronorm durch Hinweis Bezug genommen wird. Bei datierten Hinweisen gelten spätere Änderungen oder Ergänzungen der in Bezug genommenen Normen nicht. Jedoch sollte bei Bedarf geprüft werden, ob die jeweils gültige Ausgabe der Normen angewendet werden darf. Bei undatierten Hinweisen gilt die jeweils gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm:

DIN EN 1991-1-1:2010-12

EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

ANMERKUNG 1 Die folgenden Europäischen Normen, die bereits veröffentlicht wurden oder sich in Bearbeitung befinden, werden in normativen Abschnitten zitiert:

EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*
 EN 1991-1-7, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-7: Katastrophenlasten*
 EN 1991-2, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken*
 EN 1991-3, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Einwirkungen infolge Krane und Maschinen*
 EN 1991-4, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4 Einwirkungen auf Silos und Behälter*

ANMERKUNG 2 Die folgenden Europäischen Normen, die bereits veröffentlicht wurden oder sich in Bearbeitung befinden, werden in den Anmerkungen zu normativen Abschnitten zitiert:

EN 1991-1-3, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Schneelasten*
 EN 1991-1-4, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Windlasten*
 EN 1991-1-6, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-6: Lasten und Verformungen während der Bauphase*

1.3 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln

(1) Abhängig vom Charakter der einzelnen Abschnitte wird in EN 1990 nach Prinzipien und Anwendungsregeln unterschieden.

(2) Die Prinzipien enthalten:

- Allgemeine Bestimmungen und Begriffsbestimmungen, die immer gültig sind;
- Anforderungen und Rechenmodelle, die immer gültig sind, soweit auf die Möglichkeit von Alternativen nicht ausdrücklich hingewiesen wird.

(3) Die Prinzipien werden durch den Buchstaben P nach der Absatznummer gekennzeichnet.

(4) Die Anwendungsregeln sind allgemeine anerkannte Regeln, die den Prinzipien folgen und deren Anforderungen erfüllen.

(5) Abweichende Anwendungsregeln sind zulässig, wenn vom Aufsteller nachgewiesen werden kann, dass sie mit den maßgebenden Prinzipien übereinstimmen und im Hinblick auf die Bemessungsergebnisse bezüglich Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit mindestens gleichwertig mit den Eurocodes sind.

ANMERKUNG Wird eine Anwendungsregel durch eine alternative Bemessungsregel ersetzt, kann das Ergebnis nicht beanspruchen, vollständig der EN 1991-1-1 zu genügen, obwohl die Bemessung mit den Prinzipien von EN 1991-1-1 übereinstimmt. Wenn EN 1991-1-1 auf Eigenschaften, die im Anhang Z von Produktnormen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen aufgeführt sind, angewendet wird, ist die Anwendung alternativer Regeln für die CE-Kennzeichnung unzulässig.

(6) In EN 1991-1-1 werden Anwendungsregeln durch Absatznummern in Klammern, z. B. wie für diesen Absatz, gekennzeichnet.

1.4 Begriffe

Für die Zwecke dieser Norm gelten die Begriffe in ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930 und wie folgt. Darüber hinaus ist im Abschnitt 1.5 der EN 1990 eine Zusammenstellung von grundsätzlichen Begriffen für die Anwendung dieser Norm zu finden.

1.4.1

Wichte

die Wichte ist das Gesamtgewicht je Volumeneinheit eines Stoffs einschließlich Mikro- und Makrohohlräumen und Poren

ANMERKUNG Im Sprachgebrauch wird auch der Begriff „Dichte“ verwendet, der sich auf die Masse je Einheitsvolumen bezieht.

1.4.2**Böschungswinkel**

der Böschungswinkel stellt den natürlichen Winkel gegenüber der Horizontalen dar, der sich beim Schütten des losen Stoffes einstellt

1.4.3**Gesamtgewicht eines Fahrzeuges**

die Summe aus Fahrzeugeigengewicht und dem höchstzulässigen Ladegewicht

1.4.4**tragende Bauteile**

tragende Bauteile umfassen das primäre Tragwerk einschließlich seiner Lager- und Gründungskonstruktion. Tragende Bauteile von Brücken umfassen Träger, Fahrbahnplatten und Tragelemente wie z. B. Trageile.

1.4.5**nichttragende Bauteile**

nichttragende Bauteile umfassen die zusätzlichen Ausbauten, Beschichtungen und Verkleidungen, die mit dem Tragwerk verbunden werden, einschließlich Straßenbeläge und Geländer. Dazu gehören auch Installationen und maschinelle Einrichtungen, die mit dem Tragwerk fest verbunden sind.

1.4.6**Trennwände**

nichttragende Wände

1.4.7**versetzbare Trennwände**

sind Wände, die auf der Decke versetzt, an anderer Stelle aufgebaut, verrückt oder abgebaut werden können

1.5 Kurz- und Formelzeichen

(1) Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Symbole:

ANMERKUNG Die verwendeten Kurz- und Formelzeichen beruhen auf ISO 3898:1997.

(2) EN 1990 enthält im Abschnitt 1.6 eine Zusammenstellung von Symbolen und Begriffen. Folgende Begriffe werden zusätzlich in EN 1991-1-1 verwendet.

Große lateinische Buchstaben

A belastete Fläche

A_0 Bezugsfläche

Q_k charakteristischer Wert einer veränderlichen Einzellast

Kleine lateinische Buchstaben

g_k Gewicht je Einheitsfläche oder Einheitslänge

n Anzahl von Stockwerken

q_k charakteristischer Wert einer gleichförmig verteilten Belastung oder Linienlast

Kleine griechische Buchstaben

α_A Abminderungsbeiwert

α_n Abminderungsbeiwert

γ Wichte

φ dynamischer Vergrößerungsfaktor

ψ_0 Kombinationsbeiwert, siehe Tabelle A.1.1 in EN 1990

ϕ Böschungswinkel (in Grad)

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

2 Einteilung der Einwirkungen

2.1 Eigengewicht

(1) Das Eigengewicht eines Bauwerks gilt als ständige ortsfeste Einwirkung, siehe EN 1990, 1.5.3 und 4.1.1.

(2) Wenn das Eigengewicht mit der Zeit veränderlich ist, sollte es mit dem oberen und unteren charakteristischen Wert berücksichtigt werden (siehe EN 1990, 4.1.2). Wenn jedoch das Eigengewicht eine freie Einwirkung ist (z. B. bei versetzbaren Trennwänden, siehe Abschnitt 6.3.1.2(8)), ist dieses als zusätzliche Nutzlast zu behandeln.

ANMERKUNG Dies trifft vor allem zu, wenn ständige Einwirkungen günstige Wirkungen erzeugen.

(3)P Lasten aus Stoffen, die als Ballast wirken, sind als ständige Einwirkungen anzunehmen. Umverteilungen des Ballastes sind bei der Bemessung zu berücksichtigen, siehe 5.2.2(1) und 5.2.2(2).

(4)P Lasten aus Bodenaufschüttungen auf Dächern oder Terrassen sind als ständige Lasten zu betrachten.

(5) Im Hinblick auf 2.1(3)P und 2.1(4)P sollte die Bemessung die Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes oder der Schütthöhe, die durch unkontrollierte Aufhäufungen während der Nutzungszeit des Tragwerks auftreten können, berücksichtigen.

ANMERKUNG Erddruckverteilungen können mit EN 1997 bestimmt werden.

2.2 Nutzlasten

(1)P Soweit nicht anders in dieser Norm geregelt, sind Nutzlasten als veränderliche freie Einwirkungen anzusehen, siehe EN 1990, 1.5.3 und 4.1.1.

ANMERKUNG Für Nutzlasten von Brücken siehe EN 1991-2.

(2) Anpralllasten von Fahrzeugen oder außergewöhnlichen Lasten aus Maschinenbetrieb sind für außergewöhnliche Bemessungssituationen der EN 1991-1-7 zu entnehmen.

(3) Nutzlasten sind als quasi-statische Lasten anzusehen, siehe EN 1990, 1.5.3.13. Die Lastmodelle können dynamische Einflüsse einschließen, wenn keine Gefahr durch Resonanz besteht oder keine größeren dynamischen Auswirkungen am Tragwerk auftreten, siehe EN 1992 bis EN 1999. Wenn Resonanz infolge synchronisierter rhythmischer Bewegungen von Personen oder infolge Tanzen oder Springen zu erwarten ist, sollte für die spezielle dynamische Berechnung ein geeignetes Lastmodell bestimmt werden.

ANMERKUNG Das hierbei zu verwendende Verfahren kann im Nationalen Anhang angegeben werden.

(4) Bei Gabelstaplerbetrieb oder Hubschrauberlasten sind Zusatzbelastungen, die durch Massen- und Trägheitswirkungen aus zeitveränderlichen Abläufen entstehen, zu berücksichtigen. Diese Wirkungen werden durch einen dynamischen Vergrößerungsfaktor φ , mit dem die statischen Lastwerte zu multiplizieren sind, berücksichtigt, siehe Gleichung (6.3).

(5)P Einwirkungen, die wesentliche Beschleunigungen des Tragwerks oder seiner Teile hervorrufen, sind als dynamische Einwirkungen zu betrachten. Sie sind im Rahmen einer dynamischen Berechnung zu berücksichtigen.

3 Bemessungssituationen

3.1 Allgemeines

(1)P Für jede nach EN 1990, 3.2 zu betrachtende Bemessungssituation sind die maßgebenden Eigengewichte und Nutzlasten zu bestimmen.

3.2 Eigengewicht

(1) Das gesamte Eigengewicht der tragenden und nichttragenden Bauteile sollte in der Lastkombination als eine einzelne Einwirkung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Siehe EN 1990 Tabelle A.1.2(B) - Anmerkung 3.

(2) Wenn auf belasteten Flächen Bauteile oder nichttragende Bauteile hinzugefügt oder entfernt werden können, ist dies bei den ungünstigen Lastfällen zu berücksichtigen.

(3) Das Eigengewicht aus neuen Belägen oder Versorgungsleitungen, die erst nach der Ausführung eingebaut werden sollen, ist bei der Bemessung zu berücksichtigen, siehe 5.2.

(4)P Die Wasserstände sollten bei der maßgebenden Bemessungssituation berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Siehe EN 1997.

(5) Bei der Bemessung von Bauwerken für die Lagerung von Schüttgütern ist die Herkunft und der Feuchtegehalt der Stoffe zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Die Werte für die Wichten im Anhang A gelten für den trockenen Zustand.

3.3 Nutzlasten

3.3.1 Allgemeines

(1)P Sind für eine belastete Fläche unterschiedliche Nutzungsarten vorgesehen, so ist bei der Bemessung der ungünstigste Lastfall anzusetzen.

(2)P Wirken neben den Nutzlasten gleichzeitig andere veränderliche Einwirkungen (z. B. aus Wind, Schnee, Kranbetrieb oder Maschinenbetrieb) mit, so ist die Gesamtheit aller Nutzlasten, die bei dem Lastfall betrachtet werden, als eine einzige Einwirkung anzusehen.

(3) Wenn die Anzahl von Lastwechseln oder die Schwingungswirkungen Materialermüdung erzeugen können, sollte ein Ermüdungslast-Modell festgelegt werden.

(4) Bei schwingungsempfindlichen Tragwerken sollten, soweit erforderlich, dynamische Lastmodelle für die Nutzlasten angewendet werden. Die Vorgehensweise ist in EN 1990, 5.1.3 erläutert.

3.3.2 Zusätzliche Regelungen für Hochbauten

(1) AC Auf Dächern (insbesondere auf Dächern der Kategorie H) müssen Nutzlasten nicht in Kombination mit Schneelasten und/oder Windeinwirkung angesetzt zu werden. AC

(2)P Wird die Nutzlast entsprechend EN 1990 als Begleiteinwirkung erfasst, so ist entweder nur ψ (EN 1990, Tabelle A.1.1) oder nur α_n (6.3.1.2(11)) anzusetzen.

(3) Zur Bestimmung dynamischer Lasten aus Maschinenbetrieb siehe EN 1991-3.

(4) Die Nutzlasten für Gebrauchstauglichkeitsnachweise sollten abhängig von den Nutzungsbedingungen und den Anforderungen an das Verhalten des Tragwerks bestimmt werden.

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

4 Wichten für Baustoffe und Lagergüter

4.1 Allgemeines

(1) Die charakteristischen Werte für die Wichten von Baustoffen und Lagergütern sollten festgelegt werden. Als charakteristische Werte sollten Mittelwerte verwendet werden, siehe jedoch auch 4.1(2) und 4.1(3).

ANMERKUNG Die Werte im Anhang A für Wichte und Böschungswinkel stellen Mittelwerte dar. Wird ein Bereich angegeben, so ist vorausgesetzt, dass der Mittelwert stark von der Materialherkunft abhängig ist und deshalb für das jeweilige Projekt gewählt werden sollte.

(2) Für Stoffe, die nicht in den Tabellen des Anhanges A enthalten sind (z. B. neuartige Stoffe), sollte der charakteristische Wert der Wichte in Übereinstimmung mit EN 1990, 4.1.2 für das jeweilige Projekt bestimmt werden.

(3) Wenn die verwendeten Stoffe eine erhebliche Streuung ihrer Wichte je nach Herkunft, Wassergehalt usw. aufweisen, sollte der charakteristische Wert dieser Wichte nach EN 1990, 4.1.2 bestimmt werden.

(4) Werden die Wichten zuverlässig direkt bestimmt, dürfen diese Werte verwendet werden.

ANMERKUNG EN 1990, Anhang D kann hierzu verwendet werden.

5 Eigengewicht von Bauteilen

5.1 Darstellung der Einwirkungen

(1) Das Eigengewicht von Bauwerken sollte im Regelfall durch einen einheitlichen charakteristischen Wert angegeben werden und auf der Grundlage der Nennwerte der Abmessungen und der charakteristischen Werte der Wichten bestimmt werden.

(2) Das Eigengewicht von Bauwerken umfasst das Tragwerk und die nichttragenden Bauteile einschließlich der eingebauten Versorgungseinrichtungen und das Gewicht von Bodenaufschüttungen und Schotter.

(3) Nichttragende Bauteile umfassen:

- Dachabdeckungen;
- Oberflächenbeschichtungen und Abdeckungen;
- Zwischenwände und Ausfütterungen;
- Handläufe, Schutzplanken, Geländer und Schrammborde;
- Fassaden und Wandbekleidungen;
- Unterhängte Decken;
- Isolierungen;
- Brückenzubehör;
- ortsfeste Versorgungseinrichtungen, siehe 5.1(4).

ANMERKUNG Für feststehende Maschinen siehe EN 1991-3. Bei anderen industriellen Ausrüstungen (z. B. Safes) sind Herstellerangaben zu verwenden.

(4) Ortsfeste Versorgungseinrichtungen umfassen:

- Einrichtungen für Fahrstühle oder Rolltreppen;
- Heizungs-, Belüftungs- und Klimaanlage;
- elektrische Ausrüstungen;
- Versorgungsleitungen ohne Inhalt;
- Kabelführungen und Leitungen.

(5)P Lasten aus versetzbaren Trennwänden sind als Nutzlasten zu behandeln, siehe 5.2.2(2)P und 6.3.1.2(8).

5.2 Charakteristische Werte für das Eigengewicht

5.2.1 Allgemeines

(1)P Die Bestimmung der charakteristischen Werte des Eigengewichtes, der Abmessungen und Wichten ist nach EN 1990, 4.1.2 durchzuführen.

(2) Die Nennwerte der Abmessungen sollten den Zeichnungen entnommen werden.

5.2.2 Zusätzliche Festlegungen für Hochbauten

(1) Bei vorgefertigten Bauteilen, z. B. für Deckenkonstruktionen, Fassaden oder abgehängte Decken, Fahrstühle oder Gebäudeausrüstungen dürfen Herstellerangaben verwendet werden.

(2)P Zur Berücksichtigung des Eigengewichts versetzbarer Trennwände ist eine gleichförmig verteilte Ersatzlast anzusetzen, die den Nutzlasten zugeschlagen wird, siehe 6.3.1.2(8).

5.2.3 Zusätzliche Festlegungen für Brücken

(1) Für Stoffe, die sich während der Nutzung verdichten können, die gesättigt werden oder sonst ihre Eigenschaften ändern, z. B. Schotter auf Eisenbahnbrücken oder Verfüllungen über Durchlässen, sollte ein oberer oder ein unterer charakteristischer Wert für die Wichte berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Geeignete Zahlenwerte dürfen im nationalen Anhang festgelegt werden.

(2) Die Nennhöhe des Schotterbettes von Eisenbahnbrücken sollte festgelegt werden. Die oberen und unteren charakteristischen Werte der Schotterbetthöhe sollten anhand einer Abweichung von $\pm 30\%$ der Nennhöhe bestimmt werden.

ANMERKUNG Geeignete Zahlenwerte dürfen im nationalen Anhang festgelegt werden.

(3) Zur Bestimmung der oberen und unteren charakteristischen Werte des Eigengewichtes von Dichtungsschichten, Beschichtungen oder Fahrbahnbelägen auf Brücken ist eine Abweichung der wirklichen Dicken von der Nenndicke oder von anderen festgelegten Werten zu berücksichtigen. Wenn nicht anders geregelt, sollte diese Abweichung mit $\pm 20\%$ angesetzt werden, wenn das nachträgliche Anbringen einer Beschichtung bereits vorgesehen wurde, und mit $+40\%$ und -20% , wenn eine solche Maßnahme vorab nicht geplant ist.

ANMERKUNG Geeignete Festlegungen dürfen im nationalen Anhang erfolgen.

(4) Bei der Bestimmung des Eigengewichtes von Kabeln, Rohrleitungen, und Versorgungsleitungen sollten die oberen und unteren charakteristischen Werte verwendet werden. Wenn nicht anders geregelt, sollte eine Abweichung von $\pm 20\%$ vom Mittelwert des Eigengewichtes angesetzt werden.

ANMERKUNG Geeignete Festlegungen dürfen im nationalen Anhang erfolgen, siehe auch EN 1990 4.1.2(4).

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

- (5) Bei der Bestimmung des Eigengewichtes von anderen nicht tragenden Bauteilen wie
- Handläufe, Schutzplanken, Geländer, Schrammborde und anderem Brückenzubehör,
 - Anschlüsse und Befestigungen,
 - Aussparungen,

sollten als charakteristische Werte, soweit nicht anderweitig festgelegt, die Nennwerte verwendet werden.

ANMERKUNG Geeignete Festlegungen dürfen im nationalen Anhang erfolgen. Abhängig von der Ausbildung und dem Projekt dürfen Wassersackbildung und Wasserfüllungen von Hohlräumen berücksichtigt werden.

6 Nutzlasten im Hochbau

6.1 Darstellung der Einwirkungen

(1) Die Nutzlasten im Hochbau hängen von der Art der Nutzung ab. Die Werte in diesem Abschnitt berücksichtigen:

- normale Nutzung durch Personen;
- Möbel und bewegliche Einrichtungsgegenstände (z. B. bewegliche Zwischenwände, Lagerung und Inhalt von Behältern);
- Fahrzeuge;
- seltene Ereignisse, z. B. Personenansammlung oder Zusammenrücken von Möbelstücken, Versetzen oder Stapeln von Einrichtungsgegenständen, die beim Umzug oder bei der Neueinrichtung auftreten können.

(2) In diesem Teil werden die Nutzlasten als gleichmäßig verteilte Flächenlasten, als Streckenlasten, als Einzellasten oder als eine Kombination dieser Lasten dargestellt.

(3) Zur Bestimmung der Nutzlasten sollten die Decken- und Dachflächen in Bauwerken entsprechend ihrer Nutzung in verschiedene Nutzungskategorien eingeteilt werden.

(4) Schwere Ausrüstungen (wie z. B. Großküchen, Röntgengeräte, Heißwasserspeicher) sind nicht in den hier angegebenen Lasten enthalten. Lasten von schweren Ausrüstungen sind mit dem Bauherren und/oder der zuständigen Behörde festzulegen.

6.2 Lastanordnungen

6.2.1 Decken-, Bühnen- und Dachkonstruktionen

(1)P Für die Bemessung der Deckenkonstruktion eines Stockwerks oder der Dachkonstruktion ist die Nutzlast als freie Einwirkung in ungünstigster Stellung auf der Einflussfläche anzuordnen.

(2) Haben auch Nutzlasten aus anderen Stockwerken Einfluss, dürfen diese als gleichmäßig verteilte (feste) Einwirkung angesetzt werden.

(3)P Um eine örtliche Mindesttragfähigkeit der Deckenkonstruktion sicherzustellen, ist zusätzlich ein getrennter Nachweis mit einer Einzellast durchzuführen, die, soweit nicht anders geregelt, nicht mit der gleichmäßig verteilten Last und anderen variablen Einwirkungen kombiniert zu werden braucht.

(4) Die Nutzlast aus einer einzelnen Nutzungskategorie darf in Abhängigkeit von der belasteten Fläche für das zu bemessene Bauteil mit dem Abminderungsbeiwert α_A entsprechend 6.3.1.2(10) abgemindert werden.

6.2.2 Stützen und Wände

(1) **[AC]** Für die Bemessung von Stützen und Wänden sollten die Nutzlasten an allen ungünstigen Stellen angesetzt werden.

ANMERKUNG Der nationale Anhang darf weitere vereinfachende Regeln enthalten. Es wird empfohlen, dass die maximale Axialkraft unter der Annahme berechnet wird, dass die gesamten Nutzlasten gleichmäßig über die Deckenflächen der einzelnen Geschosse verteilt sind. **[AC]**

(2) Werden die Stützen und Wände durch Nutzlasten aus mehreren Stockwerken beansprucht, so dürfen die gesamten Nutzlasten mit dem Abminderungsbeiwert α_n nach 6.3.1.2(11) und 3.3.1(2)P abgemindert werden.

6.3 Charakteristische Werte für Nutzlasten

6.3.1 Wohnungen, Versammlungsräume, Geschäfts- und Verwaltungsräume

6.3.1.1 Nutzungskategorien

(1)P Nutzungsflächen in Wohnungen, Versammlungsräumen, Geschäfts- und Verwaltungsräumen sind entsprechend ihrer Nutzung in Nutzungskategorien nach Tabelle 6.1 einzuteilen.

(2)P Unabhängig von der Nutzungskategorie der Flächen sind dynamische Effekte zusätzlich zu berücksichtigen, wenn die Art der Nutzung besondere dynamische Effekte erwarten lässt (siehe 2.2(3) und 2.2(4)).

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Tabelle 6.1 — Nutzungskategorien

| Kategorie | Nutzungsmerkmal | Beispiel |
|--|--|---|
| A | Wohnflächen | Räume in Wohngebäuden und -häusern, Stations- und Krankenzimmer in Krankenhäusern, Zimmer in Hotels und Herbergen, Küchen, Toiletten |
| B | Büroflächen | |
| C | Flächen mit Personenansammlungen (außer Kategorie A, B und D) ^a | <p>C1: Flächen mit Tischen usw., z. B. in Schulen, Cafés, Restaurants, Speisesälen, Lesezimmern, Empfangsräumen.</p> <p>C2: Flächen mit fester Bestuhlung, z. B. in Kirchen, Theatern, Kinos, Konferenzräumen, Vorlesungssälen, Versammlungshallen, Wartezimmern, Bahnhofswartesälen.</p> <p>C3: Flächen ohne Hindernisse für die Beweglichkeit von Personen, z. B. in Museen, Ausstellungsräumen usw. sowie Zugangsflächen in öffentlichen Gebäuden und Verwaltungsgebäuden, Hotels, Krankenhäusern, Bahnhofshallen.</p> <p>C4: Flächen mit möglichen körperlichen Aktivitäten von Personen, z. B. Tanzsäle, Turnsäle, Bühnen.</p> <p>C5: Flächen mit möglichem Menschengedränge, z. B. in Gebäuden mit öffentlichen Veranstaltungen, wie Konzertsälen, Sporthallen mit Tribünen, Terrassen und Zugangsbereiche und Bahnsteige.</p> |
| D | Verkaufsflächen | <p>D1: Flächen in Einzelhandelsgeschäften</p> <p>D2: Flächen in Kaufhäusern</p> |
| <p>^a Es wird besonders bei C4 und C5 auf 6.3.1.1(2) hingewiesen. Bei Notwendigkeit dynamischer Nachweise siehe EN 1990. Für Kategorie E siehe Tabelle 6.3.</p> <p>ANMERKUNG 1 In Abhängigkeit von ihrer Nutzung können im nationalen Anhang und/oder durch Festlegung des Bauherren die Flächen, die als C2, C3 oder C4 eingestuft werden könnten, auch der Kategorie C5 zugeordnet werden.</p> <p>ANMERKUNG 2 Zu den Kategorien A, B, C1 bis C5 und D1 bis D2 können weitere Unterkategorien im nationalen Anhang festgelegt werden.</p> <p>ANMERKUNG 3 Für Flächen mit industrieller Nutzung oder Lagernutzung siehe Abschnitt 6.3.2.</p> | | |

6.3.1.2 Größe der Einwirkungen

(1)P Für die in Tabelle 6.1 angegebenen Nutzungskategorien sind für die Bemessung charakteristische Werte q_k (gleichmäßig verteilte Last) und Q_k (konzentrierte Einzellast) zu verwenden.

ANMERKUNG In Tabelle 6.2 werden die charakteristischen Werte q_k und Q_k angegeben. Wo Bereiche angegeben sind, kann der Wert im nationalen Anhang angegeben werden. Der unterstrichene Wert wird empfohlen. q_k ist für die Bestimmung der allgemeinen Schnittgrößen bestimmt, während durch Q_k örtliche Wirkungen erfasst werden. Der nationale Anhang kann für die Nutzung der Tabelle abweichende Bedingungen festlegen.

Tabelle 6.2 — Nutzlasten auf Decken, Balkonen und Treppen im Hochbau

| Nutzungskategorien | q_k kN/m ² | Q_k kN |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| Kategorie A | | |
| — Decken | 1,5 bis <u>2,0</u> | <u>2,0</u> bis 3,0 |
| — Treppen | <u>2,0</u> bis 4,0 | <u>2,0</u> bis 4,0 |
| — Balkone | <u>2,5</u> bis 4,0 | <u>2,0</u> bis 3,0 |
| Kategorie B | 2,0 bis <u>3,0</u> | 1,5 bis <u>4,5</u> |
| Kategorie C | | |
| — C1 | 2,0 bis <u>3,0</u> | 3,0 bis <u>4,0</u> |
| — C2 | 3,0 bis <u>4,0</u> | 2,5 bis 7,0 (<u>4,0</u>) |
| — C3 | 3,0 bis <u>5,0</u> | <u>4,0</u> bis 7,0 |
| — C4 | 4,5 bis <u>5,0</u> | 3,5 bis <u>7,0</u> |
| — C5 | <u>5,0</u> bis 7,5 | 3,5 bis <u>4,5</u> |
| Kategorie D | | |
| — D1 | <u>4,0</u> bis 5,0 | 3,5 bis 7,0 (<u>4,0</u>) |
| — D2 | 4,0 bis <u>5,0</u> | 3,5 bis <u>7,0</u> |

(2) Wenn erforderlich, sollten q_k und Q_k vergrößert werden (z. B. bei Treppen und Balkonen in Abhängigkeit von ihrer Nutzung und den Abmessungen).

(3) Für örtliche Nachweise sollte die Einzellast Q_k alleine ohne Zusammenwirken mit q_k verwendet werden.

(4) Für Hochregale und Hebebühnen sollten die Einzellasten Q_k im jeweiligen Einzelfall bestimmt werden, siehe 6.3.2.

(5)P Die Einzellast ist an jedem Punkt der Deckenkonstruktion, der Balkon- oder der Treppenkonstruktion anzusetzen. Die Aufstandsfläche ist der Nutzung und der Art der Deckenkonstruktion anzupassen.

ANMERKUNG In der Regel darf die Aufstandsfläche als Quadrat mit 50 mm Kantenlänge angesetzt werden. Siehe auch 6.3.4.2(4).

(6)P Vertikale Lasten infolge Gabelstaplerbetriebs sind nach 6.3.2.3 zu berücksichtigen.

(7)P Werden Decken durch mehrere Nutzungskategorien genutzt, so ist die jeweils ungünstigste Nutzungskategorie für die Bemessung der Bauteile zu Grunde zu legen (z. B. Kräfte oder Durchbiegung).

(8) Ist aufgrund der Deckenkonstruktion eine Querverteilung der Lasten möglich, darf das Eigengewicht versetzbarer Trennwände durch eine gleichförmig verteilte Flächenlast q_k berücksichtigt werden, die der Nutzlast nach Tabelle 6.2 zugeschlagen werden sollte. Diese gleichförmig verteilte Flächenlast darf in Abhängigkeit vom Eigengewicht der Zwischenwände wie folgt festgelegt werden:

— bei Eigengewicht der versetzbaren Trennwand $\leq 1,0$ kN/m: $q_k = 0,5$ kN/m²

— **AC** bei Eigengewicht der versetzbaren Trennwand $> 1 \leq 2,0$ kN/m: $q_k = 0,8$ kN/m² **AC**

— **AC** bei Eigengewicht der versetzbaren Trennwand $> 2 \leq 3,0$ kN/m: $q_k = 1,2$ kN/m² **AC**

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

(9) Für schwerere versetzbare Trennwände sollten die

— möglichen Standorte und Richtungen,

— Bauart der Decke

berücksichtigt werden.

(10) AC In Übereinstimmung mit 6.2.1(4) darf der Abminderungsbeiwert α_A auf die Nutzlasten q_k für Deckenkonstruktionen (siehe Tabelle 6.2 und Absätze (8) und (9)) und für zugängliche Dachkonstruktionen der Kategorie I (siehe Tabelle 6.9) angewendet werden. AC

ANMERKUNG 1 Für die Nutzungskategorien A bis AC D AC wird ein Abminderungsbeiwert α_A nach folgender Gleichung empfohlen:

$$\alpha_A = 5/7 \cdot \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0 \quad (6.1)$$

mit $\alpha_A \geq 0,6$ für die Kategorien C und D

Dabei ist

ψ_0 Beiwert nach EN 1990, Anhang A.1, Tabelle A.1.1

A_0 10,0 m²

A die belastete Einflussfläche

ANMERKUNG 2 Der nationale Anhang darf ein alternatives Verfahren angeben.

(11) Nach 6.2.2(2) darf die Belastung auf Stützen und Wände, die aus den Lasten der Nutzungskategorien A bis D nach Tabelle 6.1 in mehreren Stockwerken ermittelt wird, mit dem Abminderungsbeiwert α_n multipliziert werden.

ANMERKUNG 1 Eine Empfehlung für den Wert α_n ist

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) \psi_0}{n} \quad (6.2)$$

Dabei ist

n Anzahl der Stockwerke ($n > 2$) oberhalb der belasteten Stützen und Wände mit der gleichen Nutzungskategorie

ψ_0 Beiwert nach EN 1990, Anhang A.1, Tabelle A.1.1.

ANMERKUNG 2 Der nationale Anhang darf ein alternatives Verfahren angeben.

6.3.2 Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung

6.3.2.1 Nutzungskategorien

(1)P Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung sind nach Tabelle 6.3 in zwei Kategorien zu unterteilen.

Tabelle 6.3 — Kategorien für Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung

| Nutzungs-kategorien | Nutzungsmerkmale | Beispiele |
|---------------------|--|--|
| E1 | Flächen mit möglicher Stapelung von Gütern einschließlich Zugangsflächen | Lagerflächen einschließlich Lagerung von Büchern oder Akten. |
| E2 | Industrielle Nutzung | |

6.3.2.2 Größe der Einwirkungen

(1)P Für die in Tabelle 6.3 angegebenen Nutzungskategorien sind für die Bemessung charakteristische Werte q_k (gleichmäßig verteilte Last) und Q_k (konzentrierte Einzellast) zu verwenden.

ANMERKUNG In Tabelle 6.4 sind Empfehlungen für Zahlenwerte für q_k und Q_k angegeben. Die Zahlenwerte dürfen durch den nationalen Anhang oder bei einem bestimmten Bauprojekt entsprechend der Nutzung verändert werden (siehe Tabelle 6.3 und Anhang A). q_k ist für die Bestimmung der allgemeinen Schnittgrößen bestimmt, während durch Q_k örtlichen Wirkungen erfasst werden. Der nationale Anhang darf für die Nutzung der Tabelle 6.4 abweichende Bedingungen festlegen.

Tabelle 6.4 — Nutzlasten auf Lagerflächen

| Nutzungskategorien | q_k kN/m ² | Q_k kN |
|--------------------|----------------------------|-------------|
| Kategorie E1 | 7,5 | 7,0 |

(2)P Als charakteristischer Wert der Nutzlast ist der größte mögliche Wert, wenn notwendig unter Berücksichtigung dynamischer Wirkungen, anzunehmen. Die Lastanordnung ist so vorzusehen, dass sie den ungünstigsten Betriebsbedingungen entspricht.

ANMERKUNG Hinweise zu vorübergehenden Bemessungssituationen, die beim Einbau oder beim Auswechseln von Maschinen oder Produktionseinrichtungen usw. entstehen, sind in EN 1991-1-6 zu finden.

(3) Die charakteristischen Werte für vertikale Lasten auf Lagerflächen sollten mit den Wichten der Schüttgüter und den oberen Bemessungswerten für Schütthöhen ermittelt werden. Wenn Schüttgüter horizontale Lasten auf Wände usw. ausüben, sollten diese nach EN 1991-4 ermittelt werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang A zu Wichten.

(4) Effekte aus dem Füll- und Leervorgang sollten berücksichtigt werden.

(5) Lasten auf Lagerflächen für Bücher oder Akten sollten anhand der Stellflächen und der Regalhöhen mit geeigneten Werten für die Wichten ermittelt werden.

(6) Die Lasten auf Industrieflächen sollten entsprechend vorgesehener Nutzung und den vorgesehenen Ausrüstungen ermittelt werden. Soweit Ausrüstungen wie Kräne, bewegliche Maschinen usw. eingebaut werden sollen, sollten die Lasten nach EN 1991-3 ermittelt werden.

(7) Einwirkungen aus Gabelstaplern und Transportfahrzeugen sollten als Einzellasten angesetzt werden, die zusammen mit den gleichförmig verteilten Lasten nach Tabelle 6.2, 6.4 und 6.8 anzusetzen sind.

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

6.3.2.3 Einwirkungen infolge von Gabelstaplern

(1) Gabelstapler sollten abhängig vom Eigengewicht, den Abmessungen und den Stapellasten in 6 Klassen FL 1 bis FL 6 unterteilt werden, siehe Tabelle 6.5.

Tabelle 6.5 — Abmessungen von Gabelstaplern nach FL-Klassen

| Gabelstapler Klasse | Eigengewicht (Netto) | Hublasten | Radabstand | Fahrzeugbreite | Fahrzeuglänge |
|---------------------|-------------------------|-----------|------------|----------------|---------------|
| | kN | | a m | b m | l m |
| FL1 | 21 | 10 | 0,85 | 1,00 | 2,60 |
| FL2 | 31 | 15 | 0,95 | 1,10 | 3,00 |
| FL3 | 44 | 25 | 1,00 | 1,20 | 3,30 |
| FL4 | 60 | 40 | 1,20 | 1,40 | 4,00 |
| FL5 | 90 | 60 | 1,50 | 1,90 | 4,60 |
| FL6 | 110 | 80 | 1,80 | 2,30 | 5,10 |

(2) Der statische Wert der Achslast Q_k eines Gabelstaplern ist abhängig von der Gabelstaplerklasse FL 1 bis FL 6 und sollte Tabelle 6.6 entnommen werden.

Tabelle 6.6 — Achslasten von Gabelstaplern

| Gabelstaplerklasse | Achslast Q_k kN |
|--------------------|-------------------------|
| FL1 | 26 |
| FL2 | 40 |
| FL3 | 63 |
| FL4 | 90 |
| FL5 | 140 |
| FL6 | 170 |

(3) Der statische Wert der senkrechte Achslast Q_k sollte mit dem dynamischen Vergrößerungsfaktor φ nach Ausdruck 6.3 vergrößert werden.

$$Q_{k,dyn} = \varphi \cdot Q_k \quad (6.3)$$

Dabei ist

$Q_{k,dyn}$ dynamischer charakteristischer Wert der Einwirkung,

φ dynamischer Vergrößerungsfaktor,

Q_k statischer charakteristischer Wert der Einwirkung.

(4) Der dynamische Vergrößerungsfaktor φ für Gabelstapler berücksichtigt die Trägheitswirkungen infolge Beschleunigung und Abbremsen der Stapellasten und sollte mit

$$\varphi = 1,40 \quad \text{für Luftbereifung}$$

$$\varphi = 2,00 \quad \text{für Vollgummiräder}$$

angesetzt werden.

(5) Bei Gabelstaplern mit einem Netto-Eigengewicht größer als 110 kN sollten die Lasten anhand genauerer Untersuchungen ermittelt werden.

(6) Die vertikalen Achslasten Q_k und $Q_{k,dyn}$ für Gabelstapler sind nach Bild 6.1 anzuordnen.

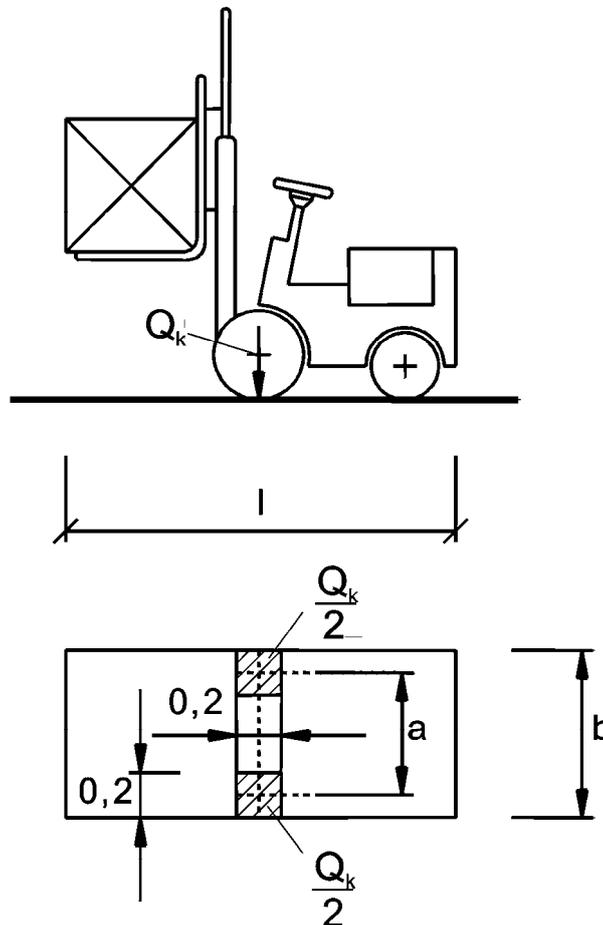


Bild 6.1 — Abmessungen von Gabelstaplern

(7) Die Horizontallasten aus Beschleunigung und Bremsen von Gabelstaplern können mit 30 % der vertikalen Achslast Q_k angesetzt werden.

ANMERKUNG Zusätzliche dynamische Vergrößerungsfaktoren brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

6.3.2.4 Einwirkungen infolge von Transportfahrzeugen

- (1) Die Einwirkungen aus Transportfahrzeugen, die sich frei oder schienengebunden auf Decken bewegen, sollten als Laststellungsmuster der Radlasten bestimmt werden.
- (2) Die statischen Werte der vertikalen Radlasten sollten als ständige Lasten G_K und veränderliche Nutzlasten Q_K angegeben werden. Die Spektren der Nutzlasten sollten für die Bestimmung der Kombinationsbeiwerte und Ermüdungslasten herangezogen werden.
- (3) Die vertikalen und horizontalen Radlasten sollten für den jeweiligen Einzelfall bestimmt werden.
- (4) Die Lastanordnung und die Abmessungen sollten für die Bemessung im jeweiligen Einzelfall bestimmt werden.

ANMERKUNG Lastmodelle nach EN 1991-2 dürfen verwendet werden, wenn zutreffend.

6.3.2.5 Einwirkungen aus Ausrüstungen für die Bauwerksunterhaltung

- (1) Die Lasten von Ausrüstungen für die Bauwerksunterhaltung sollten wie die Lasten von Transportfahrzeugen bestimmt werden (siehe 6.3.2.4).
- (2) Die Lastanordnung und Abmessungen sollten für die Bemessung im jeweiligen Einzelfall bestimmt werden.

6.3.3 Parkhäuser und Bereiche mit Fahrzeugverkehr (Brücken sind ausgeschlossen)

6.3.3.1 Nutzungskategorien

- (1)P Verkehrsflächen und Parkflächen in Gebäuden sind je nach Zugänglichkeit durch Fahrzeuge in zwei Kategorien nach Tabelle 6.7 einzuordnen.

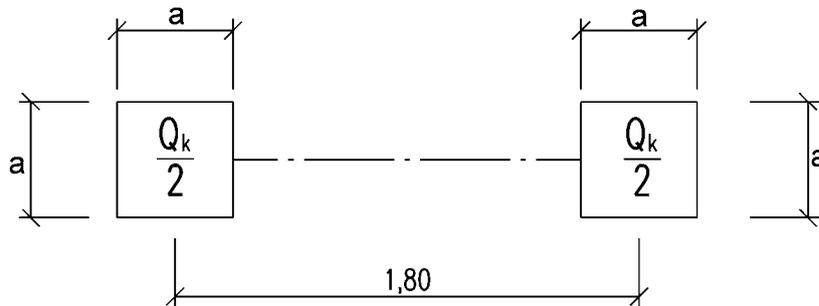
Tabelle 6.7 — Verkehrsflächen und Parkflächen in Gebäuden

| Nutzungskategorie | Nutzungsmerkmale | Beispiele |
|--|--|---|
| F | Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (≤ 30 kN Gesamtgewicht und weniger als 8 Sitze außer Fahrersitz) | Parkhäuser, Garagen, Parkbühnen |
| G | Verkehrs- und Parkflächen für mittlere Fahrzeuge (> 30 kN, ≤ 160 kN Gesamtgewicht auf 2 Achsen) | Zufahrtsbereiche, Anlieferzonen; Feuerwehruzufahrten (≤ 160 kN Fahrzeuggesamtgewicht) |
| ANMERKUNG 1 Der Zugang zu Flächen der Kategorie F sollte durch geeignete bauliche Maßnahmen begrenzt sein. | | |
| ANMERKUNG 2 Flächen der Kategorie F und G sollten mit geeigneten Warnschildern gekennzeichnet sein. | | |

6.3.3.2 Größe der Einwirkungen

- (1) Das Lastmodell besteht aus einer Einzelachse mit der Lasthöhe Q_k und den Abmessungen nach Bild 6.2 und einer gleichförmig verteilten Flächenlast q_k . Die charakteristischen Werte Q_k und q_k sind in Tabelle 6.8 angegeben.

ANMERKUNG q_k ist für die Bestimmung der allgemeinen Schnittgrößen bestimmt, während durch Q_k örtliche Beanspruchungen erfasst werden. Der nationale Anhang darf abweichende Nutzungsbedingungen für Tabelle 6.8 festlegen.



ANMERKUNG Die Seitenlänge der quadratischen Auflastfläche beträgt 100 mm für die Nutzungskategorie F (siehe Tabelle 6.8) und 200 mm für die Nutzungskategorie G.

Bild 6.2 — Abmessungen der Achslast

Tabelle 6.8 — Nutzlasten in Parkhäusern und in Bereichen mit Fahrzeugverkehr

| Nutzungskategorien | q_k kN/m ² | Q_k kN |
|---|----------------------------|-------------|
| Kategorie F Fahrzeuggesamtgewicht: ≤ 30 kN | q_k | Q_k |
| Kategorie G 30 kN < Fahrzeuggesamtgewicht ≤ 160 kN | 5,0 | Q_k |
| ANMERKUNG 1 Für die Nutzungskategorie F kann ein Wert für q_k zwischen 1,5 kN/m ² bis <u>2,5</u> kN/m ² gewählt werden und für Q_k darf der Wert zwischen 10 kN bis <u>20</u> kN festgelegt werden. | | |
| ANMERKUNG 2 Für die Nutzungskategorie G darf ein Wert für Q_k zwischen 40 kN bis <u>90</u> kN gewählt werden. | | |
| ANMERKUNG 3 Wo in den Anmerkungen 1 und 2 Bereiche angegeben sind, darf der Zahlenwert im nationalen Anhang festgelegt werden. Die unterstrichenen Werte werden empfohlen. | | |

(2) Die Achslast sollte mit quadratischen Radauflastflächen mit 100 mm Seitenlänge für die Kategorie F und 200 mm Seitenlänge für die Kategorie G angewendet werden, wobei die Achslast in ungünstigster Stellung angeordnet werden sollte.

6.3.4 Dachkonstruktionen

6.3.4.1 Nutzungskategorien

(1)P Dachkonstruktionen sind abhängig von ihrer Zugänglichkeit in drei Kategorien nach Tabelle 6.9 einzuteilen.

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Tabelle 6.9 — Kategorien für Dachkonstruktionen

| Nutzungskategorien | Nutzungsmerkmale |
|--------------------|--|
| H | Nicht zugängliche Dächer außer für übliche Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen |
| I | Zugängliche Dächer mit Nutzung nach den Nutzungskategorien A bis AC G AC |
| K | Zugängliche Dächer mit besonderer Nutzung, z. B. Hubschrauberlandeplätze |

(2) Die Nutzlasten auf Dächern der Kategorien H sollten Tabelle 6.10 entnommen werden. Die Nutzlasten auf Dächern der Kategorie I sind in den Tabellen 6.2, 6.4 und 6.8 und entsprechend den Nutzungsmerkmalen angegeben.

(3) Die Lastannahmen für Dächer der Kategorie K, die für Hubschrauberlandungen vorgesehen sind, sollten entsprechend der Hubschrauberklassen HC nach Tabelle 6.11 festgelegt werden.

6.3.4.2 Größe der Einwirkungen

(1) Die charakteristischen Werte q_k und Q_k für Dächer der Kategorie H sind in Tabelle 6.10 angegeben. Sie beziehen sich auf die Projektionsfläche des betrachteten Daches.

Tabelle 6.10 — Nutzlasten auf Dachkonstruktionen der Kategorie H

| Nutzungskategorie | q_k | Q_k |
|---|----------------------------|-------------|
| Kategorie H | q_k kN/m ² | Q_k kN |
| <p>ANMERKUNG 1 Für die Nutzungskategorie H darf der Zahlenwert von q_k zwischen 0,00 kN/m² bis 1,00 kN/m² gewählt werden. Der Zahlenwert von Q_k darf im Bereich 0,9 kN bis 1,5 kN gewählt werden. Der nationale Anhang kann Zahlenwerte festlegen, wenn für die Zahlenwerte Bereiche angegeben sind. Es werden folgende Zahlenwerte empfohlen: $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$, $Q_k = 1,0 \text{ kN}$</p> <p>ANMERKUNG 2 Der Zahlenwert von q_k darf im nationalen Anhang von der Dachneigung abhängig gemacht werden.</p> <p>ANMERKUNG 3 q_k darf auf eine Fläche A bezogen werden, die im nationalen Anhang festgelegt werden darf. Für diese Fläche wird eine Größe von 10 m² empfohlen.</p> <p>ANMERKUNG 4 Siehe auch 3.3.2(1)</p> | | |

(2) Die Mindestwerte in Tabelle 6.10 berücksichtigen keine unkontrollierte Anhäufung von Baumaterial, die bei Unterhaltungsarbeiten auftreten können.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1999-1-6.

(3)P Für die Bemessung von Dachkonstruktionen sind die Einzellast Q_k und die gleichförmig verteilte Flächenlast q_k unabhängig voneinander getrennt anzusetzen.

(4) Dachabdeckungen, außer solche mit Blechen, sollten für eine Einzellast von 1,5 kN mit einer quadratischen Aufstandsfläche mit 50 mm Seitenlänge bemessen werden. Bei Dachabdeckungen mit profilierter oder unregelmäßiger Oberfläche darf bei der Anordnung der Einzellast Q_k die wirkliche Aufstandsfläche aus der vorgesehenen Lasteinleitung verwendet werden.

(5) Bei Dachkonstruktionen der Kategorie K sollten die Lasten aus Hubschrauberlandung nach Tabelle 6.11 bestimmt werden, wobei die dynamischen Vergrößerungsfaktoren nach 6.3.4.2(6) und Gleichung 6.3 zu ermitteln sind.

Tabelle 6.11 — Nutzlasten auf Dachflächen der Kategorie K mit Hubschrauberlandemöglichkeit

| Hubschrauber- klasse | Abhebelast Q des Hubschraubers | Abhebelast Q_k | Maße der Lastaufstandsfläche (m × m) |
|-------------------------|--|-----------------------|---|
| HC1 | $Q \leq 20 \text{ kN}$ | $Q_k = 20 \text{ kN}$ | 0,2 × 0,2 |
| HC2 | $20 \text{ kN} < Q \leq 60 \text{ kN}$ | $Q_k = 60 \text{ kN}$ | 0,3 × 0,3 |

(6) Zur Berücksichtigung der Stoßeekte ist auf die Abhebelast Q_k ein dynamischer Vergrößerungsfaktor $\varphi = 1,40$ anzuwenden.

(7) Zugangsleitern und Zugangswege sind bei einer Dachneigung $< 20^\circ$ mit Lasten nach Tabelle 6.10 zu belasten. Für Zugangswege, die Teil von ausgewiesenen Fluchtwege sind, ist q_k nach Tabelle 6.2 zu bestimmen. Für Dienstwege ist ein Mindestwert der charakteristischen Last von $Q_k = 1,5 \text{ kN}$ anzusetzen.

(8) Aufhängungen von Zwischendecken und ähnlichen Tragelementen sollten für folgende Lasten bemessen werden:

- a) ohne Zugänglichkeit: keine Nutzlasten
- b) mit Zugänglichkeit: $0,25 \text{ kN/m}^2$ über die gesamte angehängte Fläche verteilt und eine Einzellast von $0,9 \text{ kN}$ in ungünstigster Anordnung.

6.4 Horizontallasten auf Zwischenwände und Absturzsicherungen

(1) Die charakteristischen Werte der horizontalen Streckenlast q_k , die in Höhe von bis zu $1,20 \text{ m}$ an Zwischenwänden anzusetzen ist, sollten der Tabelle 6.12 entnommen werden.

ANMERKUNG Die in Tabelle 6.12 angegebenen Zahlenwerte für q_k dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die empfohlenen Werte sind unterstrichen. **AC**

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Tabelle 6.12 — Horizontale Lasten auf Zwischenwände und Absturzsicherungen

| Nutzungskategorie | q_k kN/m |
|--|----------------|
| Kategorie A | q_k |
| Kategorie B und C1 | q_k |
| Kategorie C2 – C4 und D | q_k |
| Kategorie C5 | q_k |
| Kategorie E | q_k |
| Kategorie F | siehe Anhang B |
| Kategorie G | siehe Anhang B |
| <p>ANMERKUNG 1 Der Zahlenwert von q_k darf für die Nutzungskategorien A, B und C1 im Bereich von 0,2 kN/m bis 1,0 kN/m (<u>0,5</u> kN/m) gewählt werden.</p> | |
| <p>ANMERKUNG 2 Der Zahlenwert von q_k darf für die Nutzungskategorien C2 bis C4 und D im Bereich von 0,8 kN/m bis <u>1,0</u> kN/m gewählt werden.</p> | |
| <p>ANMERKUNG 3 Der Zahlenwert von q_k darf für die Nutzungskategorie C5 im Bereich von <u>3,0</u> kN/m bis 5,0 kN/m gewählt werden.</p> | |
| <p>ANMERKUNG 4 Der Zahlenwert von q_k darf für die Nutzungskategorie E im Bereich von 0,8 kN/m bis <u>2,0</u> kN/m gewählt werden. Für Flächen der Nutzungskategorie E hängen die horizontalen Lasten von der Nutzung ab. Daher ist der Wert für q_k als Minimalwert definiert und sollte in Abhängigkeit der spezifischen Nutzung überprüft werden.</p> | |
| <p>ANMERKUNG 5 Für die in den Anmerkungen 1, 2, 3 und 4 angegebenen Spannen darf der nationale Anhang Zahlenwerte festlegen. Die empfohlenen Zahlenwerte sind unterstrichen.</p> | |
| <p>ANMERKUNG 6 Der nationale Anhang darf zusätzliche Einzellasten Q_k und/oder Festlegungen zur Behandlung von hartem oder weichem Stoß angeben, die für rechnerische oder versuchsunterstützte Nachweise benötigt werden.</p> | |

(2) Bei Flächen, auf denen in Verbindung mit öffentlichen Veranstaltungen Menschengedränge auftreten kann, z. B. bei Sportstadien, Tribünen, Bühnen, Versammlungs- und Konferenzräumen, sollte die horizontale Streckenlast nach Kategorie C5 festgelegt werden.

Anhang A
(informativ)**Nennwerte für Wichten von Baustoffen und Nennwerte für Wichten und Böschungswinkel für Lagergüter**

Tabelle A.1 — Baustoffe: Beton und Mörtel

| Baustoffe | Wichte γ kN/m ³ |
|--|---|
| Beton (siehe EN 206) | |
| Leichtbeton | |
| Rohdichteklasse LC 1,0 | 9,0 bis 10,0 ^{a, b} |
| Rohdichteklasse LC 1,2 | 10,0 bis 12,0 ^{a, b} |
| Rohdichteklasse LC 1,4 | 12,0 bis 14,0 ^{a, b} |
| Rohdichteklasse LC 1,6 | 14,0 bis 16,0 ^{a, b} |
| Rohdichteklasse LC 1,8 | 16,0 bis 18,0 ^{a, b} |
| Rohdichteklasse LC 2,0 | 18,0 bis 20,0 ^{a, b} |
| Normalbeton | 24,0 ^{a, b} |
| Schwerbeton | > a, b |
| Mörtel | |
| Zementmörtel | 19,0 bis 23,0 |
| Gipsmörtel | 12,0 bis 18,0 |
| Kalkzementmörtel | 18,0 bis 20,0 |
| Kalkmörtel | 12,0 bis 18,0 |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | |
| ^a Erhöhung um 1kN/m ³ bei üblichem Bewehrungsgrad für Stahlbeton und Spannbeton. | |
| ^b Erhöhung um 1kN/m ³ als Frischbetonzuschlag. | |

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Tabelle A.2 — Baustoffe: Mauerwerk

| Baustoffe | Wichte γ [kN/m ³] |
|---|---|
| Steine Mauerziegel Kalksandsteine Betonsteine Porenbetonsteine Formsteine Glassteine, hohl Terra-Cotta | siehe  EN 771-1  siehe  EN 771-2  siehe  EN 771-3  siehe  EN 771-4  siehe  EN 771-5  siehe  EN 1051  21,0 |
| Natursteine, siehe  EN 771-6  Granit, Syenit, Prophyr Basalt, Diorit, Gabbro Trachyt Basalt Grauwacke, Sandstein Dichter Kalkstein Kalkstein Tuffstein Gneis Schiefer | 27,0 bis 30,0 27,0 bis 31,0 26,0 24,0 21,0 bis 27,0 20,0 bis 29,0 20,0 20,0 30,0 28,0 |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | |

Tabelle A.3 — Baustoffe: Holz und Holzwerkstoffe

| Baustoffe | Wichte γ kN/m ³ |
|--|---|
| Holz (Festigkeitsklassen, siehe EN 338) | |
| Festigkeitsklasse C14 | 3,5 |
| Festigkeitsklasse C16 | 3,7 |
| Festigkeitsklasse C18 | 3,8 |
| Festigkeitsklasse C22 | 4,1 |
| Festigkeitsklasse C24 | 4,2 |
| Festigkeitsklasse C27 | 4,5 |
| Festigkeitsklasse C30 | 4,6 |
| Festigkeitsklasse C35 | 4,8 |
| Festigkeitsklasse C40 | 5,0 |
| Festigkeitsklasse D30 | 6,4 |
| Festigkeitsklasse D35 | 6,7 |
| Festigkeitsklasse D40 | 7,0 |
| Festigkeitsklasse D50 | 7,8 |
| Festigkeitsklasse D60 | 8,4 |
| Festigkeitsklasse D70 | 10,8 |
| Brettschichtholz (Festigkeitsklassen, siehe EN 1194) | |
| GL24h | 3,7 |
| GL28h | 4,0 |
| GL32h | 4,2 |
| GL36h | 4,4 |
| GL24c | 3,5 |
| GL28c | 3,7 |
| GL32c | 4,0 |
| GL36c | 4,2 |
| Sperrholz: | |
| Weichholz-Sperrholz | 5,0 |
| Birken-Sperrholz | 7,0 |
| Lamine und Tischlerplatten | 4,5 |
| Spanplatten: | |
| Spanplatten | 7,0 bis 8,0 |
| Zementgebundene Spanplatte | 12,0 |
| Sandwichplatten | 7,0 |
| Holzfaserverplatten: | |
| Hartfaserplatten | 10,0 |
| Faserplatten mittlerer Dichte | 8,0 |
| Leichtfaserplatten | 4,0 |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | |

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Tabelle A.4 — Baustoffe: Metalle

| Baustoffe | Wichte γ kN/m ³ |
|------------------|--|
| Metalle | |
| Aluminium | 27,0 |
| Messing | 83,0 bis 85,0 |
| Bronze | 83,0 bis 85,0 |
| Kupfer | 87,0 bis 89,0 |
| Gusseisen | 71,0 bis 72,5 |
| Schmiedeeisen | 76,0 |
| Blei | 112,0 bis 114,0 |
| Stahl | 77,0 bis 78,5 |
| Zink | 71,0 bis 72,0 |

Tabelle A.5 — Baustoffe: Weitere Stoffe

| Baustoffe | Wichte γ kN/m ³ |
|---------------------------------------|--|
| Weitere Stoffe | |
| Glas, gekörnt | 22,0 |
| Glasscheiben | 25,0 |
| Kunststoffe: | |
| Acrylscheiben | 12,0 |
| Polystyrol aufgeschäumt | 0,3 |
| Glasschaum | 1,4 |
| AC gestrichener Text AC | AC gestrichener Text AC |

Tabelle A.6 — Baustoffe für Brücken

| Baustoffe | Wichte γ kN/m ³ |
|---|--|
| Beläge von Straßenbrücken | |
| Gussasphalt und Asphaltbeton | 24,0 bis 25,0 |
| Asphaltmastix | 18,0 bis 22,0 |
| Heißgewalzter Asphalt | 23,0 |
| Schüttungen für Brücken | |
| Sand trocken | 15,0 bis 16,0 ^a |
| Schotter, Kies | 15,0 bis 16,0 ^a |
| Gleisbettunterbau | 18,5 bis 19,5 |
| Splitt | 13,5 bis 14,5 ^a |
| Bruchstein | 20,5 bis 21,5 |
| Lehm | 18,5 bis 19,5 |
| Beläge für Eisenbahnbrücken | |
| Betonschutzschicht | 25,0 |
| Normaler Schotter (z. B. Granit, Gneis, etc.) | 20,0 |
| Basaltschotter | 26,0 |
| | Gewicht je Gleis und Länge^{b c} g_k kN/m |
| Gleise mit Schotterbett | |
| 2 Schienen UIC60 | 1,2 |
| Vorgespannte Betonschwellen mit Schienenbefestigung | 4,8 |
| Betonschwellen mit Stahlwinkelverbindern | — |
| Holzschwellen mit Schienenbefestigung | 1,9 |
| Direkte Schienenbefestigung | |
| 2 Schienen UIC 60 mit Schienenbefestigung | 1,7 |
| 2 Schienen UIC 60 mit Schienenbefestigung, Brückenträger und Schutzgeländer | 4,9 |
| ANMERKUNG 1 Die Werte für die Gleisgewichte sind auch außerhalb des Brückenbaus anwendbar. | |
| ANMERKUNG 2 Siehe Abschnitt 4. | |
| ^a wird in anderen Tabellen als Lagerstoff geführt. | |
| ^b Ohne Schotterbett. | |
| ^c Angenommener Abstand 600 mm. | |

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Tabelle A.7 — Lagergüter: Baustoffe und Bauprodukte

| Stoffe | Wichte γ kN/m ³ | Böschungswinkel ϕ ° |
|---|--|---------------------------------------|
| Gesteinskörnung (siehe \square EN 206 \square) | | |
| für Leichtbeton | 9,0 bis 20,0 ^a | 30 |
| für Normalbeton | 20,0 bis 30,0 | 30 |
| für Schwerbeton | > 30,0 | 30 |
| Kies und Sand, Schüttung | 15,0 bis 20,0 | 35 |
| Sand | 14,0 bis 19,0 | 30 |
| Hochofenschlacke | | |
| Stücke | 17,0 | 40 |
| gekörnt | 12,0 | 30 |
| Hüttenbims | 9,0 | 35 |
| Ziegelsplitt, gemahlene oder gebrochene Ziegel | 15,0 | 35 |
| Vermiculit | | |
| Blähglimmer als Zuschlag für Beton | 1,0 | — |
| Glimmer | 6,0 bis 9,0 | — |
| Bentonit | | |
| lose | 8,0 | 40 |
| gerüttelt | 11,0 | — |
| Zement | | |
| geschüttet | 16,0 | 28 |
| in Säcken | 15,0 | — |
| Flugasche | 10,0 bis 14,0 | 25 |
| Glas in Scheiben | 25,0 | — |
| Gips, gemahlen | 15,0 | 25 |
| Braunkohlenfilterasche | 15,0 | 20 |
| Kalkstein | 13,0 | 25 |
| Kalk, gemahlen | 13,0 | 25 bis 27 |
| Magnesit, gemahlen | 12,0 | — |
| Kunststoffe | | |
| Polyäthylen, Polystyrol als Granulat | 6,4 | 30 |
| Polyvinylchlorid, gemahlen | 5,9 | 40 |
| Polyesterharze | 11,8 | — |
| Leimharze | 13,0 | — |
| Süßwasser | 10,0 | — |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | | |
| ^a Zu Dichteklassen für Leichtbeton, siehe Tabelle A.1. | | |

Tabelle A.8 — Lagergüter: Landwirtschaft

| Stoffe | Wichte γ kN/m ³ | Böschungswinkel ϕ |
|---|---|---------------------------|
| Naturdünger | | |
| Mist (mindestens 60 % Feststoffe) | 7,8 | — |
| Mist (mit trockenem Stroh) | 9,3 | 45 |
| Trockener Geflügelmist | 6,9 | 45 |
| Jauche (maximal 20% Feststoffe) | 10,8 | — |
| Kunstdünger | | |
| NPK – Düngemittel, gekörnt | 8,0 bis 12,0 | 25 |
| Thomasmehl | 13,7 | 35 |
| Phosphat, gekörnt | 10,0 bis 16,0 | 30 |
| Kalisulfat | 12,0 bis 16,0 | 28 |
| Harnstoffe | 7,0 bis 8,0 | 24 |
| Trockenfutter, grün, lose gehäuft | 3,5 bis 4,5 | — |
| Getreide | | |
| Ungemahlen ($\leq 14\%$ Feuchtigkeitsgehalt, falls nicht anders angegeben) | | |
| Allgemein | 7,8 | 30 |
| Gerste | 7,0 | 30 |
| Braugerste (feucht) | 8,8 | — |
| Grassamen | 3,4 | 30 |
| Mais, geschüttet | 7,4 | 30 |
| Mais in Säcken | 5,0 | — |
| Hafer | 5,0 | 30 |
| Rübsamen | 6,4 | 25 |
| Roggen | 7,0 | 30 |
| Weizen, geschüttet | 7,8 | 30 |
| Weizen in Säcken | 7,5 | — |
| Gras-Würfel | 7,8 | 40 |
| Heu | | |
| (in Ballen) | 1,0 bis 3,0 | — |
| (gewalzte Ballen) | 6,0 bis 7,0 | — |
| Häute und Felle | 8,0 bis 9,0 | — |
| Hopfen | 1,0 bis 2,0 | 25 |
| Malz | 4,0 bis 6,0 | 20 |
| Mehl | | |
| grob gemahlen | 7,0 | 45 |
| Würfel | 7,0 | 40 |
| Torf | | |
| Trocken, lose, geschüttet | 1,0 | 35 |
| Trocken, in Ballen komprimiert | 5,0 | — |
| Feucht | 9,5 | — |
| Silofutter | 5,0 bis 10,0 | — |
| Stroh | | |
| lose (trocken) | 0,7 | — |
| in Ballen | 1,5 | — |
| Tabak in Ballen | 3,5 bis 5,0 | — |
| Wolle | | |
| Lose | 3,0 | — |
| in Ballen | 7,0 bis 13,0 | — |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | | |

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Tabelle A.9 — Lagergüter: Nahrungsmittel

| Stoffe | Wichte γ kN/m ³ | Böschungswinkel ϕ |
|---|---|-----------------------------|
| Eier , in Behältern | 4,0 bis 5,0 | — |
| Mehl | | |
| lose | 6,0 | 25 |
| verpackt | 5,0 | — |
| Obst und Früchte | | |
| Äpfel | AC AC | AC AC |
| lose | 8,3 | 30 |
| in Kisten | 6,5 | — |
| Kirschen | 7,8 | — |
| Birnen | 5,9 | — |
| Himbeeren, in Schalen | 2,0 | — |
| Erdbeeren, in Schalen | 1,2 | — |
| Tomaten | 6,8 | — |
| Zucker | | |
| lose, geschüttet | AC 7,8 bis 10 AC | 35 |
| dicht, verpackt | 16,0 | — |
| Gemüse, grün | | |
| Kohl | 4,0 | — |
| Salat | 5,0 | — |
| Hülsenfrüchte | | |
| Bohnen | 8,1 | 35 |
| Allgemein | 7,4 | 30 |
| Sojabohnen | 7,8 | — |
| AC gestrichener Text AC | | |
| Wurzelgemüse | | |
| Allgemein | 8,8 | — |
| Rote Beete | 7,4 | 40 |
| Möhren | 7,8 | 35 |
| Zwiebeln | 7 | 35 |
| Rüben | 7 | 35 |
| Kartoffeln | | |
| lose | 7,6 | 35 |
| in Kisten | 4,4 | — |
| Zuckerrüben | | |
| Trockenschnitzel | 2,9 | 35 |
| roh | 7,6 | — |
| Nassschnitzel | 10,0 | — |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | | |

Tabelle A.10 — Lagergüter: Flüssigkeiten

| Stoffe | Wichten γ kN/m ³ |
|--|--|
| Getränke Bier Milch Süßwasser Wein | 10,0 10,0 10,0 10,0 |
| Pflanzenöle Rizinusöl Glyzerin Leinöl Olivenöl | 9,3 12,3 9,2 8,8 |
| Organische Flüssigkeiten und Säuren Alkohol Äther Salzsäure 40%-ig (Massenanteil) Brennspiritus Salpetersäure 91%-ig (Massenanteil) Schwefelsäure 30%-ig (Massenanteil) Schwefelsäure 87%-ig (Massenanteil) Terpentin | 7,8 7,4 11,8 7,8 14,7 13,7 17,7 8,3 |
| Kohlenwasserstoffe Anilin Benzol Steinkohleteer Kreosot Naphtha Paraffin Leichtbenzin Erdöl Dieselöl Heizöl Schweröl Schmieröl Benzin, als Kraftstoff Flüssiggas Butangas Propangas | 9,8 8,8 10,8 bis 12,8 10,8 7,8 8,3 6,9 9,8 bis 12,8 8,3 7,8 bis 9,8 12,3 8,8 7,4 5,7 5,0 |
| Weitere Flüssigkeiten Quecksilber Bleimennige Bleiweiß in Öl Schlamm (Volumenanteil über 50% Wasser) | 133 59 38 10,8 |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | |

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Tabelle A.11 — Lagergüter: Feste Brennstoffe

| Stoffe | Wichten γ kN/m ³ | Böschungswinkel ϕ |
|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| Holzkohle | | |
| luftefüllt | 4 | — |
| luftfrei | 15 | — |
| Steinkohle | | |
| Pressbriketts, geschüttet | 8 | 35 |
| Pressbriketts, gestapelt | 13 | — |
| Eierbriketts | 8,3 | 30 |
| Steinkohle als Rohkohle, grubenfeucht | 10 | 35 |
| Kohle gewaschen | 12 | — |
| Steinkohle als Staubkohle | 7 | 25 |
| Koks | 4,0 bis 6,5 | 35 bis 45 |
| Mittelgut im Steinbruch | 12,3 | 35 |
| Waschberge im Zechenbetrieb | 13,7 | 35 |
| andere Kohlensorten | 8,3 | 30 bis 35 |
| Brennholz | 5,4 | 45 |
| Braunkohle | | 30 |
| Briketts, geschüttet | 7,8 | — |
| Briketts, gestapelt | 12,8 | 30 bis 40 |
| erdfeucht | 9,8 | 35 |
| trocken | 7,8 | 25 bis 40 |
| Staub | 4,9 | 40 |
| Braunkohlenschwelkoks | 9,8 | |
| Torf | | |
| schwarz, getrocknet, dicht verpackt | 6 bis 9 | — |
| schwarz, getrocknet, lose gekippt | 3 bis 6 | 45 |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | | |

Tabelle A.12 — Lagergüter: Industrielle und allgemeine Güter

| Stoffe | Wichten γ kN/m ³ | Böschungswinkel ϕ ° |
|---|--|--------------------------------|
| Bücher und Akten | | |
| Bücher und Akten, dicht gelagert | 6,0 8,5 | — — |
| Regale und Schränke | 6,0 | — |
| Kleidungsstücke und Stoffe, gebündelt | 11,0 | — |
| Eis in Stücken | 8,5 | — |
| Leder, gestapelt | 10,0 | — |
| Papier | | |
| in Rollen | 15,0 | — |
| gestapelt | 11,0 | — |
| Gummi | 10,0 bis 17,0 | — |
| Steinsalz | 22,0 | 45 |
| Salz | 12,0 | 40 |
| Sägespäne | | |
| trocken, in Säcken | 3,0 | — |
| trocken, lose | 2,5 | 45 |
| feucht, lose | 5,0 | 45 |
| Teer, Bitumen | 14,0 | — |
| ANMERKUNG Siehe Abschnitt 4. | | |

DIN EN 1991-1-1:2010-12
EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (D)

Anhang B
(informativ)

Absturzsicherung und Schutzplanken für Parkhäuser

B(1) Absturzsicherungen und Schutzplanken in Parkhäuser sollten für horizontale Lasten nach B(2) bemessen werden.

B(2) Die horizontale charakteristische Last F (kN) darf über eine Länge von 1,50 m verteilt an jeder Stelle senkrecht auf der Absturzsicherungen angesetzt werden und ist:

$$F = 0,5 \, m v^2 / (\delta_c + \delta_b) \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

- m Gesamtmasse des Fahrzeugs (kg);
- v Aufprallgeschwindigkeit des Fahrzeugs (m/s) senkrecht zu der Absturzsicherung;
- δ_c Verformung des Fahrzeugs (mm);
- δ_b Verformung der Absturzsicherung (mm).

B(3) Wurde das Parkhaus für eine maximale Fahrzeuggesamtmasse von 2 500 kg ausgelegt, dürfen die folgenden Annahmen für die Bestimmung der Anpralllast gemacht werden:

- $m = 1\,500 \text{ kg}$
- $v = 4,5 \text{ m/s}$
- $\delta_c = 100 \text{ mm}$ (soweit keine besseren Werte vorliegen)

Für eine starre Absturzsicherung mit $\delta_b = 0$ ist somit $F = 150 \text{ kN}$ bei einer Gesamtfahrzeugmasse von 2 500 kg.

B(4) Wurde das Parkhaus für eine maximale Fahrzeugmasse von über 2 500 kg bemessen, können folgende Annahmen für die Bestimmung der charakteristischen Kraft F getroffen werden:

- $m =$ wirkliche Massen, für die das Parkhaus bemessen wurde (kg);
- $v = 4,5 \text{ m/s}$;
- $\delta_c = 100 \text{ mm}$ (soweit keine besseren Werte vorliegen).

B(5) Die Kraft, die nach B(3) oder B(4) bestimmt wird, darf in Höhe der Stoßstange angesetzt werden. Bei Parkhäusern für Fahrzeuge mit maximalen Massen von 2 500 kg darf die Höhe mit 375 mm über dem Boden angenommen werden.

B(6) Absturzsicherungen an Zufahrtsrampen in Parkhäusern sind für 50 % der Last F nach B(3) oder B(4) zu bemessen. Die Last ist 610 mm über der Rampe anzunehmen.

B(7) Absturzsicherungen gegenüber geraden Abfahrtrampen mit über 20 m Länge sind für den doppelten Wert der Last F nach B(3) zu bemessen, wobei die Last 610 mm oberhalb der Rampe anzusetzen ist.

Literaturhinweise

ISO 2394, *General principles on reliability for structures*

ISO 3898, *Bases for design of structures — Notations — General symbols*

ISO 8930, *General principles on reliability for structures — List of equivalent terms Trilingual edition*

DIN EN 1991-1-1/NA**DIN**

ICS 91.010.30

Mit DIN EN 1991-1-1:2010-12
Ersatz für
DIN 1055-1:2002-06 und
DIN 1055-3:2006-03

**Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten,
Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau**

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 1: Actions on structures –
Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 1: Actions sur les structures –
Partie 1-1: Actions générales – Poids volumiques, poids propres,
charges d'exploitation bâtiments

Gesamtumfang 23 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-51-02 AA „Einwirkungen auf Bauten (Sp CEN/TC 250/SC 1)“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1991-1-1:2010-12, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*.

Die Europäische Norm EN 1991-1-1 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser Nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1991-1-1:2010-12 (en: *non-contradictory complementary information*, NCI).

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

DIN EN 1991-1-1:2010-12 und dieser Nationale Anhang DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 ersetzen DIN 1055-1:2002-06 und DIN 1055-3:2006-03.

Änderungen

Gegenüber DIN 1055-1:2002-06 und DIN 1055-3:2006-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme der Regelungen aus DIN 1055-1:2002-06 und DIN 1055-3:2006-03 zur nationalen Anwendung von DIN EN 1991-1-1.

Frühere Ausgaben

DIN 1055-1: 1934-08, 1937-08, 1940x-06, 1963-03, 1978-05, 1978-07, 2002-06
DIN 1055-2: 1943-03
DIN 1055-3: 1934x-08, 1951x-02, 1971-06, 2002-10, 2006-03

NA 1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale „Anweisungen und Angaben zu Einwirkungen für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken einschließlich geotechnischer Gesichtspunkte bezüglich Wichten von Baustoffen und Lagergütern, Eigengewicht von Bauwerken und Nutzlasten im Hochbau“, die bei der Anwendung von DIN EN 1991-1-1:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

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

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

DIN EN 1991-1-1:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP).

- 2.2(3)
- 5.2.3(1) bis 5.2.3(5)
- 6.3.1.1, Tabelle 6.1
- 6.3.1.2(1)P, Tabelle 6.2
- 6.3.1.2(10) und (11)
- 6.3.2.2(1)P, Tabelle 6.4
- 6.3.3.2(1), Tabelle 6.8
- 6.3.4.2, Tabelle 6.10
- 6.4(1) (Tabelle 6.12)

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1991-1-1:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ gekennzeichnet.

- 1.2
- 2.1
- 3.3.1
- 6.3.1.2(8) und (9)
- 6.3.2.3
- 6.3.4.2
- 6.4
- Anhang NA.A

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12

NA 2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1991-1-1:2010-12 bzw. ergänzt diese.

2 Einteilung der Einwirkungen

1.2 Normative Verweisungen

NCI zu 1.2

NA DIN 1054:2010-12, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*

NA DIN 1072:1985-12, *Straßen- und Wegbrücken — Lastannahmen*

NA DIN-Fachbericht 101:2009-03, *Einwirkungen auf Brücken*

NA *DAfStb-Heft 240, Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045:1988-08*

2.1 Eigengewichte

NCI zu 2.1(3) P

Die charakteristischen Werte der Eigenlasten des Tragwerks und von nicht tragenden Teilen des Bauwerks sind aus den Wichten bzw. Flächenlasten der Bauteile nach Anhang A zu ermitteln.

NCI zu 2.1(5) P

Bei der Bemessung von Bauteilen des Hochbaus sind die Eigenlasten von z. B. losen Kies- und Bodenschüttungen auf Dächern oder Decken als veränderliche Einwirkungen anzusetzen. Dies gilt insbesondere dann, wenn diese Einwirkungen z. B. infolge von Reparaturarbeiten vorübergehend entfernt werden können, und wenn sie sich auf die Standsicherheit des Bauwerks oder einzelner Teile des Tragwerks auswirken können.

2.2 Nutzlasten

NDP zu 2.2(3)

Tragwerke, die durch Menschen zu Schwingungen angeregt werden können, sind entsprechend zu bemessen. Die Lasten dieser Norm gelten als vorwiegend ruhend.

3 Bemessungssituation

3.3 Nutzlasten

NCI zu 3.3.1

Der Abschnitt wird durch die folgenden Absätze ergänzt:

(NA.5) In Gebäuden und baulichen Anlagen, die in die Kategorien E1.1 und E1.2 sowie E2.1 bis E2.5 eingeordnet werden, ist in jedem Raum die nach Tabelle 6.1DE bzw. Tabelle 6.4DE angenommene Nutzlast anzugeben.

(NA.6) Bei Decken, die von Personenfahrzeugen oder von Gabelstaplern befahren werden, ist an den Zufahrten die zulässige Gesamtlast (Summe von Eigengewicht und Nutzlast) anzugeben.

(NA.7) An den Zufahrten von Decken, die von schwereren Fahrzeugen befahren werden, ist die zulässige Gesamtlast des Fahrzeugs der entsprechenden Brückenklasse nach DIN 1072 anzugeben.

NCI **NA.3.3.3 Zusätzliche Regeln für Fahrzeugverkehr auf Hofkellerdecken und planmäßig befahrbare Deckenflächen**

(NA.1) Bei Hofkellerdecken und andere Decken, die planmäßig von Fahrzeugen befahren werden, gelten für die Lasten der Brückenklassen (16/16 bis 30/30) nach DIN 1072.

(NA.2) Hofkellerdecken, die nur im Brandfall von Feuerwehrfahrzeugen befahren werden, sind für die Brückenklasse 16/16 nach DIN 1072:1985-12, Tabelle 2, zu berechnen. Dabei ist jedoch nur ein Einzelfahrzeug in ungünstigster Stellung anzusetzen; auf den umliegenden Flächen ist die gleichmäßig verteilte Last der Hauptspur in Rechnung zu stellen. Der nach DIN 1072 geforderte Nachweis für eine einzelne Achslast von 110 kN darf entfallen. Die Nutzlast darf als vorwiegend ruhend eingestuft werden.

5 Eigengewicht von Bauteilen

5.2 Charakteristische Werte für das Eigengewicht

5.2.3 Zusätzliche Festlegungen für Brücken

NDP zu 5.2.3(1) bis 5.2.3(5)

5.2.3 findet keine Anwendung; zusätzliche Festlegungen für Brücken sind dem DIN-Fachbericht 101:2009-03 bzw. DIN EN 1991-2 zu entnehmen.

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12

6 Nutzlasten im Hochbau

6.3 Charakteristische Werte für Nutzlasten

6.3.1.1 Nutzungskategorien

NDP zu 6.3.1.1 und 6.3.1.2, Tabelle 6.1 und Tabelle 6.2

Tabelle 6.1 und Tabelle 6.2 sind durch die folgende Tabelle 6.1DE zu ersetzen:

Tabelle 6.1DE — Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone

| Spalte | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|--------|-----------|---------|---|--|------------------|------|
| Zeile | Kategorie | Nutzung | Beispiele | q_k kN/m ² | Q_k^e kN | |
| 1 | A | A1 | Spitzböden | Für Wohnzwecke nicht geeigneter, aber zugänglicher Dachraum bis 1,80 m lichter Höhe | 1,0 | 1,0 |
| 2 | | A2 | Wohn- und Aufenthaltsräume | Decken mit ausreichender Querverteilung der Lasten, Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume in Krankenhäusern, Hotelzimmer einschl. zugehöriger Küchen und Bäder | 1,5 | — |
| 3 | | A3 | | wie A2, aber ohne ausreichende Querverteilung der Lasten | 2,0 ^c | 1,0 |
| 4 | B | B1 | Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure | Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen ohne schweres Gerät , Stationsräume, Aufenthaltsräume einschl. der Flure, Kleinviehställe | 2,0 | 2,0 |
| 5 | | B2 | | Flure und Küchen in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen, Flure in Internaten usw.; Behandlungsräume in Krankenhäusern , einschl. Operationsräume ohne schweres Gerät; Kellerräume in Wohngebäuden | 3,0 | 3,0 |
| 6 | | B3 | | Alle Beispiele von B1 u. B2, jedoch mit schwerem Gerät | 5,0 | 4,0 |
| 7 | C | C1 | Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und L festgelegten Kategorien). | Flächen mit Tischen; z. B. Kindertagesstätten, Kinderkrippen , Schulräume, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Lesesäle, Empfangsräume, Lehrerzimmer | 3,0 | 4,0 |
| 8 | | C2 | | Flächen mit fester Bestuhlung; z. B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Wartesäle | 4,0 | 4,0 |
| 9 | | C3 | | Frei begehbare Flächen; z. B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen, Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden, Hotels, nicht befahrbare Hofkellerdecken, sowie die zur Nutzungskategorie C1 bis C3 gehörigen Flure | 5,0 | 4,0 |
| 10 | | C4 | | Sport- und Spielflächen; z. B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen | 5,0 | 7,0 |
| 11 | | C5 | | Flächen für große Menschenansammlungen; z. B. in Gebäuden wie Konzertsäle, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung | 5,0 | 4,0 |
| 12 | | C6 | | Flächen mit regelmäßiger Nutzung durch erhebliche Menschenansammlungen, Tribünen ohne feste Bestuhlung | 7,5 | 10,0 |

Tabelle 6.1DE (fortgesetzt)

| Spalte | 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|----------------|------|---|---|----------------------------|---------------|
| Zeile | Kategorie | | Nutzung | Beispiele | q_k kN/m ² | Q_k^e kN |
| 13 | D | D1 | Verkaufsräume | Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn-, Büro- und vergleichbaren Gebäuden | 2,0 | 2,0 |
| 14 | | D2 | | Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern | 5,0 | 4,0 |
| 15 | | D3 | | Flächen wie D2, jedoch mit erhöhten Einzellasten infolge hoher Lagerregale | 5,0 | 7,0 |
| 16 | E | E1.1 | Lager, Fabriken und Werkstätten, Ställe, Lagerräume und Zugänge | Flächen in Fabriken ^a und Werkstätten ^a mit leichtem Betrieb und Flächen in Großviehställen | 5,0 | 4,0 |
| 17 | | E1.2 | | Allgemeine Lagerflächen, einschließlich Bibliotheken | 6,0 ^b | 7,0 |
| 18 | | E2.1 | | Flächen in Fabriken ^a und Werkstätten ^a mit mittlerem oder schwerem Betrieb | 7,5 ^b | 10,0 |
| 19 | T ^d | T1 | Treppen und Treppenpodeste | Treppen und Treppenpodeste in Wohngebäuden, Bürogebäuden und von Arztpraxen ohne schweres Gerät | 3,0 | 2,0 |
| 20 | | T2 | | Alle Treppen und Treppenpodeste, die nicht in T1 oder T3 eingeordnet werden können | 5,0 | 2,0 |
| 21 | | T3 | | Zugänge und Treppen von Tribünen ohne feste Sitzplätze, die als Fluchtwege dienen | 7,5 | 3,0 |
| 22 | Z ^d | | Zugänge, Balkone und ähnliches | Dachterrassen, Laubengänge, Loggien usw., Balkone, Ausstiegspodeste | 4,0 | 2,0 |

^a Nutzlasten in Fabriken und Werkstätten gelten als vorwiegend ruhend. Im Einzelfall sind sich häufig wiederholende Lasten je nach Gegebenheit als nicht vorwiegend ruhende Lasten einzuordnen.

^b Bei diesen Werten handelt es sich um Mindestwerte. In Fällen, in denen höhere Lasten vorherrschen, sind die höheren Lasten anzusetzen.

^c Für die Weiterleitung der Lasten in Räumen mit Decken ohne ausreichende Querverteilung auf stützende Bauteile darf der angegebene Wert um 0,5 kN/m² abgemindert werden.

^d Hinsichtlich der Einwirkungskombinationen sind die Einwirkungen der Nutzungskategorie des jeweiligen Gebäudes oder Gebäudeteils zuzuordnen.

^e Falls der Nachweis der örtlichen Mindesttragfähigkeit erforderlich ist (z. B. bei Bauteilen ohne ausreichende Querverteilung der Lasten), so ist er mit den charakteristischen Werten für die Einzellast Q_k ohne Überlagerung mit der Flächenlast q_k zu führen. Die Aufstandsfläche für Q_k umfasst ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 50 mm.

6.3.1.2 Größe der Einwirkungen

NCI zu 6.3.1.2 (8)

Statt eines genauen Nachweises darf der Einfluss leichter unbelasteter Trennwände bis zu einer Höchstlast von 5 kN/m Wandlänge durch einen gleichmäßig verteilten Zuschlag zur Nutzlast (Trennwandzuschlag) berücksichtigt werden. Ausgenommen sind Wände, die parallel zu den Balken von Decken ohne ausreichende Querverteilung stehen.

Als Zuschlag zur Nutzlast ist bei Wänden, die einschließlich des Putzes höchstens eine Last von 3 kN/m Wandlänge erbringen, mindestens 0,8 kN/m², bei Wänden, die mehr als eine Last von 3 kN/m und von höchstens 5 kN/m Wandlänge erbringen, mindestens 1,2 kN/m² anzusetzen. Bei Nutzlasten von 5 kN/m² und mehr ist dieser Zuschlag nicht erforderlich.

Lasten infolge beweglicher Trennwände müssen als Nutzlast behandelt werden.

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12**NDP zu 6.3.1.2 (10)**

Absatz 6.3.1.2 (10) ist durch folgenden Wortlaut zu ersetzen:

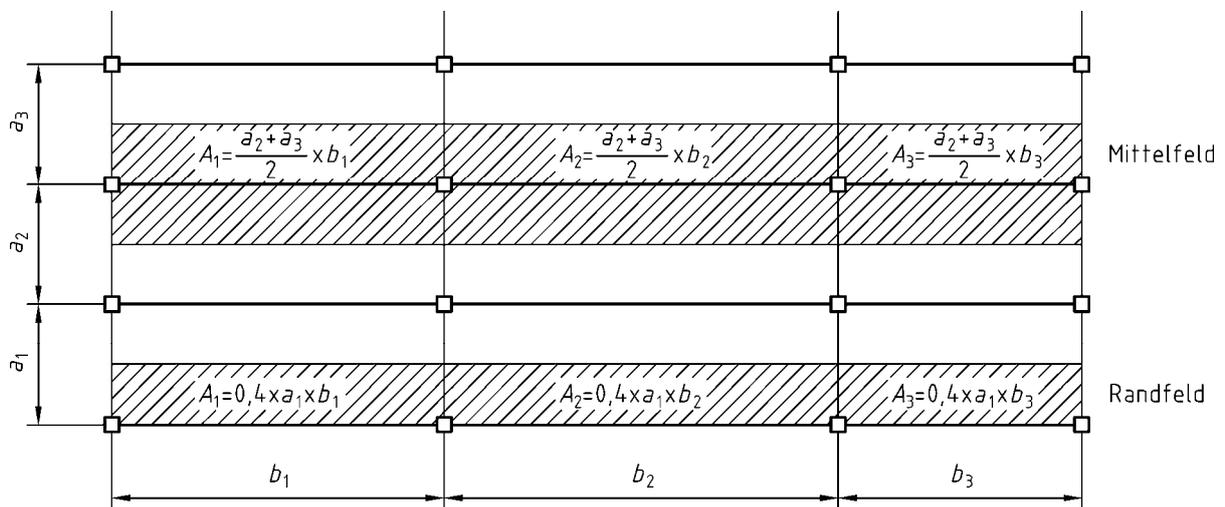
Für die Nutzungskategorien A, B und Z darf der Abminderungsbeiwert α_A nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\alpha_A = 0,5 + \frac{10}{A} \leq 1,0 \quad (\text{siehe Bild NA.1 bis Bild NA.3}) \quad (6.1a \text{ DE})$$

Dabei ist A die Einzugsfläche des sekundären Traggliedes in m^2 .

Für die Nutzungskategorien C bis E1.1 darf der Abminderungsbeiwert α_A nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\alpha_A = 0,7 + \frac{10}{A} \leq 1,0 \quad (\text{siehe Bild NA.1 bis Bild NA.3}) \quad (6.1b \text{ DE})$$



**Bild NA.1 — Lasteinzugsflächen für die Schnittgrößenermittlung von Mittel und Randfeldern
(hier $A_2 > A_1 > A_3$)**

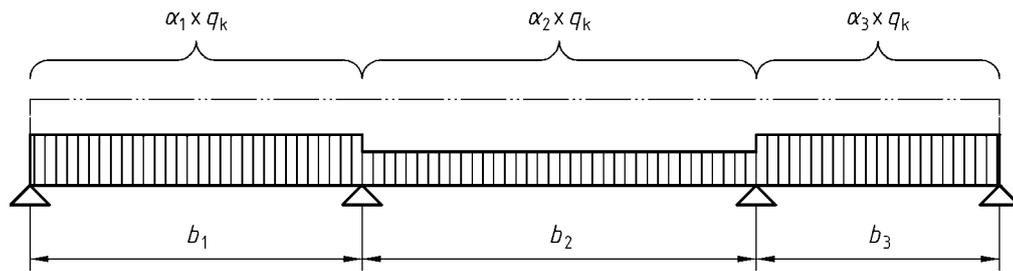


Bild NA.2 — Lastabminderung mit feldweise unterschiedlichen α_i -Werten (hier $\alpha_3 > \alpha_1 > \alpha_2$)

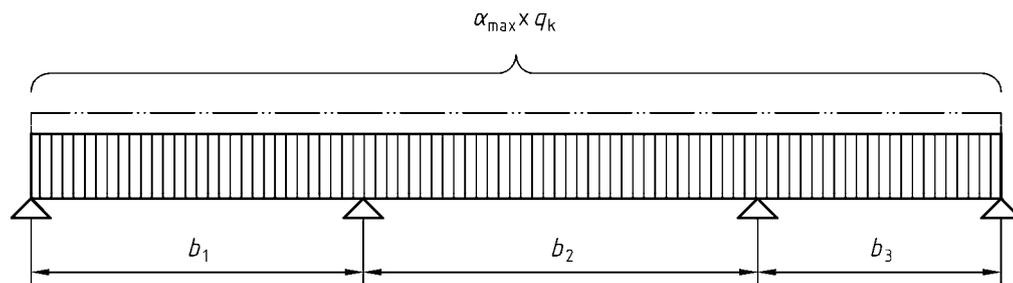


Bild NA.3 — Lastabminderung mit einheitlichen α_i -Werten (hier vereinfacht $\alpha_{\max} = \alpha_3$)

NDP zu 6.3.1.2 (11)

Wenn für die Bemessung der vertikalen Tragglieder Nutzlasten aus mehreren Stockwerken maßgebend sind, dürfen die Nutzlasten der Kategorien A bis D, E1.1, E1.2, E2.1 bis E2.5, T und Z mit dem folgenden Faktor α_n abgemindert werden:

- a) Kategorie A bis D, Z: $\alpha_n = 0,7 + 0,6/n$ (6.2 DE)
- b) Kategorie E1.1, E1.2, E.2.1 bis E.2.5 und T: $\alpha_n = 1,0$

Dabei ist

- n die Anzahl der Stockwerke ($n > 2$) oberhalb der belasteten Stützen und Wände mit der gleichen Nutzungskategorie.

Der Faktor α_A darf für ein Bauteil nicht gleichzeitig mit dem Faktor α_n angesetzt werden. Es darf aber der günstigere der beiden Werte angesetzt werden.

6.3.2 Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung

6.3.2.2 Größe der Einwirkungen

NDP zu 6.3.2.2(1)P, Tabelle 6.4

Siehe hierzu 6.3.1.1, Tabelle 6.1DE, Zeilen 15, 16 und 17.

Tabelle 6.4 ist durch die folgende Tabelle 6.4 DE zu ersetzen:

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12**Tabelle 6.4DE — Nutzlasten auf Lagerflächen mit Gabelstaplern**

| Nutzungskategorien | | q_k kN/m ² | Q_k kN |
|--------------------|--|----------------------------|---------------------------------------|
| Kategorie E2.2 | Lagerflächen, die mit Gabelstaplern der Klasse FL1 befahren werden | 12,5 | siehe Klasse FL1, Tabelle 6.6 |
| Kategorie E2.3 | Lagerflächen, die mit Gabelstaplern der Klasse FL2 befahren werden | 15,0 | siehe Klasse FL2, Tabelle 6.6 |
| Kategorie E2.4 | Lagerflächen, die mit Gabelstaplern der Klasse FL3 befahren werden | 17,5 | siehe Klasse FL3, Tabelle 6.6 |
| Kategorie E2.5 | Lagerflächen, die mit Gabelstaplern der Klasse FL4 bis FL6 befahren werden | 20,0 | siehe Klasse FL4 bis FL6, Tabelle 6.6 |

6.3.2.3 Einwirkungen infolge Gabelstaplern**NCI zu 6.3.2.3**

Die Absätze (3) und (4) sind durch folgenden Wortlaut zu ersetzen:

(3) Der Schwingbeiwert beträgt $\varphi = 1,4$, sofern kein genauere Nachweis geführt wird.

Für überschüttete Bauwerke ist $\varphi = 1,4 - 0,1 \times h_{\ddot{u}} \geq 1,0$. (6.3 DE)

Dabei ist

$h_{\ddot{u}}$ die Überschüttungshöhe, in m.

(4) Der Schwingbeiwert φ für Flächen nach 3.3.3 ist in DIN 1072 enthalten.

6.3.3 Parkhäuser und Bereiche mit Fahrzeugverkehr (Brücken sind ausgeschlossen)

6.3.3.2 Größe der Einwirkungen

NDP zu 6.3.3.2 (1), Tabelle 6.8

Tabelle 6.8 ist durch die folgende Tabelle 6.8DE zu ersetzen:

Tabelle 6.8DE — Lotrechte Nutzlasten für Parkhäuser und Flächen mit Fahrzeugverkehr

| Spalte | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------|-----------|---|-------------------------|----------------------------|------|----------------------|
| Zeile | Kategorie | Nutzung | A^b m ² | q_k kN/m ² | | $2 \times Q_K$ kN |
| 1 | F1 | Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (Gesamtlast ≤ 30 kN) | ≤ 20 | 3,5 | oder | 20 |
| 2 | F2 | | > 20 | 2,5 | oder | 20 ^a |
| 3 | F3 | Zufahrtsrampen | ≤ 20 | 5,0 | oder | 20 |
| 4 | F4 | | > 20 | 3,5 | oder | 20 ^a |

^a In den Kategorien F2, und F4 können die Achslast ($2 \times Q_K = 20$ kN) oder die Radlasten ($Q_K = 10$ kN) für den Nachweis örtlicher Beanspruchungen (z. B. Querkraft am Auflager oder Durchstanzen unter einer Radlast) maßgebend werden. Für Q_K ist das Lastmodell gemäß Bild 6.2 aber mit einer Seitenlänge der quadratischen Aufstandsfläche von $a = 200$ mm anzunehmen.

^b Für einachsige gespannte Platten wird die Lasteinzugsfläche A als Produkt der Stützweite und der mitwirkenden Plattenbreite b_m für die Achslast ($2 \times Q_K$) nach Bild 6.2 bestimmt. Die mitwirkende Plattenbreite b_m darf mit geeigneten Hilfsmitteln berechnet werden, z. B. nach Heft 240 des DAfStb. Für Bauteile, die die Lasten weiterleiten (z. B. Unterzüge, Stützen), wird die Lasteinzugsfläche nach Bild NA.1 bestimmt.

6.3.4 Dachkonstruktionen

6.3.4.2 Größe der Einwirkungen

NDP zu 6.3.4.2, Tabelle 6.10

Tabelle 6.10 ist durch die folgende Tabelle 6.10DE zu ersetzen:

Tabelle 6.10DE — Nutzlasten für Dächer

| Spalte | 1 | 2 | 3 |
|--------|-----------|--|-------------|
| Zeile | Kategorie | Nutzung | Q_k kN |
| 1 | H | nicht begehbare Dächer, außer für übliche Erhaltungsmaßnahmen, Reparaturen | 1,0 |

Eine Überlagerung der Einwirkungen nach Tabelle 6.10DE mit den Schneelasten ist nicht erforderlich, unabhängig, ob die Schneelast oder die Last der Kategorie H die Leiteinwirkung ist.

NCI zu 6.3.4.2, Tabelle 6.11

Tabelle 6.11 ist durch die folgende Tabelle 6.11DE zu ersetzen:

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12**Tabelle 6.11DE — Nutzlasten auf Dachflächen der Kategorie K mit Hubschrauberlandemöglichkeit**

| Spalte | 1 | | 2 | 3 | 4 |
|---|-----------------|-----|----------------------------------|--|--|
| Zeile | Kategorie | | Zulässiges Abfluggewicht t | Hubschrauber- Regellast Q_k kN | Seitenlängen einer quadratischen Aufstandsfläche mm |
| 1 | HC ^a | HC1 | 3 | 30 | 200 |
| 2 | | HC2 | 6 | 60 | 300 |
| 3 | | HC3 | 12 | 120 | 300 |
| ^a Die Einwirkungen sind wie diejenigen der Kategorie G zu kombinieren. | | | | | |

In der Ebene der Start und Landefläche und des umgebenden Sicherheitsstreifens ist eine horizontale Nutzlast Q_k nach Tabelle 6.11 DE, Spalte 3, an der für den untersuchten Querschnitt eines Bauteils jeweils ungünstigsten Stelle anzunehmen

Außerdem sind die Bauteile auch für eine gleichmäßig verteilte Nutzlast von 5 kN/m^2 mit Vollast der einzelnen Felder in ungünstigster Zusammenwirkung — feldweise veränderlich — zu berechnen. Der ungünstigste Wert ist maßgebend.

NCI zu 6.3.4.2

6.3.4.2 ist um die folgenden Absätze zu ergänzen:

(NA.9) Für Flächen von Begehungsstegen, die ausschließlich Rettungswege darstellen, ist ein Wert von $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen.

(NA.10) Bei Dachlatten sind zwei Einzellasten von je $0,5 \text{ kN}$ in den äußeren Viertelpunkten der Stützweite anzunehmen. Für hölzerne Dachlatten mit Querschnittsabmessungen, die sich erfahrungsgemäß bewährt haben, ist bei Sparrenabständen bis etwa 1 m kein Nachweis erforderlich.

(NA.11) Leichte Sprossen dürfen mit einer Einzellast von $0,5 \text{ kN}$ in ungünstigster Stellung berechnet werden, wenn die Dächer nur mit Hilfe von Bohlen und Leitern begehbar sind.

6.4 Horizontallasten auf Zwischenwände und Absturzsicherung**NDP zu 6.4 (1), Tabelle 6.12**

Die Absätze (1) und (2) sowie Tabelle 6.12 sind durch folgenden Wortlaut zu ersetzen:

(1) Für horizontale Nutzlasten q_k infolge von Personen auf Brüstungen, Geländer und andere Konstruktionen, die als Absperrung dienen, gilt Tabelle 6.12DE.

Tabelle 6.12DE — Horizontale Lasten auf Zwischenwände und Absturzsicherungen

| Spalte | 1 | 2 |
|--|--|------------------------------------|
| Zeile | Belastete Fläche nach Kategorie | Horizontale Nutzlast q_k kN/m |
| 1 | A, B1, H, F1 ^b bis F4 ^b , T1, Z ^a | 0,5 |
| 2 | B2, B3, C1 bis C4, D, E1.1 ^c , E1.2 ^c , E2.1 ^c bis E2.5 ^c , FL1 ^b bis FL6 ^b , HC, T2, Z ^a | 1,0 |
| 3 | C5, C6, T3 | 2,0 |
| <p>^a Für Kategorie Z ist die Zuordnung in Zeile 1 bzw. Zeile 2 entsprechend der zugehörigen maßgeblichen Nutzungskategorie nach Tabelle 6.1DE vorzunehmen.</p> <p>^b Anprall wird durch konstruktive Maßnahmen ausgeschlossen.</p> <p>^c Bei Flächen der Kategorie E1.1, E1.2, E2.1 bis E2.5, die nur zu Kontroll- und Wartungszwecken begangen werden, sind die Lasten in Abstimmung mit dem Bauherrn festzulegen, jedoch mindestens 0,5 kN/m.</p> | | |

(2) Die horizontalen Nutzlasten nach Tabelle 6.12 DE sind in Absturzrichtung in voller Höhe und in der Gegenrichtung mit 50 %, mindestens jedoch 0,5 kN/m, anzusetzen.

NCI zu 6.4

Der Abschnitt ist um die folgenden Absätze zu ergänzen:

(NA.3) Neben der vorgeschriebenen Windlast und etwaigen anderen waagrecht wirkenden Lasten sind zum Erzielen einer ausreichenden Längs- und Quersteifigkeit beliebig gerichtete Horizontallasten zu berücksichtigen.

(NA.4) Für Tribünenbauten und ähnliche Sitz- und Steheinrichtungen ist eine in Fußbodenhöhe angreifende Horizontallast von 1/20 der lotrechten Nutzlast anzusetzen.

(NA.5) Bei Gerüsten ist je Rüstlage eine angreifende Horizontallast von 1/100 aller zugehörigen lotrechten Lasten anzusetzen.

(NA.6) Zur Sicherung gegen Umkippen von Einbauten, die innerhalb von geschlossenen Bauwerken stehen und keiner Windbeanspruchung unterliegen, ist eine Horizontallast von 1/100 der Gesamtlast in Höhe des Schwerpunktes anzusetzen.

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12

NCI

Anhang NA.A (informativ)

Wichten und Flächenlasten

Tabelle A.12DE — Wichten und Böschungswinkel von gewerblichen und industriellen Lagerstoffen

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast kN/m ² | Böschungswinkel |
|-------|--|----------------------------------|-----------------|
| 1 | Eisenerz | | |
| 2 | Raseneisenerz | 14,0 | 40° |
| 3 | Brasilerz | 39,0 | 40° |
| 4 | Fasern, Zellulose, in Ballen gepresst | 12,0 | 0° |
| 5 | Faulschlamm | | |
| 6 | bis 30 % Volumenanteil an Wasser | 12,5 | 20° |
| 7 | über 50 % Volumenanteil an Wasser | 11,0 | 0° |
| 8 | Fischmehl | 8,0 | 45° |
| 9 | Holzspäne, lose geschüttet | 2,0 | 45° |
| 10 | Holzwolle | | |
| 11 | lose | 1,5 | 45° |
| 12 | gepresst | 4,5 | — |
| 13 | Karbid in Stücken | 9,0 | 30° |
| 14 | Kork, gepresst | 3,0 | — |
| 15 | Linoleum nach DIN EN 548, in Rollen | 13,0 | — |
| 16 | Porzellan oder Steingut, gestapelt | 11,0 | — |
| 17 | PVC - Beläge nach DIN EN 649, in Rollen | 15,0 | — |
| 18 | Soda | | |
| 19 | geglüht | 25,0 | 45° |
| 20 | kristallin | 15,0 | 40° |
| 21 | Wolle, Baumwolle, gepresst, luftgetrocknet | 13,0 | — |

Tabelle NA.A.13 — Wichten für Mauerwerk mit Normal-, Leicht- und Dünnbettmörtel

| Rohdichte g/cm ³ | Wichte in kN/m ³ für Mauerwerk mit | |
|--------------------------------|---|-----------------------------|
| | Normalmörtel | Leicht- oder Dünnbettmörtel |
| 0,31 bis 0,35 | 5,5 | 4,5 |
| 0,36 bis 0,40 | 6 | 5 |
| 0,41 bis 0,45 | 6,5 | 5,5 |
| 0,46 bis 0,50 | 7 | 6 |
| 0,51 bis 0,55 | 7,5 | 6,5 |
| 0,56 bis 0,60 | 8 | 7 |
| 0,61 bis 0,65 | 8,5 | 7,5 |
| 0,66 bis 0,70 | 9 | 8 |
| 0,71 bis 0,75 | 9,5 | 8,5 |
| 0,76 bis 0,80 | 10 | 9 |
| 0,81 bis 0,90 | 11 | 10 |
| 0,91 bis 1,00 | 12 | 11 |
| 1,01 bis 1,20 | 14 | 13 |
| 1,21 bis 1,40 | 16 | 15 |
| 1,41 bis 1,60 | 16 | 16 |
| 1,61 bis 1,80 | 18 | 18 |
| 1,81 bis 2,00 | 20 | 20 |
| 2,01 bis 2,20 | 22 | 22 |
| 2,21 bis 2,40 | 24 | 24 |

Tabelle NA.A.14 — Wichten für Bauplatten und Planbauplatten aus unbewehrtem Porenbeton nach DIN 4166

| Zeile | Rohdichteklasse | Wichte ^a kN/m ³ |
|-------|-----------------|--|
| 1 | 0,35 | 4,5 |
| 2 | 0,40 | 5,0 |
| 3 | 0,45 | 5,5 |
| 4 | 0,50 | 6,0 |
| 5 | 0,55 | 6,5 |
| 6 | 0,60 | 7,0 |
| 7 | 0,65 | 7,5 |
| 8 | 0,70 | 8,0 |
| 9 | 0,80 | 9,0 |

^a Die Werte schließen den Fugenmörtel und die übliche Feuchte ein. Bei Verwendung von Leicht- und Dünnbettmörtel dürfen die charakteristischen Werte um 0,5 kN/m³ vermindert werden.

Tabelle NA.A.15 — Wichten für Dach-, Wand- und Deckenplatten aus bewehrtem Porenbeton nach DIN 4223

| Zeile | Rohdichteklasse | Wichte kN/m ³ |
|-------|-----------------|-----------------------------|
| 1 | 0,40 | 5,2 |
| 2 | 0,45 | 5,7 |
| 3 | 0,50 | 6,2 |
| 4 | 0,55 | 6,7 |
| 5 | 0,60 | 7,2 |
| 6 | 0,65 | 7,8 |
| 7 | 0,70 | 8,4 |
| 8 | 0,80 | 9,5 |

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12**Tabelle NA.A.16 — Flächenlasten für Gips-Wandbauplatten nach DIN EN 12859 und Gipskartonplatten nach DIN 18180**

| Zeile | Gegenstand | Rohdichte- klasse | Flächenlast je cm Dicke kN/m ² |
|-------|----------------------------|----------------------|---|
| 1 | Porengips – Wandbauplatten | 0,7 | 0,07 |
| 2 | Gips – Wandbauplatten | 0,9 | 0,09 |
| 3 | Gipskartonplatten | — | 0,09 |

Tabelle NA.A.17 — Flächenlasten für Putze ohne und mit Putzträgern

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast kN/m ² |
|-------|--|----------------------------------|
| 1 | Gipskalkputz | |
| 2 | auf Putzträgern (z. B. Ziegeldrahtgewebe, Streckmetall) bei 30 mm Mörteldicke | 0,50 |
| 3 | auf Holzwoleleichtbauplatten mit einer Dicke von 15 mm und Mörtel mit einer Dicke von 20 mm | 0,35 |
| 4 | auf Holzwoleleichtbauplatten mit einer Dicke von 25 mm dicken und Mörtel mit einer Dicke von 20 mm | 0,45 |
| 5 | Gipsputz, Dicke 15 mm | 0,18 |
| 6 | Kalk-, Kalkgips- und Gipsandmörtel, Dicke 20 mm | 0,35 |
| 7 | Kalkzementmörtel, Dicke 20 mm | 0,40 |
| 8 | Leichtputz nach DIN 18550-4:1993-08, Dicke 20 mm | 0,30 |
| 9 | Putz aus Putz- und Mauerbinder nach DIN 4211:1995-03, Dicke 20 mm | 0,40 |
| 10 | Rohrdeckenputz (Gips), Dicke 20 mm | 0,30 |
| 11 | Wärmedämmputzsystem (WDPS) Dämmputz, | |
| 12 | Dicke 20 mm | 0,24 |
| 13 | Dicke 60 mm | 0,32 |
| 14 | Dicke 100 mm | 0,40 |
| 15 | Wärmedämmbekleidung aus Kalkzementputz mit einer Dicke von 20 mm und Holzwoleleichtbauplatten | |
| 16 | Plattendicke 15 mm | 0,49 |
| 17 | Plattendicke 50 mm | 0,60 |
| 18 | Plattendicke 100 mm | 0,80 |
| 19 | Wärmedämmverbundsystem (WDVS) aus 15 mm dickem bewehrtem Oberputz und Schaumkunststoff nach DIN V 18164-1:2002-01 und DIN 18164-2:2001-09 oder Faserdämmstoff nach DIN V 18165-1:2002-01 und DIN 18165-2:2001-09 | 0,30 |
| 20 | Zementmörtel, Dicke 20 mm | 0,42 |

Tabelle NA.A.18 — Flächenlasten von Fußboden- und Wandbelägen

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast je cm Dicke kN/m ² /cm |
|--------------|--|---|
| 1 | Asphaltbeton | 0,24 |
| 2 | Asphaltmastix | 0,18 |
| 3 | Gussasphalt | 0,23 |
| 4 | Betonwerksteinplatten, Terrazzo, kunstharzgebundene Werksteinplatten | 0,24 |
| 5 | Estrich | |
| 6 | Calciumsulfatestrich (Anhydritestrich, Natur-, Kunst- und REA ^a – Gipsestrich) | 0,22 |
| 7 | Gipsestrich | 0,20 |
| 8 | Gussasphaltestrich | 0,23 |
| 9 | Industriestrich | 0,24 |
| 10 | Kunstharzestrich | 0,22 |
| 11 | Magnesiaestrich nach DIN 272 mit begehbaren Nutzschicht bei ein- oder mehrschichtiger Aus- führung | 0,22 |
| 12 | Unterschicht bei mehrschichtiger Ausführung | 0,12 |
| 13 | Zementestrich | 0,22 |
| 14 | Glasscheiben | 0,25 |
| 15 | Gummi | 0,15 |
| 16 | Keramische Wandfliesen (Steingut einschließlich Verlegemörtel) | 0,19 |
| 17 | Keramische Bodenfliesen (Steinzeug und Spaltplatten, einschließlich Verlegemörtel) | 0,22 |
| 18 | Kunststoff – Fußbodenbelag | 0,15 |
| 19 | Linoleum | 0,13 |
| 20 | Natursteinplatten (einschließlich Verlegemörtel) | 0,30 |
| 21 | Teppichboden | 0,03 |
| ^a | Rauchgasentschwefelungsanlage | |

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12

Tabelle NA.A.19 — Flächenlasten von losen Stoffen

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast je cm Dicke kN/m ² /cm |
|-------|--|---|
| 1 | Bimskies, geschüttet | 0,07 |
| 2 | Blähglimmer, geschüttet | 0,02 |
| 3 | Blähperlite | 0,01 |
| 4 | Blähschiefer und Blähton, geschüttet | 0,15 |
| 5 | Faserdämmstoffe nach DIN V 18165-1:2002-01 und DIN 18165-2:2001-09 (z. B. Glas-, Schlacken-, Steinfaser) | 0,01 |
| 6 | Faserstoffe, bituminiert, als Schüttung | 0,02 |
| 7 | Gummischnitzel | 0,03 |
| 8 | Hanfscheben, bituminiert | 0,02 |
| 9 | Hochofenschlackensand | 0,10 |
| 10 | Kieselgur | 0,03 |
| 11 | Korkschrot, geschüttet | 0,02 |
| 12 | Magnesia, gebrannt | 0,10 |
| 13 | Schaumkunststoffe | 0,01 |

Tabelle NA.A.20 — Flächenlasten von Platten, Matten und Bahnen

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast je cm Dicke kN/m ² /cm |
|-------|--|---|
| 1 | Asphaltplatten | 0,22 |
| 2 | Holzwole-Leichtbauplatten nach DIN 1101:2000-06 | |
| 3 | Plattendicke ≤ 100 mm | 0,06 |
| 4 | Plattendicke > 100 mm | 0,04 |
| 5 | Kieselgurplatten | 0,03 |
| 6 | Korkschrotplatten aus imprägniertem Kork nach DIN 18161-1:1976-12, bitumiert | 0,02 |
| 7 | Mehrschicht-Leichtbauplatten nach DIN 1102:1989-11, unabhängig von der Dicke | |
| 8 | Zweischichtplatten | 0,05 |
| 9 | Dreischichtplatten | 0,09 |
| 10 | Korkschrotplatten aus Backkork nach DIN 18161-1:1976-12 | 0,01 |
| 11 | Perliteplatten | 0,02 |
| 12 | Polyurethan-Ortschaum nach DIN 18159-1 | 0,01 |
| 13 | Schaumglas (Rohdichte 0,07 g/cm ³) in Dicken von 4 cm bis 6 cm mit Pappekaschierung und Verklebung | 0,02 |
| 14 | Schaumkunststoffplatten nach DIN V 18164-1:2002-01 und DIN 18164-2:2001-09 | 0,004 |

Tabelle NA.A.21 — Flächenlasten für Deckungen aus Dachziegeln, Dachsteinen und Glasdeckstoffen

| Zeile | Gegenstand | Flächenlasten ^a kN/m ² |
|-------|--|--|
| 1 | Dachsteine aus Beton mit mehrfacher Fußverrippung und hochliegendem Längsfalz | |
| 2 | bis 10 Stück/m ² | 0,50 |
| 3 | über 10 Stück/m ² | 0,55 |
| 4 | Dachsteine aus Beton mit mehrfacher Fußverrippung und tiefliegendem Längsfalz | |
| 5 | bis 10 Stück/m ² | 0,60 |
| 6 | über 10 Stück/m ² | 0,65 |
| 7 | Biberschwanzziegel 155 mm x 375 mm und 180 mm x 380 mm und ebene Dachsteine aus Beton im Biberformat | |
| 8 | Spießdach (einschließlich Schindeln) | 0,60 |
| 9 | Doppeldach und Kronendach | 0,75 |
| 10 | Falzziegel, Reformpfannen, Falzpfannen, Flachdachpfannen | 0,55 |
| 11 | Glasdeckstoffe | bei gleicher Dachdeckungsart wie in den Zeilen 1 bis 9 |
| 12 | Großformatige Pfannen bis 10 Stück/ m ² | 0,50 |
| 13 | Kleinformatige Biberschwanzziegel und Sonderformate (Kirchen-, Turmbiber usw.) | 0,95 |
| 14 | Krempziegel, Hohlpfannen | 0,45 |
| 15 | Krempziegel, Hohlpfannen in Pappdocken verlegt | 0,55 |
| 16 | Mönch- und Nonnenziegel (mit Vermörtelung) | 0,90 |
| 17 | Strangfalzziegel | 0,60 |

^a Die Flächenlasten gelten, soweit nicht anders angegeben, ohne Vermörtelung, aber einschließlich der Lattung. Bei einer Vermörtelung sind 0,1 kN/m² zuzuschlagen.

Tabelle NA.A.22 — Flächenlasten von Schieferdeckung

| Zeile | Gegenstand | Flächenlasten kN/m ² |
|-------|--|------------------------------------|
| 1 | Altdeutsche Schieferdeckung und Schablonendeckung auf 24 mm Schalung, einschließlich Vordeckung und Schalung | |
| 2 | in Einfachdeckung | 0,50 |
| 3 | in Doppeldeckung | 0,60 |
| 4 | Schablonendeckung auf Lattung, einschließlich Lattung | 0,45 |

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12

Tabelle NA.A.23 — Flächenlasten von Metalldeckungen

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast kN/m ² |
|-------|---|----------------------------------|
| 1 | Aluminiumblechdach (Aluminium 0,7 mm dick, einschließlich 24 mm Schalung) | 0,25 |
| 2 | Aluminiumblechdach aus Well-, Trapez- und Klemmrippenprofilen | 0,05 |
| 3 | Doppelstehfalzdach aus Titanzink oder Kupfer, 0,7 mm dick, einschließlich Vordeckung und 24 mm Schalung | 0,35 |
| 4 | Stahlpfannendach (verzinkte Pfannenbleche) | |
| 5 | einschließlich Lattung | 0,15 |
| 6 | einschließlich Vordeckung und 24 mm Schalung | 0,30 |
| 7 | Stahlblechdach aus Trapezprofilen | - ^a |
| 8 | Wellblechdach (verzinkte Stahlbleche, einschließlich Befestigungsmaterial) | 0,25 |

^a Nach Angabe des Herstellers.

Tabelle NA.A.24 — Flächenlasten von Faserzement-Dachplatten nach DIN EN 494

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast kN/m ² |
|-------|---|----------------------------------|
| 1 | Deutsche Deckung auf 24 mm Schalung, einschließlich Vordeckung und Schalung | 0,40 |
| 2 | Doppeldeckung auf Lattung, einschließlich Lattung | 0,38 ^a |
| 3 | Waagerechte Deckung auf Lattung, einschließlich Lattung | 0,25 ^a |

^a Bei Verlegung auf Schalung sind 0,1 kN/m² zu addieren.

Tabelle NA.A.25 — Flächenlasten von Faserzement-Wellplatten nach DIN EN 494

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast kN/m ² |
|-------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | Faserzement-Kurzwellplatten | 0,24 ^a |
| 2 | Faserzement-Wellplatten | 0,20 ^a |

^a Ohne Pfetten, jedoch einschließlich Befestigungsmaterial.

Tabelle NA.A.26 — Flächenlasten von sonstigen Deckungen

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast kN/m ² |
|-------|---|----------------------------------|
| 1 | Deckung mit Kunststoffwellplatten (Profilformen nach DIN EN 494), ohne Pfetten, einschließlich Befestigungsmaterial | |
| 2 | aus faserverstärkten Polyesterharzen, (Rohdichte 1,4 g/cm ³), Plattendicke 1 mm | 0,03 |
| 3 | wie vor, jedoch mit Deckkappen | 0,06 |
| 4 | aus glasartigem Kunststoff (Rohdichte 1,2 g/cm ³), Plattendicke 3 mm | 0,08 |
| 5 | PVC - beschichtetes Polyestergewebe, ohne Tragwerk | |
| 6 | Typ I (Reißfestigkeit 3,0 kN/5 cm Breite) | 0,0075 |
| 7 | Typ II (Reißfestigkeit 4,7 kN/5 cm Breite) | 0,0085 |
| 8 | Typ III (Reißfestigkeit 6,0 kN/5 cm Breite) | 0,01 |
| 9 | Rohr- oder Strohdach, einschließlich Lattung | 0,70 |
| 10 | Schindeldach, einschließlich Lattung | 0,25 |
| 11 | Sprossenlose Verglasung | |
| 12 | Profilbauglas, einschalig | 0,27 |
| 13 | Profilbauglas, zweischalig | 0,54 |
| 14 | Zeltleinwand, ohne Tragwerk | 0,03 |

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12

Tabelle NA.A.27 — Flächenlasten von Dach- und Bauwerksabdichtungen mit Bitumen- und Kunststoffbahnen sowie Elastomerbahnen

| Zeile | Gegenstand | Flächenlast kN/m ² |
|--|---|----------------------------------|
| Bahnen im Lieferzustand | | |
| 1 | Bitumen- und Polymerbitumen- Dachdichtungsbahn nach DIN 52130 und DIN 52132 | 0,04 |
| 2 | Bitumen- und Polymerbitumen- Schweißbahn nach DIN 52131 und DIN 52133 | 0,07 |
| 3 | Bitumen- Dichtungsbahn mit Metallbandeinlage nach DIN 18190-4 | 0,03 |
| 4 | Nackte Bitumenbahn nach DIN 52129 | 0,01 |
| 5 | Glasvlies- Bitumen- Dachbahn nach DIN 52143 | 0,03 |
| 6 | Kunststoffbahnen, 1,5 mm Dicke | 0,02 |
| Bahnen in verlegtem Zustand | | |
| 7 | Bitumen- und Polymerbitumen-Dachdichtungsbahn nach DIN 52130 und DIN 52132, einschließlich Klebmasse bzw. Bitumen- und Polymerbitumen-Schweißbahn nach DIN 52131 und DIN 52133, je Lage | 0,07 |
| 8 | Bitumen- Dichtungsbahn nach DIN 18190-4, einschließlich Klebmasse, je Lage | 0,06 |
| 9 | Nackte Bitumenbahn nach DIN 52129, einschließlich Klebmasse, je Lage | 0,04 |
| 10 | Glasvlies- Bitumen- Dachbahn nach DIN 52143, einschließlich Klebmasse, je Lage | 0,05 |
| 11 | Dampfsperre, einschließlich Klebmasse bzw. Schweißbahn, je Lage | 0,07 |
| 12 | Ausgleichsschicht, lose verlegt | 0,03 |
| 13 | Dachabdichtungen und Bauwerksabdichtungen aus Kunststoffbahnen, lose verlegt, je Lage | 0,02 |
| Schwerer Oberflächenschutz auf Dachabdichtungen | | |
| 14 | Kiesschüttung, Dicke 5 cm | 1,0 |

NCI

Literaturhinweise

DIN 1101:2006-06, *Holzwohle-Leichtbauplatten und Mehrschicht-Leichtbauplatten als Dämmstoffe für das Bauwesen - Anforderungen, Prüfung*

DIN 1102:1989-11, *Holzwohle-Leichtbauplatten und Mehrschicht-Leichtbauplatten nach DIN 1101 als Dämmstoffe für das Bauwesen; Verwendung, Verarbeitung*

DIN 4211:1995-03, *Putz- und Mauerbinder — Anforderungen, Überwachung*

DIN 18161-1:1976-12, *Korkerzeugnisse als Dämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung*

DIN V 18164-1:2002-01, *Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen — Teil 1: Dämmstoffe für die Wärmedämmung*

DIN 18164-2:2001-09, *Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen — Teil 2: Dämmstoffe für die Trittschalldämmung aus expandiertem Polystyrol-Hartschaum*

DIN V 18165-1:2002-01, *Faserdämmstoffe für das Bauwesen — Teil 1: Dämmstoffe für die Wärmedämmung*

DIN 18165-2:2001-09, *Faserdämmstoffe für das Bauwesen — Teil 2: Dämmstoffe für die Trittschalldämmung*

DIN 18550-4:1993-08, *Putz; Leichtputze; Ausführung*

DIN EN 1991-1-2**DIN**

ICS 13.220.50; 91.010.30

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**Eurocode 1: Actions on structures –
Part 1-2: General actions –
Actions on structures exposed to fire;
German version EN 1991-1-2:2002 + AC:2009Eurocode 1: Actions sur les structures –
Partie 1-2: Actions general –
Actions sur les structures exposées au feu;
Version allemande EN 1991-1-2:2002 + AC:2009

Gesamtumfang 65 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1991-1-2:2010-12

Nationales Vorwort

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, in dem 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.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angezeigt.

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

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1991-1-2

November 2002

+AC

März 2009

ICS 13.220.50; 91.010.30

Ersatz für ENV 1991-2-2:1995

Deutsche Fassung

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke

Eurocode 1: Action on structures —
Part 1-2: General actions —
Actions on structures exposed to fire

Eurocode 1: Actions sur les structures —
Partie 1-2: Actions general —
Actions sur les structures exposées au feu

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 1. September 2002 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 4. März 2009 in Kraft und wurde in EN 1991-1-2:2002 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

Inhalt

| | Seite |
|--|-----------|
| Vorwort | 4 |
| Abschnitt 1 Allgemeines | 9 |
| 1.1 Anwendungsbereich..... | 9 |
| 1.2 Normative Verweisungen | 10 |
| 1.3 Annahmen..... | 10 |
| 1.4 Unterscheidung von verbindlichen und nicht verbindlichen Regeln | 10 |
| 1.5 Definitionen | 11 |
| 1.5.1 Übliche Ausdrücke aus den Eurocode-Brandschutzteilen..... | 11 |
| 1.5.2 Die allgemeine Bemessung betreffende Fachbegriffe | 12 |
| 1.5.3 Die thermischen Einwirkungen betreffende Begriffe | 13 |
| 1.5.4 Die Wärmeübertragungsberechnung betreffende Begriffe | 15 |
| 1.6 Symbole | 15 |
| Abschnitt 2 Verfahren zur Tragwerksbemessung im Brandfall | 20 |
| 2.1 Allgemeines..... | 21 |
| 2.2 Brandszenarien für die Bemessung | 21 |
| 2.3 Bemessungsbrand | 21 |
| 2.4 Temperaturberechnung | 22 |
| 2.5 Berechnung der Tragfähigkeit..... | 22 |
| Abschnitt 3 Thermische Einwirkungen für die Temperaturberechnung | 23 |
| 3.1 Allgemeine Regeln | 23 |
| 3.2 Nominelle Temperaturzeitkurven | 24 |
| 3.2.1 Einheits-Temperaturzeitkurve..... | 24 |
| 3.2.2 Außenbrandkurve | 24 |
| 3.2.3 Hydrokarbon-Brandkurve..... | 25 |
| 3.3 Naturbrandmodelle..... | 25 |
| 3.3.1 Vereinfachte Brandmodelle | 25 |
| 3.3.2 Allgemeine Brandmodelle..... | 26 |
| Abschnitt 4 Mechanische Einwirkungen für die Tragfähigkeitsberechnung | 27 |
| 4.1 Allgemeines..... | 27 |
| 4.2 Gleichzeitigkeit von Einwirkungen..... | 27 |
| 4.2.1 Einwirkungen aus der Bemessung unter normaler Temperatur | 27 |
| 4.2.2 Zusätzliche Einwirkungen | 28 |
| 4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen..... | 28 |
| 4.3.1 Allgemeine Regel..... | 28 |
| 4.3.2 Vereinfachte Regeln | 28 |
| 4.3.3 Lastniveau | 29 |
| Anhang A (informativ) Parametrische Temperaturzeitkurven | 30 |

| | |
|--|-----------|
| Anhang B (informativ) Thermische Einwirkungen auf außenliegende Bauteile – vereinfachtes Berechnungsverfahren | 33 |
| B.1 Anwendungsbereich | 33 |
| B.2 Anwendungsbedingungen | 33 |
| B.3 Auswirkungen des Windes | 34 |
| B.3.1 Art der Belüftung..... | 34 |
| B.3.2 Ablenkung der Flammen durch Wind..... | 34 |
| B.4 Brand- und Flammeneigenschaften..... | 35 |
| B.4.1 Ohne Zwangsbelüftung | 35 |
| B.4.2 Zwangsbelüftung | 38 |
| B.5 Gesamtkonfigurationsfaktor..... | 40 |
| Anhang C (informativ) Lokale Brände | 42 |
| Anhang D (informativ) Erweiterte Brandmodelle | 45 |
| D.1 Ein-Zonen-Modelle..... | 45 |
| D.2 Zwei-Zonen-Modelle | 46 |
| D.3 Rechnergestütztes Fluid-Dynamik-Modell (CFD) | 47 |
| Anhang E (informativ) Brandlastdichten | 48 |
| E.1 Allgemeines | 48 |
| E.2 Ermittlung von Brandlastdichten | 50 |
| E.2.1 Allgemeines | 50 |
| E.2.2 Definitionen..... | 50 |
| E.2.3 Geschützte Brandlasten | 51 |
| E.2.4 Netto-Verbrennungswärme | 51 |
| E.2.5 Klassifizierung der Brandlast nach Nutzungseinheiten | 53 |
| E.2.6 Bestimmung der Brandlast im Einzelfall..... | 53 |
| E.3 Abbrandverhalten..... | 53 |
| E.4 Energiefreisetzungsrate Q | 54 |
| Anhang F (informativ) Äquivalente Branddauer | 56 |
| Anhang G (informativ) Konfigurationsfaktor..... | 58 |
| G.1 Allgemeines | 58 |
| G.2 Abschattungseffekte | 59 |
| G.3 Außenliegende Bauteile..... | 59 |
| Literaturhinweise | 63 |

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

Vorwort

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 Vereinbarung¹⁾ 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).

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.

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).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauprodukten-Richtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. 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.

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.

DIN EN 1991-1-2:2010-12 **EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)**

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 Tragwerksplanung⁴⁾ 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:

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 Bauprodukten-Richtlinie 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 Wohnbarkeit 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 Niveau der Zuverlässigkeit ergeben. Sie wurden unter der Annahme ausgewählt, dass eine qualifizierte Ausführung vorliegt zusammen mit einem annehmbaren Qualitätsmanagement.

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

DIN EN 1991-1-2:2010-12 EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

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 nominellen 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.

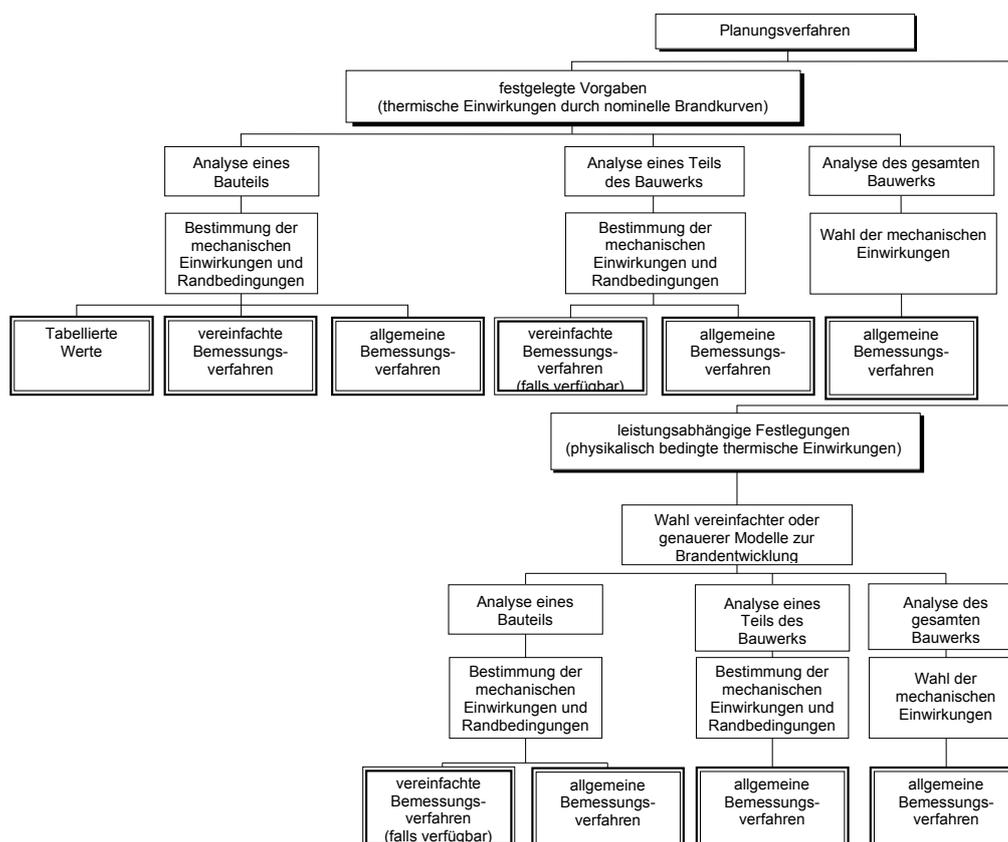


Bild 1 — Alternative Bemessungsverfahren

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)
- 3.3.1.1(1)
- 3.3.1.2(1)
- 3.3.1.2(2)
- 3.3.1.3(1)
- 3.3.2(1)
- 3.3.2(2)
- 4.2.2(2)
- 4.3.1(2)

Abschnitt 1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(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.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

1.2 Normative Verweisungen

(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.*

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

1.5.1.9

Wärmedämmung (I) [insulation (I)]

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

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

1.5.1.10

lasttragende Funktion (R) [load bearing function (R)]

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

1.5.1.11

Bauteil [member]

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

1.5.1.12

Bauteilberechnung (im Brandfall) [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

1.5.1.13

Bemessung bei normaler Temperatur [normal temperature design]

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

1.5.1.14

raumabschließende Funktion [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

1.5.1.15

raumabschließendes Bauteil [separating element]

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

1.5.1.16

Feuerwiderstandsfähigkeit unter Einheits-Temperaturzeitkurve [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

1.5.1.17

tragende Bauteile [structural members]

lastabtragende Bauteile eines Tragwerkes einschließlich der Aussteifungen

1.5.1.18

Temperaturberechnung [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

1.5.1.19

thermische Einwirkungen [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]**

nomielle 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

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

1.5.3.6

Brandentstehungsrisiko [fire activation risk]

Parameter, der die Gefahr der Brandentstehung als Funktion der Brandabschnittsfläche und der Nutzung berücksichtigt

1.5.3.7

Brandlastdichte [fire load density]

Brandlast je Flächeneinheit bezogen auf die Geschossfläche q_f , oder bezogen auf die Oberfläche der gesamten Umhüllung q_t einschließlich Öffnungen

1.5.3.8

Brandlast [fire load]

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

1.5.3.9

Brandfall (Brandszenario) [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

1.5.3.10

Feuerüberschlag [flash-over]

gleichzeitige Entzündung aller Brandlasten in einem Brandabschnitt

1.5.3.11

Hydrokarbon-Brandkurve [hydrocarbon fire curve]

nominationale Temperaturzeitkurve zur Darstellung von Hydrokarbon-Brandlasten

1.5.3.12

lokaler Brand [localised fire]

Brand, der nur eine begrenzte Fläche der Brandlast in einem Brandabschnitt entfacht

1.5.3.13

Öffnungsfaktor [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

1.5.3.14

Wärmefreisetzungsrate [rate of heat release]

Wärme, die von einem brennbaren Erzeugnis zeitabhängig abgegeben wird

1.5.3.15

Einheits-Temperaturzeitkurve [standard temperature-time curve]

nominationale Temperaturzeitkurve, die in prEN 13501-2 definiert ist, um einen voll entwickelten Brand in einem Brandabschnitt abzubilden

1.5.3.16**Temperaturzeitkurven [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 einer 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 Teil 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 ($A_v = \sum_i A_{v,i}$) |

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

| | |
|--------------|--|
| $A_{v,i}$ | 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 brennbaren 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 |
| $R_{\text{fi,d,t}}$ | 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 AC gestrichener Text AC) |
| 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 |

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

| | |
|--------------------------|--|
| g | die Erdbeschleunigung |
| h_{eq} | gewichtetes Mittel der Fensterhöhen in allen Wänden $\left(h_{\text{eq}} = \left(\sum_i (A_{v,i} h_i) \right) / A_v \right)$ |
| h_i | Höhe von Fenster i |
| \dot{h} | Wärmestrom in 1 m ² Oberfläche |
| \dot{h}_{net} | Netto-Wärmestrom in 1 m ² Oberfläche |
| $\dot{h}_{\text{net,c}}$ | Netto-Wärmestrom durch Konvektion in 1 m ² Oberfläche |
| $\dot{h}_{\text{net,r}}$ | 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 ($w_t = \sum w_i$); 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] |

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

| | |
|--------------------|---|
| ϑ_{\max} | maximale Temperatur [°C] |
| ϑ_t | effektive Strahlungstemperatur des Brandes [°C] |
| Ω | $(A_f \cdot q_{f,d}) / (A_v \cdot A_t)^{1/2}$ |
| Ψ_f | 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 unregelmäßigen 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 |

Abschnitt 2 Verfahren zur Tragwerksbemessung im Brandfall

2.1 Allgemeines

(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).

2.2 Brandszenarien für die Bemessung

(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.

2.3 Bemessungsbrand

(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.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

2.4 Temperaturberechnung

(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 Anhang F unter Beachtung des nationalen Anhangs bestimmt 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.

2.5 Berechnung der Tragfähigkeit

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

(2) Der Nachweis sollte im Zeitbereich:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ} \quad (2.1)$$

oder im Festigkeitsbereich:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t} \quad (2.2)$$

oder im Temperaturbereich:

$$\theta_d \leq \theta_{cr,d} \quad (2.3)$$

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;

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

Abschnitt 3 Thermische Einwirkungen für die Temperaturberechnung

3.1 Allgemeine Regeln

(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:

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

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-Wärmestroms sollte berechnet werden mit:

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

Dabei ist

α_c der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion [W/m^2K];

ϑ_g die Gastemperatur in der Umgebung des beanspruchten Bauteils [$^{\circ}C$];

ϑ_m die Oberflächentemperatur des Bauteils [$^{\circ}C$].

(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^2K] bestimmt werden. Für den Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion sollten $\alpha_c = 9$ [W/m^2K] angesetzt werden, wenn angenommen wird, dass er die Wärmübertragung durch Strahlung mit abdeckt.

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

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

Dabei ist

Φ der Konfigurationsfaktor;

ε_m die Emissivität der Bauteiloberfläche;

ε_f die Emissivität des Feuers;

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

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

ϑ_f die wirksame Strahlungstemperatur des Brandes [$^{\circ}\text{C}$];

ϑ_m die Bauteiloberfläche [$^{\circ}\text{C}$].

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_f 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.

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

3.2 Nominelle Temperaturzeitkurven

3.2.1 Einheits-Temperaturzeitkurve

(1) Die Einheits-Temperaturzeitkurve ist gegeben durch:

$$\vartheta_g = 20 + 345 \log_{10} (8 t + 1) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.4)$$

Dabei ist

ϑ_g die Gastemperatur im Brandabschnitt [$^{\circ}\text{C}$];

t die Zeit [min].

(2) Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient ist:

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

3.2.2 Außenbrandkurve

(1) Die Außenbrandkurve ist gegeben durch:

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

Dabei ist

24

ϑ_g die Gastemperatur in Bauteilnähe [°C];

t die Zeit [min].

(2) Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient ist:

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

3.2.3 Hydrokarbon-Brandkurve

(1) Die Hydrokarbon-Brandkurve ist gegeben durch:

$$\vartheta_g = 1\,080 \left(1 - 0,325 e^{-0,167 t} - 0,675 e^{-2,5 t} \right) + 20 \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.6)$$

Dabei ist

ϑ_g die Gastemperatur im Brandabschnitt [°C]

t die Zeit [min]

(2) Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient ist:

$$\alpha_c = 50 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (3.7)$$

3.3 Naturbrandmodelle

3.3.1 Vereinfachte Brandmodelle

3.3.1.1 Allgemeines

(1) Vereinfachte Brandmodelle basieren auf bestimmten 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.

(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 $\alpha_c = 35 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ verwendet werden.

3.3.1.2 Vollbrände

(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.

(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.

DIN EN 1991-1-2:2010-12

EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

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.

3.3.1.3 Lokale Brände

(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.

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.

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

Abschnitt 4 Mechanische Einwirkungen für die Tragfähigkeitsberechnung

4.1 Allgemeines

(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-Temperturbedingungen verweisen.

4.2 Gleichzeitigkeit von Einwirkungen

4.2.1 Einwirkungen aus der Bemessung unter normaler Temperatur

(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.

DIN EN 1991-1-2:2010-12 EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

4.2.2 Zusätzliche Einwirkungen

(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.

(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.

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:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d \quad (4.1)$$

Dabei ist

E_d die Bemessungsgröße der maßgebenden Beanspruchungen aus der grundlegenden 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:

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} \cdot R_d \quad (4.2)$$

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.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

Anhang A
(informativ)

Parametrische Temperaturzeitkurven

(1) Die folgenden Temperaturzeitkurven gelten für Brandabschnitte ohne Öffnungen im Dach mit einer Grundfläche von bis zu 500 m² und einer maximalen Höhe von 4 m. Es wird davon ausgegangen, dass der Brandabschnitt vollständig ausbrennt.

(2) Wenn die Brandlastdichte ohne besondere Berücksichtigung des Abbrandverhaltens (siehe Anhang E) festgelegt wurde, dann sollte dieses Verfahren auf Brandabschnitte mit überwiegend zellulösen Brandlasten beschränkt werden.

(3) Die Erwärmungsphase der Temperaturzeitkurven wird gegeben durch:

$$\vartheta_g = 20 + 1\,325 \left(1 - 0,324 e^{-0,2t^*} - 0,204 e^{-1,7t^*} - 0,472 e^{-19t^*} \right) \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

| | | | |
|---------------|----------------------------------|------|--------|
| ϑ_g | die Temperatur im Brandabschnitt | [°C] | |
| t^* | $= t \cdot \Gamma$ | [h] | (A.2a) |

mit

| | | |
|-----|------|-----|
| t | Zeit | [h] |
|-----|------|-----|

| | | |
|----------|-------------------------------|-----|
| Γ | $= [O/b]^2 / (0,04/1\,160)^2$ | [-] |
|----------|-------------------------------|-----|

| | | |
|-----|-----------------------------|--|
| b | $= \sqrt{(\rho c \lambda)}$ | |
|-----|-----------------------------|--|

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| | in den folgenden Grenzen: $100 \leq b \leq 2\,200$ | [J/m ² s ^{1/2} K] |
|--|--|---------------------------------------|

| | | |
|--------|----------------------|----------------------|
| ρ | Dichte der Raumhülle | [kg/m ³] |
|--------|----------------------|----------------------|

| | | |
|-----|--|---------|
| c | spezifische Wärmekapazität der Raumhülle | [J/kgK] |
|-----|--|---------|

| | | |
|-----------|----------------------------------|--------|
| λ | Wärmeleitfähigkeit der Raumhülle | [W/mK] |
|-----------|----------------------------------|--------|

| | | |
|-----|--|---------------------|
| O | Öffnungsfaktor: $A_v \sqrt{h_{\text{eq}}} / A_t$ | [m ^{1/2}] |
|-----|--|---------------------|

| | | |
|--|---|--|
| | in den folgenden Grenzen: $0,02 \leq O \leq 0,20$ | |
|--|---|--|

| | | |
|-------|---|-------------------|
| A_v | Gesamtfläche der vertikalen Öffnungen in allen Wänden | [m ²] |
|-------|---|-------------------|

| | | |
|-----------------|---|-----|
| h_{eq} | gewichtetes Mittel der Fensterhöhen in allen Wänden | [m] |
|-----------------|---|-----|

| | | |
|-------|---|-------------------|
| A_t | Gesamtfläche der Raumhülle (Wände, Decke und Boden, einschließlich der Öffnungen) | [m ²] |
|-------|---|-------------------|

ANMERKUNG Wenn $\Gamma = 1$ ist, dann ist Gleichung (A.1) eine Näherung der Einheits-Temperaturzeitkurve.

(4) Zur Berechnung des b -Faktors dürfen die Dichte ρ , die spezifische Wärmekapazität c und die Wärmeleitfähigkeit λ der Raumbühle wie unter Raumtemperatur angenommen werden.

(5) Um einem mehrschichtigen Aufbau eines Teiles der Raumbühle Rechnung zu tragen, sollte $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$ eingeführt werden als:

– Falls $b_1 < b_2$ gilt $b = b_1$ (A.3)

– Falls $b_1 > b_2$ wird eine Grenzschichtdicke des brandbeanspruchten Baustoffs s_{lim} berechnet mit:

$$s_{lim} = \sqrt{\frac{3600 t_{max} \lambda_1}{c_1 \rho_1}} \quad \text{dabei wird } t_{max} \text{ durch Gl. (A.7) gegeben.} \quad [m] \quad (A.4)$$

– Falls $s_1 > s_{lim}$ dann gilt $b = b_1$ (A.4a)

– Falls $s_1 < s_{lim}$ dann gilt $b = \frac{s_1}{s_{lim}} b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{lim}}\right) b_2$ (A.4b)

Dabei ist

der Index 1 der Index der Schicht, die direkt dem Brand ausgesetzt ist, der Index 2 steht für die nächste Schicht, ...

s_i die Dicke der Schicht i

$$b_i = \sqrt{(\rho_i c_i \lambda_i)}$$

ρ_i die Dichte der Schicht i

c_i die spezifische Wärmekapazität der Schicht i

λ_i die Wärmeleitfähigkeit der Schicht i

(6) Zur Berücksichtigung verschiedener b -Faktoren für Wände, Decke und Boden sollte $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$ eingeführt werden als:

$$b = (\sum (b_j A_j)) / (A_t - A_v) \quad (A.5)$$

Dabei ist

A_j die Fläche der Hüllenerfläche j ohne Berücksichtigung von Öffnungen;

b_j die thermische Eigenschaft der Hüllenerfläche j nach den Gleichungen (A.3) und (A.4).

(7) Die maximale Temperatur θ_{max} der Erwärmungsphase wird erreicht bei $t^* = t_{max}^*$

$$t_{max}^* = t_{max} \cdot \Gamma \quad [h] \quad (A.6)$$

$$\text{mit } t_{max} = \max [(0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) ; t_{lim}] \quad [h] \quad (A.7)$$

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

Dabei ist

$q_{t,d}$ der Bemessungswert für die Brandlastdichte bezogen auf die Gesamtfläche der Gebäudehülle A_t , mit $q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t$ [MJ/m^2]. Die folgenden Grenzen sollten beachtet werden: $50 \leq q_{t,d} \leq 1\,000$ [MJ/m^2];

$q_{f,d}$ der Bemessungswert für die Brandlastdichte bezogen auf die Grundfläche A_f [MJ/m^2] nach Anhang E;

t_{lim} gegeben in (10) in [h].

ANMERKUNG Der Zeitpunkt t_{max} , an dem die maximale Temperatur auftritt, wird bei brandlastgesteuerten Bränden durch t_{lim} gegeben. Falls t_{lim} durch $(0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O)$ bestimmt wird, ist der Brand ventilationsgesteuert.

(8) Falls $t_{max} = t_{lim}$ gilt, dann wird t^* in Gleichung (A.1) ersetzt durch:

$$t^* = t \cdot \Gamma_{lim} \quad [\text{h}] \quad (\text{A.2b})$$

$$\text{mit } \Gamma_{lim} = [O_{lim}/b]^2 / (0,04/1\,160)^2 \quad (\text{A.8})$$

$$\text{Dabei ist } O_{lim} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / t_{lim} \quad (\text{A.9})$$

(9) Falls ($O > 0,04$ und $q_{t,d} < 75$ und $b < 1\,160$) gilt, muss Γ_{lim} in (A.8) mit k multipliziert werden. Dabei gilt für k :

$$k = 1 + \left(\frac{O - 0,04}{0,04} \right) \left(\frac{q_{t,d} - 75}{75} \right) \left(\frac{1\,160 - b}{1\,160} \right) \quad (\text{A.10})$$

(10) Im Falle langsamer Brandentwicklung beträgt $t_{lim} = 25$ Minuten; im Falle mittelschneller Brandentwicklung beträgt $t_{lim} = 20$ Minuten, und im Falle schneller Brandentwicklung beträgt $t_{lim} = 15$ Minuten.

ANMERKUNG Empfehlungen zur Geschwindigkeit der Brandentwicklung enthält Tab. E.5 in Anhang E.

(11) Die Abkühlphase der Temperaturzeitkurven wird gegeben durch:

$$\theta_g = \theta_{max} - 625 (t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad \text{für } t_{max}^* \leq 0,5 \quad (\text{A.11a})$$

$$\theta_g = \theta_{max} - 250 (3 - t_{max}^*) (t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad \text{für } 0,5 < t_{max}^* < 2 \quad (\text{A.11b})$$

$$\theta_g = \theta_{max} - 250 (t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad \text{für } t_{max}^* \geq 2 \quad (\text{A.11c})$$

Dabei ist t^* gegeben durch (A.2a).

$$t_{max}^* = (0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) \cdot \Gamma \quad (\text{A.12})$$

$$x = 1,0 \text{ wenn } t_{max} > t_{lim}, \text{ oder } x = t_{lim} \cdot \Gamma / t_{max}^* \text{ wenn } t_{max} = t_{lim}$$

Anhang B (informativ)

Thermische Einwirkungen auf außenliegende Bauteile – vereinfachtes Berechnungsverfahren

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/m² 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 ($w_t = \sum w_i$) verwendet.

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

AC

$$D/W = \frac{W_2}{w_1} \quad \text{AC (B.1)}$$

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

$$D/W = \frac{W_2 A_{v1}}{W_1 A_v} \quad \text{(B.2)}$$

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.

DIN EN 1991-1-2:2010-12 EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

(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.

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

(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 als konstant angenommen werden.

B.3 Auswirkungen des Windes

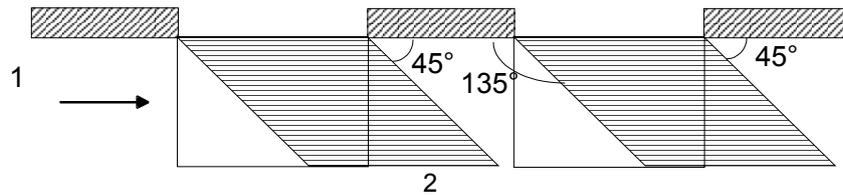
B.3.1 Art der Belüftung

(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.

B.3.2 Ablenkung der Flammen durch Wind

(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**B.4 Brand- und Flammeneigenschaften****B.4.1 Ohne Zwangsbelüftung**

(1) Die Wärmefreisetzungsrate ist gegeben durch:

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

(2) Die Temperatur des Brandabschnitts ist gegeben durch:

$$T_f = 6000 (1 - e^{-0,1/\theta}) \theta^{1/2} (1 - e^{-0,00286 \cdot \theta}) + T_0 \quad (\text{B.5})$$

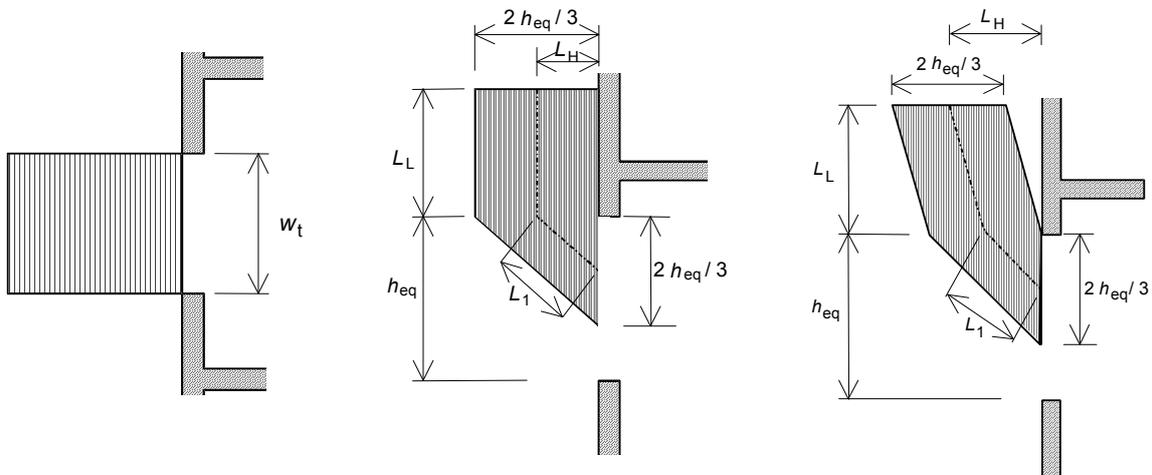
(3) Die Höhe der Flamme (siehe Bild B.2) ist gegeben durch:

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

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

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

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)



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

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:

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

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

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

– keine Wand oberhalb des Fensters:

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

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

falls $L_L > 0$:

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

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

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

(8) Die Flammentemperatur am Fenster ist:

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

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:

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

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:

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

Dabei ist d_f die Dicke der Flamme [m].

(12) Der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion beträgt:

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

(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 $h_{\text{eq}} \leq 1,25 w_t$ 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.

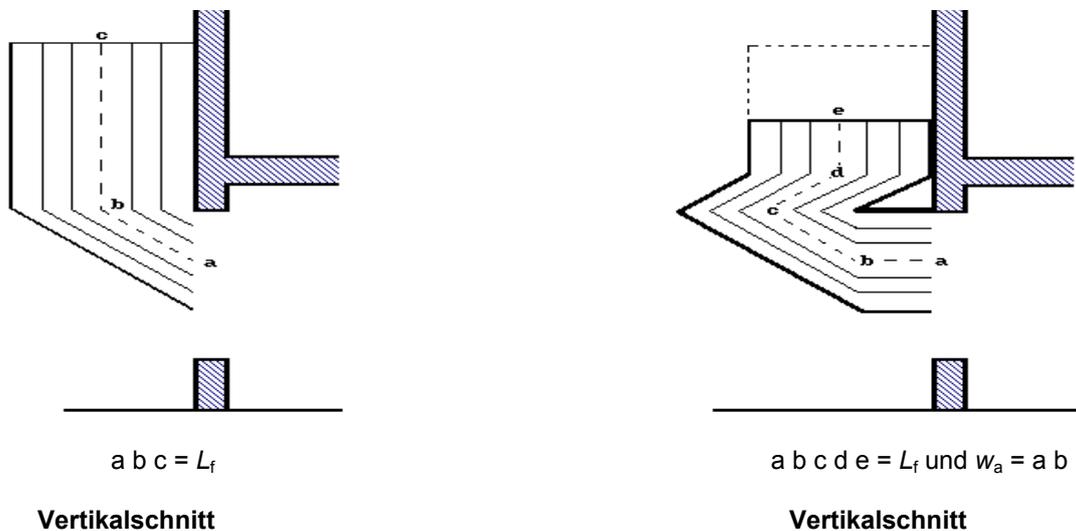


Bild B.3 — Ablenkung der Flammen durch Markisen

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

(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.

B.4.2 Zwangsbelüftung

(1) Die Wärmefreisetzungsrate ist gegeben durch:

$$Q = (A_f \cdot q_{f,d}) / \tau_F \quad [\text{MW}] \quad (\text{B.18})$$

(2) Die Temperatur des Brandabschnitts ist gegeben durch:

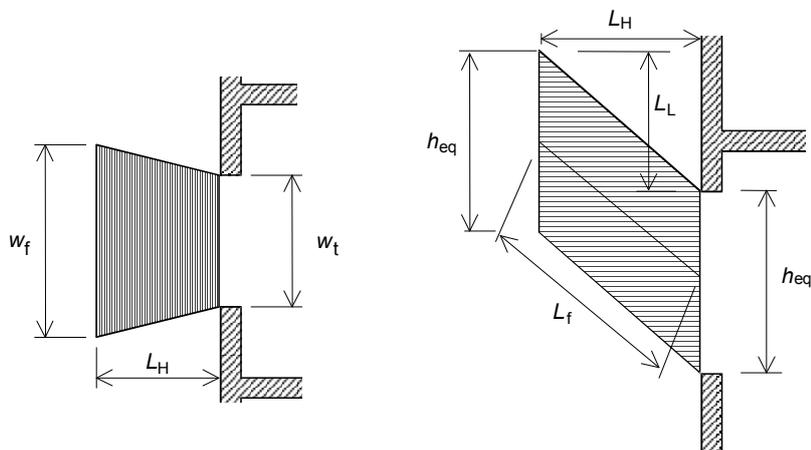
AC

$$T_f = 1\,200 (1 - e^{-0,00228 \cdot Q}) + T_0 \quad \text{AC} \quad (\text{B.19})$$

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

$$L_L = \left(1,366 \left(\frac{1}{u} \right)^{0,43} \frac{Q}{A_v^{1/2}} \right) - h_{eq} \quad (\text{B.20})$$

ANMERKUNG Mit $u = 6 \text{ m/s}$ ist $L_L \approx 0,628 \cdot Q / A_v^{1/2} - h_{eq}$.



Horizontalschnitt

$$w_f = w_t + 0,4 L_H$$

Vertikalschnitt

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2}$$

Bild B.4 — Flammenabmessungen bei Durch- oder Zwangsbelüftung

(4) Die Austrittsweite von Flammen beträgt:

$$L_H = 0,605 (u^2 / h_{eq})^{0,22} (L_L + h_{eq}) \quad (\text{B.21})$$

ANMERKUNG Mit $u = 6$ m/s ist $L_H = 1,33 (L_L + h_{eq}) / h_{eq}^{0,22}$

(5) Die Flammenbreite beträgt:

$$w_f = w_t + 0,4 L_H \quad (\text{B.22})$$

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

$$L_f = (L_L^2 + L_H^2)^{1/2} \quad (\text{B.23})$$

(7) Die Flammentemperatur am Fenster ist:

$$T_w = 520 / (1 - 0,3325 L_f (A_v)^{1/2} / Q) + T_0 \quad [\text{K}] \quad (\text{B.24})$$

Mit $L_f (A_v)^{1/2} / Q < 1$

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

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

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \frac{L_x (A_v)^{1/2}}{Q} \right) (T_w - T_0) + T_0 \quad [\text{K}] \quad (\text{B.25})$$

Dabei ist

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

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

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3d_f} \quad (\text{B.26})$$

Dabei ist d_f die Dicke der Flamme [m].

(11) Der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion beträgt:

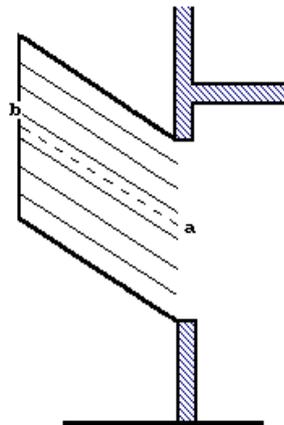
$$\alpha_c = 9,8 (1 / d_{eq})^{0,4} (Q / (17,5 A_v) + u / 1,6)^{0,6} \quad (\text{B.27})$$

ANMERKUNG Mit $u = 6$ m/s ergibt sich der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion zu:

$$\alpha_c = 9,8 (1 / d_{eq})^{0,4} (Q / (17,5 A_v) + 3,75)^{0,6}$$

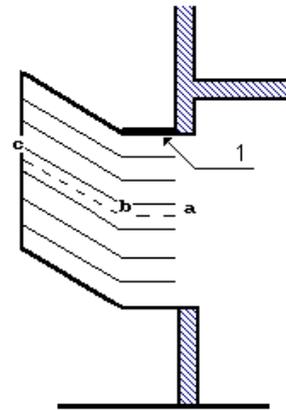
(12) Unter dem Einfluss von Balkonen oder Markisen wie in Bild B.5 bleibt der Flammenaustritt nach der horizontalen Ablenkung der gleiche wie oben beschrieben. Die Flamme wird also um die Balkon- oder Markisentiefe nach außen verschoben, wobei die Flammenlänge L_f unverändert bleibt.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)



$$a b = L_f$$

Vertikalschnitt



$$a b c = L_f$$

Vertikalschnitt

Legende

1 Markise

Bild B.5 — Ablenkung der Flammen durch Markisen

B.5 Gesamtkonfigurationsfaktor

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

$$\phi_f = \frac{(C_1 \phi_{f,1} + C_2 \phi_{f,2}) d_1 + (C_3 \phi_{f,3} + C_4 \phi_{f,4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2} \quad (\text{B.28})$$

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:

$$\phi_z = \frac{(C_1 \phi_{z,1} + C_2 \phi_{z,2}) d_1 + (C_3 \phi_{z,3} + C_4 \phi_{z,4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2} \quad (\text{B.29})$$

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.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

Anhang C
(informativ)

Lokale Brände

(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):

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

(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 $\vartheta_{(z)}$ entlang der vertikalen Symmetrieachse der Flamme berechnet mit:

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

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.

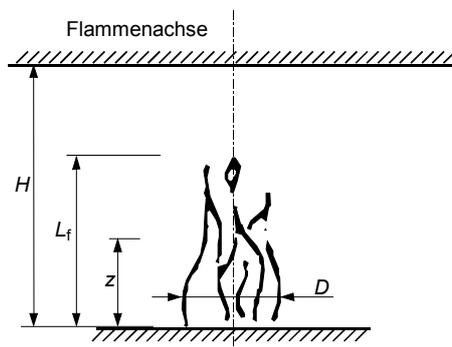


Bild C.1

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

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

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

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

Dabei ist

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

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.

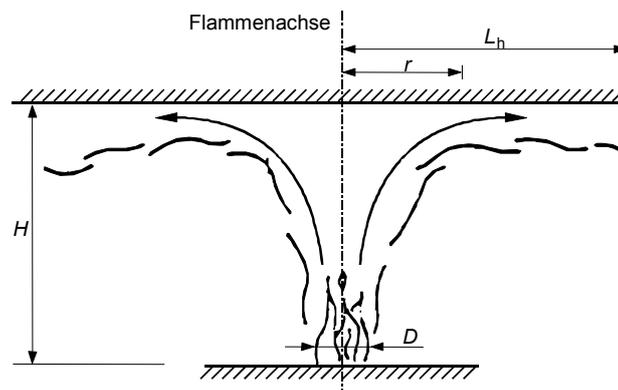


Bild C.2

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

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

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

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

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

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

$$z' = 2,4 D (1,0 - Q_D^{*2/5}) \quad \text{wenn } Q_D^* \geq 1,0$$

Dabei ist

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

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

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

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

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 $D \leq 10 \text{ m}$,
- die Wärmefreisetzungsrate des Brandes ist begrenzt auf $Q \leq 50 \text{ MW}$.

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

$$\dot{h}_{\text{tot}} = \dot{h}_1 + \dot{h}_2 \dots \leq 100\,000 \quad [\text{W/m}^2] \quad (\text{C.10})$$

Anhang D (informativ)

Erweiterte Brandmodelle

D.1 Ein-Zonen-Modelle

(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:

$$P_{\text{int}} = \rho_g R T_g \quad [\text{N/m}^2] \quad (\text{D.1})$$

(4) Die Massenbilanz des Brandabschnittes lautet:

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_{\text{in}} - \dot{m}_{\text{out}} + \dot{m}_{\text{fi}} \quad [\text{kg/s}] \quad (\text{D.2})$$

Dabei ist

$\frac{dm}{dt}$ die Geschwindigkeit des Massenaustauschs im Brandabschnitt;

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

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

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

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

$$\dot{m}_{\text{in}} = \dot{m}_{\text{out}} \quad (\text{D.3})$$

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

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

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

$$\frac{dE_g}{dt} = Q - Q_{\text{out}} + Q_{\text{in}} - Q_{\text{wall}} - Q_{\text{rad}} \quad [\text{W}] \quad (\text{D.4})$$

Dabei ist

E_g die innere Gasenergie [J];

Q die Wärmefreisetzungsrate des Brandes [W];

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

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

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

$Q_{\text{rad}} = A_{h,v} \sigma T_f^4$, 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 Newtonsches Gesetz),
- Energieerhaltung (erster Satz der Thermodynamik).

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

Anhang E
(informativ)

Brandlastdichten

E.1 Allgemeines

(1) Die in Berechnungen verwendeten Brandlastdichten sollten Bemessungswerte sein, die entweder durch Messungen oder in Einzelfällen auf Grundlage nationaler Brandschutzanforderungen ermittelt werden.

(2) Der Bemessungswert darf

- über eine nationale Brandlastklassifizierung entsprechend der Nutzung und/oder
- individuell für ein bestimmtes Projekt durch eine Erhebung der Brandlasten

ermittelt werden.

(3) Der Bemessungswert der Brandlastdichte $q_{f,d}$ ist definiert durch:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad [\text{MJ/m}^2] \quad (\text{E.1})$$

Dabei ist

m der Abbrandfaktor (siehe E.3);

δ_{q1} ein Faktor, der die Brandentstehungsgefahr in Abhängigkeit der Brandabschnittsgröße berücksichtigt (siehe Tabelle E.1);

δ_{q2} ein Faktor, der die Brandentstehungsgefahr in Abhängigkeit der Art der Nutzung berücksichtigt (siehe Tabelle E.1);

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ ein Faktor zur Berücksichtigung verschiedener aktiver Brandbekämpfungsmaßnahmen (z. B. Sprinkler, Branderkennung, automatische Alarmübermittlung, Feuerwehren ...). Diese aktiven Maßnahmen werden im Allgemeinen für den Personenschutz eingerichtet (siehe Tabelle E.2 und Abschnitte (4) und (5));

$q_{f,k}$ die charakteristische Brandlastdichte bezogen auf die Grundfläche $[\text{MJ/m}^2]$ (siehe z. B. Tabelle E.4).

Tabelle E.1 — Faktoren δ_{q1} , δ_{q2}

| Grundfläche des Brandabschnittes A_f [m ²] | Brandentstehungs- gefahr δ_{q1} | Brandentstehungs- gefahr δ_{q2} | Beispiele für verschiedene Nutzungen |
|---|--|--|--|
| 25 | 1,10 | 0,78 | Kunstgalerie, Museum, Schwimmbad |
| 250 | 1,50 | 1,00 | Büro, Wohngebäude, Hotel, Papierindustrie |
| 2 500 | 1,90 | 1,22 | Fertigung von Maschinen und Motoren |
| 5 000 | 2,00 | 1,44 | Chemische Labore, Malerwerkstätten |
| 10 000 | 2,13 | 1,66 | Herstellung von Feuerwerken oder Farben |

Tabelle E.2 — Faktoren δ_{ni}

| δ_n - Abhängigkeit für die Brandbekämpfung | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|-----|---|--|---|---|--|---|---------------------------------------|
| Automatische Brandbekämpfung | | Automatische Branderkennung | | Manuelle Brandbekämpfung | | | | | | |
| Automa- tisches Wasser Lösch- system δ_{n1} | Unabhängige Wasser- versorgung | | | Automatische Branderkennung und Alarm durch Wärme | Automa- tische Alarmüber- mittlung zur Feuerwehr durch Rauch | Werks- feuer- wehr δ_{n6} | Externe Feuerwehr δ_{n7} | Sichere Zugangs- wege δ_{n8} | Geräte zur Brand- bekämpfung δ_{n9} | Rauch- abzug δ_{n10} |
| | 0 | 1 | 2 | | | | | | | |
| 0,61 | 1,0 | 0,87 | 0,7 | 0,87 oder 0,73 | 0,87 | 0,61 oder 0,78 | 0,9 oder 1 oder 1,5 | 1,0 oder 1,5 | 1,0 oder 1,5 | |

(4) Bei normaler Brandschutzmaßnahme, die üblicherweise vorhanden sein sollte, wie Rettungswege, Brandbekämpfungsgeräte und Rauchabzüge in Treppenträumen, sollten die Werte δ_{ni} aus Tabelle E.2 mit 1,0 angenommen werden. Wurde diese normale Brandschutzmaßnahme nicht vorgesehen, dann sollte der entsprechende Wert für δ_{ni} mit 1,5 berücksichtigt werden.

(5) Falls Treppenträume im Alarmfall unter Überdruck gesetzt werden, dann darf der Faktor δ_{n8} der Tabelle E.2 zu 0,9 gesetzt werden.

(6) Die oben getroffenen Annahmen gelten unter der Voraussetzung, dass die Europäischen Normen für Sprinkler, Brandmelder, Alarmsysteme und Rauchabzüge eingehalten werden. Siehe hierzu auch 1.3. Es wird auf den Hintergrundbericht CEN/TC 250/SC 1 N 300A verwiesen.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

E.2 Ermittlung von Brandlastdichten

E.2.1 Allgemeines

(1) Die Brandlast sollte den gesamten brennbaren Inhalt eines Gebäudes und die relevanten brennbaren Teile des Tragwerks einschließlich Bekleidungen und Ausrüstung umfassen. Brennbare Teile des Tragwerks, die während des Brandes unverkohlt bleiben, sich also am Brand nicht beteiligen, müssen nicht berücksichtigt werden.

(2) Die nachstehenden Sätze gelten für Ermittlung von Brandlastdichten

- durch eine Brandlastklassifizierung nach der Nutzung (siehe E.2.5) und/oder
- speziell für das Projekt (siehe E.2.6).

(3) Wenn Brandlastdichten durch eine Brandlastklassifizierung nach der Nutzung bestimmt werden, dann sollte bei den Brandlasten unterschieden werden zwischen

- Brandlasten aus der Art der Nutzung durch die Klassifizierung;
- Brandlasten durch das Gebäude (Tragelemente, Bekleidungen und Ausrüstung), die grundsätzlich nicht in der Klassifizierung enthalten sind und, falls erforderlich, mit den nachstehenden Abschnitten zu bestimmen sind.

E.2.2 Definitionen

(1) Die charakteristische Brandlast ist definiert durch:

$$Q_{fi,k} = \sum M_{k,i} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i = \sum Q_{fi,k,i} \quad [\text{MJ}] \quad (\text{E.2})$$

Dabei ist

$M_{k,i}$ die Menge der brennbaren Stoffe [kg], nach (3) und (4);

H_{ui} die Netto-Verbrennungswärme [MJ/kg], siehe (E.2.4);

$[\psi_i]$ ein möglicher Beiwert zur Berücksichtigung geschützter Brandlasten, siehe (E.2.3).

(2) Die charakteristische Brandlastdichte $q_{f,k}$ bezogen auf einen m^2 Grundfläche wird definiert durch:

$$q_{f,k} = Q_{fi,k} / A \quad [\text{MJ}/\text{m}^2] \quad (\text{E.3})$$

Dabei ist

A die Grundfläche (A_f) des Brandabschnittes, eines Bezugsraumes oder der inneren Oberfläche (A_t) eines Brandabschnittes für $q_{f,k}$ oder $q_{t,k}$.

(3) Ständige Brandlasten, von denen angenommen wird, dass sie sich während der Lebensdauer des Tragwerkes nicht ändern, sollten durch eine Erhebung mit den erwarteten Größen bestimmt werden.

(4) Veränderliche Brandlasten, von denen angenommen wird, dass sie sich während der Lebensdauer des Tragwerkes ändern, sollten durch Größen berücksichtigt werden, die während 80 % der Nutzungszeit nicht überschritten werden.

E.2.3 Geschützte Brandlasten

(1) Brandlasten in Einhausungen, die so bemessen wurden, dass sie einen Brand überstehen, brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

(2) Brandlasten in nicht brennbaren Einhausungen, die bei einem Brand ohne besondere Brandbemessung erhalten bleiben, dürfen wie folgt berücksichtigt werden:

Die größte Brandlast jedoch mindestens 10 % der geschützten Brandlast, werden mit $\psi_1 = 1,0$ berücksichtigt.

Wenn diese Brandlast zuzüglich der ungeschützten Brandlast nicht ausreicht, um die restliche geschützte Brandlast über die Zündtemperatur zu erwärmen, dann darf die restliche geschützte Brandlast mit $\psi_1 = 0,0$ berücksichtigt werden.

In allen anderen Fällen ist der Wert von ψ_1 einzeln zu ermitteln.

E.2.4 Netto-Verbrennungswärme

(1) Die Netto-Verbrennungswärme sollte nach EN ISO 1716:2002 ermittelt werden.

(2) Der Feuchtegehalt von Materialien darf wie folgt berücksichtigt werden.

$$H_u = H_{u0} (1 - 0,01 u) - 0,025 u \quad [\text{MJ/kg}] \quad (\text{E.4})$$

Dabei ist

u der Feuchtegehalt in Gewichtsprozent bezogen auf das Trockengewicht;

H_{u0} die Netto-Verbrennungswärme der trockenen Materialien.

(3) Die Netto-Verbrennungswärme einiger Feststoffe, Flüssigkeiten und Gase wird in Tabelle E.3 gegeben.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

**Tabelle E.3 — Netto-Verbrennungswärme H_u [MJ/kg]
brennbarer Stoffe für die Berechnung von Brandlasten**

| Feststoffe | |
|---|------|
| Holz | 17,5 |
| Andere Zellstoffe <ul style="list-style-type: none"> • Kleidung • Kork • Baumwolle • Papier, Pappe • Seide • Stroh • Wolle | 20 |
| Kohlenstoffe <ul style="list-style-type: none"> • Hartkohle, Anthrazit • Holzkohle • Kohle | 30 |
| Chemische Stoffe | |
| Paraffine <ul style="list-style-type: none"> • Methan • Ethan • Propan • Butan | 50 |
| Olefine <ul style="list-style-type: none"> • Ethylen • Propylen • Buten | 45 |
| Aromen <ul style="list-style-type: none"> • Benzol • Toluol | 40 |
| Alkohole <ul style="list-style-type: none"> • Methanol • Ethanol • Ethylalkohol | 30 |
| Treibstoffe <ul style="list-style-type: none"> • Benzin, Kerosin • Diesel | 45 |
| Reine Kohlenwasserstoff-Kunststoffe <ul style="list-style-type: none"> • Polyethylen • Polystyren • Polypropylen | 40 |
| Andere Produkte | |
| ABS (Kunststoff) | 35 |
| Polyester (Kunststoff) | 30 |
| Polyisocyanat und Polyurethan (Kunststoff) | 25 |
| Polyvinylchlorid, PVC (Kunststoff) | 20 |
| Bitumen, Asphalt | 40 |
| Leder | 20 |
| Linoleum | 20 |
| Gummireifen | 30 |
| ANMERKUNG Die Werte in dieser Tabelle sind für die Bestimmung des Energiegehalts von Brennstoffen nicht geeignet. | |

E.2.5 Klassifizierung der Brandlast nach Nutzungseinheiten

(1) Die Brandlastdichte sollte nach der Nutzung klassifiziert und auf die Bodenfläche bezogen werden. Die charakteristischen Werte der Brandlastdichte $q_{f,k}$ [MJ/m²] aus Tabelle E.4 sollten verwendet werden.

Tabelle E.4 — Brandlastdichten $q_{f,k}$ [MJ/m²] für verschiedene Nutzungen

| Nutzung | Mittelwert | 80 %-Fraktile |
|--|------------|---------------|
| Wohnung | 780 | 948 |
| Krankenhaus (Zimmer) | 230 | 280 |
| Hotel (Zimmer) | 310 | 377 |
| Bücherei | 1 500 | 1 824 |
| Büro | 420 | 511 |
| Klassenzimmer einer Schule | 285 | 347 |
| Einkaufszentrum | 600 | 730 |
| Theater (Kino) | 300 | 365 |
| Verkehr (öffentlicher Bereich) | 100 | 122 |
| ANMERKUNG Für die 80 %-Fraktile wird eine Gumbelverteilung angenommen. | | |

(2) Die in Tabelle E.4 gegebenen Brandlastdichten $q_{f,k}$ gelten für den Fall, dass δ_{q2} gleich 1,0 ist (siehe Tabelle E.1).

(3) Die in Tabelle E.4 gegebenen Brandlastdichten gelten für gewöhnliche Brandabschnitte in Verbindung mit deren Nutzung. Besondere Räume sind nach E.2.2 zu berücksichtigen.

(4) Brandlasten durch das Bauwerk (Tragelemente, Bekleidungen und Beschichtungen) sollten nach E.2.2 ermittelt werden und, falls erforderlich, auf die Brandlasten nach (1) addiert werden.

E.2.6 Bestimmung der Brandlast im Einzelfall

(1) Falls keine Klassifizierung von Nutzungen möglich ist, dürfen Brandlasten speziell für den betrachteten Einzelfall durch eine Erhebung der Brandlasten unter der entsprechenden Nutzung erfolgen.

(2) Bei der Ermittlung der Brandlasten und deren lokaler Anordnung sollten die geplante Funktion, Möblierung und Installationen, Veränderungen im Laufe der Zeit, ungünstige Entwicklungen und mögliche Nutzungsänderungen berücksichtigt werden.

(3) Falls möglich, sollte die Brandlasterhebung an einem vergleichbaren bestehenden Projekt so durchgeführt werden, dass lediglich die Unterschiede zu dem bestehenden Projekt durch den Auftraggeber anzugeben sind.

E.3 Abbrandverhalten

(1) Das Abbrandverhalten sollte in Abhängigkeit der Nutzung und der Art der Brandlast berücksichtigt werden.

(2) Bei überwiegend zellstoffhaltigen Materialien darf der Abbrandfaktor mit $m = 0,8$ berücksichtigt werden.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

E.4 Wärmefreisetzungsrates Q

(1) Die Wachstumsphase darf durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$Q = 10^6 \left(\frac{t}{t_\alpha} \right)^2 \quad (\text{E.5})$$

Dabei ist

Q die Wärmefreisetzungsrates [W];

t die Zeit in [s];

t_α die Zeit, die erforderlich ist, bis eine Wärmefreisetzungsrates von 1 MW erreicht wird.

(2) Der Parameter t_α und die maximale Wärmefreisetzungsrates RHR_f für verschiedene Nutzungen werden in Tabelle E.5 gegeben.

Tabelle E.5 — Wachstumsrate und RHR_f für verschiedene Nutzungen

| Maximale Wärmefreisetzungsrates RHR_f | | | |
|---|---------------|----------------|------------------------------|
| Nutzung | Wachstumsrate | t_α [s] | RHR_f [kW/m ²] |
| Wohnung | Mittel | 300 | 250 |
| Krankenhaus (Zimmer) | Mittel | 300 | 250 |
| Hotel (Zimmer) | Mittel | 300 | 250 |
| Bibliothek | Schnell | 150 | 500 |
| Büro | Mittel | 300 | 250 |
| Klassenzimmer einer Schule | Mittel | 300 | 250 |
| Einkaufszentrum | Schnell | 150 | 250 |
| Theater (Kino) | Schnell | 150 | 500 |
| Verkehr (öffentlicher Bereich) | Langsam | 600 | 250 |

(3) Die Größen für die Wachstumsrate und RHR_f in Tabelle E.5 gelten für den Fall, dass der Faktor δ_{q2} gleich 1,0 ist (siehe Tabelle E.1).

(4) Bei einer extrem schnellen Brandausbreitung entspricht t_α 75 Sekunden.

(5) Die Wachstumsphase wird durch ein horizontales Plateau begrenzt, das dem stationären Zustand bei einem Wert von $Q = (RHR_f \cdot A_{fi})$ entspricht.

Dabei ist

A_{fi} die maximale Fläche eines Brandes [m²], die bei gleichmäßig verteilter Brandlast der Brandabschnittsfläche entspricht, jedoch im Falle lokaler Brände auch kleiner sein kann;

RHR_f die maximale Wärmefreisetzungsrates, die auf 1 m² bei einem brandlastgesteuerten Brand erreicht wird [kW/m²] (siehe Tabelle E.5).

(6) Das horizontale Plateau wird durch die Abklingphase begrenzt, die beginnt, wenn 70 % der gesamten Brandlast aufgebraucht sind.

(7) Für die Abklingphase darf ein linearer Verlauf angenommen werden, der beginnt, wenn 70 % der Brandlast verbrannt sind, und endet, wenn alle Brandlasten verbraucht sind.

(8) Falls es sich um einen ventilationsgesteuerten Brand handelt, muss dieses Plateau entsprechend dem verfügbaren Sauerstoffgehalt reduziert werden. Dies kann bei Verwendung eines Computerprogramms mit Ein-Zonen-Modell automatisch oder durch die nachfolgende vereinfachte Gleichung erfolgen:

$$Q_{\max} = 0,10 \cdot m \cdot H_u \cdot A_v \cdot \sqrt{h_{\text{eq}}} \quad [\text{MW}] \quad (\text{E.6})$$

Dabei ist

A_v die Öffnungsfläche [m^2];

h_{eq} die mittlere Höhe der Öffnungen [m];

H_u der Netto-Heizwert von Holz mit $H_u = 17,5 \text{ MJ/kg}$;

m der Abbrandfaktor mit $m = 0,8$.

(9) Falls aufgrund eines ventilationsgesteuerten Brandes die maximale Größe der Wärmefreisetzungsrates reduziert wurde, muss die Kurve für die Wärmefreisetzungsrates entsprechend der durch die Brandlast verfügbaren Energie erweitert werden. Wenn die Kurve nicht erweitert wird, dann wird von einem Brand außerhalb des Brandabschnittes ausgegangen, der geringere Gastemperaturen im Brandabschnitt verursacht.

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)

Anhang F
(informativ)

Äquivalente Branddauer

(1) Das nachstehende Verfahren darf für Bauteile verwendet werden, deren Bemessung auf tabellierten Daten oder anderen vereinfachten Verfahren beruht, die sich auf die Einheits-Temperaturzeitkurve beziehen.

ANMERKUNG Das Verfahren in diesem Anhang ist baustoffabhängig. Es kann nicht auf Verbundkonstruktionen aus Stahl und Beton sowie auf Holzbaukonstruktionen angewendet werden.

(2) Wenn die Brandlasten ohne besondere Berücksichtigung des Abbrandverhaltens (siehe Anhang E) angesetzt wurden, dann sollte die Anwendung dieses Verfahrens auf Brandabschnitte mit überwiegend zellulösen Brandlasten beschränkt werden.

(3) Die äquivalente Zeit der Beanspruchung durch die Einheits-Temperaturzeitkurve ist gegeben durch:

$$t_{e,d} = (q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f) k_c \quad \text{oder} \\ t_{e,d} = (q_{t,d} \cdot k_b \cdot w_t) k_c \quad [\text{min}] \quad (\text{F.1})$$

Dabei ist

$q_{f,d}$ die Bemessungsbrandlast nach Anhang E, wobei $q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t$;

k_b der Umrechnungsfaktor nach (4);

w_f der Ventilationsfaktor nach (5), wobei $w_t = w_f \cdot A_t / A_f$;

k_c der Korrekturfaktor für den Baustoff des tragenden Querschnitts, wie in Tabelle F.1 angegeben.

Tabelle F.1 — Korrekturfaktor k_c zur Berücksichtigung verschiedener Baustoffe
(O ist der in Anhang A definierte Öffnungsfaktor)

| Baustoff des Querschnitts | Korrekturfaktor k_c |
|---------------------------|-----------------------|
| Stahlbeton | 1,0 |
| Geschützter Stahl | 1,0 |
| Ungeschützter Stahl | $13,7 \cdot O$ |

(4) Wenn keine detaillierte Berechnung der thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile durchgeführt wird, darf der Umrechnungsfaktor k_b angesetzt werden mit:

$$k_b = 0,07 \quad [\text{min} \cdot \text{m}^2/\text{MJ}] \quad (\text{F.2})$$

ansonsten darf k_b auf die thermische Eigenschaft der Umfassungsbauteile $b = \sqrt{\rho c \lambda}$ nach Tabelle F.2 bezogen werden. Für die Berechnung von b bei mehrschichtigem Aufbau oder unterschiedlichen Baustoffen in Wänden, Boden, Decken siehe Anhang A (5) und (6).

Tabelle F.2 — Umrechnungsfaktor k_b in Abhängigkeit der thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile

| $b = \sqrt{\rho c \lambda}$ [J/m ² s ^{1/2} K] | k_b [min · m ² /MJ] |
|--|-------------------------------------|
| $b > 2\,500$ | 0,04 |
| $720 \leq b \leq 2\,500$ | 0,055 |
| $b < 720$ | 0,07 |

(5) Der Ventilationsfaktor w_f darf berechnet werden mit:

$$w_f = (6,0 / H)^{0,3} [0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \alpha_h)] \geq 0,5 \quad [-] \quad (\text{F.3})$$

Dabei ist

$\alpha_v = A_v / A_f$ die Fläche der vertikalen Öffnungen in der Fassade (A_v) bezogen auf die Grundfläche (A_f) des Brandabschnittes, wobei die Grenzen $0,025 \leq \alpha_v \leq 0,25$ zu beachten sind;

$\alpha_h = A_h / A_f$ die Fläche der horizontalen Öffnungen im Dach (A_h) bezogen auf die Grundfläche (A_f) des Brandabschnittes;

$$b_v = 12,5 (1 + 10 \alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10,0$$

H die Höhe des Brandabschnittes [m].

Bei kleinen Brandabschnitten [$A_f < 100 \text{ m}^2$] ohne Öffnungen im Dach darf der Faktor w_f auch berechnet werden mit:

$$w_f = O^{-1/2} \cdot A_f / A_t \quad (\text{F.4})$$

Dabei ist

O der Öffnungsfaktor nach Anhang A.

(6) Es muss nachgewiesen werden, dass

$$t_{e,d} < t_{fi,d} \quad (\text{F.5})$$

Dabei ist

$t_{fi,d}$ der Bemessungswert der Feuerwiderstandsfähigkeit unter Normbrand berechnet nach den Brandschutzteilen der Eurocodes prEN 1992 bis prEN 1996 und prEN 1999.

Anhang G (informativ)

Konfigurationsfaktor

G.1 Allgemeines

(1) Der Konfigurationsfaktor ϕ wird in 1.5.4.1 definiert. Seine mathematische Formulierung lautet:

$$dF_{d1-d2} = \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi S_{1-2}^2} dA_2 \quad (\text{G.1})$$

Der Konfigurationsfaktor gibt den Anteil der gesamten Wärmestrahlung an, die von einer gegebenen Oberfläche ausgestrahlt wird und eine gegebene empfangende Oberfläche erreicht. Seine Größe ist abhängig von der Größe der strahlenden Oberfläche, dem Abstand zwischen der strahlenden und der empfangenden Oberfläche und der Orientierung der Oberflächen zueinander (siehe Bild G.1).

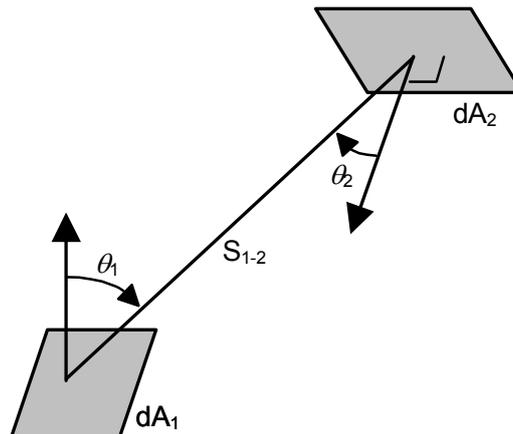


Bild G.1 — Strahlungsaustausch zwischen zwei infinitesimalen Oberflächen

(2) Wenn der Strahler eine einheitliche Temperatur und Emissivität besitzt, kann die Definition vereinfacht werden in: „Der Winkel, innerhalb dem der Strahler von einem bestimmten infinitesimalen Stück einer Oberfläche gesehen werden kann, geteilt durch 2π .“

(3) Die Wärmestrahlung zu einem infinitesimalen Flächenstück einer konvexen Bauteiloberfläche wird nur über die Lage und die Größe des Brandes bestimmt (Lageeinfluss).

(4) Die Wärmestrahlung zu einem infinitesimalen Flächenstück einer konkaven Bauteiloberfläche wird über die Lage und die Größe des Brandes (Lageeinfluss) und über die Strahlung von anderen Teilen des Bauteils (Abschattungseffekte) bestimmt.

(5) Die oberen Grenzen des Konfigurationsfaktors ϕ enthält Tabelle G.1.

Tabelle G.1 — Grenzen des Konfigurationsfaktors ϕ

| Ausrichtung | | Lokal begrenzt | Voll entwickelt |
|--------------------|--------|----------------|-----------------|
| Lageeinfluss | | $\phi \leq 1$ | $\phi = 1$ |
| Abschattungseffekt | Konvex | $\phi = 1$ | $\phi = 1$ |
| | Konkav | $\phi \leq 1$ | $\phi \leq 1$ |

G.2 Abschattungseffekte

(1) Gesonderte Regeln für die Ermittlung der Größe des Abschattungseffektes werden in den baustoffbezogenen Teilen der Eurocodes gegeben.

G.3 Außenliegende Bauteile

(1) Bei der Berechnung der Temperatur außenliegender Bauteile darf bei allen Oberflächen eine rechteckige Form angenommen werden. Diese beinhalten die Fenster und andere Öffnungen in den Brandabschnittswänden sowie die äquivalente rechteckige Fläche der Flammen nach Anhang B.

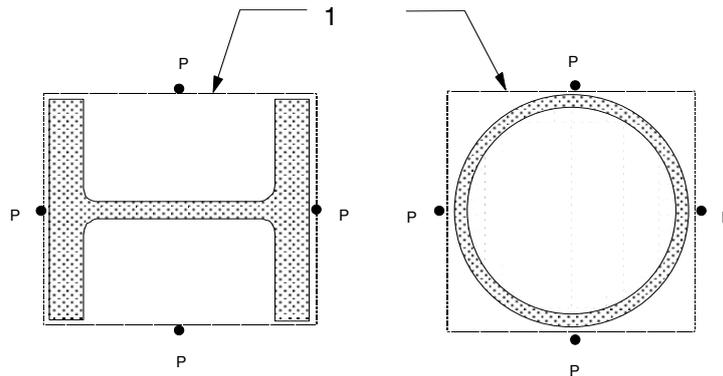
(2) Wenn der Konfigurationsfaktor für einen konkreten Fall berechnet wird, sollte zunächst, wie in Bild G.2 dargestellt, eine rechteckige Einhüllende um den Querschnitt des empfangenden Bauteils gelegt werden, die die Wärmestrahlen aufnimmt. (So wird der Abschattungseffekt in annähernder Weise berücksichtigt.) Die Größe von ϕ sollte dann für die Mittelpunkte P jeder Oberfläche dieser Einhüllenden bestimmt werden.

(3) Der Konfigurationsfaktor jeder empfangenden Oberfläche sollte als die Summe der Anteile der von Punkt P aus sichtbaren Bereiche der strahlenden Teilflächen (üblicherweise vier), so wie in den Bildern G.3 und G.4 dargestellt, bestimmt werden. Diese Teilflächen sollten bezogen auf einen Punkt X definiert werden, der dort liegt, wo eine horizontale Linie, die senkrecht auf der empfangenden Oberfläche steht, die Ebene mit der strahlenden Oberfläche trifft. Der Anteil von Teilflächen, die von Punkt P aus nicht sichtbar sind, so wie die schattierten Teilflächen in Bild G.4, sollten nicht berücksichtigt werden.

(4) Falls der Punkt X außerhalb der strahlenden Fläche liegt, sollte der effektive Konfigurationsfaktor dadurch bestimmt werden, dass die Anteile der zwei Rechtecke, die von X zum entfernteren Rand der strahlenden Fläche reichen, aufaddiert und anschließend die Anteile der zwei Rechtecke, die von X zum näher gelegenen Rand der strahlenden Fläche reichen, subtrahiert werden.

(5) Der Anteil jeder Teilfläche wird wie folgt bestimmt:

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)



Legende

1 Einhüllende

Bild G.2 — Einhüllende empfangender Oberflächen

a) empfangende Oberfläche ist parallel zur strahlenden Oberfläche:

$$\Phi = \frac{l}{2\pi} \left[\frac{a}{(1+a^2)^{0,5}} \tan^{-1} \left(\frac{b}{(1+a^2)^{0,5}} \right) + \frac{b}{(1+b^2)^{0,5}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1+b^2)^{0,5}} \right) \right] \quad (\text{G.2})$$

Dabei ist

$a = h / s$;

$b = w / s$;

s der Abstand von Punkt P zu X;

h die Höhe der Teilfläche auf der strahlenden Oberfläche;

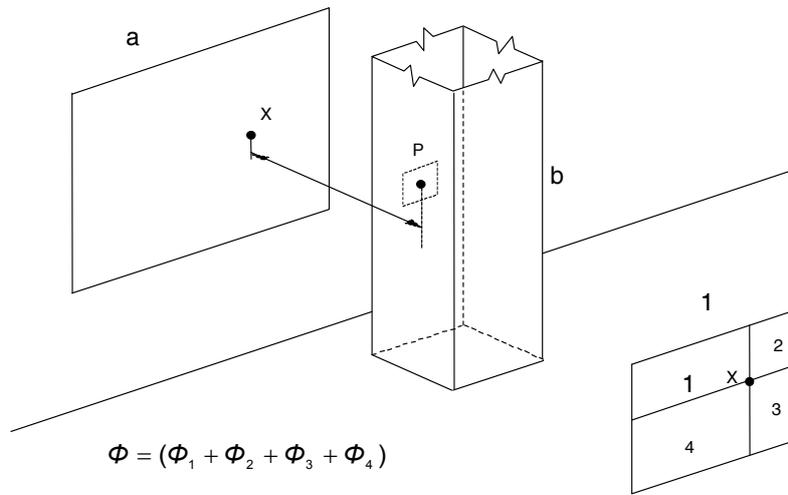
w die Breite dieser Teilfläche.

b) die empfangende Oberfläche steht rechtwinklig zur strahlenden Oberfläche:

$$\Phi = \frac{l}{2\pi} \left[\tan^{-1}(a) - \frac{l}{(1+b^2)^{0,5}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1+b^2)^{0,5}} \right) \right] \quad (\text{G.3})$$

c) empfangende Oberfläche steht in einem Winkel θ zur strahlenden Oberfläche:

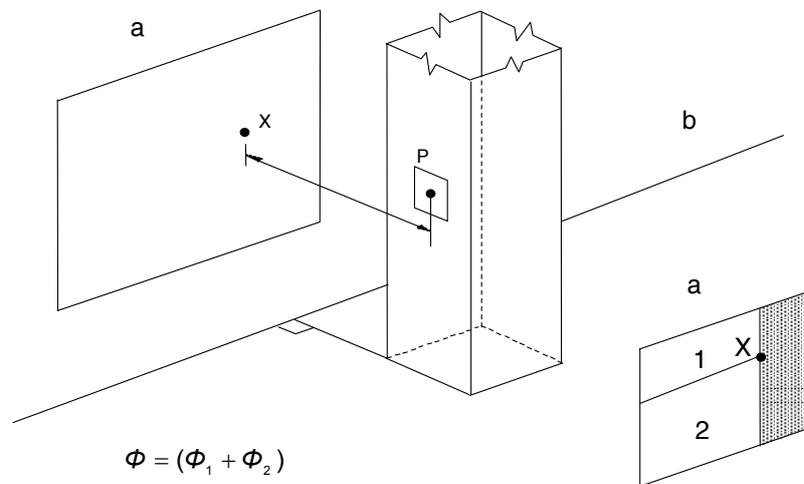
$$\Phi = \frac{l}{2\pi} \left[\tan^{-1}(a) - \frac{(1-b \cos \theta)}{(1+b^2-2b \cos \theta)^{0,5}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1+b^2-2b \cos \theta)^{0,5}} \right) + \frac{a \cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0,5}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{(b - \cos \theta)}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0,5}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0,5}} \right) \right] \right] \quad (\text{G.4})$$



Legende

- a strahlende Oberfläche
- b empfangende Oberfläche

Bild G.3 — Empfangende Oberfläche parallel zur strahlenden Oberfläche

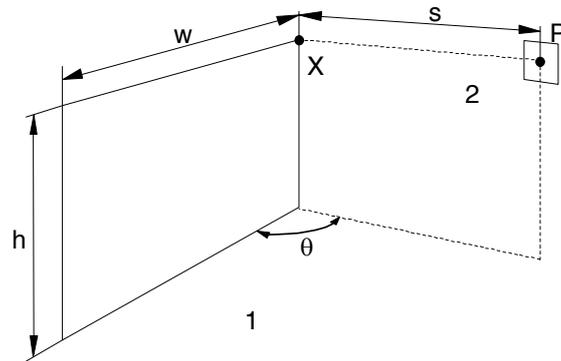


Legende

- a strahlende Oberfläche
- b empfangende Oberfläche

Bild G.4 — Empfangende Oberfläche rechtwinklig zur strahlenden Oberfläche

DIN EN 1991-1-2:2010-12
EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 (D)



Legende

- a strahlende Oberfläche
- b empfangende Oberfläche

Bild G.5 — Empfangende Oberfläche steht in einem Winkel θ zur strahlenden Oberfläche

Literaturhinweise

EN ISO 1716:2002, *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukte — Bestimmung des spezifischen Brennwertes (ISO 1716:2002).*

EN 1363-2, *Feuerwiderstandsprüfungen — Teil 2: Alternative und ergänzende Verfahren.*

DIN EN 1991-1-2/NA**DIN**

ICS 13.220.50; 91.010.30

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

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

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

Gesamtumfang 48 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Inhalt

| | Seite |
|---|-----------|
| Vorwort | 3 |
| NA.1 Anwendungsbereich | 4 |
| NA.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1991-1-2:2010-12 | 4 |
| NA.2.1 Allgemeines | 4 |
| NA.2.2 Nationale Festlegungen | 4 |
| NCI Anhang AA (normativ) Vereinfachtes Naturbrandmodell für vollentwickelte Raumbrände | 9 |
| AA.1 Allgemeines | 9 |
| AA.2 Anwendungsgrenzen | 9 |
| AA.3 Bemessungsbrand | 9 |
| AA.4 Parametrische Temperaturzeitkurven | 10 |
| AA.5 Berechnung des Wärmespeichervermögens b | 14 |
| AA.6 Durchführung der Berechnung | 15 |
| NCI Anhang BB (normativ) Eingangsdaten für die Anwendung von Naturbrandmodellen | 17 |
| BB.1 Allgemeines | 17 |
| BB.2 Anwendungsgrenzen | 17 |
| BB.3 Brandlastdichte | 17 |
| BB.3.1 Allgemeines | 17 |
| BB.3.2 Ermittlung der Brandlastdichte durch Klassifizierung nach der Nutzung | 18 |
| BB.3.3 Ermittlung der Brandlastdichte im Einzelfall | 19 |
| BB.4 Wärmefreisetzungsrate | 20 |
| BB.5 Sicherheitskonzept | 23 |
| BB.5.1 Auftretenswahrscheinlichkeit eines Brandes | 23 |
| BB.5.2 Erforderliche Zuverlässigkeit im Brandfall | 25 |
| BB.5.3 Teilsicherheitsbeiwerte γ_{fi} für die Einflussgrößen der Brandeinwirkung | 26 |
| NCI Anhang CC (informativ) Prüfung und Validierung von Rechenprogramm für Brandschutznachweise mittels allgemeiner Rechenverfahren | 28 |
| CC.1 Allgemeines | 28 |
| CC.2 Anwendungsgrenzen | 28 |
| CC.3 Anwendung und Dokumentation | 28 |
| CC.4 Validierungsbeispiele | 29 |
| CC.4.1 Beispiel 1 | 29 |
| CC.4.2 Beispiel 2 | 30 |
| CC.4.3 Beispiel 3 | 32 |
| CC.4.4 Beispiel 4 | 33 |
| CC.4.5 Beispiel 5 | 34 |
| CC.4.6 Beispiel 6 | 37 |
| CC.4.7 Beispiel 7 | 38 |
| CC.4.8 Beispiel 8 — schwach bewehrter Stahlbeton-Biegebalken | 40 |
| CC.4.9 Beispiel 9 — stark bewehrter Stahlbeton-Biegebalken | 41 |
| CC.4.10 Beispiel 10 — Stahlbeton-Kragstütze | 43 |
| CC.4.11 Beispiel 11 — Verbundstütze mit Kammerbeton | 45 |
| NCI Literaturhinweise | 47 |

Vorwort

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

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

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

Eine Liste dieser Textstellen befindet sich in NA.2.1.

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

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

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

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

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

NA.1 Anwendungsbereich

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

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

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

NA.2.1 Allgemeines

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

- 2.4 (4)
- 3.1 (10)
- 3.3.1.1 (1)
- 3.3.1.2 (1)
- 3.3.1.2 (2)
- 3.3.1.3 (1)
- 3.3.2 (1)
- 3.3.2 (2)
- 4.2.2 (2)
- 4.3.1 (2)

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

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

NA.2.2 Nationale Festlegungen

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

NCI zu „1.2 Normative Verweisungen“

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

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

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

NDP zu „2.4 (4) Temperaturberechnung“

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12**NDP zu „3.3.1.1 (1) Vereinfachte Brandmodelle — Allgemeines“**

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

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

NDP zu „3.3.1.2 (1) Vollbrände“

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

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

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

NDP zu „3.3.1.2 (2) Außenliegende Bauteile“

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

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

NDP zu „3.3.1.3 Lokale Brände“

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

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

NDP zu „3.3.2 (2) Allgemeine Brandmodelle“

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

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

NDP zu „4.2.2 (2) Zusätzliche Einwirkungen“

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

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

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

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

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

Zu „Anhang A Parametrische Temperaturzeitkurven“

Der Anhang A darf in Deutschland nicht angewendet werden.

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

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

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

Der Anhang B darf angewendet werden mit folgenden Änderungen:

- Abschnitt B.4.2 (Zwangselüftung) darf nicht angewendet werden;
- Gleichung (B.6) darf nicht angewendet werden. Die Länge der Flamme darf mit Gleichung (B.7) bestimmt werden;
- Gleichung (B.16) darf nicht angewendet werden. Die Emmissivität der Flamme ist unabhängig von der Dicke der Flamme zu $\varepsilon_f = 1,0$ anzusetzen.

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

Zu „Anhang C Lokale Brände“

Der Anhang C darf angewendet werden mit folgenden Änderungen:

- das Verfahren nach Anhang C gilt nur für lokal konzentrierte Brandlasten mit RHR_f (Rate of Heat Release) $\geq 250 \text{ kW/m}^2$;
- ergänzend zu Gleichung (C.2) gilt: $\theta(z) = 900 \text{ °C}$ für $z \leq 1,0 \text{ m}$.

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

Zu „Anhang D Erweiterte Brandmodelle“

Die Berechnungsmethoden des Anhangs D dürfen angewendet werden.

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

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

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Zu „Anhang E Brandlastdichten“

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

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

Zu „Anhang F Äquivalente Branddauer“

Der Anhang F darf nicht angewendet werden.

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

Zu „Anhang G Konfigurationsfaktor“

Der Anhang G darf angewendet werden.

NCI

Anhang AA (normativ)

Vereinfachtes Naturbrandmodell für vollentwickelte Raumbrände

AA.1 Allgemeines

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

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

AA.2 Anwendungsgrenzen

Das nachfolgend beschriebene vereinfachte Naturbrandmodell gilt für Brände in Räumen bis zu 400 m² Grundfläche und bis zu 5 m Höhe mit vertikalen Ventilationsöffnungen von 12,5 % bis 50 % der Raum- grundfläche und einer Brandlastdichte von 100 MJ/m² bis 1 300 MJ/m². Für größere und/oder höhere Räume liegen die ermittelten thermischen Einwirkungen zunehmend auf der sicheren Seite.

AA.3 Bemessungsbrand

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

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

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

Dabei ist

A_w die Fläche der Ventilationsöffnungen in m²;

h_w die gemittelte Höhe der Ventilationsöffnungen in m.

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

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

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

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

Dabei ist

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

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

$$\dot{Q}_{\max,k} = \text{MIN} \{ \dot{Q}_{\max,v,k} ; \dot{Q}_{\max,f,k} \}. \quad (\text{AA.3})$$

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

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

$$\dot{Q}_{\max,v,d} = \dot{Q}_{\max,v,k} \cdot \gamma_{fi,Q} \quad (\text{AA.4})$$

$$\dot{Q}_{\max,f,d} = \dot{Q}_{\max,f,k} \cdot \gamma_{fi,Q} \quad (\text{AA.5})$$

$$\dot{Q}_{\max,d} = \dot{Q}_{\max,k} \cdot \gamma_{fi,Q} \quad (\text{AA.6})$$

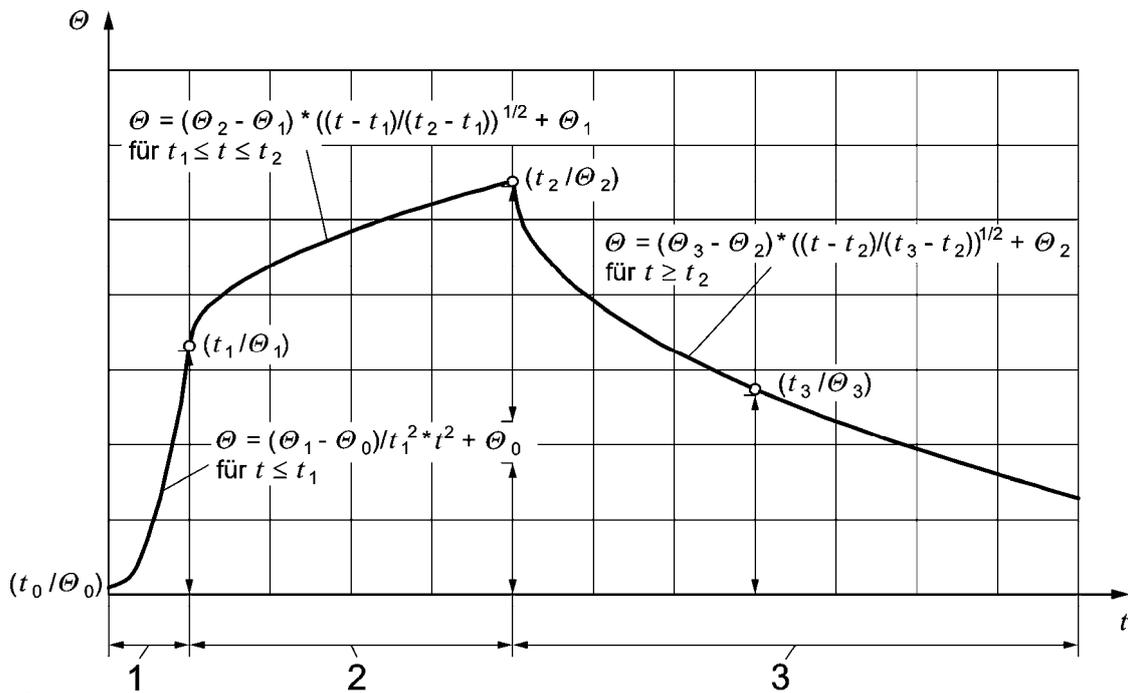
Dabei ist

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

AA.4 Parametrische Temperaturzeitkurven

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

Die Kurvenabschnitte für die drei o. g. Phasen sind durch markante Punkte zu den Zeitpunkten t_0 , t_1 , t_2 und t_3 begrenzt, die sich aus dem Verlauf der Wärmefreisetzungsrate ergeben. Bei der Bestimmung der zugehörigen Temperaturwerte θ_1 , θ_2 und θ_3 muss zwischen ventilationsgesteuerten Bränden und brandlastgesteuerten Bränden unterschieden werden (siehe AA.3).

**Legende**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Dabei ist

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

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

$O = A_W \sqrt{h_W} / A_t$ der Öffnungsfaktor in $\text{m}^{1/2}$;

A_W die Fläche der Ventilationsöffnungen in m^2 ;

h_W die gemittelte Höhe der Ventilationsöffnungen in m;

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

$Q_d = q \cdot A_f$, die Gesamtbrandlast im Brandraum in MJ bei der Referenzbrandlastdichte $q = 1\,300 \text{ MJ/m}^2$.

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

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

$$\Theta_{1, f} = 24\,000 \cdot k + 20 \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad \text{für } k \leq 0,04 \text{ und } \Theta_{1, f} = 980 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ für } k > 0,04 \quad (\text{AA.14})$$

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

$$\Theta_{2, f} = 33\,000 \cdot k + 20 \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad \text{für } k \leq 0,04 \text{ und } \Theta_{2, f} = 1\,340 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ für } k > 0,04 \quad (\text{AA.16})$$

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

$$\Theta_{3, f} = 16\,000 \cdot k + 20 \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad \text{für } k \leq 0,04 \text{ und } \Theta_{3, f} = 660 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ für } k > 0,04 \quad (\text{AA.18})$$

Dabei ist

$$k = \left(\frac{\dot{Q}_{\max, f, d}^2}{A_W \cdot \sqrt{h_W} (A_t - A_W) \cdot b} \right)^{1/3} \quad (\text{AA.19})$$

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

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

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

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

$$\theta_{2,x} = (\theta_2 - \theta_1) \cdot \sqrt{\frac{(t_{2,x} - t_1)}{(t_2 - t_1)}} + \theta_1 \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad (\text{AA.21})$$

Dabei ist

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

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

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

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

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

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

$$\theta_{2,x} = \frac{(\theta_1 - 20)}{t_1^2} \cdot t_{1,x}^2 + 20 \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad (\text{AA.23})$$

Die Temperatur $\theta_{3,x}$ zum Zeitpunkt $t_{3,x}$ liegt für unterschiedliche Brandlastdichten $q_{x,d}$ auf einer logarithmischen Funktion durch $(t = 0; \theta_0)$ und $(t_3; \theta_3)$:

$$\theta_{3,x} = \theta_3 \cdot \frac{\log_{10}\left(\frac{t_{3,x}}{60} + 1\right)}{\log_{10}\left(\frac{t_3}{60} + 1\right)} \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad (\text{AA.24})$$

Dabei ist

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

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

$$\theta(t) = \frac{(\theta_1 - 20)}{t_1^2} \cdot t^2 + 20 \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad \text{für } 0 \leq t \leq t_1 \quad (\text{AA.26})$$

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

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

$$\Theta(t) = (\Theta_{2,x} - \Theta_1) \cdot \sqrt{\frac{(t - t_1)}{(t_{2,x} - t_1)}} + \Theta_1 \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad \text{für } t_1 \leq t \leq t_2 \quad (\text{AA.27})$$

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

$$\Theta(t) = (\Theta_{3,x} - \Theta_{2,x}) \cdot \sqrt{\frac{(t - t_{2,x})}{(t_{3,x} - t_{2,x})}} + \Theta_{2,x} \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad \text{für } t > t_2 \quad (\text{AA.28})$$

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

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

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

$$\dot{Q}_{fo} = 0,0078 \cdot A_t + 0,378 \cdot A_w \cdot \sqrt{h_w} \quad \text{in MW} \quad (\text{AA.30})$$

AA.5 Berechnung des Wärmespeichervermögens b

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

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

Dabei ist

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

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

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

Tabelle AA.1 — Zuordnung von Einflussgruppen zum Wärmespeichervermögen b

| Zeile | Einflussgruppe | Wärmespeichervermögen b $J/(m^2 \cdot \sqrt{s} \cdot K)$ |
|--|----------------|---|
| 1 | 1 | 2 500 |
| 2 | 2 | 1 500 |
| 3 | 3 | 750 |
| <p>Einflussgruppe 1: Bauteile bzw. Baustoffe mit großem Wärmeabfluss wie Verglasungen, Aluminium, Glas, Stahl.</p> <p>Einflussgruppe 2: Bauteile bzw. Baustoffe mit mittlerem Wärmeabfluss wie Beton, Leichtbeton mit einer Rohdichte $> 1\,000\text{ kg/m}^3$, Kalksandstein, Mauerziegel.</p> <p>Einflussgruppe 3: Bauteile bzw. Baustoffe mit geringem Wärmeabfluss wie Baustoffe mit einer Rohdichte $\leq 1\,000\text{ kg/m}^3$, wie Faserdämmstoffe, Porenbeton, Holz, Holzwolle-Leichtbauplatten, Leichtbeton, Dämmputz, mehrschichtige Bauteile</p> | | |

AA.6 Durchführung der Berechnung

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

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

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

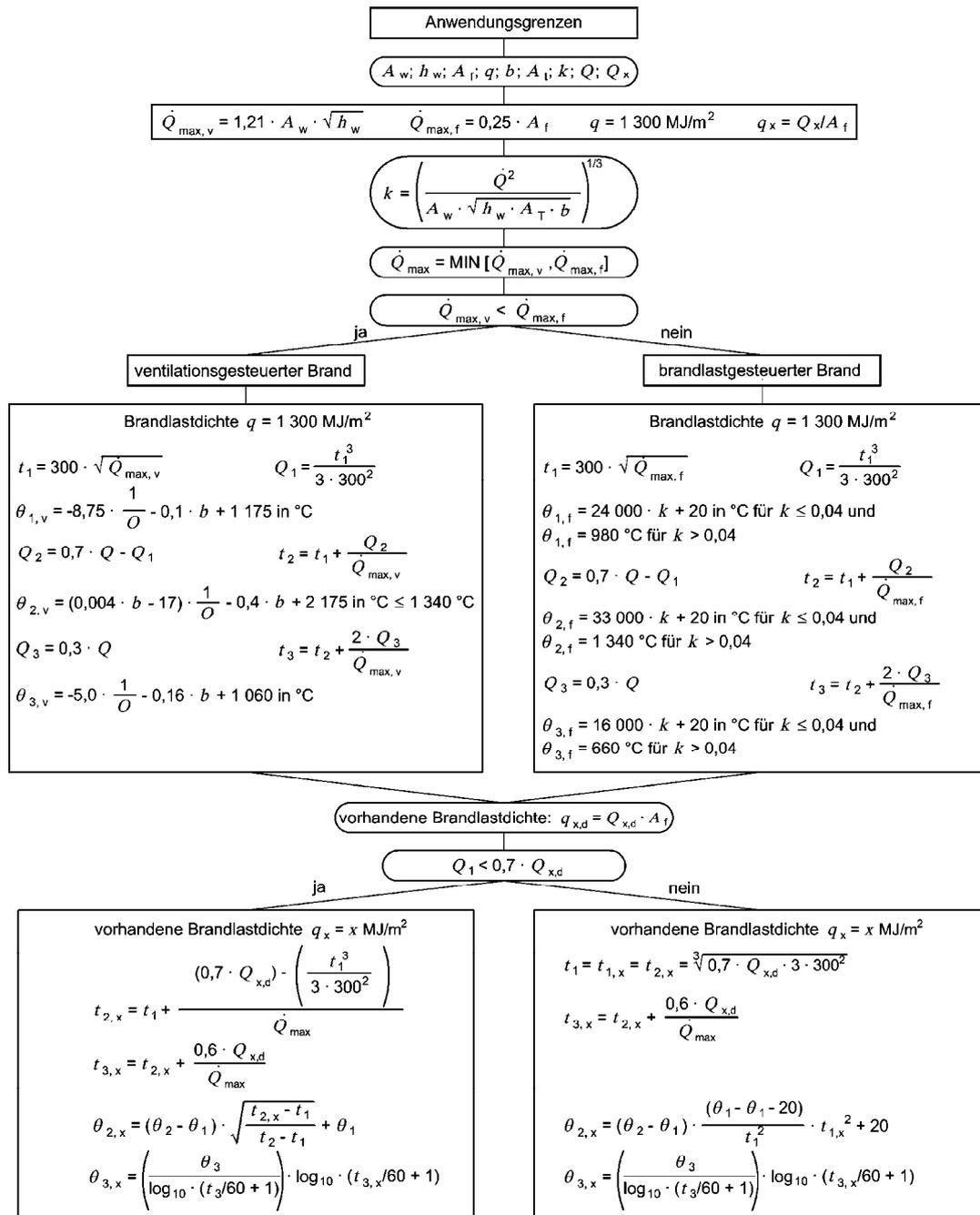


Bild AA.2 — Schematischer Ablauf zur Bestimmung des Temperaturzeitverlaufs eines natürlichen Brandes mit dem vereinfachten Naturbrandmodell für Wohn-, Büro- und vergleichbare Nutzungen mit $t_\alpha = 300 \text{ s}$

NCI

Anhang BB (normativ)

Eingangsdaten für die Anwendung von Naturbrandmodellen

BB.1 Allgemeines

Dieser Anhang ersetzt DIN EN 1991-1-2:2010-12, Anhang E. Die Vorgaben in diesem Anhang zu den Brandlastdichten in Gebäuden mit unterschiedlicher Nutzung und zu den Wärmefreisetzungsraten bei unterschiedlichen Bemessungsbrandszenarien berücksichtigen nationale und internationale Erkenntnisse. Die definierten Bemessungswerte für die Einflussgrößen der Brandeinwirkung berücksichtigen auch die erforderliche Zuverlässigkeit der zu bemessenden Bauteile und Tragwerke in der außergewöhnlichen Situation Brand entsprechend dem Sicherheitskonzept in [4]. Damit wird sichergestellt, dass bei Anwendung der unterschiedlichen Naturbrandmodelle für die Brandschutzbemessung von Bauteilen und Tragwerken das erforderliche nationale Sicherheitsniveau erreicht wird.

BB.2 Anwendungsgrenzen

Die nachfolgend beschriebenen Eingangsdaten für die Beschreibung der Brandeinwirkungen bei natürlichen Bränden gelten grundsätzlich für alle vereinfachten und allgemeinen Brandmodelle nach DIN EN 1991-1-2:2010-12, 3.3, in Verbindung mit dem informativen Anhang D sowie nach Anhang AA zu diesem Nationalen Anhang.

BB.3 Brandlastdichte

BB.3.1 Allgemeines

Als wesentliche Eingangsgröße für die Ermittlung der Brandeinwirkungen ist die Brandlastdichte mit ihrem Bemessungswert einzusetzen.

Der Bemessungswert der Brandlastdichte $q_{f,d}$ ist allgemein definiert durch:

$$q_{f,d} = \chi \cdot \gamma_{fi,q} \quad \text{in MJ/m}^2 \quad (\text{BB.1})$$

Dabei ist

- $q_{f,k}$ die charakteristische Brandlastdichte, bezogen auf die Grundfläche A_f des Brandraumes bzw. der Nutzungseinheit in MJ/m^2 ;
- χ die Verbrennungseffektivität; für die im Hochbau mit Büro-, Wohn- und vergleichbaren Nutzungen typischen Mischbrandlasten mit einem überwiegenden Anteil an zellulosehaltigen Materialien darf pauschal $\chi = 0,7$ gesetzt werden;
- $\gamma_{fi,q}$ ein Teilsicherheitsbeiwert, der die Auftretenswahrscheinlichkeit eines vollentwickelten Brandes in der Nutzungseinheit sowie die erforderliche Zuverlässigkeit der Bauteile nach BB.5 berücksichtigt.

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Die Brandlastdichte kann entweder pauschal über eine Brandlastklassifizierung nach der Nutzung (siehe BB.3.2) oder durch Erhebung der einzelnen Brandlasten für ein bestimmtes Projekt (siehe BB.3.3) bestimmt werden.

Wenn die Brandlastdichte über eine Brandlastklassifizierung nach der Nutzung bestimmt wird, dann ist zu unterscheiden zwischen Brandlasten aus der Art der Nutzung (durch die Klassifizierung abgedeckt) und ggf. zusätzlichen Brandlasten aufgrund der Gebäudekonstruktion (Tragelemente, Bekleidungen und Ausrüstung), die nicht in der Klassifizierung enthalten sind.

BB.3.2 Ermittlung der Brandlastdichte durch Klassifizierung nach der Nutzung

Den üblichen Gebäudenutzungen können durchschnittliche Brandlastdichten zugeordnet werden, die auf die Grundfläche A_f des Brandraumes bzw. der Nutzungseinheit bezogen werden.

Als charakteristischer Wert der Brandlastdichte $q_{f,k}$ ist das 90 %-Quantil zu verwenden, das der Tabelle BB.1, Spalte 3, entnommen werden kann.

Tabelle BB.1 — Brandlastdichten (in MJ/m²) für verschiedene Nutzungen

| Zeile | Nutzung | Brandlastdichte MJ/m ² | | |
|-------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------|
| | | Mittelwert | Standardabweichung | 90 %-Quantil |
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Wohngebäude | 780 | 234 | 1 085 |
| 2 | Bürogebäude | 420 | 126 | 584 |
| 3 | Krankenhaus (Zimmer) | 230 | 69 | 320 |
| 4 | Hotel (Zimmer) | 310 | 93 | 431 |
| 5 | Bibliothek, Bücherei | 1 500 | 450 | 2 087 |
| 6 | Schule (Klassenzimmer) | 285 | 85,5 | 397 |
| 7 | Verkaufsstätte, Einkaufszentrum | 600 | 180 | 835 |
| 8 | Versammlungsstätte (Theater, Kino) | 300 | 90 | 417 |
| 9 | Transport (öffentlicher Bereich) | 100 | 30 | 139 |

Die in Tabelle BB.1 angegebenen Brandlastdichten gelten nur für Bereiche, die für die jeweilige Nutzung typisch sind, z. B. Büroräume in Bürogebäuden. Besondere Räume, z. B. Archive oder Lagerräume in Bürogebäuden, sind nach BB.3.3 gesondert zu betrachten.

Brandlasten aufgrund der Gebäudekonstruktion (Tragelemente, Bekleidungen und Beschichtungen) sind nach BB.3.3 getrennt zu ermitteln und zu den Brandlasten nach Tabelle BB.1 zu addieren.

ANMERKUNG 1 Bei Änderungen der Raumnutzung und damit der zu Grunde zu legenden Brandlastdichten ist in der Regel eine neue Beurteilung erforderlich.

ANMERKUNG 2 Die Brandlastdichten in Industriegebäuden hängen stark von der speziellen Nutzung ab, deshalb ist die Angabe von pauschalen Durchschnittswerten nicht sinnvoll. Für die Ermittlung im Einzelfall (analog zu BB.3.3) wird auf die Normenreihe DIN 18230 verwiesen.

BB.3.3 Ermittlung der Brandlastdichte im Einzelfall

BB.3.3.1 Allgemeines

Falls eine Klassifizierung nach der Nutzung nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, müssen die Brandlasten für das spezielle Objekt unter Berücksichtigung der Nutzung erfasst werden.

Bei der Erfassung der Brandlasten und ihrer lokalen Anordnung sind die geplante Funktion, Möblierung und Installation sowie mögliche Veränderungen im Laufe der Zeit durch ungünstige Entwicklungen oder andere Nutzungen zu berücksichtigen.

Falls möglich, sollte die Brandlasterhebung an einem vergleichbaren bestehenden Projekt so durchgeführt werden, dass lediglich die Unterschiede zu dem bestehenden Projekt vom Auftraggeber anzugeben sind. Nach Inbetriebnahme sind die Brandlastannahmen zu überprüfen. Dies gilt auch nach Nutzungsänderungen.

Zusätzlich zu den Brandlasten aus der Nutzung sind auch brennbare Stoffe der Gebäudekonstruktion (Trag-elemente, Bekleidungen und Beschichtungen, Wärmedämmung) zu erfassen.

Der Bemessungswert der Brandlastdichte $q_{f,d}$ ist definiert durch:

$$q_{f,d} = \frac{\sum M_{k,i} \cdot H_{ui} \cdot \chi_i \cdot \psi_i}{A_f} \cdot \gamma_{fi,q} \geq q_{f,d,min} \quad \text{in MJ/m}^2 \quad (\text{BB.2})$$

Dabei ist

- $M_{k,i}$ die Menge des brennbaren Stoffes in kg;
- H_{ui} die Netto-Verbrennungswärme in MJ/kg, siehe BB.3.3.3;
- χ_i die Verbrennungseffektivität;
- ψ_i ein Beiwert zur Berücksichtigung geschützter Brandlasten, siehe BB.3.3.2;
- A_f die Grundfläche des Brandraumes bzw. der Nutzungseinheit in m^2 ;
- $q_{f,d,min}$ der Mindestwert der Brandlastdichte in MJ/m^2 .

Ständige Brandlasten, von denen angenommen wird, dass sie sich während der Nutzungsdauer des Gebäudes nicht ändern, sollten mit den erwarteten Größen erfasst werden.

Veränderliche Brandlasten, von denen angenommen wird, dass sie sich während der Nutzungsdauer ändern, sollten durch Größen berücksichtigt werden, die während 90 % der Nutzungsdauer nicht überschritten werden (90 %-Quantil).

Das unterschiedliche Abbrandverhalten der brennbaren Stoffe in Abhängigkeit von ihrer Art und Anordnung wird vereinfacht mit der Verbrennungseffektivität χ_i berücksichtigt. Für die im Hochbau mit Büro-, Wohn- und vergleichbaren Nutzungen typischen Mischbrandlasten mit einem überwiegenden Anteil an zellulosehaltigen Materialien darf pauschal $\chi = 0,7$ gesetzt werden. In allen anderen Fällen ist auf der sicheren Seite liegend für Feststoffe $\chi = 0,8$ und für Flüssigkeiten und Gase $\chi = 1,0$ anzunehmen. Für häufig vorkommende Feststoffe, Flüssigkeiten und Gase kann die Verbrennungseffektivität χ_i z. B. [4] entnommen werden.

Bei sehr geringer rechnerischer Brandlastdichte ist unter Berücksichtigung von unvorhergesehenen Brandlasten ein Mindestbemessungswert $q_{f,d,min} = 50 \text{ MJ/m}^2$ anzunehmen.

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12**BB.3.3.2 Geschützte Brandlasten**

Brandlasten in Einhausungen, die so bemessen sind, dass ihre Integrität beim Brand erhalten bleibt, brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Brandlasten in nichtbrennbaren Einhausungen ohne besondere Brandbemessung, die bei einem Brand erfahrungsgemäß erhalten bleiben, dürfen wie folgt berücksichtigt werden:

Die größte Brandlast, jedoch mindestens 10 % der geschützten Brandlast, wird mit $\psi_f = 1,0$ berücksichtigt.

Wenn diese Brandlast zuzüglich der ungeschützten Brandlast nicht ausreicht, um die restliche geschützte Brandlast über die Zündtemperatur zu erwärmen, dann darf die restliche geschützte Brandlast mit $\psi_f = 0,0$ berücksichtigt werden. In allen anderen Fällen ist der Wert ψ_f einzeln zu ermitteln.

BB.3.3.3 Netto-Verbrennungswärme

Die Netto-Verbrennungswärme sollte nach DIN EN ISO 1716 ermittelt werden.

Der Feuchtegehalt von Materialien darf wie folgt berücksichtigt werden.

$$H_u = H_{u0} (1 - 0,01 u) - 0,025 u \quad \text{in MJ/kg} \quad (\text{BB.3})$$

Dabei ist

u der Feuchtegehalt in % (Massenanteil), bezogen auf das Trockengewicht;

H_{u0} die Netto-Verbrennungswärme der trockenen Materialien.

Die Netto-Verbrennungswärme kann für häufig vorkommende Feststoffe, Flüssigkeiten und Gase DIN 18230-3 entnommen werden, wobei 1 kWh = 3,6 MJ entspricht.

BB.4 Wärmefreisetzungsrates

Der charakteristische Wert der Wärmefreisetzungsrates \dot{Q}_k in der Phase der Brandentwicklung und –ausbreitung darf mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$\dot{Q}_k = (t / t_\alpha)^2 \quad (\text{BB.4})$$

Dabei ist

t die Zeit nach der Brandentstehung in s;

t_α die Zeit, die erforderlich ist, bis eine Wärmefreisetzungsrates von 1 MW erreicht wird, in s.

Der Parameter t_α für verschiedene Nutzungen kann aus Tabelle BB.2 entnommen werden. Dabei handelt es sich um charakteristische Werte, die etwa einem 90 %-Quantil der statistischen Verteilung entsprechen.

Bei einer extrem schnellen Brandausbreitung ist $t_\alpha = 75$ s anzunehmen.

Tabelle BB.2 — Parameter t_α für die Brandentwicklungsphase und maximale flächenbezogene Wärmefreisetzungsrate RHR_f für die stationäre Phase bei verschiedenen Nutzungen (charakteristische Werte)

| Zeile | Nutzung | Brandausbreitung | t_α s | RHR_f MW/m ² |
|-------|------------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Wohngebäude | mittel | 300 | 0,25 |
| 2 | Bürogebäude | mittel | 300 | 0,25 |
| 3 | Krankenhaus (Zimmer) | mittel | 300 | 0,25 |
| 4 | Hotel (Zimmer) | mittel | 300 | 0,25 |
| 5 | Bibliothek, Bücherei | mittel | 450 | 0,25 bis 0,50 |
| 6 | Schule (Klassenzimmer) | mittel | 300 | 0,15 |
| 7 | Verkaufsstätte, Einkaufszentrum | schnell | 150 | 0,25 |
| 8 | Versammlungsstätte (Theater, Kino) | schnell | 150 | 0,50 |
| 9 | Transport (öffentlicher Bereich) | langsam | 600 | 0,25 |

Die Wärmefreisetzungsrate wird durch ein horizontales Plateau begrenzt, das der stationären Phase des vollentwickelten Brandes entspricht, mit dem charakteristischen Wert $\dot{Q}_{\max,k}$.

Für brandlastgesteuerte Brände kann der charakteristische Wert der maximalen Wärmefreisetzungsrate mit Gleichung (BB.5) bestimmt werden:

$$\dot{Q}_{\max,f,k} = RHR_f \cdot A_f \quad \text{in MW} \quad (\text{BB.5})$$

Dabei ist

RHR_f der charakteristische Wert der flächenbezogenen Wärmefreisetzungsrate nach Tabelle BB.2 in MW/m²; RHR_f ist die maximale Wärmefreisetzungsrate, die auf 1 m² bei einem brandlast-gesteuerten Brand erreicht wird;

A_f die maximale Brandfläche, in der Regel die Grundfläche des Brandraumes in m².

Für ventilationsgesteuerte Brände in Räumen bis 400 m² Grundfläche kann die maximale Wärmefreisetzungsrate im Brandraum vereinfacht nach Gleichung (BB.6) bestimmt werden:

$$\dot{Q}_{\max,v,k} = 0,1 \cdot \chi \cdot H_U \cdot A_W \cdot \sqrt{h_W} \quad \text{in MW} \quad (\text{BB.6})$$

Dabei ist

A_W die Fläche der Ventilationsöffnungen in m²;

h_W die gemittelte lichte Höhe der Ventilationsöffnungen in m;

H_U die Netto-Verbrennungswärme der maßgebenden Brandlast in MJ/kg; im Hochbau darf in der Regel der Wert für Holz $H_U = 17,3$ MJ/kg verwendet werden;

χ die Verbrennungseffektivität; im Hochbau darf für typische Mischbrandlasten pauschal mit $\chi = 0,7$ angenommen werden, ansonsten siehe z. B. [4].

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

ANMERKUNG Für Räume mit mehr als 400 m² Grundfläche liegt die Wärmefreisetzungsrate nach Gleichung (BB.6) zunehmend auf der sicheren Seite. In diesem Fall wird die Verwendung eines erweiterten Brandmodells nach Anhang D empfohlen. Bei Beachtung der Anwendungsgrenzen (Durchmesser der Brandfläche < 10 m, Wärmefreisetzungsrate < 50 MW) darf die thermische Einwirkung ggf. für einen lokalen Brand nach Anhang C ermittelt werden.

Die maximale Wärmefreisetzungsrate ist der kleinere der beiden Maximalwerte des ventilationsgesteuerten und des brandlastgesteuerten Brandes:

$$\dot{Q}_{\max,k} = \min\{\dot{Q}_{\max,f,k}; \dot{Q}_{\max,v,k}\} \quad (\text{BB.7})$$

Der Bemessungswert der maximalen Wärmefreisetzungsrate ergibt sich nach Gleichung (BB.8)

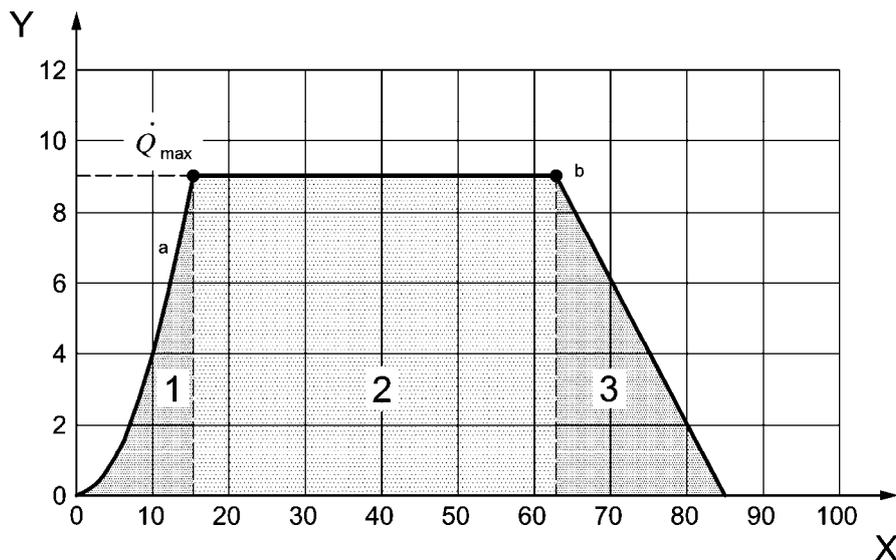
$$\dot{Q}_{\max,d} = \dot{Q}_{\max,k} \cdot \gamma_{fi,Q} \quad (\text{BB.8})$$

Dabei ist

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

Das horizontale Plateau der Wärmefreisetzungsrate endet, wenn 70 % der gesamten Brandlast aufgebraucht sind. Für die anschließende Abklingphase darf vereinfacht ein linearer Verlauf angenommen werden.

Der gesamte Zeitverlauf der Wärmefreisetzungsrate ist schematisch in Bild BB.1 dargestellt.

**Legende**

- 1 Entwicklungsphase
- 2 stationäre Phase
- 3 Abklingphase
- a t^2 -Anstieg
- b 70 % der Brandlast verbrannt
- X Zeit in min
- Y Wärmefreisetzungsrate

Bild BB.1 — Zeitverlauf der Wärmefreisetzungsrate mit Entwicklungsphase, stationärer Phase (Vollbrand) und Abklingphase

BB.5 Sicherheitskonzept

BB.5.1 Auftretenswahrscheinlichkeit eines Brandes

Die erforderliche Zuverlässigkeit von tragenden und/oder raumabschließenden Bauteilen eines Gebäudes im Brandfall hängt von der Auftretenswahrscheinlichkeit eines Schadenfeuers in einer Nutzungseinheit eines Gebäudes und den mit dem brandbedingten Versagen der Bauteile verbundenen Schadensfolgen ab.

Die Auftretenswahrscheinlichkeit p_{fi} eines Schadenfeuers in einer brandschutztechnisch wirksam abgetrennten Nutzungseinheit mit der Grundfläche A_f in einem Bezugszeitraum von 1 Jahr kann mit Gleichung (BB.9) ermittelt werden:

$$p_{fi} = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \quad (\text{BB.9})$$

Dabei ist

- p_1 die jährliche Auftretenswahrscheinlichkeit eines Entstehungsbrandes in der Nutzungseinheit in a^{-1} ;
- p_2 die Ausfallwahrscheinlichkeit der manuellen Brandbekämpfung;
- p_3 die Ausfallwahrscheinlichkeit der Brandbekämpfung durch eine automatische Löschanlage im Anforderungsfall.

Die jährliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_1 von mindestens einem Entstehungsbrand in der Nutzungseinheit kann nach Gleichung (BB.10) unter Berücksichtigung der meist unterproportional mit der Grundfläche A_f wachsenden Brandentstehungshäufigkeit bestimmt werden:

$$p_1 = 1 - \exp(-a \cdot A_f^b) \approx a \cdot A_f^b \quad (\text{BB.10})$$

Dabei ist

- A_f die Grundfläche der brandschutztechnisch abgetrennten Nutzungseinheit in m^2 ;
- a der Basiswert der bezogenen Brandentstehungshäufigkeit je Quadratmeter in $(m^2 \cdot a)^{-1}$;
- b der von der Nutzung und der Unterteilung der Nutzungseinheit (Raumzellen) abhängige Exponent.

Zahlenwerte für a und b sind in Tabelle BB.3 für verschiedene Nutzungen angegeben.

Vereinfachend darf die durchschnittliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_1 von mindestens einem Entstehungsbrand je Jahr in einer Nutzungseinheit aus Tabelle BB.3, letzte Spalte entnommen werden. Diese Werte gelten für durchschnittliche Grundflächen A_f entsprechend genutzter Bereiche.

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Tabelle BB.3 — Auftretenswahrscheinlichkeit p_1 von mindestens einem Entstehungsbrand je Nutzungseinheit und Jahr in Abhängigkeit von der Nutzung

| Zeile | Nutzung | Auftretenswahrscheinlichkeit je Nutzungseinheit und Jahr | | |
|-------|---|--|-------------|------------------|
| | | $p_1 \approx a \cdot A^b$ | | p_1 |
| | | a $1/(m^2 \cdot a)$ | b | $1/a$ |
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Wohngebäude | 4,8E-5 | 0,9 | 3,0E-3 |
| 2 | Bürogebäude | 5,9E-5 | 0,9 | 6,2E-3 |
| 3 | Krankenhaus, Pflegeheim | 7,0E-4 | 0,75 | 3,0E-1 |
| 4 | Hotel, Beherbergungsstätte | 8,0E-5 | 1,0 | 3,7E-2 |
| 5 | Schule, Bildungseinrichtung | 2,0E-4 | 0,75 | 4,0E-2 |
| 6 | Verkaufsstätte, Geschäftshaus | 6,6E-5 | 1,0 | 8,4E-3 |
| 7 | öffentliche Versammlungsstätte (Theater, Kino) sonstige Versammlungsstätte (z. B. Diskothek) | 9,7E-5 | 0,75 1,0 | 2,0E-2 1,2E-1 |

Die Ausfallwahrscheinlichkeit p_2 der manuellen Brandbekämpfung berücksichtigt sowohl die Selbsthilfemaßnahmen der Nutzer als auch die Löscharbeiten der Feuerwehr:

$$p_2 = p_{2,1} \cdot p_{2,2} \quad (\text{BB.11})$$

Die Ausfallwahrscheinlichkeit der manuellen Brandbekämpfung durch die Nutzer darf im Allgemeinen mit $p_{2,1} = 0,5$ angenommen werden.

Die Ausfallwahrscheinlichkeit von Löscharbeiten der Feuerwehr hängt einerseits von der Vornahmezeit (= Alarmierungszeit + Hilfsfrist) und der Stärke der Feuerwehr und andererseits von der Brandausbreitung bis zum Beginn der Löscharbeiten ab. Bei einer öffentlichen Feuerwehr mit einer durchschnittlichen Vornahmezeit von bis zu 15 min kann pauschal mit $p_{2,2} = 0,2$ gerechnet werden. Bei einer Betriebs- oder Werkfeuerwehr kann $p_{2,2}$ aufgrund der kürzeren Vornahmezeit und einer auf das spezielle Objekt ausgerichteten Stärke und Ausstattung ggf. deutlich geringer sein.

Zahlenwerte $p_{2,2}$ für die Brandbekämpfung durch eine öffentliche Feuerwehr bzw. Betriebsfeuerwehr können der Tabelle BB.4 entnommen werden. Zwischen den angegebenen Vornahmezeiten darf linear interpoliert werden.

Die Ausfallwahrscheinlichkeit p_3 der Brandbekämpfung mittels einer automatischen Löschanlage hängt von der Art und Auslegung und dem Zeitpunkt der Auslösung der Löschanlage ab.

Zahlenwerte p_3 für die Ausfallwahrscheinlichkeit verschiedener Löschanlagen können der Tabelle BB.4 entnommen werden.

Tabelle BB.4 — Ausfallwahrscheinlichkeit $p_{2,2}$ bzw. p_3 der Brandbekämpfung bei Anforderung

| Zeile | Brandbekämpfung durch | Ausfallwahrscheinlichkeit bei Anforderung | |
|-------|---|---|-------|
| | | $p_{2,2}$ | p_3 |
| | | 1 | 2 |
| 1 | öffentliche Feuerwehr mit Vornahmezeit | | |
| 1a | < 15 min | 0,2 | |
| 1b | > 20 min | 0,5 | |
| 2 | Betriebsfeuerwehr mit Vornahmezeit ^a | | |
| 2a | < 10 min (vier Staffeln) | 0,02 | |
| 2b | < 10 min (zwei Staffeln) | 0,05 | |
| 3 | Automatische Löschanlage | | |
| 3a | Sprinkleranlage nach VdS/CEA Standard | | 0,02 |
| 3b | in anderen Fällen | | 0,05 |
| 3c | Sonstige Wasserlöschanlage | | 0,1 |
| 3d | Gaslöschanlage | | 0,1 |

^a Automatische Brandmeldung und Alarmierung werden vorausgesetzt.

BB.5.2 Erforderliche Zuverlässigkeit im Brandfall

Aus der für alle Lastfälle geltenden zulässigen Versagenswahrscheinlichkeit p_f von Bauteilen und der jährlichen Auftretenswahrscheinlichkeit p_{fi} von mindestens einem Schadenfeuer in der betreffenden Nutzungseinheit nach Gleichung (BB.10) darf eine zulässige bedingte Versagenswahrscheinlichkeit $p_{f,fi}$ im Brandfall bzw. der damit verknüpfte Zuverlässigkeitsindex β_{fi} wie folgt ermittelt werden:

$$p_f = \Phi(-\beta) \quad (\text{BB.12})$$

$$p_{f,fi} = \frac{p_f}{p_{fi}} \quad (\text{BB.13})$$

$$\beta_{fi} = -\Phi^{-1}(p_{f,fi}) \quad (\text{BB.14})$$

Dabei ist $\Phi(\)$ die Funktion der Standard-Normalverteilung und Φ^{-1} deren Umkehrfunktion.

Werte für p_f in Gleichung (BB.13) bzw. für den Zuverlässigkeitsindex β nach Gleichung (BB.12) können in Abhängigkeit von der der Nutzung und den Schadensfolgen bei einem Bauteilversagen aus Tabelle BB.5 entnommen werden. Wenn keine näheren Angaben vorliegen, sind die Werte für mittlere Schadensfolgen zu verwenden.

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Tabelle BB.5 — Richtwerte für den Zuverlässigkeitsindex β und die zugehörige Versagenswahrscheinlichkeit p_f (Bezugszeitraum 1 Jahr) bei verschiedenen Nutzungen

| Zeile | Nutzung | Schadensfolgen | | | | | |
|-------|---|----------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | hoch | | mittel | | gering | |
| | | β | p_f | β | p_f | β | p_f |
| | | 1a | 1b | 2a | 2b | 3a | 3b |
| 1 | Wohngebäude, Bürogebäude und vergleichbare Nutzungen Gebäudeklassen nach MBO | 4,7 | 1,3E-6 | 4,2 | 1,3E-5 | 3,7 | 1,1E-4 |
| | | | | | 4 + 5 | | 2 + 3 |
| 2 | Krankenhaus, Pflegeheim | | | | | | |
| 3 | Beherbergungsstätte, Hotel | | | | | | |
| 4 | Schule | | | | | | |
| 5 | Verkaufsstätte | 5,2 | 1,0E-7 | 4,7 | 1,3E-6 | 4,2 | 1,3E-5 |
| 6 | Versammlungsstätte | | | | | | |
| 7 | Hochhaus | | | | | | |
| 8 | Landwirtschaftlich genutzte Gebäude | — | — | 4,2 | 1,3E-5 | 3,7 | 1,1E-4 |

BB.5.3 Teilsicherheitsbeiwerte γ_{fi} für die Einflussgrößen der Brandeinwirkung

Mit der bedingten Versagenswahrscheinlichkeit im Brandfall $p_{f,fi}$ nach Gleichung (BB.13) bzw. dem zugehörigen Zuverlässigkeitsindex β_{fi} nach Gleichung (BB.14) können die Bemessungswerte für die maßgebenden Einflussgrößen der Brandeinwirkung, die Brandlastdichte q und die Wärmefreisetzungsrate \dot{Q} , definiert werden.

ANMERKUNG Die Brandlastdichte nach BB.2 bzw. BB.3 bestimmt maßgeblich die Dauer des Brandes und damit auch die mit der Branddauer zunehmende Brandraumtemperatur. In der frühen Phase des Brandes hat die Wärmefreisetzungsrate nach BB.4 die maßgebende Einflussgröße.

Der Bemessungswert der Brandlastdichte ergibt sich nach Gleichung (BB.1) aus dem charakteristischen Wert $q_{f,k}$ (90 %-Quantil) und einem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{fi,q}$.

Bei Ermittlung der Brandlastdichte durch Klassifizierung der Nutzung nach BB.3.2 ergibt sich der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{fi,q}$ in Abhängigkeit vom erforderlichen Zuverlässigkeitsindex β_{fi} aus Gleichung (BB.15):

$$\gamma_{fi} = \frac{1 - V \cdot 0,78 \cdot [0,577 \cdot 2 + \ln(-\ln(\Phi(\alpha \cdot \beta_{fi})))]}{1 - V \cdot 0,78 \cdot [0,577 \cdot 2 + \ln(-\ln(0,9))]} \quad (\text{BB.15})$$

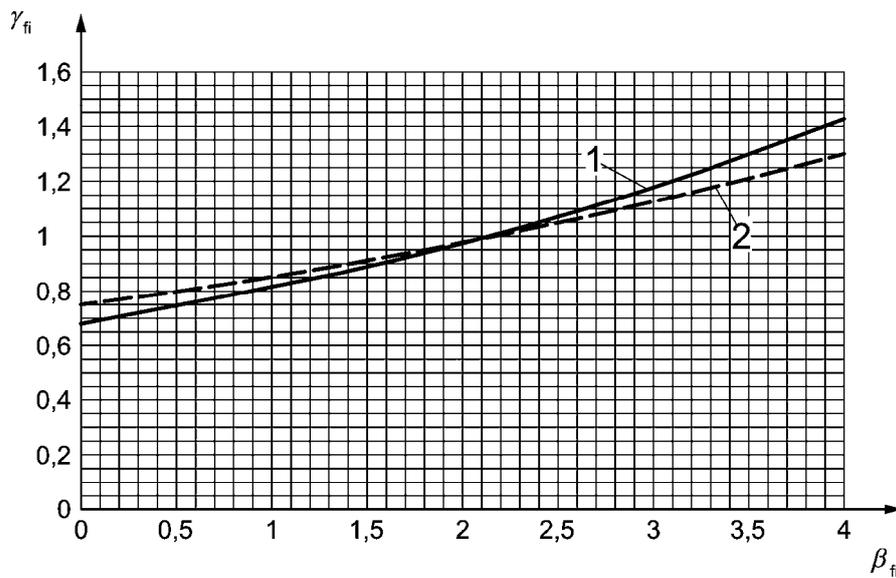
Dabei ist $\Phi(\)$ die Funktion der Standard-Normalverteilung. Für V ist der Variationskoeffizient der Brandlastdichte mit $V_q = 0,3$ einzusetzen, der Sensitivitätsfaktor α (als Maß für den Streuungseinfluss) wird zu $\alpha = 0,6$ angenommen.

Der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{fi,q}$ darf auch aus Bild BB.2, Kurve 1, entnommen werden.

Bei Ermittlung der Brandlastdichte im Einzelfall nach BB.3.3 ergibt sich der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{fi,q}$ aus Gleichung (BB.15), indem für V der reduzierte Variationskoeffizient $V_q = 0,2$ eingesetzt und der Sensitivitätsfaktor $\alpha = 0,6$ beibehalten wird. Der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{fi,q}$ darf auch aus Bild BB.2, Kurve 2 abgelesen werden.

Der Teilsicherheitsbeiwert für die Wärmefreisetzungsrate \dot{Q} nach BB.4 ergibt sich aus der Gleichung (BB.15) mit dem Variationskoeffizient $V_{\dot{Q}} = 0,2$ und dem Sensitivitätsfaktor $\alpha = 0,6$. Er entspricht damit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{fi,q}$ bei Ermittlung der Brandlastdichte im Einzelfall nach BB.3.3.

Der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{fi,\dot{Q}}$ darf auch aus Bild BB.2, Kurve 2, abgelesen werden.



| $p_{f,fi}$ | β_{fi} |
|------------|--------------|
| 5,0E-01 | 0,00 |
| 4,0E-01 | 0,25 |
| 3,1E-01 | 0,50 |
| 2,3E-01 | 0,75 |
| 1,6E-01 | 1,00 |
| 1,1E-01 | 1,25 |
| 6,7E-02 | 1,50 |
| 4,0E-02 | 1,75 |
| 2,3E-02 | 2,00 |
| 1,2E-02 | 2,25 |
| 6,2E-03 | 2,50 |
| 3,0E-03 | 2,75 |
| 1,3E-03 | 3,00 |
| 5,8E-04 | 3,25 |
| 2,3E-04 | 3,50 |
| 8,8E-05 | 3,75 |
| 3,2E-05 | 4,00 |

Legende

- 1 Brandlastdichte nach BB.3.2
- 2 Wärmefreisetzungsrate nach BB.4 und Brandlastdichte nach BB.3.3

Bild BB.2 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Einflussgrößen eines Naturbrandes bezogen auf die definierten charakteristischen Werte (90 %-Quantil)

Anhang CC
(informativ)**Prüfung und Validierung von Rechenprogramm für
Brandschutznachweise mittels allgemeiner Rechenverfahren****CC.1 Allgemeines**

Die physikalischen, mathematischen und mechanischen Rechengrundlagen von Rechenprogrammen für Brandschutznachweise mit allgemeinen Rechenverfahren sollten im Hinblick auf die thermische Analyse, Querschnittsanalyse und Systemanalyse validiert sein. Ziel dieses Anhangs CC ist es, die Anwendbarkeit der Programme für eine ingenieurmäßige brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen und Tragwerken anhand einer hinreichenden Anzahl von Validierungsbeispielen zu überprüfen und damit auch die Anwendbarkeit der Rechenprogramme auf reale Tragwerke zu bewerten.

Es werden die einzelnen Schritte der Nachweisführung nacheinander anhand eindeutiger Beurteilungskriterien validiert. Dazu wird mit Hilfe einer Prüfmatrix parameterabhängig die Rechengenauigkeit des verwendeten Programms für das betreffende Beurteilungskriterium überprüft. In der Prüfmatrix sind für das jeweilige Beispiel zum Vergleich entweder existierende analytische Lösungen oder Ergebnisse von Berechnungen anerkannter Programme aufgeführt. Damit sind die mit dem zu prüfenden Rechenprogramm erzielten Ergebnisse zu vergleichen. Die Abweichungen sollten innerhalb zulässiger Toleranzen liegen.

Wenn nicht bei allen Beurteilungskriterien die zulässigen Toleranzen eingehalten werden, ist auch eine Einschränkung des Anwendungsbereichs der Programme möglich. Beispielsweise sind Programme, die das Systemverhalten (Auflagerbedingungen, Belastung) nicht hinreichend genau erfassen, nicht für die brandschutztechnische Bemessung von statisch unbestimmten und/oder stabilitätsgefährdeten Systemen geeignet. Die Programme können aber durchaus für die brandschutztechnische Bemessung von statisch bestimmten Biegebauteilen eingesetzt werden.

Die Beispielsammlung wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens [6] erarbeitet und an die aktuellen Fassungen der Eurocode-Brandschutzteile (DIN EN 1991-1-2 bis DIN EN 1996-1-2) angepasst. Abweichungen von den aktuellen DIN-EN-Normen sind in den Beispielen vermerkt.

CC.2 Anwendungsgrenzen

Dieser Anhang CC gilt für die Überprüfung von Rechenprogrammen auf der Grundlage der allgemeinen Rechenverfahren, die in den baustoffbezogenen Eurocode-Brandschutzteilen (DIN EN 1992-1-2 bis DIN EN 1996-1-2 sowie DIN EN 1999-1-2) beschrieben sind.

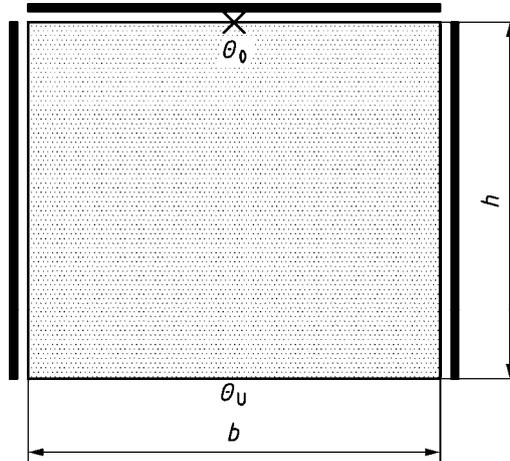
CC.3 Anwendung und Dokumentation

Vom Ersteller eines Rechenprogramms zur Durchführung von Nachweisen nach den allgemeinen Rechenverfahren sollten vor der Anwendung des Programms für bauordnungsrechtlich relevante Brandschutznachweise die Validierungsbeispiele eigenständig berechnet werden. Dabei sollten die Eingangsdaten und Rechenannahmen entsprechend der Programmbeschreibung unverändert verwendet werden.

Über die durchgeführten Berechnungen und die erzielten Ergebnisse sollte eine Dokumentation unter Verwendung der in der Beispielsammlung enthaltenen tabellarischen Übersichten angefertigt werden. Die Abweichungen von den Ergebnissen der Muster-Berechnungen sollten innerhalb der angegebenen Toleranzen liegen.

CC.4 Validierungsbeispiele

CC.4.1 Beispiel 1



Legende

— adiabatischer Rand

Bild CC.1 — Wärmeübertragung (Abkühlprozess)

Tabelle CC.1 — Materialeigenschaften und Randbedingungen

| Material | | fiktiver Wert |
|---|------------------------|---------------|
| Wärmeleitfähigkeit λ | W/(m · K) | 1 |
| Spezifische Wärme c_p | J/(kg · K) | 1 |
| Rohdichte ρ | kg/m ³ | 1 000 |
| Randbedingungen | | |
| Abmessungen h, b | m | 1 |
| Wärmeübergangskoeffizient α_c | W/(m ² · K) | 1 |
| Emissivität $\varepsilon_{res} = \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f$ | — | 0 |
| Anfangsbedingungen | | |
| Umgebungstemperatur θ_U | °C | 0 |
| Temperatur im Querschnitt | °C | 1 000 |
| Referenzgröße | | |
| Temperatur θ_O im Punkt X | °C | |

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Tabelle CC.2 — Referenz- und berechnete Größen für die Wärmeübertragung (Abkühlung)

| Zeit s | Referenzgröße Θ_0 Temperatur °C | berechnete Größe Θ'_0 Temperatur °C | Abweichung $(\Theta'_0 - \Theta_0) / \Theta_0 \cdot 100$ % $(\Theta'_0 - \Theta_0)$ K | Grenz- abweichung | Bemerkung |
|-----------|---|---|---|-------------------------|-----------|
| 0 | 1 000 | | | ± 1 % und ± 5,0 K | |
| 60 | 999,3 | | | | |
| 300 | 891,8 | | | | |
| 600 | 717,7 | | | | |
| 900 | 574,9 | | | | |
| 1 200 | 460,4 | | | | |
| 1 500 | 368,7 | | | | |
| 1 800 | 295,3 | | | | |

Programme, deren berechnete Werte von den Referenzgrößen um mehr als die in Tabelle CC.2 vorgegebene Grenzabweichung (es gilt jeweils der kleinere Wert) abweichen, sind für die thermische Analyse von Bauteilen auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

Solche Programme können durchaus für einen eingeschränkten Bereich der thermischen Analyse von Bauteilen (z. B. für bestimmte Baustoffe) angewendet werden, wenn ihre Eignung in diesem eingeschränkten Bereich auf Basis des Beispiels 1 nachgewiesen wird.

CC.4.2 Beispiel 2

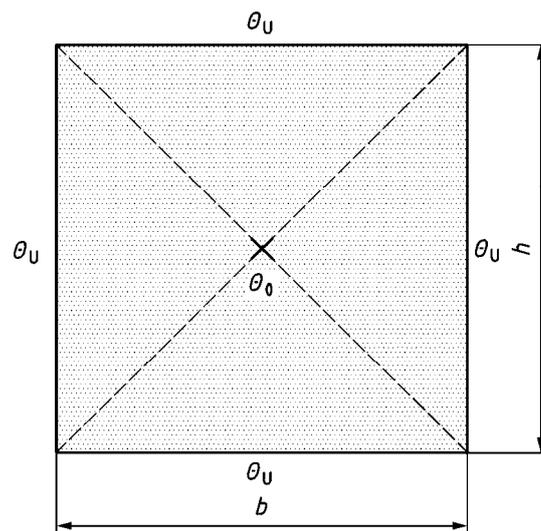


Bild CC.2 — Wärmeübertragung (Erwärmungsprozess)

Tabelle CC.3 — Materialeigenschaften und Randbedingungen

| Material | | fiktiver Wert | |
|--|------------------------|---------------|-------------------|
| Wärmeleitfähigkeit λ (linearer Verlauf) | W/(m · K) | Θ | $\lambda(\Theta)$ |
| | | 0 | 1,5 |
| | | 200 | 0,7 |
| | | 1 000 | 0,5 |
| Spezifische Wärme c_p | J/(kg · K) | 1 000 | |
| Rohdichte ρ | kg/m ³ | 2 400 | |
| Randbedingungen | | | |
| Abmessungen h, b | m | 0,2 | |
| Wärmeübergangskoeffizient α_c | W/(m ² · K) | 10 | |
| Emissivität $\varepsilon_{\text{res}} = \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f$ | — | 0,8 | |
| Anfangsbedingungen | | | |
| Umgebungstemperatur Θ_U | °C | 1 000 | |
| Temperatur im Querschnitt | °C | 0 | |
| Referenzgröße | | | |
| Temperatur Θ_O im Punkt X | °C | | |

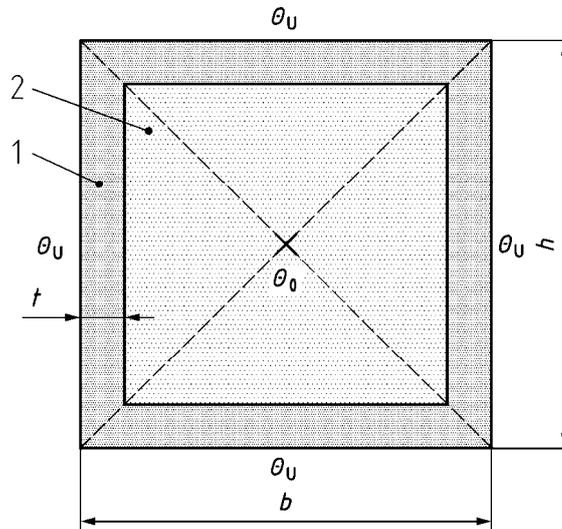
Tabelle CC.4 — Referenz- und berechnete Größen für die Wärmeübertragung (Erwärmungsprozess)

| Zeit | Referenzgröße Θ_0 Temperatur | berechnete Größe Θ'_0 Temperatur | Abweichung $(\Theta'_0 - \Theta_0)/\Theta_0 \cdot 100$ % $(\Theta'_0 - \Theta_0)$ K | Grenz- abweichung | Bemerkung |
|------|---|---|---|----------------------------------|-----------|
| min | °C | °C | K | | |
| 30 | 36,9 | | | für $t \leq 60$ min ± 5 K | |
| 60 | 137,4 | | | | |
| 90 | 244,6 | | | | |
| 120 | 361,1 | | | für $t > 60$ min ± 3 % | |
| 150 | 466,2 | | | | |
| 180 | 554,8 | | | | |

Programme, deren berechnete Werte von den Referenzgrößen um mehr als die in Tabelle CC.4 vorgegebene Grenzabweichung abweichen, sind für die thermische Analyse von Bauteilen als nicht geeignet anzusehen.

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

CC.4.3 Beispiel 3



Legende

- 1 Stahl
2 Füllung

Bild CC.3 — Wärmedurchgang bei mehreren Schichten (Stahlhohlquerschnitt mit Füllung)

Tabelle CC.5 — Materialeigenschaften und Randbedingungen

| Material | | Stahl | Füllung |
|---|------------------------|-------------------|---------------|
| Wärmeleitfähigkeit λ | W/(m · K) | DIN EN 1993-1-2 | 0,05 |
| Spezifische Wärme c_p | J/(kg · K) | DIN EN 1993-1-2 | 1 000 |
| Rohdichte ρ | kg/m ³ | DIN EN 1993-1-2 | 50 |
| Randbedingungen | | | |
| Abmessungen h, b, t | m | $h = b = 0,201$; | $t = 0,000 5$ |
| Wärmeübergangskoeffizient α_c | W/(m ² · K) | 10 | |
| Emissivität $\varepsilon_{res} = \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f$ | — | 0,8 | |
| Anfangsbedingungen | | | |
| Umgebungstemperatur θ_U | °C | 1 000 | |
| Temperatur im Querschnitt | °C | 0 | 0 |
| Referenzgröße | | | |
| Temperatur θ_0 im Punkt X | °C | | |

Tabelle CC.6 — Referenz- und berechnete Größen für den Wärmedurchgang bei mehreren Schichten

| Zeit | Referenzgröße Θ_0 Temperatur °C | berechnete Größe Θ'_0 Temperatur °C | Abweichung $(\Theta'_0 - \Theta_0)/\Theta_0 \cdot 100$ % $(\Theta'_0 - \Theta_0)$ K | Grenz- abweichung | Bemerkung |
|------|---|---|---|-----------------------|-----------|
| min | °C | °C | K | | |
| 30 | 340,5 | | | ± 1 % und ± 5 K | |
| 60 | 717,1 | | | | |
| 90 | 881,6 | | | | |
| 120 | 950,6 | | | | |
| 150 | 979,3 | | | | |
| 180 | 991,7 | | | | |

Programme, deren berechnete Werte von den Referenzgrößen um mehr als die in Tabelle CC.6 vorgegebene Grenzabweichung (es gilt jeweils der kleinere Wert) abweichen, sind für die thermische Analyse von (bekleideten) Bauteilen aus mehreren Materialschichten auf Grundlage des Eurocodes nicht geeignet.

CC.4.4 Beispiel 4

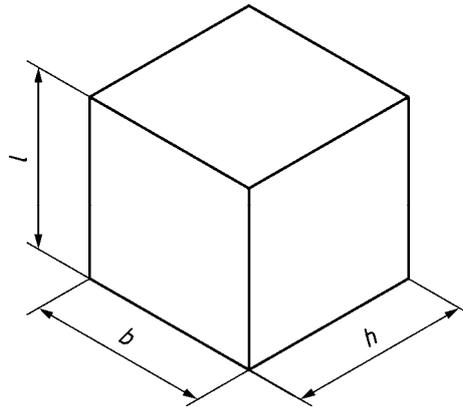


Bild CC.4 — Bauteil (statisch bestimmt gelagert)

Tabelle CC.7 — Materialeigenschaften und Randbedingungen

| Randbedingungen | | Baustahl |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Abmessungen l, h, b | mm | 100 |
| Spannungs-Dehnungs-Linien | | DIN EN 1993-1-2 |
| Festigkeit $f_{yk(20^\circ\text{C})}$ | N/mm ² | 355 |
| Anfangsbedingungen | °C | 20 |
| Homogene Bauteiltemperatur Θ | °C | 100 300 500 600 700 900 |
| Thermische Dehnung | — | DIN EN 1993-1-2 |
| Referenzgröße | | |
| Thermische Verlängerung Δl | mm | |

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Tabelle CC.8 — Referenz- und berechnete Größen für die thermische Verlängerung von Baustahl

| Θ | Referenzgröße Δl | berechnete Größe $\Delta l'$ | Abweichung $(\Delta l' - \Delta l)/\Delta l \cdot 100$ % $(\Delta l' - \Delta l)$ | Grenz- abweichung | Bemer- kung |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|--|----------------|
| $^{\circ}\text{C}$ | mm | mm | mm | | |
| 100 | 0,099 84 | | | für $\Theta \leq 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\pm 0,05 \text{ mm}$ für $\Theta > 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\pm 1 \%$ | |
| 300 | 0,371 84 | | | | |
| 500 | 0,675 84 | | | | |
| 600 | 0,839 84 | | | | |
| 700 | 1,011 84 | | | | |
| 900 | 1,180 00 | | | | |

Programme, deren berechnete Werte von den Referenzgrößen um mehr als die in Tabelle CC.8 vorgegebene Grenzabweichung abweichen, sind für die mechanische Analyse von Bauteilen auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

CC.4.5 Beispiel 5

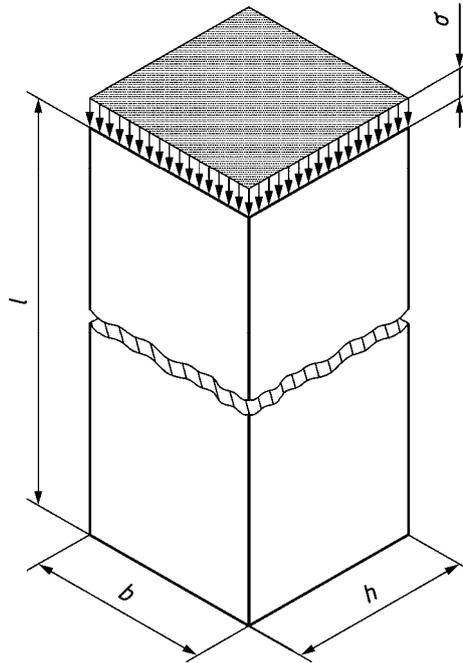


Bild CC.5 — Bauteil (Lagerung Eulerfall 2, die Lagerbedingungen sind so festzulegen, dass Stabilitätsversagen auszuschließen ist)

Tabelle CC.9 — Materialeigenschaften und Randbedingungen (Beton mit überwiegend quarzhaltiger Gesteinskörnung und 3 % (Massenanteil) Feuchte)

| Randbedingungen | | Baustahl | Beton |
|--|-------------------|--------------------|-------------------|
| Abmessungen $l / h / b$ | mm | 100 / 10 / 10 | 100 / 31,6 / 31,6 |
| Spannungs-Dehnungs-Linien | | DIN EN 1993-1-2 | DIN EN 1992-1-2 |
| Festigkeit $f_{yk(20^{\circ}\text{C})} \cdot f_{ck(20^{\circ}\text{C})}$ | N/mm ² | 355 | 20 |
| Thermische Dehnung | | DIN EN 1993-1-2 | DIN EN 1992-1-2 |
| Anfangsbedingungen | °C | 20 | |
| Homogene Bauteiltemperatur Θ | °C | 20 200 400 600 800 | |
| Belastung $\sigma_{s\Theta} / f_{yk(\Theta)}$ bzw. $\sigma_{c\Theta} / f_{ck(\Theta)}$ (nur für Beispiel 5) | | 0,2 0,6 0,9 | |
| Referenzgröße | | | |
| Längenänderung Δl (Beispiel 5) | mm | | |
| Normalkraft $N_{R,fi,k}$ (Beispiel 6) | kN | | |

Tabelle CC.10 Referenz- und berechnete Größe für Spannungs-Dehnungs-Linien von Baustahl

| Temperatur Θ °C | Belastung $\sigma_{s(\Theta)} / f_{yk(\Theta)}$ | Referenzgröße Δl mm | berechnete Größe $\Delta l'$ mm | Abweichung $(\Delta l' - \Delta l) / \Delta l \cdot 100$ % | Grenzabweichung % | Bemerkung | |
|------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--|----------------------|-----------|--|
| 20 | 0,2 | -0,034 | | | ± 3 | | |
| | 0,6 | -0,101 | | | | | |
| | 0,9 | -0,152 | | | | | |
| 200 | 0,2 | +0,194 | | | | | |
| | 0,6 | +0,119 | | | | | |
| | 0,9 | -0,159 | | | | | |
| 400 | 0,2 | +0,472 | | | | | |
| | 0,6 | +0,293 | | | | | |
| | 0,9 | -0,451 | | | | | |
| 600 | 0,2 | +0,789 | | | | | |
| | 0,6 | +0,581 | | | | | |
| | 0,9 | -0,162 | | | | | |
| 800 | 0,2 | +1,059 | | | | | |
| | 0,6 | +0,914 | | | | | |
| | 0,9 | +0,170 | | | | | |

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Tabelle CC.11 — Referenz- und berechnete Größen für Spannungs-Dehnungs-Linien von Beton mit überwiegend quarzhaltiger Gesteinskörnung

| Temperatur Θ °C | Belastung $\sigma_{c(\Theta)} / f_{ck(\Theta)}$ | Referenzgröße Δl mm | berechnete Größe $\Delta l'$ mm | Abweichung $(\Delta l' - \Delta l) / \Delta l \cdot 100$ % | Grenzabweichung % | Bemerkung | |
|------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--|----------------------|-----------|--|
| 20 | 0,2 | -0,033 4 | | | ± 3 | | |
| | 0,6 | -0,104 | | | | | |
| | 0,9 | -0,176 | | | | | |
| 200 | 0,2 | +0,107 | | | | | |
| | 0,6 | -0,047 4 | | | | | |
| | 0,9 | -0,207 5 | | | | | |
| 400 | 0,2 | +0,356 | | | | | |
| | 0,6 | +0,075 | | | | | |
| | 0,9 | -0,216 | | | | | |
| 600 | 0,2 | +0,685 | | | | | |
| | 0,6 | -0,016 7 | | | | | |
| | 0,9 | -0,744 | | | | | |
| 800 | 0,2 | +1,066 | | | | | |
| | 0,6 | +0,365 | | | | | |
| | 0,9 | -0,363 | | | | | |

Programme, deren berechnete Werte von den Referenzgrößen um mehr als die in Tabelle CC.10 und Tabelle CC.11 vorgegebene Grenzabweichung abweichen, sind für die mechanische Analyse von Bauteilen auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

CC.4.6 Beispiel 6

Randbedingungen und Materialeigenschaften siehe Bild CC.5 und Tabelle CC.9.

Tabelle CC.12 — Referenz- und berechnete Größen für die Grenztragfähigkeit von Baustahl

| Temperatur | Referenzgröße | berechnete Größe | Abweichung $(N_{R,fi,k}' - N_{R,fi,k})/N_{R,fi,k} \cdot 100$ % | Grenzabweichung | Bemerkung |
|------------|---------------|------------------|--|----------------------------|-----------|
| °C | kN | kN | $(N_{R,fi,k}' - N_{R,fi,k})$ kN | | |
| 20 | -35,5 | | | ± 3,0 % und ± 0,5 kN | |
| 200 | -35,5 | | | | |
| 400 | -35,5 | | | | |
| 600 | -16,7 | | | | |
| 800 | -3,9 | | | | |

Tabelle CC.13 — Referenz- und berechnete Größen für die Grenztragfähigkeit von Beton mit überwiegend quarzithaltiger Gesteinskörnung

| Temperatur | Referenzgröße | berechnete Größe | Abweichung $(N_{R,fi,k}' - N_{R,fi,k})/N_{R,fi,k} \cdot 100$ % | Toleranz | Bemerkung |
|------------|---------------|------------------|--|----------------------------|-----------|
| °C | kN | kN | $(N_{R,fi,k}' - N_{R,fi,k})$ kN | | |
| 20 | -20,0 | | | ± 3,0 % und ± 0,5 kN | |
| 200 | -19,0 | | | | |
| 400 | -15,0 | | | | |
| 600 | -9,0 | | | | |
| 800 | -3,0 | | | | |

Programme, deren berechnete Werte von den Referenzgrößen um mehr als die in Tabelle CC.12 und Tabelle CC.13 vorgegebene Grenzabweichung (es gilt jeweils der kleinere Wert) abweichen, sind für die mechanische Analyse von Bauteilen auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

CC.4.7 Beispiel 7

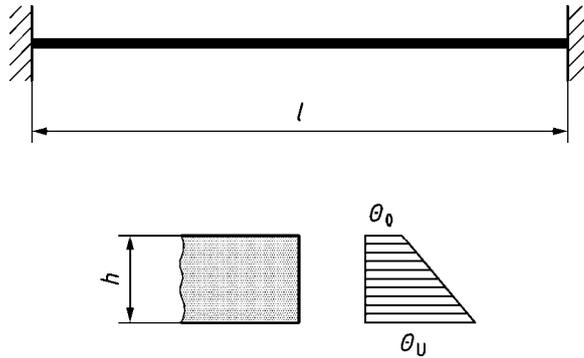


Bild CC.6 — System und Querschnitt

Tabelle CC.14 — Rand- und Anfangsbedingungen

| Randbedingungen | | Baustahl | |
|---|-------------------|-------------------|-----|
| Abmessungen $l / h / b$ | mm | 1 000 / 100 / 100 | |
| Spannungs-Dehnungs-Linien | | DIN EN 1993-1-2 | |
| Festigkeit $f_{yk(20^\circ\text{C})}$ | N/mm ² | 650 ^a | |
| Elastizitätsmodul $E_{a(20^\circ\text{C})}$ | N/mm ² | 210 000 | |
| Thermische Dehnung | | DIN EN 1993-1-2 | |
| Anfangsbedingungen | | | |
| Bauteiltemperatur | θ_0 °C | 120 | 20 |
| | θ_u °C | 120 | 220 |
| Referenzgröße | | | |
| Zwangsschnittgrößen N_{Zw}, M_{Zw} | kN, kNm | | |
| Zwangsspannung σ_{Zw} am unteren Rand | N/mm ² | | |
| ^a Baustahl nach DIN EN 1993-1-1 mit der fiktiven Streckgrenze $f_{yk(20^\circ\text{C})} = 650 \text{ N/mm}^2$ (kein hochfester Stahl) und den thermo-mechanischen Eigenschaften nach DIN EN 1993-1-2 | | | |

Tabelle CC.15 — Referenz- und berechnete Größen für die Ausbildung von Zwanggrößen

| Temperaturlastfall | | Referenzgröße X | berechnete Größe X' | Abweichung (X' - X)/X · 100 % | Grenzabweichung % |
|--------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------------|--|
| 120/120 | N_{Zw} kN | -2 585 | | | $N_{Zw}: \pm 1$ $M_{Zw}: \pm 1$ $\sigma_{Zw}: \pm 5$ |
| | M_{Zw} kNm | 0 | | ----- | |
| | σ_{Zw} N/mm ² | -258,5 | | | |
| 20/220 | N_{Zw} kN | -2 511 | | | $N_{Zw}: \pm 1$ $M_{Zw}: \pm 1$ $\sigma_{Zw}: \pm 5$ |
| | M_{Zw} kNm | -40,3 | | | |
| | σ_{Zw} N/mm ² | -479 | | | |

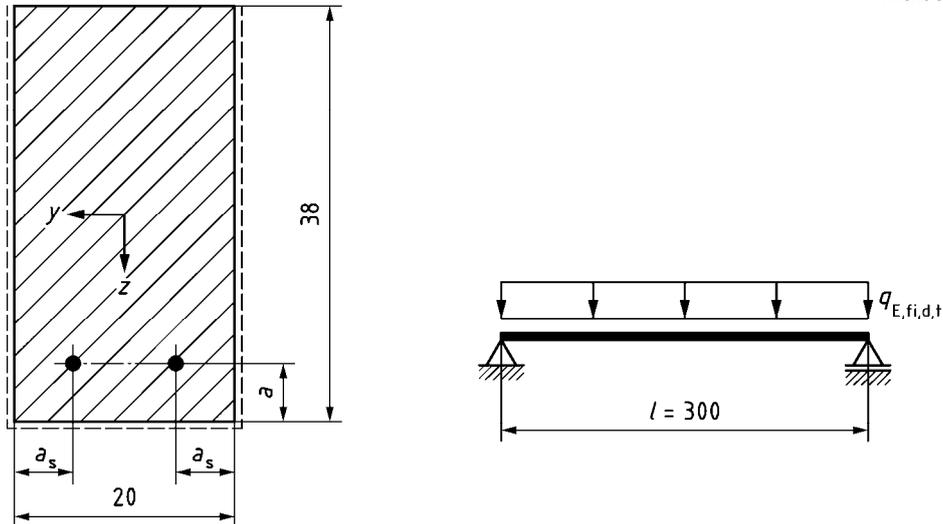
Programme, deren berechnete Werte von den Referenzgrößen um mehr als die in Tabelle CC.15 vorgegebene Grenzabweichung abweichen, sind für die mechanische Analyse von Bauteilen auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

CC.4.8 Beispiel 8 — schwach bewehrter Stahlbeton-Biegebalken

Ein schwach bewehrter Stahlbeton-Biegebalken mit dem Querschnitt $b/h = 20 \text{ cm}/38 \text{ cm}$ und der Stützweite $l = 3,0 \text{ m}$ (Bild CC.7), wird dreiseitig beflammt. Die Achsabstände der Bewehrung werden entsprechend Tabelle CC.16 für die Feuerwiderstandsklasse R 90 vorgegeben.

Maße in Zentimeter



Legende

--- beflamte Seite

Bild CC.7 — Querschnitt und System des schwach bewehrten Stahlbeton-Biegebalkens

Tabelle CC.16 — Querschnittswerte, Materialeigenschaften und Randbedingungen

| Stahlbeton-Biegebalken (schwach bewehrt) | | R 90 | |
|--|---|--|-----------------|
| Abmessungen | $l/b/h$ in cm | 300 / 20 / 38 | |
| Achsabstände | a/a_s in cm | 4,5 / 5,5 | |
| Belastung | $q_{E,fi,d,t}$ in kN/m | 29 | |
| Beton C20/25 (3 % Feuchte (Massenanteile)) | $f_{ck}(20^\circ\text{C})$ in N/mm ² | 20 | |
| Betonstahl B500 | $f_{yk}(20^\circ\text{C})$ in N/mm ² | 500 | |
| Spannungs-Dehnungs-Linien | Beton ^a | DIN EN 1992-1-2 | |
| | Betonstahl ^b | | |
| Temperaturbeanspruchung | ETK (dreiseitig) | DIN EN 1991-1-2 | |
| Wärmeübergangskoeffizient | α_c in W/(m ² · K) | 25 | |
| Emissivität | ε_m | 0,70 | |
| Thermische und physikalische Materialwerte | Beton | $\lambda, \rho, c_p, \varepsilon_{th,c}$ | DIN EN 1992-1-2 |
| | Betonstahl | $\lambda_a, \rho, c_a, \varepsilon_{th,s}$ | DIN EN 1994-1-2 |

^a Mit überwiegend quarzithaltiger Gesteinskörnung und der Rohdichte $\rho = 2\,400 \text{ kg/m}^3$

^b Klasse N, warmgewalzt

Tabelle CC.17 — Referenz- und berechnete Größe für den schwach bewehrten Stahlbetonbalken

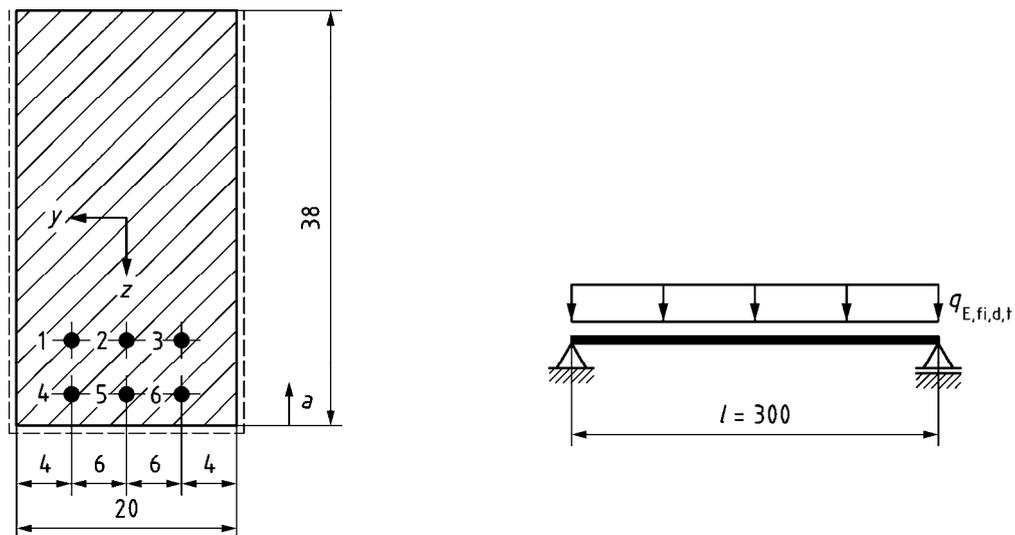
| Feuerwiderstands-kategorie | Referenz-größe A_s cm ² | berechnete Größe A'_s cm ² | Abweichung $(A'_s - A_s)/A_s \cdot 100$ % | Grenzab- weichung % | Bemer- kung |
|---|--|---|---|---------------------------|----------------|
| 90 | 3,56 | | | ± 10 | |
| ANMERKUNG Die Temperatur in der Bewehrung nach $t = 90$ min Branddauer beträgt $\theta_s = 562$ °C. | | | | | |

Programme, bei denen der berechnete Bewehrungsquerschnitt von dem Referenzwert der Tabelle CC.17 um mehr als die angegebene Grenzabweichung abweicht, sind für die brandschutztechnische Analyse von Stahlbeton-Biegebalken auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

CC.4.9 Beispiel 9 — stark bewehrter Stahlbeton-Biegebalken

Ein stark bewehrter Biegebalken mit dem Querschnitt $b/h = 20$ cm/38 cm und der Stützweite $l = 3,0$ m (Bild CC.8) wird dreiseitig beflammt. Die Achsabstände der Bewehrung werden entsprechend Tabelle CC.18 für die Feuerwiderstandsklasse R 90 vorgegeben.

Maße in Zentimeter



Legende

--- beflammbte Seite

Bild CC.8 — Querschnitt und System des stark bewehrten Stahlbeton-Biegebalkens

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Tabelle CC.18 — Querschnittswerte, Materialeigenschaften und Randbedingungen

| Stahlbeton-Biegebalken (stark bewehrt) | | | R 90 |
|--|------------------------------|--|-----------------|
| Abmessungen | $l / b / h$ | in cm | 300 / 20 / 38 |
| Achsabstände | $a_{1, 2, 3}$ | in cm | 7 |
| | $a_{4, 5, 6}$ | in cm | 4 |
| Belastung | $q_{E,fi,d,t}$ | in kN/m | 62,9 |
| Beton C20/25 (3 % Feuchte (Massenanteile)) | $f_{ck}(20^{\circ}\text{C})$ | in N/mm ² | 20 |
| Betonstahl B500 | $f_{yk}(20^{\circ}\text{C})$ | in N/mm ² | 500 |
| Spannungs-Dehnungs-Linien | Beton ^a | | DIN EN 1992-1-2 |
| | Betonstahl ^b | | |
| Temperaturbeanspruchung | ETK (dreiseitig) | | DIN EN 1991-1-2 |
| Wärmeübergangskoeffizient | α_c in | W/(m ² · K) | 25 |
| Emissivität | ε_m | | 0,70 |
| Thermische und physikalische Materialwerte | Beton | $\lambda, \rho, c_p, \varepsilon_{th,c}$ | DIN EN 1992-1-2 |
| | Betonstahl | $\lambda_a, \rho, c_a, \varepsilon_{th,s}$ | DIN EN 1994-1-2 |
| ^a Mit überwiegend quarzithaltiger Gesteinskörnung und der Rohdichte $\rho = 2\,400\text{ kg/m}^3$ | | | |
| ^b Klasse N, warmgewalzt | | | |

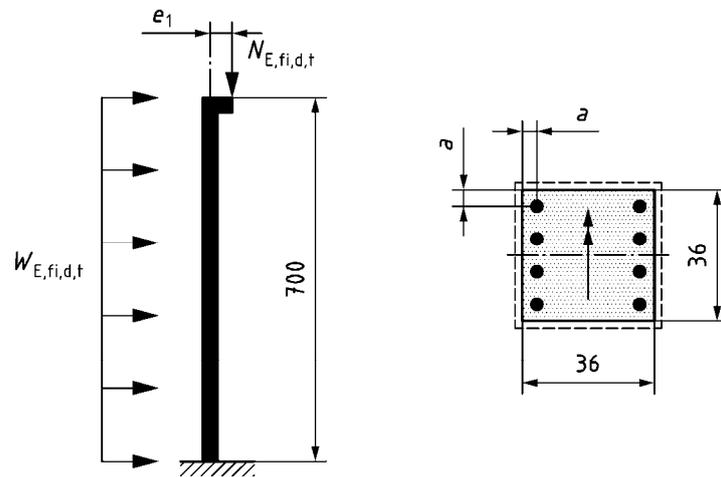
Tabelle CC.19 — Referenz- und berechnete Größe für den stark bewehrten Stahlbetonbalken

| Feuerwiderstandsklasse | Referenzgröße A_s cm ² | berechnete Größe A'_s cm ² | Abweichung $(A'_s - A_s)/A_s \cdot 100$ % | Grenzabweichung % | Bemerkung |
|--|---|---|---|----------------------|-----------|
| 90 | 9,76 | | | ± 10 | |
| ANMERKUNG Die Temperatur in der Bewehrung nach $t = 90$ min Branddauer beträgt: <ul style="list-style-type: none"> — $\theta_{s,1} = \theta_{s,3} = 539\text{ }^{\circ}\text{C}$; — $\theta_{s,2} = 372\text{ }^{\circ}\text{C}$; — $\theta_{s,4} = \theta_{s,6} = 656\text{ }^{\circ}\text{C}$; — $\theta_{s,5} = 525\text{ }^{\circ}\text{C}$. | | | | | |

Programme, bei denen der berechnete Bewehrungsquerschnitt von dem Referenzwert der Tabelle CC.19 um mehr als die angegebene Grenzabweichung abweicht, sind für die brandschutztechnische Analyse von Stahlbeton-Biegebalken auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

CC.4.10 Beispiel 10 — Stahlbeton-Kragstütze

Eine Stahlbeton-Kragstütze mit dem Querschnitt $b = h = 36$ cm und der Länge $l = 7,0$ m (Bild CC.9) wird vierseitig beflammt. Die Stütze aus Beton C20/25 ist mit vorh. $A_s = 18,85$ cm² (6 Ø 20 mm) B500 bewehrt und wird im Brand durch eine Längskraft mit der Lastausmitte $e_1 = 3,5$ cm und eine Streckenlast aus Wind belastet. (Tabelle CC.20).



Maße in Zentimeter

Legende

--- beflamte Seite

Bild CC.9 — Querschnitt und System der Stahlbeton-Kragstütze

Tabelle CC.20 — Abmessungen, Belastung und Materialeigenschaften

| | | | |
|--|----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Abmessungen | $l/b/h$ | in cm | 700 / 36 / 36 |
| Knicklänge im Brand | $l_{0,fi}$ | in m | 14,0 |
| Lastausmitte im Brand | e_1 | in cm | 3,5 |
| Achsabstand | a | in mm | 55 |
| Belastung | $N_{E,fi,d,t}$ | in kN | -79 |
| | $w_{E,fi,d,t}$ | in kN/m | 1,74 |
| Beton C20/25 (3 % Feuchte(Massenanteile)) | $f_{ck}(20^\circ\text{C})$ | in N/mm ² | 20 |
| Betonstahl B500 | $f_{yk}(20^\circ\text{C})$ | in N/mm ² | 500 |
| Spannungs-Dehnungs-Linien | Beton ^a | | DIN EN 1992-1-2 |
| | Betonstahl ^b | | |
| Temperaturbeanspruchung | ETK (4-seitig) | | DIN EN 1991-1-2 |
| Wärmeübergangskoeffizient | α_c | in W/(m ² · K) | 25 |
| Emissivität | ϵ_m | | 0,70 |
| Thermische und physikalische Materialwerte | Beton | $\lambda, \rho, c_p, \epsilon_{th,c}$ | DIN EN 1992-1-2 |
| | Betonstahl | $\lambda, \rho, c_a, \epsilon_{th,s}$ | DIN EN 1994-1-2 |
| ^a Mit überwiegend quarzithaltiger Gesteinskörnung und der Rohdichte $\rho = 2\,400$ kg/m ³ | | | |
| ^b Klasse N, warmgewalzt | | | |

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

ANMERKUNG In der Lastausmitte e_1 sind die Imperfektionen nach DIN EN 1992-1-1:2005-10, 5.2 enthalten.

Die Stahlbeton-Kragstütze wird in der Hauptbiegerichtung nachgewiesen.

Tabelle CC.21 — Referenz- und berechnete Größen für die Stahlbeton-Kragstütze

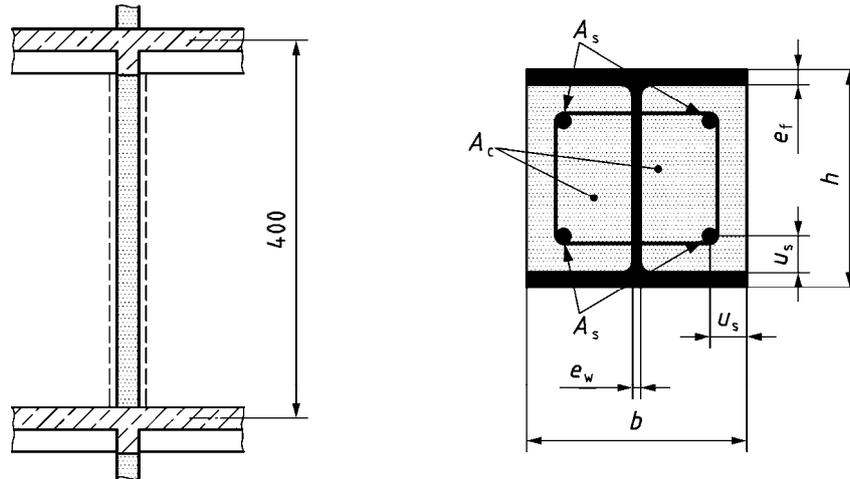
| | Referenz- größe X | berechnete Größe X' | Abweichung $(X' - X)/X \cdot 100$ % | Grenzabweichung % |
|--|---------------------------|-----------------------------|---|----------------------|
| Versagenszeit t_U in min | 93 | | | ± 3 |
| horiz. Verformung am Stützenkopf w_z in mm nach $t = 90$ min Branddauer | 381 | | | ± 15 |
| Moment am Stützenfuß $M_{E,fi,d}$ in kNm nach $t = 90$ min Branddauer | 75,5 | | | ± 5 |
| ANMERKUNG Die Temperatur in der Bewehrung nach $t = 90$ min Branddauer beträgt: — Eckeisen $\Theta_s = 502$ °C; — Mitteleisen $\Theta_s = 319$ °C. | | | | |

Programme, bei denen die berechneten Werte von den Referenzwerten der Tabelle CC.21 um mehr als die angegebene Grenzabweichung abweichen, sind für die brandschutztechnische Analyse von Stahlbeton-Stützen auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

CC.4.11 Beispiel 11 — Verbundstütze mit Kammerbeton

Eine kammerbetonierte Verbundstütze mit den Querschnittsabmessungen $b = h = 30$ cm und der Länge $l = 4,0$ m (Bild CC.10) wird vierseitig beflammt. Der Stützenquerschnitt besteht aus einem HE-B 300 Profil aus Baustahl S235, Kammerbeton C25/30 und Betonstahlbewehrung $4 \varnothing 28$ aus B500. Beide Stützenenden werden im Brandfall rotationsbehindert. Die Verbundstütze wird im Brandfall durch eine zentrische Längskraft $N_{E,fi,d,t}$ belastet (Tabelle CC.22), die geometrische Imperfektion wird über eine spannungslose, parabelförmige Vorverformung mit dem Scheitelwert $l/1\ 000$ erfasst.

Maße in Zentimeter



Legende

--- vierseitig beflamnte Stütze

Bild CC.10 — Querschnitt und System der kammerbetonierten Verbundstütze

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

Tabelle CC.22 — Abmessungen, Belastung und Materialeigenschaften

| | | | |
|--|-------------------------|--|-----------------|
| Abmessungen | $l / b / h$ | in cm | 400 / 30 / 30 |
| | u_s | in mm | 50 |
| | e_f | in mm | 19 |
| | e_w | in mm | 11 |
| Knicklänge im Brand | $l_{0,fi}$ | in cm | 200 |
| Belastung | $N_{E,fi,d,t}$ | in kN | -1 700 |
| Beton C25/30 (3 % Feuchte (Massenanteile)) | $f_{ck(20^\circ C)}$ | in N/mm ² | 25 |
| Betonstahl B500 | $f_{yk(20^\circ C)}$ | in N/mm ² | 500 |
| Baustahl S 235 | $f_{ak(20^\circ C)}$ | in N/mm ² | 235 |
| Spannungs-Dehnungs-Linien | Beton ^a | | DIN EN 1994-1-2 |
| | Betonstahl ^b | | |
| | Baustahl | | |
| Temperaturbeanspruchung | ETK (vierseitig) | | DIN EN 1991-1-2 |
| Wärmeübergangskoeffizient | α_c | in W/(m ² · K) | 25 |
| Emissionswert | ε_m | | 0,7 |
| Thermische und physikalische Materialwerte | Beton | $\lambda, \rho, c_p, \varepsilon_{th,c}$ | DIN EN 1994-1-2 |
| | Stahl | $\lambda, \rho, c_a, \varepsilon_{th,s}, \varepsilon_{th,a}$ | DIN EN 1994-1-2 |
| ^a mit überwiegend quarzithaltiger Gesteinskörnung und der Rohdichte $\rho = 2\,400\text{ kg/m}^3$ ^b warmgewalzt | | | |

Tabelle CC.23 — Referenz- und berechnete Größen für die kammerbetonierte Verbundstütze

| | Referenzgröße X | berechnete Größe X' | Abweichung (X' - X)/X · 100 % | Grenzabweichung % |
|---|--------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Versagenszeit t_U in min | 92 | | | ± 5 |
| horiz. Gesamtverformung w_z in mm in Stützenmitte nach der Branddauer von $t =$ | 30 min 4,4 | | | |
| | 60 min 5,5 | | | |
| ANMERKUNG Die Temperatur nach $t = 90$ min Branddauer beträgt: — in der Bewehrung $\theta_s = 535\text{ }^\circ\text{C}$; — im Schwerpunkt des Stahlprofils $\theta_s = 447\text{ }^\circ\text{C}$. | | | | |

Programme, bei denen die berechneten Werte von den Referenzwerten der Tabelle CC.23 um mehr als die angegebene Grenzabweichung abweichen, sind für die brandschutztechnische Analyse von kammerbetonierten Verbundstützen auf Grundlage des Eurocodes als nicht geeignet anzusehen.

NCI Literaturhinweise

DIN 488-1, *Betonstahl — Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung*

DIN 4102-3, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 3: Brandwände und nichttragende Außenwände, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen*

DIN 4102-4:1994-03, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*

DIN EN 1992-1-1:2005-10, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004*

DIN EN 1992-1-2, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

DIN EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1993-1-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

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

DIN EN 1996-1-2, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

DIN EN 1999-1-2, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*

Normen der Reihe DIN EN 10025, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

DIN EN ISO 1716, *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten — Bestimmung der Verbrennungswärme*

- [1] ZEHFUSS, J.; HOSSER, D.: Vereinfachtes Naturbrandmodell für die brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen und Tragwerken, In: Bauphysik 27 (2005) Heft 2. S. 79–86.
- [2] HOSSER, D.; DORN, T.; NEUMANN, P.; SIEGFRIED, W.: Vereinfachter Brandschutznachweis für außenliegende Stahlbauteile. In: Stahlbau 65 (1996), Heft 2, S.64–68.
- [3] HOSSER, D. (Hrsg.): Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes. Technischer Bericht vfdb TB 04-01, 2. Auflage Mai 2009. Altenberge, Braunschweig: vfdb, 2009.
- [4] SCHNEIDER, U.: Ingenieurmethoden im Brandschutz, 2. Auflage. Werner-Verlag, 2009, Seite 269ff.
- [5] HOSSER, D.; WEILERT, A.; KLINZMANN, C.; SCHNETGÖKE, R.; ALBRECHT, C.: Erarbeitung eines Sicherheitskonzeptes für die brandschutztechnische Bemessung unter Anwendung von Ingenieurmethoden gemäß Eurocode 1 Teil 1–2“ (Sicherheitskonzept zur Brandschutzbemessung). Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben ZP 52–5–4.168–1239/07 im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Technische Universität Braunschweig. Fraunhofer IRB Verlag, 2009, ISBN 978-3-8167-8145-5.

DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

- [6] *HOSSER, D., RICHTER, E., ZEHFUß, J.:* Erarbeitung von Nationalen Anwendungsrichtlinien für rechnerische Nachweise nach den Brandschutzteilen der Eurocodes 2 – 5. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben RS III 4 – 67 41 – 97.120 im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Technische Universität Braunschweig, Oktober 1999.