

DIN EN 1990

DIN

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:2010Eurocodes 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

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	Versuchsplanung96
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	Allgemeines103
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 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 [AC] und ETAGs [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 [AC] gestrichener Text [AC] [AC] Tragwerken, Bauwerksteilen und tragenden Bauprodukten [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- oder 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 Beiwertes $\psi_0 \leq 1$ 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 $A_{Ed} = \gamma A_{Ek}$
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_{fj}	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
γ_{Gj}	Teilsicherheitsbeiwert für die ständige Einwirkung G_j
$\gamma_{Gj,sup}/\gamma_{Gj,inf}$	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
- ~~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.

(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);

- 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 $\psi_{1,inf} Q_k$ 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 Grundschwingung 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:

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

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:

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

mit:

$$\gamma_{f,i} = \gamma_{\text{sd}} \times \gamma_{f,i} \quad (6.2b)$$

ANMERKUNG In einigen Fällen, z. B. wenn geotechnische Einwirkungen zu berücksichtigen sind, können die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{f,i}$ 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:

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

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:

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

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).

(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 Baustoffe (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 Einzelfestigigkeiten 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 Kombination 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“

Σ „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

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

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:

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

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>$\gamma_{G,j,sup} = 1,10$ $\gamma_{G,j,inf} = 0,90$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ 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>$\gamma_{G,j,sup} = 1,35$ $\gamma_{G,j,inf} = 1,15$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ 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

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

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

ANMERKUNG 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.

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

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

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

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

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

Zu γ -Werten für eingetragene 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 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_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

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 A1.1.

- 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.

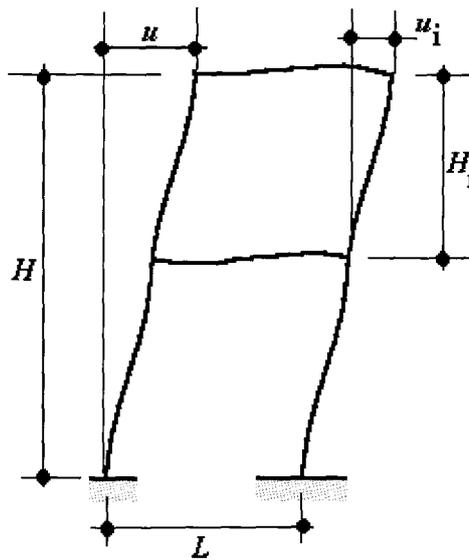
(4) Wenn das Erscheinungsbild des Tragwerks betroffen ist, sollte die quasi-ständige Kombination nach Gleichung (6.16b) verwendet werden.

(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 A1.2.

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_f - und r_f -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 Vorhersagensgenauigkeit 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.

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:

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

(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).

(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 Windwirkungen 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 außergewöhnlichen 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	

^a Die empfohlenen Werte für ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 für gr1a und gr1b gelten für Straßenverkehr, der den Anpassungsfaktoren α_{Qi} , α_{qi} , 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.

^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.

^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.

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)	0,80	0,70	0	
	gr17 (SW/2)				Seitenstabilität mit „unbeladenem Zug“
	gr21 (LM71 + SW/0)				SW/2 mit max. längs
	gr22 (LM71 + SW/0)	0,80	0,60	0	
	gr23 (Bremsen/Anfahren)				SW/2 mit max. quer
	gr24 (Zentrifugalkraft/Seitenstoß)				Max. vertikal 1 mit max. längs
	gr26 (SW/2)				Max. vertikal 2 mit max. quer
	gr27 (SW2)	0,80	0,60	0	
	gr31 (LM71 + SW/0)				Max. längs
Andere Einwirkungen aus Betrieb	Aerodynamische Wirkung	0,80	0,50	0	
	Allgemeine Lasten aus Instandhaltung für Dienstgehwege	0,80	0,50	0	
Windkräfte ^b	F_{Wk}	0,75	0,50	0	
	F_{W}^{**}	1,00	0	0	

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 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.

AC 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)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

ANMERKUNG 1 Die γ -Werte für die ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

Für die ständigen Bemessungssituationen werden die folgenden γ -Werte empfohlen:

$$\gamma_{G,sup} = 1,05$$

$$\gamma_{G,inf} = 0,95^{(1)}$$

$\gamma_Q = 1,35$ 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.

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.

Für die Bauausführung werden die folgenden γ -Werte empfohlen, wenn die Ausführung ausreichend im Hinblick auf die Verteilung der ständigen Lasten kontrolliert wird:

$$\gamma_{G,sup} = 1,05$$

$$\gamma_{G,inf} = 0,95^{(1)}$$

$\gamma_Q = 1,35$ 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)

(1) Die veränderlichen Merkmale von Gegengewichten können berücksichtigt werden, indem eine oder beide der folgenden Empfehlungen verwendet werden:

- 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.

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:

$$\gamma_{G,sup} = 1,25$$

$$\gamma_{G,inf} = 1,25$$

$\gamma_Q = 1,35$ 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)

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.

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

Tabelle A2.4(B)— Bemessungswerte der Einwirkungen (STR/GE0) (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)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$		(Gleichung 6.10 a)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
							(Gleichung 6.10 b)	$\xi \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

ANMERKUNG 1 Die Auswahl zwischen 6.10, oder 6.10 a) und 6.10 b) kann im Nationalen Anhang festgelegt werden. 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:

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

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

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

$\gamma_Q = 1,45$ wenn Q 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)

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

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

$\xi = 0,85$ (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.

$\gamma_P =$ 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 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>$\gamma_{G,sup} = 1,00$</p> <p>$\gamma_{G,inf} = 1,00$</p> <p>$\gamma_{Gset} = 1,00$</p> <p>$\gamma_Q = 1,15$ für Einwirkungen aus Straßen- und Fußgängerverkehr bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>$\gamma_Q = 1,25$ für Einwirkungen aus Schienenverkehr bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>$\gamma_{Q,i} = 1,30$ 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)</p> <p>$\gamma_Q = 1,30$ für alle anderen veränderlichen Einwirkungen bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>$\gamma_{Gset} = 1,00$ 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.</p> <p>γ_P = Empfehlungswert, der im einschlägigen Eurocode für die Bemessung angegeben ist.</p>						
<p>^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in den Tabellen A2.1 bis A2.3 angegebenen.</p>						

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:

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

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/Brücken-System führen und den Reisendenkomfort beeinträchtigen.

ANMERKUNG 2 Die Grenzwerte für die Verformungen und Schwingungen sind entweder explizit angeben 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 Gleis-instandhaltung (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 Brückenende 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:

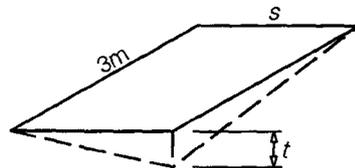


Bild A2.1 — Definition der Verwindung des Überbaus

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.

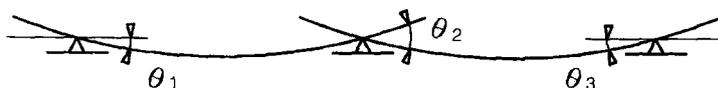


Bild A2.2 — Definition von Endverdrehungen von Überbauten

(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 geschotterte Tragwerke können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(3) Es sollten zusätzliche Grenzen für die Verdrehungen an den Überbauenden in der Nähe von Schienen- auszügen, 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:

$\alpha_1 = 0,003\ 5$; $\alpha_2 = 0,002\ 0$; $\alpha_3 = 0,001\ 5$;
 $r_1 = 1\ 700$; $r_2 = 6\ 000$; $r_3 = 14\ 000$;
 $r_4 = 3\ 500$; $r_5 = 9\ 500$; $r_6 = 17\ 500$

(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:

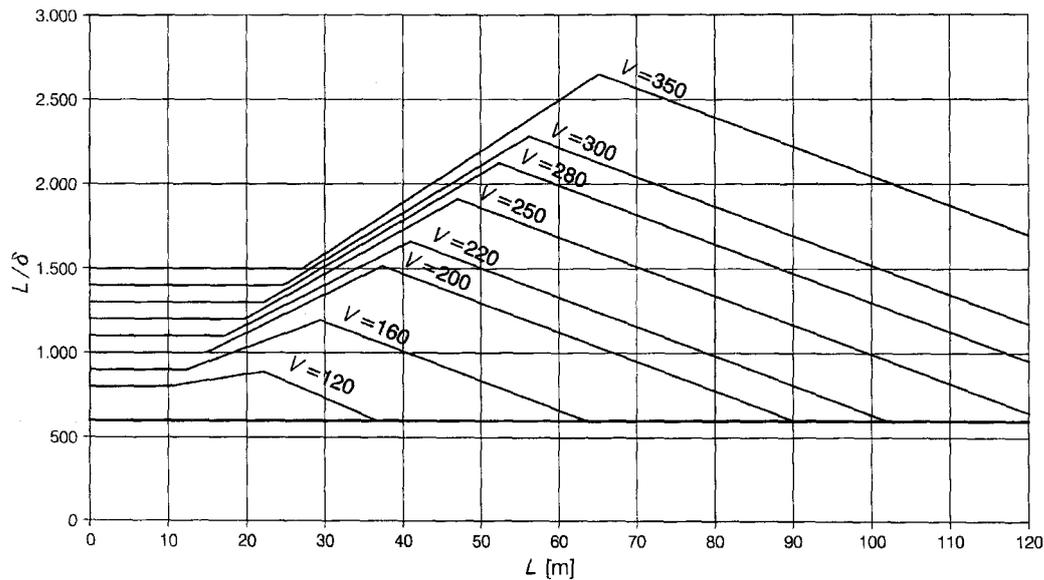
- Feldlänge L [m];
- Zuggeschwindigkeit V [km/h];
- Anzahl der Felder und
- Tragwerkssystem der Brücke (Einfeldträger, Durchlaufträger).

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_o , 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.

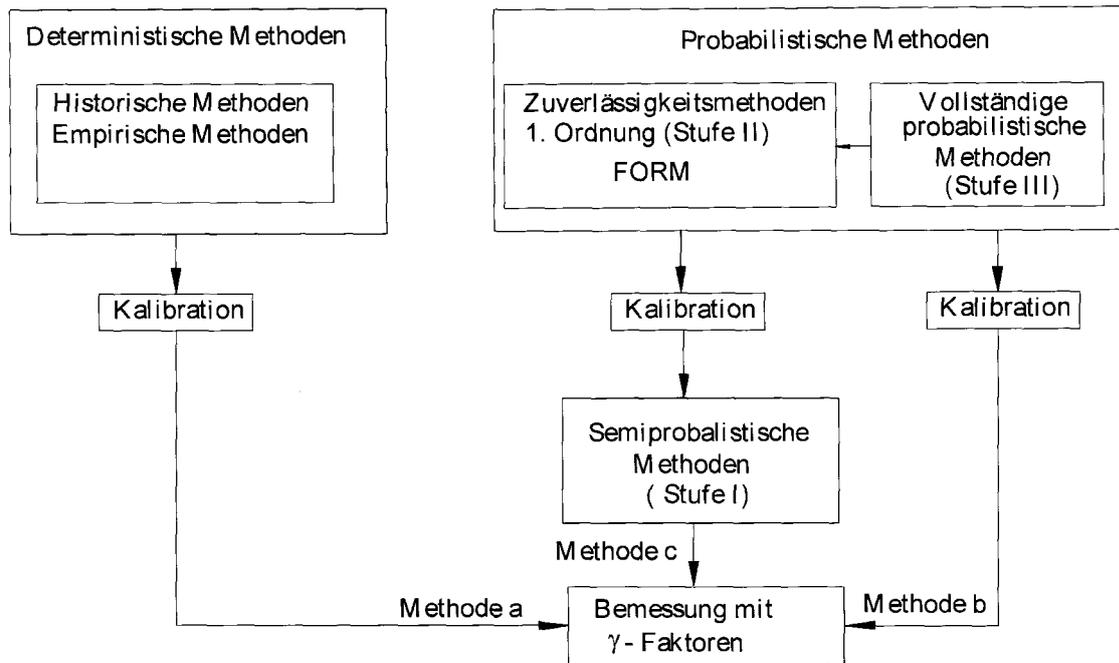


Bild C.1 — Überblick über Zuverlässigkeitsmethoden

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

$$E_d < R_d \quad (\text{C.4})$$

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:

$$E_d = E(F_{d1}, F_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, \theta_{d1}, \theta_{d2}, \dots) \quad (\text{C.5a})$$

$$R_d = R(X_{d1}, X_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, \theta_{d1}, \theta_{d2}, \dots) \quad (\text{C.5b})$$

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.

$$(\mathcal{S}) \text{ Grenzzustandsfunktion} \quad g = R - E = 0$$

P Bemessungspunkt

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

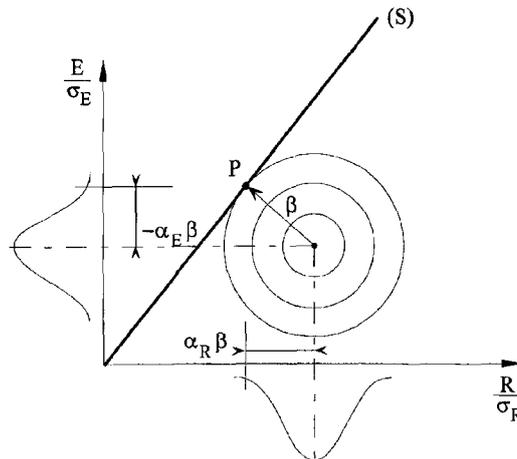


Bild C.2 — Bemessungspunkt und Zuverlässigkeitsindex β nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung (FORM) für normalverteilte nicht korrelierte Variablen

(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.

(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	$u - \frac{1}{\alpha} \ln\{-\ln\Phi(-\alpha\beta)\}$ mit $u = \mu - \frac{0,577}{\alpha}$; $\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$

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

$$X_d = \eta \gamma_{\text{fM}} \cdot X_{k,\text{sup}} \quad (\text{C.10})$$

wobei γ_{fM} 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:

$$E_d = \gamma_{Sd} E \{ \gamma_{G_i} G_{k_i}; \gamma_P P; \gamma_{Q_1} Q_{k1}; \gamma_{Q_i} \psi_{0i} Q_{k_i}; a_d \dots \} \quad (\text{C.11})$$

$$R_d = R \{ \eta X_k / \gamma_m; a_d \dots \} / \gamma_{Rd} \quad (\text{C.12})$$

(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):

$$E_d = E \{ \gamma_{F_i}, F_{\text{rep},i}, a_d \} \quad (\text{C.13})$$

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.

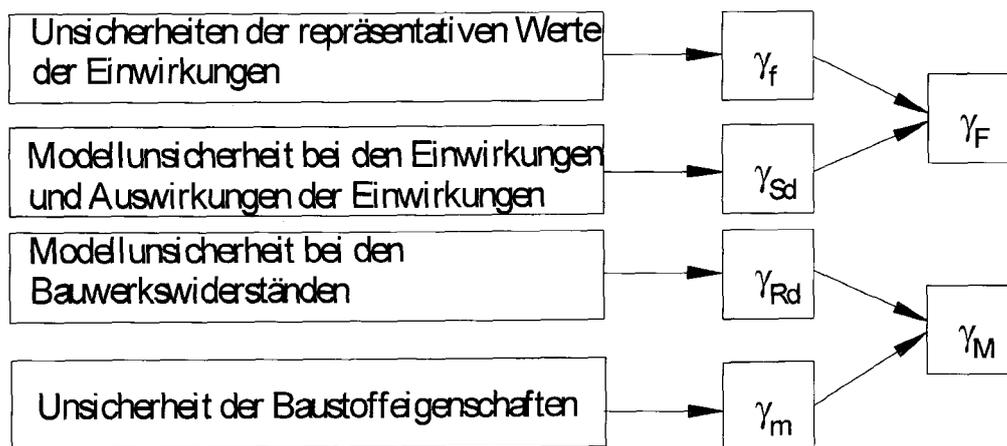


Bild C.1 — Beziehung zwischen den einzelnen Teilsicherheitsbeiwerten

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>$F_s(\cdot)$ ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Extremwerte der Begleiteinwirkung im Bezugszeitraum T $\Phi_s(\cdot)$ 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>	

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

- $E(\cdot)$ Mittelwert von (\cdot)
- 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 $g_{tt}(\underline{X})$
- 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.

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“ $g_{\pi}(X)$ zu entwickeln, das zu einer Funktion r_t 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 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

$$r_t = g_{rt}(\underline{X}) \quad (D.5)$$

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.

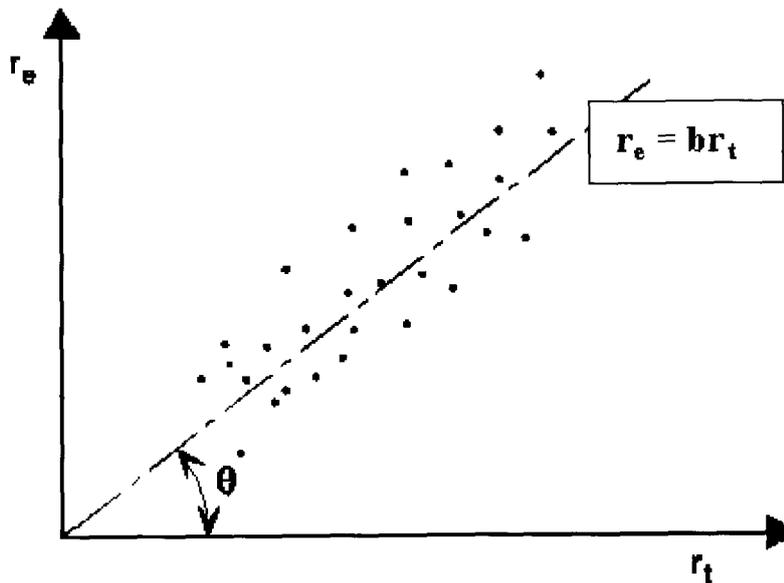


Bild D.1 — r_e - r_t -Diagramm

(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:

$$b = \frac{\sum r_e r_t}{\sum r_t^2} \quad (\text{D.7})$$

(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_{ii}) 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:

$$r = b r_t \delta = b g_{rt}(X_1, \dots, X_j) \delta$$

dann kann der Mittelwert $E(r)$ aus:

$$E(r) = b g_{rt}(E(X_1), \dots, E(X_j)) = b g_{rt}(X_m) \quad (\text{D.16a})$$

und der Variationskoeffizient V_{rt} aus:

$$V_{rt}^2 = \frac{\text{VAR}[g_{rt}(X)]}{g_{rt}^2(X_m)} = \frac{1}{g_{rt}^2(X_m)} \times \sum_{i=1}^j \left(\frac{\partial g_{rt}}{\partial X_i} \times \sigma_i \right)^2 \quad (\text{D.16b})$$

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 $\bar{\Delta}$, $V_{\Delta(r)}$ und n angenommen werden.

(5) In diesem Fall lautet der charakteristische Wert r_k der Widerstandsfunktion:

$$r_k = b g_R(X_m) \exp(-k_\infty \alpha_{rt} Q_{rt} - k_n \alpha_\delta Q_\delta - 0,5 Q^2) \quad (\text{D.17})$$

mit:

$$Q_{rt} = \sigma_{\ln(rt)} = \sqrt{\ln(V_{rt}^2 + 1)} \quad (\text{D.18a})$$

$$Q_\delta = \sigma_{\ln(\delta)} = \sqrt{\ln(V_\delta^2 + 1)} \quad (\text{D.18b})$$

$$Q = \sigma_{\ln(r)} = \sqrt{\ln(V_r^2 + 1)} \quad (\text{D.18c})$$

$$\alpha_{rt} = \frac{Q_{rt}}{Q} \quad (\text{D.19a})$$

$$\alpha_\delta = \frac{Q_\delta}{Q} \quad (\text{D.19b})$$

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:

$$r_k = b g_{rt}(X_m) \exp(-k_\infty Q - 0,5 Q^2) \quad (\text{D.20})$$

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.

(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*