



	DIN EN 1990	DIN
ICS 91.010.30	Ersatz für DIN EN 1990:2010-12	
Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010		
Eurocode: Basis of structural design; German version EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010		
Eurocodes structuraux – Eurocodes: Bases de calcul des structures; Version allemande EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010		
Gesamtumfang 124 Seiten		
DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)		

DIN EN 1990:2021-10**Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-51-01 AA „Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken (SpA zu CEN/TC 250/WG 2, WG 6 und CEN/TC 250/SC 10)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Die vorliegende Berichtigung betrifft nur Korrekturen in der deutschen Sprachfassung. Anfang und Ende der durch die Berichtigung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken   angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1990/NA:2010-12 und der zugehörigen Änderung DIN EN 1990/NA/A1:2012-08.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

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 und 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.

Gegenüber DIN EN 1990:2010-12 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) die deutsche Sprachfassung wird neu übersetzt herausgegeben, um sprachliche Verbesserungen vorzunehmen und Übersetzungsfehler zu korrigieren;
- b) insbesondere werden Korrekturen in den Gleichungen (6.7), (6.9b), (6.10a), (6.10b), (6.11a), (6.11b), (6.12a), (6.14a), (6.14b), (6.15a) und (6.16a) vorgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1991-1-1: 1995-12

DIN 1055-100: 2001-03

DIN EN 1990: 2002-10, 2010-12

DIN EN 1990/A1: 2006-04

DIN EN 1990/A1 Berichtigung 1: 2010-05

DIN EN 1990:2021-10

— Leerseite —

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1990

April 2002

+A1

Dezember 2005

+A1:2005/AC

April 2010

ICS 91.010.30

Ersetzt 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

© 2010 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr.
 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 D

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort EN 1990:2002/A1:2005.....	6
Hintergrund des Eurocode-Programms.....	7
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes.....	8
Nationale Fassungen der Eurocodes	8
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)	9
Besondere Hinweise zu EN 1990	9
Nationaler Anhang zu EN 1990	10
1 Allgemeines	13
1.1 Anwendungsbereich.....	13
1.2 Normative Verweisungen	13
1.3 Voraussetzungen	14
1.4 Unterscheidung nach Prinzipien und Anwendungsregeln.....	14
1.5 Begriffe	15
1.5.1 Einheitliche Begriffe in EN 1990 bis EN 1999.....	15
1.5.2 Besondere Begriffe im Zusammenhang mit der Tragwerksplanung	16
1.5.3 Begriffe im Zusammenhang mit Einwirkungen.....	18
1.5.4 Begriffe im Zusammenhang mit den Eigenschaften von Baustoffen und Bauprodukten	21
1.5.5 Begriffe im Zusammenhang mit geometrischen Größen.....	22
1.5.6 Begriffe im Zusammenhang mit der statischen Berechnung	22
1.6 Symbole	23
2 Anforderungen	27
2.1 Grundlegende Anforderungen.....	27
2.2 Behandlung der Zuverlässigkeit.....	28
2.3 Nutzungsdauer	30
2.4 Dauerhaftigkeit	30
2.5 Qualitätsmanagement.....	31
3 Prinzipien der Bemessung nach Grenzzuständen.....	31
3.1 Allgemeines	31
3.2 Bemessungssituationen	32
3.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	32
3.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	33
3.5 Bemessung nach Grenzzuständen	33
4 Basisvariablen	34
4.1 Einwirkungen und Umwelteinflüsse	34
4.1.1 Einteilung der Einwirkungen	34
4.1.2 Charakteristische Werte von Einwirkungen	35
4.1.3 Weitere repräsentative Werte von veränderlichen Einwirkungen	36
4.1.4 Darstellung der Ermüdungseinwirkungen	37
4.1.5 Darstellung dynamischer Einwirkungen.....	37
4.1.6 Geotechnische Einwirkungen	37
4.1.7 Umwelteinflüsse	37

4.2	Eigenschaften von Baustoffen und Bauprodukten.....	38
4.3	Geometrische Größen.....	39
5	Statische Berechnung und versuchsgestützte Bemessung	39
5.1	Statische Berechnung.....	39
5.1.1	Tragwerksmodelle.....	39
5.1.2	Statische Einwirkungen	39
5.1.3	Dynamische Einwirkungen.....	40
5.1.4	Berechnung und Bemessung im Brandfall.....	40
5.2	Versuchsgestützte Bemessung	41
6	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	41
6.1	Allgemeines	41
6.2	Einschränkungen.....	42
6.3	Bemessungswerte	42
6.3.1	Bemessungswerte für Einwirkungen.....	42
6.3.2	Bemessungswerte für Auswirkungen von Einwirkungen	43
6.3.3	Bemessungswerte für Eigenschaften von Baustoffen oder Bauprodukten	44
6.3.4	Bemessungswerte geometrischer Größen.....	44
6.3.5	Bemessungswert des Widerstands.....	45
6.4	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	46
6.4.1	Allgemeines	46
6.4.2	Nachweis der Lagesicherheit und Tragsicherheit.....	46
6.4.3	Kombination von Einwirkungen (ohne Ermüdungsnachweis)	47
6.4.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen	49
6.4.5	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe und Bauprodukte	49
6.5	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	49
6.5.1	Nachweise.....	49
6.5.2	Gebrauchstauglichkeitskriterien	50
6.5.3	Kombination der Einwirkungen	50
6.5.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe.....	51
	Anhang A 1 (normativ) Anwendung im Hochbau	52
A1.1	Anwendungsbereich.....	52
A1.2	Kombinationen der Einwirkungen	52
A1.2.1	Allgemeines	52
A1.2.2	Kombinationsbeiwerte ψ	52
A1.3	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	53
A1.3.1	Bemessungswerte für Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen	53
A1.3.2	Bemessungswerte für Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erdbeben	56
A1.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	57
A1.4.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen	57
A1.4.2	Gebrauchstauglichkeitskriterien	57
A1.4.3	Verformungen und horizontale Verschiebungen.....	57
A1.4.4	Schwingungen.....	59
	Anhang A 2 (normativ) Anwendung für Brücken	60
A2.1	Anwendungsbereich.....	62
A2.2	Einwirkungskombinationen	62
A2.2.1	Allgemeines	62
A2.2.2	Kombinationsregeln für Straßenbrücken.....	64
A2.2.3	Kombinationsregeln für Fußgängerbrücken.....	65
A2.2.4	Kombinationsregeln für Eisenbahnbrücken.....	65
A2.2.5	Kombinationen der Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen (ohne Erdbeben).....	66
A2.2.6	Zahlenwerte für ψ -Beiwerte.....	67

DIN EN 1990:2021-10

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

A2.3	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	71
A2.3.1	Bemessungswerte der Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen	71
A2.3.2	Bemessungswerte der Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erdbeben	76
A2.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und andere spezifische Grenzzustände	77
A2.4.1	Allgemeines	77
A2.4.2	Gebrauchstauglichkeitskriterien für Verformungen und Schwingungen von Straßenbrücken	78
A2.4.3	Schwingungsnachweise für Fußgängerbrücken bei Fußgängeranregung.....	79
A2.4.4	Verformungsnachweise und Schwingungsnachweise bei Eisenbahnbrücken	80
Anhang B (informativ)	Behandlung der Zuverlässigkeit von Tragwerken im Bauwesen	88
B.1	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	88
B.2	Symbole	88
B.3	Differenzierung der Zuverlässigkeit	88
B.3.1	Schadensfolgeklassen	88
B.3.2	Differenzierung von β-Werten.....	89
B.3.3	Differenzierung durch Veränderung der Teilsicherheitsbeiwerte.....	90
B.4	Differenzierung der Kontrollmaßnahmen bei der Planung	90
B.5	Herstellungsüberwachung	91
B.6	Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände	92
Anhang C (informativ)	Grundlagen für die Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten und die Zuverlässigkeitsanalyse.....	93
C.1	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	93
C.2	Symbole	93
C.3	Einführung	94
C.4	Überblick über Zuverlässigkeitsmethoden	94
C.5	Zuverlässigkeitsindex β.....	95
C.6	Zielwerte für den Zuverlässigkeitsindex β.....	96
C.7	Verfahren zur Kalibrierung der Bemessungswerte.....	97
C.8	Möglichkeiten der Zuverlässigkeitsnachweise in den Eurocodes.....	99
C.9	Teilsicherheitsbeiwerte in EN 1990	101
C.10	ψ_0-Beiwerte.....	101
Anhang D (informativ)	Versuchsgestützte Bemessung.....	103
D.1	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	103
D.2	Symbole	103
D.3	Verschiedene Arten von Versuchen.....	105
D.4	Versuchsplanung	106
D.5	Ableitung von Bemessungswerten.....	108
D.6	Allgemeine Prinzipien für die statistische Auswertung.....	109
D.7	Statistische Bestimmung einer einzelnen Eigenschaft	110
D.7.1	Allgemeines	110
D.7.2	Beurteilung mithilfe des charakteristischen Werts	111
D.7.3	Direkte Beurteilung des Bemessungswertes für Tragfähigkeitsnachweise	112
D.8	Statistische Bestimmung von Widerstandsmodellen	112
D.8.1	Allgemeines	112
D.8.2	Standardisiertes Auswerteverfahren (Methode (a))	113
D.8.3	Standardisiertes Auswerteverfahren (Methode (b))	117
D.8.4	Verwendung zusätzlicher Vorinformationen.....	118
Literaturhinweise.....		120

Europäisches Vorwort

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

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

DIN EN 1990:2021-10 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

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.

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 mithilfe 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 Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane der jeweiligen Mitgliedsländer bei der nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte, sodass 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 (BC/CEN/03/89).

DIN EN 1990:2021-10 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

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 stellen allgemeine Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von vollständigen AC *gestrichener Text* AC AC Tragwerken, Bauwerksteilen und tragenden Bauprodukten AC zur Verfügung, sowohl herkömmlicher als auch innovativer Art. Sie 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 Anforderungen in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die europäische Zulassung selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument

- a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
- b) Methoden zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder 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.

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

Der Nationale Anhang darf auch enthalten:

- Festlegungen zur Verwendung der informativen Anhänge;
- Verweisungen auf ergänzende und nicht im Widerspruch stehende Informationen zur Anwendung des Eurocodes(NCI).

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 Vorschriften AC für Bauwerke⁴ konsistent sind. Insbesondere müssen die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind, die die Eurocodes AC verwenden AC, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter diesen zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1990

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

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

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 bestimmt:

- 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 Grundlagendokumentes Nr. 1

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

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

- die Festlegung anderer Einwirkungen und Einwirkungskombinationen,
- Modellierung des Material- und Tragverhaltens,
- die Bestimmung von Zahlenwerten der Zuverlässigkeitsanforderungen

angewendet werden.

Die Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und andere Zuverlässigkeitsparameter gelten als Empfehlungen zur Erreichung eines akzeptablen Zuverlässigkeitsniveaus. Es werden dabei angemessene Fachkenntnisse und Qualitätssicherungsmaßnahmen vorausgesetzt. Daher müssen 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 dürfen. Dazu wird die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1990 einen Nationalen Anhang mit den national festzulegenden Parametern erhalten, mit dem die Tragwerksplanung von Hoch- 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)

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

Allgemeine Abschnitte

Abschnitt	Bezug
A2.1(1) ANMERKUNG 3	Anwendung der Tabelle 2.1: Geplante Nutzungsdauer
A2.2.1(2) ANMERKUNG 1	Kombinationen mit Einwirkungen, die nicht in den Anwendungsbereich von EN 1991 fallen
A2.2.6(1) ANMERKUNG 1	Zahlenwerte für ψ -Beiwerte
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 -Beiwerte 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 -Beiwerte
A2.3.1 Tabelle A2.4(B)	<ul style="list-style-type: none"> — ANMERKUNG 1: Wahl von Gleichung (6.10) oder Gleichung (6.10a)/(6.10b) — ANMERKUNG 2: Zahlenwerte für die Beiwerte γ und ξ — ANMERKUNG 4: Zahlenwerte für γ_{sd}
A2.3.1 Tabelle A2.4(C)	Zahlenwerte für γ -Beiwerte
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 -Beiwerte 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 1990:2021-10

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

Abschnitte zu Straßenbrücken

Abschnitt	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 $\psi_{1,infq}$ -Beiwerte
A2.2.6(1) ANMERKUNG 3	Werte für Wasserkräfte

Abschnitte zu Fußgängerbrücken

Abschnitt	Bezug
A2.2.3(2)	Kombinationsregeln für Wind- und Temperatureinwirkungen
A2.2.3(3)	Kombinationsregeln für Schnee- und Verkehrslasten
A2.2.3(4)	Komfortkriterien für Fußgängerbrücken, die wettergeschützt sind
A2.4.3.2(1)	Komfortkriterien für Fußgängerbrücken

Abschnitte zu Eisenbahnbrücken

Abschnitt	Bezug
A2.2.4(1)	Kombinationsregeln für Schneelasten auf Eisenbahnbrücken
A2.2.4(4)	Höchste Windgeschwindigkeit, die mit Schienenverkehr kompatibel ist
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



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 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.

(3) EN 1990 kann auch für die Planung von Tragwerken aus anderen Baustoffen und mit Einwirkungen, die nicht in EN 1991 bis EN 1999 geregelt sind, herangezogen werden

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

ANMERKUNG Dafür können zusätzliche oder ergänzende Festlegungen 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 Europäischen Normen werden in den normativen Abschnitten zitiert.

EN 1991 *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1992 *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*

EN 1993 *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994 *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*

EN 1995 *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*

EN 1996 *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion 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: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

1.3 Voraussetzungen

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

(2) Die allgemeinen Voraussetzungen von 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 fachgerechte Überwachung und Qualitätskontrolle während der Planung 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 Produktspezifikationen;
- das Tragwerk wird sachgemäß instand gehalten;
- das Tragwerk wird entsprechend den Planungsannahmen genutzt.

ANMERKUNG Es kann Fälle geben, in denen die vorstehenden Voraussetzungen zu ergänzen sind.

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 Begriffsbestimmungen, 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) Alternative Anwendungsregeln, die von denen in EN 1990 abweichen, sind zulässig, sofern nachgewiesen wird, dass die alternativen Regeln die relevanten Anforderungen erfüllen und im Hinblick auf die Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit des Tragwerks, die bei Anwendung des Eurocodes erreicht werden würden, gleichwertig sind.

ANMERKUNG Wird eine Anwendungsregel durch eine alternative Anwendungsregel ersetzt, kann für den daraus resultierenden Entwurf keine vollständige Übereinstimmung mit EN 1990 beansprucht werden, auch wenn Bemessung und Konstruktion den Prinzipien von EN 1990 entsprechen. Wird EN 1990 hinsichtlich einer Eigenschaft in Anhang Z einer Produktnorm oder einer ETAG verwendet, so kann die Anwendung einer alternativen Anwendungsregel die Erteilung des CE-Zeichens ausschließen.

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

1.5 Begriffe

ANMERKUNG Für die Zwecke dieser Europäischen Norm wurden die Begriffe aus ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930 und 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 umfasst Bauwerke des Hoch- und Ingenieurbaus. Er bezieht sich auf das vollständige Bauwerk, das sowohl tragende als auch nicht tragende Bauteile und auch geotechnische Elemente enthält.

1.5.1.2

Art des Bauwerkes des Hoch- oder Ingenieurbaus

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

1.5.1.3

Bauart

Angabe über die hauptsächlich verwendeten tragenden Baustoffe, z. B. Stahlbetonbau, Stahlbau, Holzbau, Mauerwerkbau, 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

tragendes 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 Hoch- bzw. eines Ingenieurbauwerks und die Art und Weise, in der diese Teile zusammenwirken

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

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 Beschaffung, Überwachung und deren Dokumentation

ANMERKUNG Der Begriff umfasst die Arbeiten auf der Baustelle; er kann auch die Fertigung 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

Reihe von physikalischen Bedingungen, die die tatsächlichen Bedingungen innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts repräsentieren, für die die Tragwerksplanung nachweist, dass maßgebende Grenzzustände nicht überschritten werden

1.5.2.3

vorübergehende Bemessungssituation

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

Bemessungssituation, die innerhalb eines Zeitraumes gleich der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerks maßgebend ist

ANMERKUNG Im Allgemeinen bezieht sie sich auf die üblichen Nutzungsbedingungen.

1.5.2.5

außergewöhnliche Bemessungssituation

Bemessungssituation, die außergewöhnliche Bedingungen für das Tragwerk oder dessen Einwirkungen einbezieht, einschließlich Brand, Explosion, Anprall oder örtliches Versagen

1.5.2.6

Berechnung, Bemessung und Konstruktion für den Brandfall

Tragwerksplanung unter Berücksichtigung der Brandschutzanforderungen

1.5.2.7

Bemessungssituation unter Erdbeben

Bemessungssituation, die außergewöhnliche Bedingungen für das Tragwerk einbezieht, wenn dieses einem Erdbeben ausgesetzt ist

1.5.2.8

geplante Nutzungsdauer

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

1.5.2.9

Gefährdung

für die Anwendung von EN 1990 bis EN 1999 ein außergewöhnliches und schwerwiegendes Ereignis, z. B. eine ungewöhnliche Einwirkung oder ein Umwelteinfluss, ungenügende Festigkeit oder ungenügender 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 kompatible Lastanordnungen, Verformungen und Imperfektionen mit vorgegebenen veränderlichen und ständigen Einwirkungen, die für einen bestimmten Nachweis gleichzeitig berücksichtigt werden

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 eines Tragwerks oder eines tragenden Bauteils.

1.5.2.14

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

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

1.5.2.14.1

nicht umkehrbare Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit, die dauerhaft überschritten bleiben, nachdem die für die Überschreitung maßgeblichen Einwirkungen nicht mehr vorliegen

1.5.2.14.2

umkehrbare Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit, die nicht überschritten bleiben, wenn die für die Überschreitung maßgeblichen Einwirkungen nicht mehr vorliegen

1.5.2.14.3

Gebrauchstauglichkeitskriterium

Bemessungskriterium für einen Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

1.5.2.15

Tragfähigkeit

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

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

1.5.2.16

Festigkeit

mechanische Eigenschaft eines Baustoffs, die dessen Fähigkeit angibt, den Einwirkungen standzuhalten, üblicherweise in Spannungseinheiten angegeben

1.5.2.17

Zuverlässigkeit

Fähigkeit eines Tragwerks oder eines tragenden Bauteils, die festgelegten Anforderungen innerhalb der geplanten Nutzungsdauer, zu erfüllen. Die Zuverlässigkeit wird i. d. R. mit probabilistischen Größen angegeben

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

1.5.2.18

Differenzierung der Zuverlässigkeit

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

1.5.2.19

Basisvariable

Variable aus einer bestimmten Menge von Variablen, die physikalische Größen bezeichnen, mit denen Einwirkungen und Umwelteinflüsse, geometrische Größen und Baustoffeigenschaften einschließlich der Eigenschaft des Baugrunds gekennzeichnet werden

1.5.2.20

Instandhaltung

Gesamtheit der Maßnahmen, die während der Nutzungsdauer des Tragwerks durchgeführt werden, um dessen Fähigkeit aufrechtzuerhalten, die Zuverlässigkeitsanforderungen zu erfüllen

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

1.5.2.21

Instandsetzung

Maßnahmen zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des Tragwerks, die über die Definition der Instandhaltung hinausgehen

1.5.2.22

Nennwert

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

1.5.3.2**Auswirkung von Einwirkungen***E*

Ergebnisse der Einwirkungen auf Bauteile (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*

Einwirkung, von der vorausgesetzt wird, dass sie über einen bestimmten Bezugszeitraum wirkt, und deren zeitliche Größenänderung vernachlässigbar ist oder bei der die Änderung bis zum Erreichen eines bestimmten Grenzwertes immer gleichgerichtet stattfindet

1.5.3.4**veränderliche Einwirkung***Q*

Einwirkung, deren zeitliche Größenänderung weder vernachlässigbar ist, noch für die die Änderung immer gleichgerichtet stattfindet

1.5.3.5**außergewöhnliche Einwirkung***A*

Einwirkung, die i. d. R. von kurzer Dauer, aber von bedeutender Größenordnung ist, die während der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerks eher unwahrscheinlich auftritt

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 Tragwerk übertragen wird

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 verschiedene räumliche Verteilungen über das Tragwerk haben kann

1.5.3.10**Einzeleinwirkung**

Einwirkung, von der angenommen werden kann, dass sie statistisch gesehen zeitlich und räumlich von jeder anderen Einwirkung auf das Tragwerk unabhängig ist

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

1.5.3.11

statische Einwirkung

Einwirkung, die keine signifikante Beschleunigung des Tragwerks oder der tragenden Bauteile erzeugt

1.5.3.12

dynamische Einwirkung

Einwirkung, die signifikante Beschleunigungen des Tragwerks oder der tragenden Bauteile erzeugt

1.5.3.13

quasi-statische Einwirkung

dynamische Einwirkung, die durch eine äquivalente statische Ersatzeinwirkung in einem statischen Modell 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 eines „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 mit der gleichen Wahrscheinlichkeit überschritten wird wie die Auswirkung des charakteristischen Wertes einer Einzeleinwirkung. Der Kombinationswert kann mittels des Beiwerts $\psi_0 \leq 1$ als Teil des charakteristischen Wertes angegeben werden.

1.5.3.17

häufiger Wert einer veränderlichen Einwirkung

$\psi_1 Q_k$

Wert der Einwirkung, der — sofern statistisch festlegbar — so gewählt wird, dass entweder der Überschreitungszeitraum nur ein Teil des Bezugszeitraums ist oder die Überschreitungshäufigkeit innerhalb des Bezugszeitraumes auf einen bestimmten Wert beschränkt ist. Der häufige Wert kann mittels des Beiwerts $\psi_1 \leq 1$ 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 gesamte 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 Grenzzustands verwendet wird. Ein repräsentativer 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 Das Produkt aus dem repräsentativen Wert und dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F ($\gamma_F = \gamma_{sd} \times \gamma_f$) kann auch als Bemessungswert der Einwirkung bezeichnet werden (siehe 6.3.2).

1.5.3.22**Kombination von Einwirkungen**

Gesamtheit der Bemessungswerte für den Nachweis der Tragwerkszuverlässigkeit für einen Grenzzustand, bei dem verschiedene Einwirkungen gleichzeitig auftreten

1.5.4 Begriffe im Zusammenhang mit den Eigenschaften von Baustoffen und Bauprodukten**1.5.4.1****charakteristischer Wert** X_k oder R_k

Wert einer Baustoff- oder Bauprodukteigenschaft mit einer vorgeschriebenen Wahrscheinlichkeit, in einer hypothetischen unbegrenzten Prüfreihe nicht erreicht zu werden. Dieser Wert entspricht im Allgemeinen einem festgelegten Fraktile der angenommenen statistischen Verteilung der jeweiligen Eigenschaft des Baustoffs oder Bauprodukts. Ein Nennwert wird unter Umständen als charakteristischer Wert verwendet

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

Wert, der aus dem charakteristischen Wert geteilt durch einen Teilsicherheitsbeiwert γ_m oder γ_M gebildet wird, oder der in besonderen Fällen auch direkt bestimmt wird

1.5.4.3**Nennwert einer Baustoff- oder Produkteigenschaft** X_{nom} oder R_{nom}

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

DIN EN 1990:2021-10 **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 Größe

a_k

Wert, der üblicherweise den bei der Planung festgelegten Maßen entspricht. Soweit notwendig, können die Werte der geometrischen Größen einigen festgelegten Fraktilen der statistischen Verteilung entsprechen

1.5.5.2

Bemessungswert einer geometrischen Größe

a_d

im Allgemeinen ein Nennwert. Soweit notwendig, können die Werte der geometrischen Größen einigen festgelegten Fraktilen der statistischen Verteilung entsprechen

ANMERKUNG Im Allgemeinen entspricht der Bemessungswert einer geometrischen Größe dem charakteristischen Wert. Abweichungen können jedoch auftreten, wenn der betrachtete Grenzzustand sehr empfindlich auf den Wert der geometrischen Größe reagiert, z. B. bei Betrachtung der Auswirkungen von geometrischen Imperfektionen auf das Knicken. In diesen Fällen wird der Bemessungswert normalerweise direkt festgelegt, z. B. in einer geeigneten Europäischen Norm oder Vornorm. Alternativ kann er auf statistischer Grundlage mithilfe eines Werts festgelegt werden, der einem geeigneteren Fraktil entspricht (z. B. einem selteneren Wert) als dem für den charakteristischen Wert gültigen.

1.5.6 Begriffe im Zusammenhang mit der statischen Berechnung

ANMERKUNG Die in diesem Abschnitt enthaltenen Begriffe beziehen sich nicht immer auf Begriffe, die in EN 1990 verwendet werden; sie werden aber hier aufgeführt, um eine Vereinheitlichung der Begriffe, die sich auf die statische Berechnung für EN 1991 bis EN 1999 beziehen, sicherzustellen.

1.5.6.1

statische Berechnung

Methode oder Rechenverfahren zur Ermittlung der Auswirkungen der Einwirkungen 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, Untersuchung eines Querschnittes oder Tragwerkspunktes.

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

elastische Berechnung auf der Grundlage von linearen Spannungs-Dehnungs- oder Momenten-Krümmungs-Gesetzen und durchgeführt an der Geometrie des unverformten Tragwerks

1.5.6.4

linear-elastische Berechnung nach Theorie 1. Ordnung mit Schnittgrößenumlagerung

linear-elastische Berechnung, bei der die inneren Schnittkräfte für die Tragwerksplanung entsprechend den gegebenen äußeren Einwirkungen und ohne explizite Berechnung des Rotationsvermögens modifiziert werden

1.5.6.5**linear-elastische Berechnung nach Theorie 2. Ordnung**

elastische Berechnung unter Verwendung linearer Spannungs-/Dehnungs-Gesetze, angewendet auf die Geometrie des verformten Tragwerks

1.5.6.6**nicht-lineare Berechnung nach Theorie 1. Ordnung**

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

ANMERKUNG Die nicht-lineare Berechnung nach Theorie 1. Ordnung erfolgt entweder elastisch mit geeigneten Annahmen, 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).

1.5.6.7**nicht-lineare Berechnung nach Theorie 2. Ordnung**

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

ANMERKUNG Die nicht-lineare Berechnung nach Theorie 2. Ordnung erfolgt entweder elastisch-ideal-plastisch oder elastisch-plastisch.

1.5.6.8**elastisch-ideal-plastische Berechnung nach Theorie 1. Ordnung**

Berechnung basierend auf Momenten-/Krümmungs-Beziehungen, bestehend aus einem linear-elastischen Teil, gefolgt von einem plastischen Teil ohne Verfestigung, durchgeführt an der Geometrie des unverformten Tragwerks

1.5.6.9**elastisch-ideal-plastische Berechnung nach Theorie 2. Ordnung**

Berechnung basierend auf Momenten-/Krümmungs-Beziehungen, bestehend aus einem linear-elastischen Teil, gefolgt von einem plastischen Teil ohne Verfestigung, durchgeführt an der Geometrie des verformten Tragwerks

1.5.6.10**elastisch-plastische Berechnung AC gestrichener Text AC**

Berechnung basierend auf Spannungs-/Dehnungs- oder Momenten-/Krümmungs-Beziehungen, bestehend aus einem linear-elastischen Teil, gefolgt von einem plastischen Teil mit oder ohne Verfestigung

ANMERKUNG In der Regel wird sie am unverformten Tragwerk durchgeführt, sie kann aber auch auf die Geometrie des verformten Tragwerks angewendet werden.

1.5.6.11**starr-plastische Berechnung**

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

ANMERKUNG Das Momenten-/Krümmungs-Gesetz wird ohne elastische Verformung und ohne Verfestigung angenommen.

1.6 Symbole

AC Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Symbole.

ANMERKUNG Die verwendete Notation beruht auf ISO 3898:1987.

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

Lateinische Großbuchstaben

A	außergewöhnliche Einwirkung
A_d	Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung
A_{Ed}	Bemessungswert einer Einwirkung infolge Erdbeben $A_{Ed} = \gamma_1 A_{Ek}$
A_{Ek}	charakteristischer Wert einer Einwirkung infolge Erdbeben
C_d	Nennwert oder Funktion bestimmter Bemessungs-Materialeigenschaften
E	Auswirkung der Einwirkungen
E_d	Bemessungswert der Auswirkung der Einwirkungen
$E_{d,dst}$	Bemessungswert der Auswirkung von destabilisierenden Einwirkungen
$E_{d,stb}$	Bemessungswert der Auswirkung von stabilisierenden Einwirkungen
F	Einwirkung
F_d	Bemessungswert einer Einwirkung
F_k	charakteristischer Wert einer Einwirkung
F_{rep}	repräsentativer Wert einer Einwirkung
F_w	Windkraft (allgemeingültiges Symbol)
F_{wk}	charakteristischer Wert der Windkraft
F_w^*	mit dem Straßenverkehr kompatible Windkraft
F_w^{**}	mit dem Schienenverkehr kompatible Windkraft
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
$G_{k,j}$	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung j
$G_{k,j,sup}/G_{k,j,inf}$	oberer/unterer charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung j
G_{set}	ständige Einwirkung infolge ungleichmäßiger Setzungen

P	maßgebender repräsentativer Wert einer Vorspannung (siehe EN 1992 bis EN 1996 und EN 1998 bis EN 1999)
P_d	Bemessungswert einer Vorspannung
P_k	charakteristischer Wert einer Vorspannung
P_m	Mittelwert der Vorspannung
Q	veränderliche Einwirkung
Q_d	Bemessungswert einer veränderlichen Einwirkung
Q_k	charakteristischer Wert einer einzelnen veränderlichen Einwirkung
$Q_{k,1}$	charakteristischer Wert der veränderlichen Leiteinwirkung 1
$Q_{k,i}$	charakteristischer Wert der veränderlichen Begleiteinwirkung i
Q_{Sn}	chrakteristischer Wert der Schneelasten
R	Widerstand
R_d	Bemessungswert des Widerstands
R_k	charakteristischer Wert des Widerstands
T	klimateische Temperatureinwirkung (allgemeines Symbol)
T_k	charakteristischer Wert der klimatischen Temperatureinwirkung
X	Baustoffeigenschaft
X_d	Bemessungswert einer Baustoffeigenschaft
X_k	charakteristischer Wert einer Baustoffeigenschaft

Lateinische Kleinbuchstaben

a_d	Bemessungswert einer geometrischen Größe
a_k	charakteristischer Wert einer geometrischen Größe
a_{nom}	Nennwert einer geometrischen Größe
d_{set}	Differenz in der Setzung eines Einzelfundaments oder eines Teils eines Fundaments, bezogen auf ein Bezugsniveau
u	Horizontalverschiebung eines Tragwerks oder eines tragenden Bauteils
w	vertikale Durchbiegung eines tragenden Bauteils

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

Griechische Großbuchstaben

Δa	Änderung einer geometrischen Nenngröße für bestimmte Bemessungszwecke, z. B. die Abschätzung von Auswirkungen von Imperfektionen
Δd_{set}	Unsicherheit in Zusammenhang mit der Beurteilung der Setzung eines Fundaments oder eines Teils eines Fundaments

Griechische Kleinbuchstaben

γ	Teilsicherheitsbeiwert (Sicherheit oder Gebrauchstauglichkeit)
γ_{bt}	maximaler Spitzenwert der Beschleunigung des Brückenüberbaus bei Schotteroberbau
γ_{df}	maximaler Spitzenwert der Beschleunigung des Brückenüberbaus bei direkt befestigten Gleisen
γ_{Gset}	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen infolge Setzungen, unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten
γ_{f}	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen, der die Möglichkeit ungünstiger Abweichungen der Einwirkungen von den repräsentativen Werten berücksichtigt
γ_{F}	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Größenabweichungen
γ_{g}	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, der die Möglichkeit ungünstiger Abweichung der Einwirkungen von den repräsentativen Werten berücksichtigt
γ_{G}	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Größenabweichungen
$\gamma_{\text{G},j}$	Teilsicherheitsbeiwert für die ständige Einwirkung j
$\gamma_{\text{G},j,\text{sup}}/\gamma_{\text{G},j,\text{inf}}$	Teilsicherheitsbeiwert für die ständige Einwirkung j für die Berechnung von oberen/unteren Bemessungswerten
γ_{I}	Bedeutungsbeiwert (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 ungünstiger Abweichungen der Einwirkung von den repräsentativen Werten berücksichtigt
γ_{Q}	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und Größenabweichungen
$\gamma_{\text{Q},i}$	Teilsicherheitsbeiwert für die veränderliche Einwirkung i

γ_{Rd}	Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Modellunsicherheiten des Widerstandsmodells
γ_{Sd}	Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Modellunsicherheiten der Idealisierung der Einwirkungen und/oder Auswirkungen
η	Umrechnungsfaktor
ξ	Abminderungsfaktor
ψ_0	Kombinationsbeiwert einer veränderlichen Einwirkung
ψ_1	Kombinationsbeiwert für den häufigen Wert einer veränderlichen Einwirkung
ψ_2	Kombinationsbeiwert für den quasi-ständigen Wert einer veränderlichen Einwirkung AC

2 Anforderungen

2.1 Grundlegende Anforderungen

(1)P Ein Tragwerk ist so zu planen und auszuführen, dass es während seiner geplanten Nutzungsdauer mit angemessener Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit

- allen möglichen Einwirkungen und Einflüssen bei der Errichtung und Nutzung standhält, und
- AC die festgelegten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerks oder eines tragenden Bauteils erfüllt.

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

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

- eine ausreichende Tragfähigkeit,
- die Gebrauchstauglichkeit, und
- die Dauerhaftigkeit

zu beachten.

(3)P Im Brandfall muss für die geforderte Zeitdauer eine ausreichende Tragfähigkeit vorhanden sein.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1991-1-2.

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

- Explosionen,
- Anprall, und
- menschliches Versagen

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

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

ANMERKUNG 1 Die für ein Projekt zu berücksichtigenden Ereignisse werden zwischen dem Auftraggeber und der zuständigen Behörde festgelegt.

ANMERKUNG 2 Weitere Informationen sind in EN 1991-1-7 enthalten.

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

- Verhinderung, Ausschaltung oder Minderung der Gefährdungen, denen das Tragwerk ausgesetzt sein kann;
- Wahl der Art des Tragsystems, sodass 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 sollten erfüllt werden durch:

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

(7) Die Festlegungen in Abschnitt 2 sollten dahingehend ausgelegt werden, dass der Entwurf und die Bemessung 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 muss die erforderliche Zuverlässigkeit sichergestellt werden,

- a) durch den Entwurf und die Bemessung nach EN 1990 bis EN 1999 und
- b) durch
 - geeignete Ausführung, und
 - Qualitätsmanagementmaßnahmen.

ANMERKUNG Siehe 2.2(5) und Anhang B.

(2) Unter anderem dürfen für die:

- Tragfähigkeit; oder
- Gebrauchstauglichkeit

unterschiedliche Zuverlässigkeitsniveaus angenommen werden.

(3) Bei der Wahl der Zuverlässigkeitsniveaus für ein bestimmtes Tragwerk sollten die maßgeblichen Faktoren beachtet werden, einschließlich:

- der möglichen Ursache und/oder Form des Erreichens eines Grenzzustands;
- der möglichen Versagensfolgen in Hinblick auf das Risiko für Leben, Unversehrtheit von Personen und auf wirtschaftliche Verluste;
- der öffentlichen Einstellung zu dem Versagen;
- der Kosten und Aufwendungen, die notwendig sind, um das Versagensrisiko zu vermindern.

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

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

ANMERKUNG Siehe auch Anhang B.

(5) Die Zuverlässigkeitsniveaus bezüglich der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit können durch geeignete Kombinationen folgender Maßnahmen erreicht werden:

- a) vorbeugende und schützende Maßnahmen (z. B. Einbau von Anprallsicherungen, aktive und passive Brandschutzmaßnahmen, Korrosionsschutzmaßnahmen wie Überzüge oder kathodischer Korrosionsschutz);
- b) Maßnahmen in Zusammenhang mit der statischen Berechnung:
 - repräsentative Werte der Einwirkungen,
 - Wahl der Teilsicherheitsbeiwerte;
- c) Vorkehrungen für das Qualitätsmanagement;
- d) Maßnahmen zur Fehlerreduzierung bei Entwurf, Bemessung und Ausführung des Tragwerks sowie zur Vermeidung grober menschlicher Fehler;
- e) weitere Maßnahmen in Zusammenhang mit den folgenden sonstigen Bemessungsanliegen:
 - die grundlegenden Anforderungen;
 - die Robustheit (Schadenstoleranz);
 - Dauerhaftigkeit in Verbindung mit der Wahl der geplanten Nutzungsdauer;
 - die Art und der Umfang von vorausgehenden Bodenuntersuchungen und Untersuchung möglicher Umwelteinflüsse;
 - die Genauigkeit der verwendeten mechanischen Modelle;
 - konstruktive Durchbildung.
- f) Sicherstellung der geplanten Ausführung, z. B. in Übereinstimmung mit den in EN 1991 bis EN 1999 in Bezug genommenen Ausführungsnormen;
- g) geeignete Überwachung und Instandhaltung entsprechend den Vorgaben der Projektunterlagen.

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

(6) Die Maßnahmen zur Abwehr potentieller Schadensursachen oder Minderung von Schadensfolgen dürfen unter gewissen Umständen in begrenztem Ausmaß ausgetauscht werden, vorausgesetzt, die erforderlichen Zuverlässigkeitsniveaus bleiben dabei erhalten.

2.3 Nutzungsdauer

(1) Die für die Bemessung angenommene Nutzungsdauer sollte festgelegt werden.

ANMERKUNG In Tabelle 2.1 sind Klassen für die in der Bemessung angenommenen Nutzungsdauern angegeben. Die Werte in Tabelle 2.1 dürfen auch für die Betrachtung des zeitabhängigen Verhaltens (z. B. Ermüdungsberechnungen) verwendet werden. Siehe auch Anhang A.

Tabelle 2.1 — Klassen der für die Bemessung angenommenen Nutzungsdauer

Klasse der für die Bemessung angenommenen Nutzungsdauer	Für die Bemessung angenommene Nutzungsdauer (Jahre)	Beispiele
1	10	Tragwerke mit befristeter Standzeit ^a
2	10 bis 25	austauschbare Tragwerksteile, z. B. Kranbahnträger, Lager
3	15 bis 30	landwirtschaftlich genutzte und ähnliche Tragwerke
4	50	Gebäude und andere gewöhnliche Tragwerke
5	100	Monumentale Gebäude, Brücken und andere Ingenieurbauwerke
^a 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 Verschlechterungen über seine gesamte geplante Nutzungsdauer das Verhalten des Tragwerks nicht derart beeinflussen, dass die Anforderungen nicht mehr eingehalten werden ; dabei sind die Umweltbedingungen und die geplanten Instandhaltungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

(2) Um ein Tragwerk mit angemessener Dauerhaftigkeit zu erhalten, sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- die vorgesehene oder vorhersehbare zukünftige Nutzung des Tragwerks;
- die geforderten Entwurfskriterien;
- die erwarteten Umweltbedingungen;
- die Zusammensetzung, die Eigenschaften und das Verhalten der Baustoffe und Bauprodukte;
- die Eigenschaften des Baugrundes;
- die Wahl des Tragsystems;

- die Gestaltung der Bauteile und die Konstruktionsdetails;
- die Qualität der Bauausführung und der Überwachungsaufwand;
- die besonderen Schutzmaßnahmen;
- die geplante Instandhaltung während der geplanten Nutzungsdauer.

ANMERKUNG In den maßgebenden Normen EN 1992 bis EN 1999 werden geeignete Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit festgelegt.

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

(4) Das Ausmaß einer Verschlechterung kann auf Grundlage von Berechnungen, experimentellen Untersuchungen und Erfahrungen mit bereits erstellten Bauwerken oder auf Grundlage einer Kombination daraus abgeschätzt werden.

2.5 Qualitätsmanagement

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

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

ANMERKUNG Sofern zutreffend, ist EN ISO 9001:2000 für Qualitätsmanagementmaßnahmen eine akzeptable Grundlage.

3 Prinzipien der Bemessung nach Grenzzuständen

3.1 Allgemeines

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

ANMERKUNG In einigen Fällen können zusätzliche Nachweise erforderlich sein, z. B. zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit.

(2) Der Nachweis für eine der beiden Arten von Grenzzuständen darf entfallen, wenn ausreichende Kenntnisse belegen, dass sie durch den anderen Grenzzustand 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 Grenzzustände, die von zeitlichen Auswirkungen abhängen (z. B. Ermüdung), sollten auf die geplante Nutzungsdauer des Tragwerks bezogen werden.

ANMERKUNG Die meisten zeitabhängigen Auswirkungen sind kumulativ.

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

3.2 Bemessungssituationen

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

(2)P Die Bemessungssituationen sind wie folgt einzuteilen:

- ständige Bemessungssituationen, die sich auf die üblichen Nutzungsbedingungen beziehen;
- vorübergehende Bemessungssituationen, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände des Tragwerks beziehen, z. B. im Bauzustand oder bei der Instandsetzung;
- außergewöhnliche Bemessungssituationen, die sich auf außergewöhnliche Bedingungen für das Tragwerk oder dessen Beanspruchung beziehen, z. B. auf Brand, Explosionen, Anprall oder Folgen lokalen Versagens;
- Bemessungssituationen bei Erdbeben, die sich auf die Bedingungen bei Erdbebeneinwirkungen auf das Tragwerk beziehen.

ANMERKUNG Informationen zu den spezifischen Bemessungssituationen innerhalb dieser Einteilung sind in EN 1991 bis EN 1999 enthalten.

(3)P 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 betreffen, und/oder
- die Sicherheit des Tragwerks betreffen,

sind als Grenzzustände der Tragfähigkeit einzustufen.

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

ANMERKUNG Die Umstände sind diejenigen, die für ein bestimmtes Bauprojekt zwischen dem Auftraggeber und der zuständigen Behörde festgelegt wurden.

(3) Zustände vor Tragwerksversagen, die zur Vereinfachung anstelle des Versagens selbst betrachtet werden, dürfen als Grenzzustände der Tragfähigkeit behandelt werden.

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

- Gleichgewichtsverlust des Tragwerks oder eines Teils davon, das als starrer Körper betrachtet wird;
- das Versagen durch übermäßige Verformungen bzw. Übergang des Tragwerks oder seiner Teile, einschließlich der Lager und Gründungen, in einen kinematischen Zustand, einen Bruchzustand oder eine instabile Lage;
- Versagen durch Ermüdung oder andere zeitabhängige Auswirkungen.

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

3.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

(1)P Die Grenzzustände, die

- die Funktion des Tragwerks oder der tragenden Bauteile unter normalen Gebrauchsbedingungen betreffen,
- das Wohlbefinden der Nutzer betreffen,
- das Erscheinungsbild des Bauwerks betreffen,

sind als Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit einzustufen.

ANMERKUNG 1 Im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit wird das „Erscheinungsbild“ eher mit großen Durchbiegungen und übermäßiger Rissbildung in Verbindung gebracht als mit ästhetischen Gesichtspunkten.

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

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

(3) Der Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sollte auf den folgenden Kriterien basieren:

a) Verformungen, die :

- das Erscheinungsbild;
- das Wohlbefinden der Nutzer; oder
- die Funktionsfähigkeit des Tragwerks (einschließlich der Funktionsfähigkeit von Maschinen und Installationen) beeinträchtigen;

oder die Schäden an Ausbauten oder an nichttragenden Bauteilen hervorrufen;

b) Schwingungen,

- die bei Personen körperliches Unbehagen hervorrufen, oder
- welche die Funktionsfähigkeit des Tragwerks einschränken;

c) Schäden, die voraussichtlich:

- Erscheinungsbild;
- die Dauerhaftigkeit; oder
- die Funktionsfähigkeit des Tragwerks nachteilig beeinflussen.

ANMERKUNG Weitere Festlegungen zu den Gebrauchstauglichkeitskriterien sind in den maßgebenden Dokumenten der EN 1992 bis EN 1999 enthalten.

3.5 Bemessung nach Grenzzuständen

(1)P Die Bemessung nach Grenzzuständen ist mit Modellen für das Tragsystem und für die Belastung durchzuführen, die für den jeweiligen maßgebenden Grenzzustand zutreffend sind.

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

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

- Einwirkungen,
- Baustoffeigenschaften, oder
- Produkteigenschaften, und
- geometrische Maße

in diesen Modellen verwendet werden.

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

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

(5) Alternativ darf eine Bemessung durchgeführt werden, die direkt auf probabilistischen Verfahren basiert.

ANMERKUNG 1 Die zuständige Behörde kann spezielle Bedingungen für deren Anwendung festlegen.

ANMERKUNG 2 Für Grundlagen von probabilistischen Verfahren siehe Anhang C.

(6)P Die gewählten Bemessungssituationen sind zu betrachten und kritische Lastfälle zu bestimmen.

(7) Für den jeweiligen Nachweis sollten Lastfälle ausgewählt werden, die kompatible Lastanordnungen, Verformungen und Imperfektionen enthalten, die gleichzeitig mit ortsfesten veränderlichen Einwirkungen und ständigen Einwirkungen betrachtet werden sollten.

(8)P Mögliche Abweichungen von den angenommenen Richtungen oder Lagen der Einwirkungen müssen berücksichtigt werden.

(9) Die Modelle für das Tragsystem und für die Belastung können entweder physikalische Modelle oder mathematische Modelle sein.

4 Basisvariablen

4.1 Einwirkungen und Umwelteinflüsse

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 und Straßenbelägen, und indirekte Einwirkungen aus Schwinden oder ungleichmäßigen Setzungen;
- veränderliche Einwirkungen (Q), z. B. Nutzlasten auf Geschossdecken, Trägern und Dächern, Einwirkungen aus Wind oder Schneelasten;
- außergewöhnliche Einwirkungen (A), z. B.: Explosionen oder Fahrzeuganprall.

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

(2) Einige Einwirkungen, z. B. Erdbebeneinwirkungen oder Schneelasten, dürfen in Abhängigkeit vom Bauwerksstandort als außergewöhnliche und/oder veränderliche Einwirkung angesehen werden, siehe EN 1991 und EN 1998.

(3) Einwirkungen durch Wasser dürfen in Abhängigkeit von ihrer zeitlichen Veränderung als ständige und/oder veränderliche Einwirkungen eingestuft werden.

(4)P Einwirkungen müssen auch eingeteilt werden:

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

(5) Eine Einwirkung sollte durch ein Modell beschrieben werden, wobei ihre Größe meistens durch eine skalare Größe angegeben wird, die verschiedene repräsentative Werte annehmen kann.

ANMERKUNG Für einige Einwirkungen und einige Nachweise kann eine komplexere Darstellung der Größen einiger Einwirkungen erforderlich sein.

4.1.2 Charakteristische Werte von Einwirkungen

(1)P Der charakteristische Wert F_k einer Einwirkung ist ihr wichtigster repräsentativer Wert und muss wie folgt festgelegt werden:

- als ein Mittelwert, als oberer oder unterer Wert oder als Nennwert (d. h. ohne Bezug auf eine statistische Verteilung) (siehe EN 1991);
- in 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:

- kann die Streuung von G als gering bezeichnet werden, dann darf ein einziger Wert G_k verwendet werden;
- kann die Streuung von G nicht als gering bezeichnet werden, dann sind zwei Werte zu verwenden: ein oberer Wert $G_{k,sup}$ und ein unterer Wert $G_{k,inf}$.

(3) Die Streuung von G darf vernachlässigt werden, wenn sich G nicht erheblich während der geplanten Nutzungsdauer verändert und der Variationskoeffizient klein ist. G_k sollte 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 zwei Werte verwendet werden, auch wenn der Variationskoeffizient gering ist. Dann ist $G_{k,inf}$ das 5 %-Fraktil und $G_{k,sup}$ das 95 %-Fraktil der statistischen Verteilung von G , die als Gaußsche Verteilung angenommen werden darf.

(5) Das Eigengewicht des Tragwerks darf durch einen einzigen charakteristischen Wert angegeben und auf der Grundlage der Nennmaße und der mittleren Wichten bestimmt werden, siehe EN 1991-1-1.

ANMERKUNG Für Setzungen von Gründungen siehe EN 1997.

DIN EN 1990:2021-10

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

(6) Die Vorspannung (P) sollte als ständige Einwirkung eingestuft werden, die durch kontrolliert auf ein Tragwerk aufgebrachte Kräfte und/oder durch kontrolliert auf ein Tragwerk aufgebrachte Verformungen erzeugt wird. Diese Arten von Vorspannung sollten, soweit relevant, voneinander unterschieden werden (z. B. Vorspannung durch Spannglieder oder Vorspannung durch aufgezwungene Lagerverformung).

ANMERKUNG Die charakteristischen Werte der Vorspannung zum Zeitpunkt t dürfen ein oberer Wert $P_{k,\text{sup}}(t)$ und ein unterer Wert $P_{k,\text{inf}}(t)$ sein. Für die Grenzzustände der Tragfähigkeit kann ein Mittelwert $P_m(t)$ verwendet werden. Genauere Angaben sind in EN 1992 bis EN 1996 und in EN 1999 enthalten.

(7)P Für veränderliche Einwirkungen muss der charakteristische Wert (Q_k)

- entweder einem oberen Wert entsprechen, der für einen bestimmten Bezugszeitraum mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird, oder einem unteren Wert entsprechen, der für einen bestimmten Bezugszeitraum mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit erreicht wird;
- oder als Nennwert angegeben werden, wenn eine statistische Verteilung unbekannt ist.

ANMERKUNG 1 Zahlenwerte werden in den verschiedenen Teilen von EN 1991 angegeben.

ANMERKUNG 2 Der charakteristische Wert der klimatischen Einwirkungen beruht auf der Wahrscheinlichkeit von 0,02, dass der zeitabhängige Teil für einen Bezugszeitraum von einem Jahr überschritten wird. Dies entspricht einer mittleren Wiederkehrperiode für den zeitabhängigen Teil von 50 Jahren. In bestimmten Fällen ist aufgrund der Natur der Einwirkung und/oder der gewählten Bemessungssituation jedoch ein anderes Fraktil und/oder eine andere Wiederkehrperiode angemessener.

(8) Bei außergewöhnlichen Einwirkungen sollte der Bemessungswert A_d für jedes Projekt festgelegt werden.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1991-1-7.

(9) Bei Erdbebeneinwirkungen sollte der Bemessungswert A_{Ed} anhand des charakteristischen Werts A_{Ek} beurteilt oder für jedes Projekt festgelegt werden.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1998.

(10) Für Einwirkungen mit mehreren Komponenten sollte die charakteristische Einwirkung durch eine Gruppe von Werten angegeben werden, die einzeln in den Berechnungen zu berücksichtigen sind.

4.1.3 Weitere repräsentative Werte von veränderlichen Einwirkungen

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

- a) der Kombinationswert, der durch das Produkt $\psi_0 Q_k$ beschrieben wird und für den Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit und der nicht umkehrbaren Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit verwendet wird (siehe Abschnitt 6 und Anhang C);
- b) der häufige Wert, der durch das Produkt $\psi_1 Q_k$ beschrieben wird und für den Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit mit außergewöhnlichen Einwirkungen und für den Nachweis der umkehrbaren Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit verwendet wird.

ANMERKUNG 1 Für Gebäude wird beispielsweise der häufige Wert so gewählt, dass der Zeitraum, in dem er überschritten wird, 0,01 des Bezugszeitraumes beträgt; für die Verkehrsbelastung von Straßenbrücken ist der häufige Wert mit einer Wiederkehrperiode von einer Woche definiert.

ANMERKUNG 2 Der durch das Produkt $\psi_{1,\text{infq}} Q_k$ beschriebene seltene Wert darf nur für den Nachweis bestimmter Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit für Betonbrücken verwendet werden. Der seltene Wert, der nur bei Verkehrslasten auf Straßen (siehe EN 1991-2) definiert ist, hat eine Wiederkehrperiode von einem Jahr. AC

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

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

ANMERKUNG Für Nutzlasten auf Geschossdecken ist der quasi-ständige Wert i. d. R. so festgelegt, dass der Zeitraum, in dem er überschritten wird, 0,50 des Bezugszeitraums beträgt. Der quasi-ständige Wert kann alternativ auch aus der Mittelung über ein bestimmtes Zeitintervall festgelegt werden. Für Windeinwirkungen oder Verkehrslasten auf Straßenbrücken wird der quasi-ständige Wert mit null angesetzt.

4.1.4 Darstellung der Ermüdungseinwirkungen

(1) Die Modelle für Ermüdungseinwirkungen sollten die gleichen Modelle sein, die in den einschlägigen Teilen von EN 1991 für die Bewertung der Bauwerksreaktion auf Lastwechsel für übliche Tragwerke (z. B. für Einfeld- und Durchlaufträger von Brücken, turmartige Bauwerke unter Windbelastung) festgelegt wurden.

(2) Für Tragwerke, für die die Modelle der einschlägigen Teile von EN 1991 nicht zutreffen, sollten die Ermüdungseinwirkungen aus der Auswertung von Messungen oder gleichwertigen Untersuchungen der erwarteten Einwirkungsspektren bestimmt werden.

ANMERKUNG Für die Betrachtung baustoffspezifischer Einflüsse (z. B. die Betrachtung des Einflusses der mittleren Spannung oder nicht-linearer Bauteilreaktionen) siehe EN 1992 bis EN 1999.

4.1.5 Darstellung dynamischer Einwirkungen

ANMERKUNG (1) 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 dynamischen Verstärkungsbeiwerten verursacht werden. AC

ANMERKUNG Die Nutzungsbeschränkungen dieser Lastmodelle sind in den verschiedenen Teilen von EN 1991 beschrieben.

(2) Wenn dynamische Einwirkungen erhebliche Beschleunigungen des Tragwerks erzeugen, sollten dynamische Berechnungen des Tragsystems durchgeführt werden. Siehe 5.1.3 (6).

4.1.6 Geotechnische Einwirkungen

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

4.1.7 Umwelteinflüsse

(1)P Die Umwelteinflüsse, die die Dauerhaftigkeit des Tragwerks beeinflussen könnten, sind bei der Auswahl von Baustoffen, deren Spezifikation, dem Tragwerkskonzept und dessen baulicher Durchbildung zu berücksichtigen.

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

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

(2) Die Auswirkungen von Umwelteinflüssen sollten berücksichtigt und, soweit möglich, auch quantitativ angegeben werden.

4.2 Eigenschaften von Baustoffen und Bauprodukten

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

(2) Wenn ein Nachweis des Grenzzustands empfindlich auf die Veränderlichkeit einer Baustoffeigenschaft reagiert, sollten obere und untere charakteristische Werte der Baustoffeigenschaft berücksichtigt werden.

(3) Soweit nicht anders in EN 1991 bis EN 1999 geregelt, gilt:

- wenn ein unterer Wert einer Baustoff- oder Bauprodukteigenschaft ungünstig ist, sollte der charakteristische Wert als das 5 %-Fraktil festgelegt werden;
- wenn ein oberer Wert einer Baustoff- oder Bauprodukteigenschaft ungünstig ist, sollte der charakteristische Wert als das 95 %-Fraktil festgelegt werden.

(4)P Die Werte der Baustoffeigenschaften sind nach genormten Prüfverfahren unter festgelegten Bedingungen zu bestimmen. Wo notwendig, ist ein Umrechnungsfaktor anzuwenden, mit dem die Prüfergebnisse in Werte umgerechnet werden, die das Verhalten des Baustoffs oder Bauprodukts im Tragwerk oder Baugrund darstellen..

ANMERKUNG Siehe Anhang D und EN 1992 bis EN 1999.

(5) Wenn nicht genügend statistische Daten für die Bestimmung der charakteristischen Werte einer Baustoff- oder Bauprodukteigenschaft zur Verfügung stehen, dürfen Nennwerte als die charakteristischen Werte verwendet werden, oder Bemessungswerte der Eigenschaft dürfen direkt festgelegt werden. Werden obere oder untere Bemessungswerte einer Baustoff- oder Bauprodukteigenschaft direkt festgelegt (z. B. Reibungsbeiwerte, Dämpfungsverhältnisse), so sollten sie so ausgewählt werden, dass ungünstigere Werte die Eintrittswahrscheinlichkeit des betrachteten Grenzzustandes im gleichen Umfang wie andere Bemessungswerte beeinflussen würden.

(6) Wo ein oberer Schätzwert der Festigkeit erforderlich ist (z. B. für die Kapazitätsbemessung und für die Zugfestigkeit von Beton bei der Berechnung der Auswirkungen indirekter Einwirkungen), sollte ein oberer charakteristischer Wert der Festigkeit berücksichtigt werden.

(7) Die zu berücksichtigenden Abminderungen von Baustofffestigkeiten oder Widerstandsfähigkeiten der Bauprodukte aufgrund der Auswirkungen wiederholter Einwirkungen sind in EN 1992 bis EN 1999 angegeben und können zu einer Abminderung der Widerstandsfähigkeit im Verlauf der Zeit aufgrund von Ermüdung führen.

(8) Für Steifigkeitsparameter (z. B. Elastizitätsmoduln, 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 niedrigerer oder höherer Wert als der Mittelwert für den Elastizitätsmodul berücksichtigt werden (z. B. im Fall eines Stabilitätsversagens).

(9) Werte der Baustoff- und Produkteigenschaften sind in EN 1992 bis EN 1999 sowie in den einschlägigen harmonisierten Europäischen Technischen Spezifikationen oder in anderen Dokumenten angegeben. Werden in EN 1992 bis EN 1999 keine Hinweise zur Interpretation von Werten angegeben, die aus Produktnormen stammen, sollten die ungünstigsten Werte verwendet werden.

(10)P Wird ein Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffe oder Bauprodukte benötigt, muss ein konservativer Wert verwendet werden, es sei denn, es liegen geeignete statistische Angaben vor, um die Zuverlässigkeit der gewählten Werte zu beurteilen.

ANMERKUNG Soweit angemessen, sind neuartige Baustoffe oder Bauprodukte mit entsprechender Vorsicht zu behandeln.

4.3 Geometrische Größen

(1)P Geometrische Größen sind durch ihre charakteristischen Werte anzugeben oder (z.B. bei Imperfektionen) direkt durch ihre Bemessungswerte.

(2) Die bei der Tragwerksplanung vorgesehenen Maße dürfen als charakteristische Werte verwendet werden.

(3) Wenn deren statistische Verteilung ausreichend bekannt ist, dürfen die Werte von geometrischen Größen verwendet werden, die einem vorgeschriebenen Fraktil der statistischen Verteilung entsprechen.

(4) Imperfektionen, die bei der Planung von tragenden Bauteilen berücksichtigt werden sollten, sind in EN 1992 bis EN 1999 angegeben.

(5)P Die Maßtoleranzen von verbundenen Bauteilen aus unterschiedlichen Baustoffen müssen miteinander kompatibel sein.

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 Eingangsgrößen zugrunde zu legen.

(2) Die gewählten Tragwerksmodelle sollten mit ausreichender Genauigkeit das Tragwerksverhalten voraussagen. Die Tragwerksmodelle sollten auch für die betrachteten Grenzzustände geeignet sein.

(3)P Die Tragwerksmodelle müssen auf den anerkannten Regeln des Ingenieurwesens und den anerkannten Regeln der Technik beruhen. Falls erforderlich, müssen diese durch Versuche bestätigt werden.

5.1.2 Statische Einwirkungen

(1)P Die Modellierung der statischen Einwirkungen muss auf einer geeigneten Annahme für das Last-Verformungs-Verhältnis der Bauteile und ihrer Verbindungen sowie der Bauteile und dem Baugrund basieren.

(2)P Die Randbedingungen des Modells müssen den geplanten konstruktiven Ausbildungen entsprechen.

(3)P Auswirkungen von Verschiebungen und Verformungen müssen bei den Nachweisen der Grenzzustände der Tragfähigkeit berücksichtigt werden, sofern sie die Auswirkung von Einwirkungen signifikant erhöhen.

ANMERKUNG Konkrete Verfahren für die Berücksichtigung der Auswirkungen von Verformungen sind in EN 1991 bis EN 1999 angegeben.

DIN EN 1990:2021-10

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

(4)P Indirekte Einwirkungen sind bei der Berechnung wie folgt zu berücksichtigen:

- bei linear-elastischer Berechnung direkt oder als äquivalente Kräfte (unter Verwendung geeigneter Steifigkeitsannahmen);
- bei nicht-linearer Berechnung direkt als auferlegte Verformung.

5.1.3 Dynamische Einwirkungen

(1)P Bei der Erstellung des Tragwerksmodells für die Ermittlung der Auswirkungen von Einwirkungen müssen alle maßgebenden tragenden Bauteile mit ihren Massen, Festigkeiten, Steifigkeiten und Dämpfungseigenschaften sowie alle maßgebenden nicht tragenden Bauteile mit ihren Eigenschaften berücksichtigt werden.

(2)P Die Randbedingungen des Modells müssen den für das Tragwerk geplanten Bedingungen entsprechen.

(3) Wenn es angemessen ist, dynamische Einwirkungen als quasi-statische Einwirkungen anzusehen, dürfen die dynamischen Anteile entweder in den statischen Werten enthalten sein oder durch zusätzliche dynamische Verstärkungsbeiwerte für die statischen Einwirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Einige äquivalente dynamische Verstärkungsbeiwerte werden anhand von Eigenfrequenzen ermittelt.

(4) Zur Berücksichtigung der Boden-Bauwerk-Interaktion darf der Beitrag des Baugrunds durch geeignete Federn und Dämpfer modelliert werden.

(5) Soweit maßgeblich (wie bei winderregten Schwingungen oder Erdbebeneinwirkungen), dürfen die Einwirkungen durch eine Modalanalyse basierend auf linearem Material- und Geometrieverhalten festgelegt werden. Für Tragwerke mit regelmäßiger Geometrie, Steifigkeits- und Massenverteilung darf eine explizite Modalanalyse durch eine Analyse mit äquivalenten statischen Einwirkungen ersetzt werden, sofern nur die Grundschiwingung maßgeblich ist.

(6) Die dynamischen Einwirkungen dürfen auch in Form von Zeitverläufen oder im Frequenzbereich angegeben und die Tragwerksreaktionen durch entsprechende Methoden bestimmt werden.

(7) Wenn dynamische Einwirkungen Schwingungen erzeugen, die aufgrund ihrer Amplitude oder Frequenzen die Gebrauchstauglichkeitsgrenzen überschreiten könnten, sollten Nachweise der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit durchgeführt werden.

ANMERKUNG Hinweise für die Beurteilung dieser Grenzen sind in Anhang A und in EN 1992 bis EN 1999 enthalten.

5.1.4 Berechnung und Bemessung im Brandfall

(1)P Die Tragwerksanalyse für den Brandfall muss auf Brandszenarien basieren (siehe EN 1991-1-2) und muss Modelle für die Temperaturentwicklung innerhalb des Tragwerks sowie Modelle für das mechanische Verhalten des Tragwerks bei erhöhten Temperaturen berücksichtigen.

(2) Das erforderliche Tragverhalten im Brandfall sollte entweder durch eine Analyse des Gesamttragwerks, eine Analyse von Tragwerksabschnitten oder eine Analyse von Bauteilen und mithilfe tabellierter Werte oder Versuchsergebnisse durchgeführt werden.

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

- der Nennbrandeinwirkung, oder
- der modellierten Brandeinwirkungen

sowie der Begleiteinwirkungen beurteilt werden.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1991-1-2.

(4) Das Tragverhalten bei erhöhten Temperaturen sollte nach EN 1992 bis EN 1996 und nach EN 1999 mit den dort angegebenen Temperatur- und Tragwerksmodellen beurteilt werden.

(5) Soweit für den spezifischen Baustoff und das Beurteilungsverfahren maßgeblich:

- dürfen Temperaturmodelle auf der Annahme einer gleichmäßigen oder einer nicht gleichmäßigen Temperaturverteilung über den Querschnitt und längs der Bauteile basieren;
- dürfen die Tragwerksmodelle auf die Analyse einzelner Bauteile beschränkt sein oder das Zusammenwirken von Bauteilen im Brandfall berücksichtigen.

(6) Die Modelle für das mechanische Verhalten von tragenden Bauteilen bei erhöhten Temperaturen sollten nicht-linear sein.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1991 bis EN 1999.

5.2 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Die Bemessung darf auf einer Kombination von Versuchen und Berechnungen beruhen.

ANMERKUNG Versuche dürfen z. B. unter folgenden Umständen durchgeführt werden:

- wenn keine zutreffenden Berechnungsmodelle zur Verfügung stehen;
- wenn eine große Anzahl gleichartiger Bauteile verwendet werden soll;
- wenn Annahmen beim Entwurf durch Kontrollen überprüft werden sollen.

Siehe Anhang D.

(2)P Die Ergebnisse der versuchsgestützten Bemessung erzielen das für die jeweilige Bemessungssituation erforderliche Zuverlässigkeitsniveau. Dabei ist die statistische Unsicherheit infolge einer begrenzten Versuchsanzahl zu berücksichtigen.

(3) Es sollten Teilsicherheitsbeiwerte (einschließlich derer für Modellunsicherheit) ähnlich wie in EN 1991 bis EN 1999 gewählt werden.

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. Einwirkungen, die z. B. aus physikalischen Gründen nicht gleichzeitig auftreten können, sollten jedoch nicht gleichzeitig in Kombination berücksichtigt werden.

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

(3) Die Bemessungswerte sollten aus den

- charakteristischen Werten, oder
- anderen repräsentativen Werten

in Kombination mit 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 direkt festzulegen, wenn konservative Werte gewählt werden sollten.

(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 ergeben.

6.2 Einschränkungen

(1) Die Anwendungsregeln in EN 1990 sind auf die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit für Tragwerke mit statischer Belastung beschränkt; dies schließt solche Fälle ein, in denen die dynamischen Auswirkungen mithilfe quasi-statischer Ersatzlasten und dynamischer Verstärkungsbeiwerte, einschließlich Wind- oder Verkehrslasten, beurteilt werden. Für nicht-lineare Berechnungen sowie für Ermüdungsnachweise sollten die in den verschiedenen Teilen von EN 1991 bis EN 1999 angegebenen spezifischen Regeln angewendet werden.

6.3 Bemessungswerte

6.3.1 Bemessungswerte für Einwirkungen

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

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

mit

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

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 Abweichungen der Werte der Einwirkung von den repräsentativen Werten berücksichtigt;

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

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

6.3.2 Bemessungswerte für Auswirkungen von Einwirkungen

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

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

Dabei ist

a_d der Bemessungswert der geometrischen Größen (siehe 6.3.4);

γ_{Sd} ein Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung von Unsicherheiten:

- im Berechnungsmodell der Auswirkungen von Einwirkungen;
- in einigen Fällen im Berechnungsmodell der Einwirkungen.

ANMERKUNG Die Auswirkungen von Einwirkungen hängen in einem allgemeineren Fall von den Baustoffeigenschaften ab.

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

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

mit

$$\gamma_{F,i} = \gamma_{Sd} \times \gamma_{f,i} \quad (6.2b)$$

ANMERKUNG Soweit maßgeblich, z. B. wenn geotechnische Einwirkungen beteiligt sind, können die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{F,i}$ auf die Auswirkungen der einzelnen Einwirkungen angewendet werden, oder es kann nur ein bestimmter Beiwert γ_F auf die Auswirkung der Kombination von Einwirkungen mit den jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerten global angewendet werden.

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

(4) Bei nicht-linearen Berechnungen (d. h. wenn das Verhältnis zwischen Einwirkungen und deren Auswirkungen nicht linear ist) dürfen im Falle einer vorherrschenden Einzeleinwirkung die folgenden vereinfachten Regeln verwendet werden:

- a) wenn die Auswirkung der Einwirkung stärker als die Einwirkung selbst ansteigt, sollte der Teilsicherheitsbeiwert γ_F auf den repräsentativen Wert der Einwirkung angewendet werden;
- b) wenn die Auswirkung der Einwirkung geringer als die Einwirkung selbst ansteigt, sollte der Teilsicherheitsbeiwert γ_F auf die Auswirkung des repräsentativen Werts der Einwirkung angewendet werden.

ANMERKUNG Mit Ausnahme von Seil-, Kabel- und Membrankonstruktionen fallen die meisten Tragwerke bzw. Tragwerkselemente in die Kategorie a).

(5) Soweit in den maßgebenden Normen EN 1991 bis EN 1999 detailliertere Verfahren angegeben sind (z. B. für vorgespannte Konstruktionen), sollten diese den Regeln von 6.3.2(4) vorgezogen werden.

DIN EN 1990:2021-10

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

6.3.3 Bemessungswerte für Eigenschaften von Baustoffen oder Bauprodukten

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

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

Dabei ist

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

η der Mittelwert des Umrechnungsfaktors mit Berücksichtigung von

- Volumen- und Maßstabeffekten,
- Feuchtigkeits- und Temperatúrauswirkungen und
- anderen maßgebenden Parametern;

γ_m der Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoff- oder Bauprodukteigenschaft zur Berücksichtigung

- der Möglichkeit einer ungünstigen Abweichung einer Baustoff- oder Bauprodukteigenschaft von ihrem charakteristischen Wert,
- der Streuung des Umrechnungsfaktors η .

(2) Alternativ darf der Umrechnungsfaktor η in einigen Fällen

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

ANMERKUNG Der Bemessungswert kann wie folgt ermittelt werden:

- anhand empirischer Beziehungen zwischen gemessenen physikalischen Eigenschaften; oder
- anhand der chemischen Zusammensetzung; oder
- anhand von Erfahrungswerten; oder
- anhand von Werten aus Europäischen Normen oder anderen geeigneten Dokumenten.

6.3.4 Bemessungswerte geometrischer Größen

(1) Die Bemessungswerte von geometrischen Größen, wie Abmessungen von Bauteilen, die für die Beurteilung der Auswirkungen von Einwirkungen und/oder der Tragwiderstände verwendet werden, dürfen durch Nennwerte wiedergegeben werden:

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

(2)P Wenn die Auswirkungen von 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 Bemessungswerte der geometrischen Größen wie folgt festzulegen:

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

Dabei berücksichtigt Δa :

- die Möglichkeit ungünstiger Abweichungen von charakteristischen Werten oder Nennwerten;
- die kumulative Wirkung des gleichzeitigen Auftretens mehrerer geometrischer Abweichungen.

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

ANMERKUNG 2 Soweit maßgeblich, enthalten EN 1991 bis EN 1999 weitere Festlegungen.

(3) Die Auswirkungen anderer Abweichungen sollten durch Teilsicherheitsbeiwerte abgedeckt werden:

- auf der Einwirkungsseite (γ_F), und/oder
- auf der Tragwiderstandsseite (γ_M).

ANMERKUNG Toleranzen sind in den einschlägigen Normen zur Ausführung, auf die EN 1990 bis EN 1999 Bezug genommen wird, festgelegt.

6.3.5 Bemessungswert des Widerstands

(1) Der Bemessungswert des Widerstands R_d kann wie folgt angegeben werden:

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

Dabei ist

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

$X_{d,i}$ der Bemessungswert einer Baustoffeigenschaft i .

(2) Die Gleichung (6.6) darf wie folgt vereinfacht werden:

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

Dabei ist

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

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

(3) Alternativ zu Gleichung (6.6a) darf der Bemessungswert des Widerstands direkt aus dem charakteristischen Wert des Widerstands eines Baustoffs oder Bauprodukts ohne explizite Bestimmung von Bemessungswerten einzelner Basisvariablen bestimmt werden:

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

ANMERKUNG Dies gilt für Produkte oder Bauteile aus einem Baustoff (z. B. Stahl) und wird auch im Zusammenhang mit Anhang D „Versuchsgestützte Bemessung“ angewendet.

DIN EN 1990:2021-10

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

(4) Alternativ zu den Gleichungen (6.6a) und (6.6c) kann für Tragwerke oder tragende Bauteile, die mithilfe nicht-linearer Verfahren berechnet werden und aus mehreren Baustoffen gleichzeitig bestehen, oder wenn die Bodenbedingungen für den Bemessungswert des Widerstands eine Rolle spielen, die folgende Gleichung zur Berechnung des Bemessungswerts des Widerstands angewendet 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 kann der Bemessungswert des Widerstands ermittelt werden, indem die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für die einzelnen Widerstände direkt auf die Baustoffeigenschaften angewendet werden.

6.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit

6.4.1 Allgemeines

(1)P Soweit maßgeblich, sind die folgenden Grenzzustände der Tragfähigkeit nachzuweisen:

- a) EQU: Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder eines seiner als starrer Körper betrachteten Teile, bei dem:
 - **[AC]** geringfügige Abweichungen der Größe oder der räumlichen Verteilung der ständigen Einwirkungen, die den gleichen Ursprung haben, von Bedeutung sind; und **[AC]**
 - die Festigkeit von Baustoffen oder des Baugrunds im Allgemeinen keinen Einfluss hat;
- b) STR: inneres Versagen oder übermäßige Verformungen des Tragwerks oder seiner tragenden Teile einschließlich der Fundamente, Pfähle, Wände des Fundamentkörpers usw., wobei die Festigkeit der Baustoffe des Tragwerks entscheidend ist;
- c) GEO: Versagen oder übermäßige Verformungen des Baugrundes, wobei die Festigkeit von Boden oder Fels wesentlich an der Tragsicherheit beteiligt ist;
- d) FAT: Ermüdungsversagen des Tragwerks oder seiner tragenden Teile.

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

[AC]

- 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: hydraulischer Grundbruch, innere Erosion und Piping aufgrund von Grundwassersystemen.

ANMERKUNG Siehe EN 1997. **[AC]**

(2)P Die Bemessungswerte für die Einwirkungen müssen Anhang A entsprechen.

6.4.2 Nachweis der Lagesicherheit und Tragsicherheit

(1)P Bei Betrachtung eines Grenzzustands der Lagesicherheit des Tragwerks (EQU) ist nachzuweisen, dass

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

Dabei ist

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

$E_{d,stab}$ der Bemessungswert der Auswirkung der stabilisierenden Einwirkungen.

(2) Soweit angemessen, darf die Gleichung für einen Grenzzustand der Lagesicherheit durch weitere Elemente ergänzt werden, z. B. durch einen Reibungskoeffizienten bei Reibung zwischen Starrkörpern.

(3)P Bei Betrachtung eines Grenzzustands durch Bruch oder übermäßige Verformung eines Querschnitts, eines Bauteils oder einer Verbindung (STR oder GEO) ist nachzuweisen, dass

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

Dabei ist

E_d der Bemessungswert der Auswirkung von Einwirkungen, wie interne Kräfte, Momente oder ein Vektor, der verschiedene Schnittkräfte- oder momente umfasst;

R_d der Bemessungswert des zugehörigen Tragwiderstandes.

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

ANMERKUNG 2 Gleichung (6.8) deckt nicht alle Nachweisformen für Knicken ab, d. h. ein Versagen, das eintritt, wenn Auswirkungen der Theorie 2. Ordnung durch die Tragwerksreaktion nicht begrenzt werden können, oder durch angemessene Tragwerksreaktion. Siehe EN 1992 bis EN 1999.

6.4.3 Kombination von Einwirkungen (ohne Ermüdungsnachweis)

6.4.3.1 Allgemeines

(1)P Für jeden kritischen Lastfall sind die Bemessungswerte der Auswirkungen von Einwirkungen (E_d) durch Kombination der Werte der Einwirkungen, von denen angenommen wird, dass sie gleichzeitig auftreten, zu bestimmen.

(2) Jede Kombination von Einwirkungen sollte enthalten:

- eine veränderliche Leiteinwirkung, oder
- eine außergewöhnliche Einwirkung.

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

(4)P Wenn die Ergebnisse eines Nachweises sehr empfindlich auf Schwankungen der Werte einer ständigen Einwirkung reagieren, sind die ungünstig wirkenden und die günstig wirkenden Teile dieser Einwirkung als eigenständige Einwirkungen 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 Eigengewichts) nicht voll korreliert sind, darf der Teilsicherheitsbeiwert jeglicher günstig wirkenden Auswirkung abgemindert werden.

ANMERKUNG Für weitere Hinweise hierzu siehe die Abschnitte zu vektoriellen Auswirkungen in EN 1992 bis EN 1999.

DIN EN 1990:2021-10

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

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

ANMERKUNG Für 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) Die allgemeine Form von Auswirkungen sollte folgende sein:

$$E_d = \gamma_{Sd} E \{ \gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{Q,1} Q_{k,1}; \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} j \geq 1; i > 1 \quad (6.9a)$$

(2) Die Kombination der zu berücksichtigenden Auswirkungen von Einwirkungen sollte basieren auf:

- dem Bemessungswert der veränderlichen Leiteinwirkung, und
- den Bemessungswerten der Kombinationswerte der veränderlichen Begleiteinwirkungen :

ANMERKUNG Siehe auch 6.4.3.2(4).

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

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

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

oder alternativ für Nachweise der Grenzzustände mit STR und GEO durch die ungünstigere der beiden folgenden Gleichungen

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

$$\left. \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10b)$$

Dabei ist

“+“ „zu kombinieren mit“;

Σ „die kombinierte Auswirkung von“;

ξ der Reduktionsbeiwert für ungünstig wirkende ständige Einwirkungen G .

ANMERKUNG Weitere Angaben zu dieser Auswahl sind im Anhang A zu finden.

(4) Wenn die Beziehung zwischen den Einwirkungen und ihren Auswirkungen nicht linear ist, sollte Gleichung (6.9a) oder (6.9b), je nach Anstieg der Auswirkungen von Einwirkungen in Relation zum Anstieg der Größe der Einwirkungen, direkt angewendet werden (siehe auch 6.3.2 (4)).

6.4.3.3 Kombinationen von Einwirkungen bei außergewöhnlichen Bemessungssituationen

(1) Die allgemeine Form der Auswirkung von Einwirkungen sollte sein:

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

(2) Die Kombination der Einwirkungen in Klammern { } kann wie folgt angegeben werden:

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

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

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 einem außergewöhnlichen Ereignis erfassen ($A = 0$).

[AC] Für Situationen mit Brandbelastung sollte A_d neben den Temperatúrauswirkungen auf die Baustoffeigenschaften auch den Bemessungswert der indirekten Auswirkungen der thermischen Einwirkung des Brands berücksichtigen. **[AC]**

6.4.3.4 Kombinationen von Einwirkungen für Bemessungssituationen bei Erdbeben

(1) Die allgemeine Form der Auswirkungen von Einwirkungen sollte sein:

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

(2) Die Kombination der Einwirkungen in Klammern { } kann wie folgt angegeben werden:

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

6.4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen

(1) Die Zahlenwerte für die Faktoren γ und ψ für Einwirkungen sollten EN 1991 und Anhang A entnommen werden.

6.4.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe und Bauprodukte

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

6.5 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 des Grenzzustands für das maßgebende Gebrauchstauglichkeitskriterium;

E_d der Bemessungswert der Auswirkungen von Einwirkungen, festgelegt durch das Gebrauchstauglichkeitskriterium, ermittelt auf Grundlage der maßgebenden Einwirkungskombination.

DIN EN 1990:2021-10

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

6.5.2 Gebrauchstauglichkeitskriterien

(1) Die Verformungen, die in Zusammenhang mit den Gebrauchstauglichkeitsanforderungen zu berücksichtigen sind, sollten je nach Art des Bauwerks denen von Anhang A entsprechen oder mit dem Auftraggeber oder der zuständigen Behörde vereinbart werden.

ANMERKUNG Für weitere Gebrauchstauglichkeitskriterien, wie Rissbreite, Spannungs- oder Dehnungsbegrenzungen, Gleitwiderstand, siehe EN 1991 bis EN 1999.

6.5.3 Kombination der Einwirkungen

(1) Die Kombinationen der Einwirkungen, die in den maßgeblichen Bemessungssituationen zu berücksichtigen sind, sollten den Gebrauchstauglichkeitsanforderungen und Tragverhaltenskriterien entsprechen, die nachzuweisen sind, geeignet sein.

(2) Die Kombinationen von Einwirkungen für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit werden durch die folgenden Gleichungen symbolisch definiert (siehe auch 6.5.4):

ANMERKUNG In diesen Gleichungen werden alle Teilsicherheitsbeiwerte mit 1 angenommen. Siehe Anhang A und EN 1991 bis EN 1999.

a) charakteristische Kombination:

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

in der die Kombination der Einwirkungen in der Klammer $\{ \}$ (als charakteristische Kombination bezeichnet) wie folgt angegeben werden kann:

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

ANMERKUNG Die charakteristische Kombination wird i. d. R. für nicht umkehrbare Grenzzustände verwendet.

b) häufige Kombination:

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

in der die Kombination der Einwirkungen in der Klammer $\{ \}$ (als häufige Kombination bezeichnet) wie folgt angegeben werden kann:

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

ANMERKUNG Die häufige Kombination wird i. d. R. für umkehrbare Grenzzustände verwendet.

c) quasi-ständige Kombination:

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

in der die Kombination der Einwirkungen in der Klammer $\{ \}$ (als quasi-ständige Kombination bezeichnet) wie folgt ausgedrückt werden kann:

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

wobei die Bezeichnungen in 1.6 und 6.4.3(1) angegeben sind.

ANMERKUNG Die quasi-ständige Kombination wird i. d. R. für Langzeitauswirkungen und für das Erscheinungsbild des Tragwerks verwendet.

(3) Zur Definition des repräsentativen Werts für die Einwirkung aus Vorspannung (d. h. P_k oder P_m) sollte auf die Regelung in dem einschlägigen Eurocode für den entsprechenden Typ der Vorspannung verwiesen werden.

(4)P Die Auswirkungen der Einwirkungen infolge auferlegter Verformungen sind, sofern wesentlich, zu berücksichtigen.

ANMERKUNG In einigen Fällen benötigen die Gleichungen (6.14) bis (6.16) Modifizierungen. Ausführliche Regeln dazu sind in den einschlägigen Teilen von EN 1991 bis EN 1999 enthalten.

6.5.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe

(1) Für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sollten die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für die Baustoffeigenschaften mit 1,0 angenommen werden, es sei denn, in EN 1992 bis EN 1999 sind andere Werte festgelegt.

Anhang A1 (normativ)

Anwendung im Hochbau

A1.1 Anwendungsbereich

(1) Dieser Anhang A1 enthält Regelungen für die Kombinationen der Einwirkungen im Hochbau. Es werden auch Empfehlungen für Teilsicherheitsbeiwerte für ständige, veränderliche und außergewöhnliche Einwirkungen und ψ -Beiwerte für die Anwendung im Hochbau angegeben.

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

A1.2 Kombinationen der Einwirkungen

A1.2.1 Allgemeines

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

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

ANMERKUNG 2 Wenn aus geographischen Gründen Änderungen der Abschnitte A1.2.1(2) und A1.2.1(3) notwendig sind, kann dies im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(2) Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sollten die Einwirkungskombinationen nach den Gleichungen (6.9a) bis (6.12b) verwendet werden.

(3) Die Einwirkungskombinationen nach den Gleichungen (6.14a) bis (6.16b) sollten für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit verwendet werden.

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

A1.2.2 Kombinationsbeiwerte ψ

(1) Für die Kombinationsbeiwerte ψ sollten Zahlenwerte festgelegt werden.



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

Tabelle A1.1 — Empfohlene Zahlenwerte für ψ -Kombinationsbeiwerte im Hochbau

Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten im Hochbau, Kategorie (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
Kategorie F: Verkehrsflächen, Fahrzeuggewicht ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: Verkehrsflächen, $30 \text{ kN} < \text{Fahrzeuggewicht} \leq 160 \text{ kN}$	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	0,70	0,50	0,20
Sonstige Orte in CEN-Mitgliedstaaten mit einer Höhe $H > 1\,000$ m ü. NN	0,70	0,50	0,20
Sonstige Orte in CEN-Mitgliedsstaaten mit einer Höhe $H \leq 1\,000$ m ü. NN	0,50	0,20	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 ψ -Beiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt sein.			
^a Für nicht ausdrücklich genannte Länder sind die maßgebenden örtlichen Bedingungen zu betrachten.			

A1.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

A1.3.1 Bemessungswerte für Einwirkungen in ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen

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

ANMERKUNG Die Zahlenwerte in Tabelle A1.2 (A) bis Tabelle A1.2 (C) können in den Nationalen Anhängen modifiziert werden, z. B. für unterschiedliche Zuverlässigkeitsniveaus (siehe Abschnitt 2 und Anhang B).

(2) Reagieren die Grenzzustände sehr empfindlich auf die Veränderung der Größe von ständigen Einwirkungen, dann sollten bei Anwendung von Tabelle A1.2(A) bis Tabelle A1.2(C) jeweils die oberen und unteren charakteristischen Werte der Einwirkungen nach 4.1.2(2)P verwendet werden.

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

(4) Die Bemessung von tragenden Bauteilen (STR, siehe 6.4.1), die keine geotechnischen Einwirkungen enthalten, sollte mit den Bemessungswerten der Einwirkungen von Tabelle A1.2(B) geführt werden.

(5) Die Bemessung von tragenden Bauteilen (wie Fundamente, Pfähle, Kellerwände usw.) (STR), die auch geotechnische Einwirkungen und Bodenwiderstände (GEO, siehe 6.4.1) enthalten, sollte nach einem der im

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Folgenden aufgeführten drei Verfahren, ergänzt um geotechnische Einwirkungen und Widerstände, in Verbindung mit EN 1997 geführt werden:

- Verfahren 1: Es werden Bemessungswerte nach Tabelle A1.2(C) und A1.2(B) in getrennten Berechnungen für geotechnische Einwirkungen sowie für die anderen Einwirkungen auf/durch das Tragwerk angewendet. In der Regel werden die Abmessungen der Fundamentkörper durch die Anwendung der Werte aus Tabelle A1.2(C) bestimmt, während für die Bemessung der Tragstruktur des Bauwerks die Werte der Tabelle A1.2(B) maßgebend sind;

ANMERKUNG In einigen Fällen ist die Anwendung dieser Tabellen weitaus umfangreicher, siehe EN 1997.

- Verfahren 2: Sowohl für die geotechnischen Einwirkungen als auch für die sonstigen Einwirkungen aus dem oder auf das Tragwerk werden die Bemessungswerte von Tabelle A1.2(B) verwendet;
- Verfahren 3: Es werden für die geotechnischen Einwirkungen die Bemessungswerte von Tabelle A1.2(C) und gleichzeitig für die sonstigen Einwirkungen aus dem oder auf das Tragwerk die Bemessungswerte von Tabelle A1.2(B) verwendet.

ANMERKUNG Die Auswahl von Verfahren 1, 2 oder 3 wird im Nationalen Anhang angegeben.

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

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

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

Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	Ständige Einwirkungen		Veränderliche Leiteinwirkung ^a	Veränderliche Begleiteinwirkungen	
	Ungünstig	Günstig		Vorherrschende (falls vorhanden)	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 dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die folgenden Werte gelten als Empfehlungswerte für γ:</p> <p>$\gamma_{G,j,sup} = 1,10$</p> <p>$\gamma_{G,j,inf} = 0,90$</p> <p>$\gamma_{Q,1} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>$\gamma_{Q,i} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>ANMERKUNG 2 Für den Fall, dass der Nachweis der Lagesicherheit auch den Widerstand tragender Bauteile einschließt, darf alternativ zu den zwei getrennten Nachweisen nach Tabelle A1.2(A) und Tabelle 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 Werte empfohlen werden. Die empfohlenen Werte dürfen im Nationalen Anhang geändert werden.</p> <p>$\gamma_{G,j,sup} = 1,35$</p> <p>$\gamma_{G,j,inf} = 1,15$</p> <p>$\gamma_{Q,1} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>$\gamma_{Q,i} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)</p> <p>vorausgesetzt, dass der Nachweis mit $\gamma_{G,j,inf} = 1,00$ für den günstig wirkenden Teil und den ungünstig wirkenden Teil der ständigen Einwirkungen keine ungünstigeren Auswirkungen ergibt.</p>					
^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in Tabelle A1.1 angegebenen.					

AC

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

Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	Ständige Einwirkungen		Veränderliche Leiteinwirkung	Veränderliche Begleiteinwirkungen ^a	
	Ungünstig	Günstig		Vorherrschende (falls vorhanden)	Weitere
Gleichung (6.10)	$\gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}p}$	$\gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}nf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

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

ANMERKUNG 1 Die Festlegung der Auswahl von Gleichung (6.10) oder Gleichung (6.10a) und Gleichung (6.10b) erfolgt im Nationalen Anhang. Im Falle von Gleichung (6.10a) und Gleichung (6.10b) darf der Nationale Anhang die Gleichung (6.10a) außerdem so verändern, dass nur ständige Einwirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Die Festlegung der γ - und ξ -Werte darf im Nationalen Anhang erfolgen. Bei Wahl der Gleichung (6.10) oder Gleichung (6.10a) und Gleichung (6.10b) werden die folgenden γ - und ξ -Werte empfohlen.

$\gamma_{G,j,\text{sup}} = 1,35$
 $\gamma_{G,j,\text{inf}} = 1,00$
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$ bei ungünstiger Wirkung (0 bei günstiger Wirkung)
 $\xi = 0,85$ (sodass $\xi \gamma_{G,j,\text{sup}} = 0,85 \times 1,35 \cong 1,15$)

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

ANMERKUNG 3 Die charakteristischen Werte aller ständigen Einwirkungen, die den gleichen Ursprung besitzen, werden mit $\gamma_{G,\text{sup}}$ multipliziert, wenn ihre gesamte Auswirkung ungünstig ist; für den Fall, dass alle ständigen Einwirkungen eine günstige Wirkung verursachen, ist $\gamma_{G,\text{inf}}$ 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 Bei bestimmten Nachweisen können die Werte γ_G und γ_Q in γ_g und γ_q und in den Wert 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

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

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

Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	Ständige Einwirkungen		Veränderliche Leiteinwirkung ^a	Veränderliche Begleiteinwirkungen ^a	
	Ungünstig	Günstig		Vorherrschende (falls vorhanden)	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 dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Folgende Werte werden für γ 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

A1.3.2 Bemessungswerte für Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erdbeben

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit in außergewöhnlichen Bemessungssituationen und bei Erbeben (Gleichung (6.11a) bis Gleichung (6.12b)) sollten mit 1,0 angesetzt werden. Die ψ -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

Bemessungssituation	Ständige Einwirkungen		Außergewöhn- liche Leit- einwirkung oder Einwirkung bei Erdbeben	Veränderliche Begleiteinwirkungen ^b	
	Ungünstig	Günstig		Vorherrschende (falls vorhanden)	Weitere
Außergewöhnlich ^a (Gleichung (6.11a)/ Gleichung (6.11b))	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	A_d	$\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Erdbeben (Gleichung (6.12a)/ Gleichung (6.12b))	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$A_{Ed} = \gamma_1 A_{Ek}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

a Im Falle außergewöhnlicher Bemessungssituationen darf die vorherrschende veränderliche Einwirkung mit ihrem häufigen Wert verwendet werden oder, wie im Fall von Erdbeben, mit ihrem quasi-ständigen Wert. Die Festlegung für die betrachtete außergewöhnliche Einwirkung erfolgt im Nationalen Anhang. Siehe auch EN 1991-1-2.

b Die veränderlichen Einwirkungen sind die in Tabelle A1.1 angegebenen.

AC

A1.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

A1.4.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen

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

**Tabelle A1.4 — Bemessungswerte für Einwirkungen,
die für die Einwirkungskombinationen benutzt werden**

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

A1.4.2 Gebrauchstauglichkeitskriterien

(1) Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit im Hochbau sollten durch Kriterien, z. B. für Deckensteifigkeiten, Höhenunterschiede an Deckenfugen, Schiefstellung von Stockwerken und/oder Gebäuden oder die Steifigkeit von Dächern, definiert werden. Steifigkeitskriterien dürfen als vertikale Durchbiegungsbegrenzungen oder Grenzen für Schwingungen angegeben werden. Schiefstellungskriterien dürfen durch Grenzen für horizontale Verschiebungen ausgedrückt werden.

(2) Für jedes Projekt sollten die Gebrauchstauglichkeitskriterien festgelegt und mit dem Auftraggeber vereinbart werden.

ANMERKUNG Gebrauchstauglichkeitskriterien dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden sein.

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

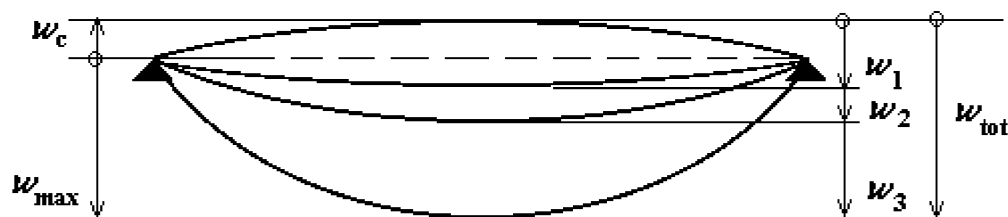
- abhängig von der geplanten Nutzung;
- in Verbindung mit den Gebrauchstauglichkeitsanforderungen nach 3.4;
- unabhängig von den Baustoffen für die tragenden Bauteile.

A1.4.3 Verformungen und horizontale Verschiebungen

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

(2) Vertikale Durchbiegungen sind schematisch in Bild A1.1 dargestellt.

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)



Legende

- w_c Überhöhung im unbelasteten tragenden Bauteil
 w_1 anfänglicher Anteil der Durchbiegung bei ständigen Belastungen der maßgeblichen Einwirkungskombination nach Gleichung (6.14a) bis Gleichung (6.16b)
 w_2 Langzeitanteil der Durchbiegung bei ständigen Belastungen
 w_3 zusätzlicher Anteil der Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen der maßgeblichen Einwirkungskombination nach Gleichung (6.14a) bis Gleichung (6.16b)
 w_{tot} gesamte Durchbiegung als Summe von w_1 , w_2 und w_3
 w_{max} gesamte verbleibende Durchbiegung unter Berücksichtigung der Überhöhung

Bild A1.1 — Definitionen der vertikalen Durchbiegungen

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

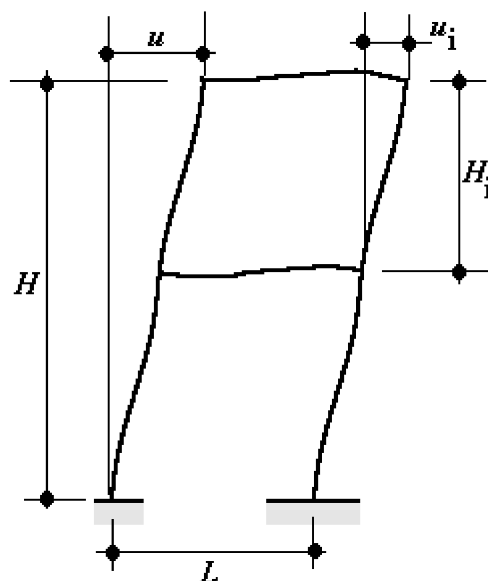
ANMERKUNG Hinweise zur Anwendung von Gleichung (6.14a) bis Gleichung (6.16b) sind in 6.5.3 und EN 1992 bis EN 1999 enthalten.

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

(5) Wird das Wohlbefinden der Nutzer oder der Maschinenbetrieb betrachtet, sollten für den Nachweis auch die Auswirkungen maßgeblicher veränderlicher Einwirkungen berücksichtigt werden.

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

(7) Horizontale Verschiebungen sind schematisch in Bild A1.2 dargestellt.

**Legende**

- u horizontale Gesamtverschiebung über die Gebäudehöhe H
 u_1 horizontale Verschiebung über eine Geschosshöhe H_1

Bild A1.2 — Definitionen der horizontalen Verschiebungen**A1.4.4 Schwingungen**

(1) Um im Gebrauchszustand ein zufriedenstellendes Schwingungsverhalten von Gebäuden und deren tragenden Bauteilen zu erreichen, sollten unter anderem die folgenden Gesichtspunkte betrachtet werden:

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

Weitere Gesichtspunkte sollten für jedes Projekt betrachtet und mit dem Auftraggeber vereinbart werden.

(2) Damit durch Schwingungen die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerks oder eines tragenden Bauteils nicht überschritten werden, sollte die Eigenfrequenz des Tragwerks oder des tragenden Bauteils oberhalb von Grenzwerten gehalten werden, die von der Funktion des Gebäudes und von der Schwingungserregung abhängen und mit dem Auftraggeber und/oder der zuständigen Behörde vereinbart werden sollten.

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

ANMERKUNG Für weitere Hinweise siehe EN 1991-1-1, EN 1991-1-4 und ISO 10137.

(4) Infrage kommende Erregermechanismen, die berücksichtigt werden sollten, sind z.B. Laufen von Personen oder synchronisierte Bewegungen von Personen, Maschinen, bodenübertragene Schwingungen aus Verkehr und Winderregungen. Diese und weitere Erregermechanismen sollten für jedes Projekt mit dem Auftraggeber festgelegt und vereinbart werden.

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Anhang A2 (normativ)

Anwendung für Brücken

A1) Nationaler Anhang zu EN 1990 Anhang A2

Nationale Auswahlmöglichkeiten sind in EN 1990, Anhang A2, zu den folgenden Abschnitten gestattet:

Allgemeine Abschnitte

Abschnitt	Bezug
A2.1(1) ANMERKUNG 3	Anwendung der Tabelle 2.1: Geplante Nutzungsdauer
A2.2.1(2) ANMERKUNG 1	Kombinationen mit Einwirkungen, die nicht in den Anwendungsbereich von EN 1991 fallen
A2.2.6(1) ANMERKUNG 1	Zahlenwerte für ψ -Beiwerte
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 -Beiwerte 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 -Beiwerte
A2.3.1 Tabelle A2.4(B)	— ANMERKUNG 1: Wahl von Gleichung (6.10) oder Gleichung (6.10a)/(6.10b) — ANMERKUNG 2: Zahlenwerte für die Beiwerte γ und ξ — ANMERKUNG 4: Zahlenwerte für γ_{sd}
A2.3.1 Tabelle A2.4(C)	Zahlenwerte für γ -Beiwerte
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 -Beiwerte für Verkehrslasten für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit „Nicht häufige“ Kombination der Einwirkungen
A2.4.1(2)	Gebrauchstauglichkeitsanforderungen und -kriterien für die Berechnung der Verformungen

Abschnitte zu Straßenbrücken

Abschnitt	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 $\psi_{1,\text{infq}}$ -Beiwerte
A2.2.6(1) ANMERKUNG 3	Werte für Wasserkräfte

Abschnitte zu Fußgängerbrücken

Abschnitt	Bezug
A2.2.3(2)	Kombinationsregeln für Wind- und Temperatureinwirkungen
A2.2.3(3)	Kombinationsregeln für Schnee- und Verkehrslasten
A2.2.3(4)	Komfortkriterien für Fußgängerbrücken, die wettergeschützt sind
A2.4.3.2(1)	Komfortkriterien für Fußgängerbrücken

Abschnitte zu Eisenbahnbrücken

Abschnitt	Bezug
A2.2.4(1)	Kombinationsregeln für Schneelasten auf Eisenbahnbrücken
A2.2.4(4)	Höchste Windgeschwindigkeit, die mit Schienenverkehr kompatibel ist
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

DIN EN 1990:2021-10 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

A2.1 Anwendungsbereich

AC gestrichener Text **AC**

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

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

ANMERKUNG 2 Symbole, Bezeichnungen und Modelle der 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 (Geplante 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 dürfen, wie in den Abschnitten A2.2.1 bis A2.2.5 beschrieben, im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt geändert werden.

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

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

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

AC gestrichener Text **AC**

A2.2 Einwirkungskombinationen

A2.2.1 Allgemeines

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

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

ANMERKUNG 1 Kombinationen mit Einwirkungen, die nicht in den Anwendungsbereich von EN 1991 fallen, dürfen 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.

(3) Für den Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit sollten die in Gleichung (6.9a) bis Gleichung (6.12b) angegebenen Einwirkungskombinationen benutzt werden.

ANMERKUNG Die Gleichungen (6.9a) bis (6.12b) gelten nicht für den Nachweis der Grenzzustände durch Ermüdung. Zu Ermüdungsnachweisen siehe EN 1991 bis EN 1999.

(4) Für den Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sollten die in den Gleichungen (6.14a) bis (6.16b) angegebenen Einwirkungskombinationen benutzt werden. In A2.4 sind zusätzliche Regeln 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 maßgeblichen 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 den aus Bauaktivitäten resultierenden Lasten Q_{ca} kombiniert zu 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) während einiger vorübergehender Bemessungssituationen 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) Soweit maßgeblich, sollten die Temperatur- und Wassereinwirkungen zusammen mit den Einwirkungen aus der Bauausführung betrachtet werden. Soweit maßgeblich, sollten die verschiedenen Parameter, die die Wassereinwirkungen und Anteile der Temperatureinwirkungen bestimmen, bei der Festlegung geeigneter Kombinationen mit Lasten aus der Bauausführung 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) Auswirkungen durch ungleichmäßige Setzungen sollten berücksichtigt werden, wenn sie im Vergleich zu den direkten Einwirkungen als signifikant gelten.

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 Beurteilung dieser Setzungen vorhandene Ungenauigkeit berücksichtigt werden.

(15) Ungleichmäßige Setzungen des Tragwerks infolge Bodensenkung sollten als ständige Einwirkung G_{set} klassifiziert werden und in die Kombinationen der Einwirkungen 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

DIN EN 1990:2021-10 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

oder Teilen einer Gründung $d_{\text{set},i}$ (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 das Tragwerk haben (d. h. nachdem das Tragwerk oder ein Teil des Tragwerks statisch unbestimmt wird). Des Weiteren kann bei einem Tragwerk aus Beton oder einem Tragwerk mit Tragwerksteilen aus Beton 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 des Tragwerks angegeben werden.

ANMERKUNG Verfahren zur Beurteilung von Setzungen sind in EN 1997 angegeben.

(17) Wenn keine Kontrollmaßnahmen vorhanden sind, sollte die ständige Einwirkung aus Setzung wie folgt bestimmt werden:

- wahrscheinliche Werte $d_{\text{set},i}$ für alle Einzelfundamente oder Teile des Gründungskörpers,
- zwei Einzelfundamente oder Teile eines einzelnen Gründungskörpers, die so ausgewählt werden, dass sie die ungünstigste Wirkung erzielen, unterliegen einer Setzung $d_{\text{set},i} \pm \Delta d_{\text{set},i}$, wobei $\Delta d_{\text{set},i}$ die Ungenauigkeiten der Setzungsbeurteilung berücksichtigt.

A2.2.2 Kombinationsregeln für Straßenbrücken

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

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf auf die „nicht-häufigen“ 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 die Einwirkungskombination in Klammern $\{ \}$ wie folgt dargestellt werden kann:

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

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

(3) Weder Schneelasten noch Einwirkungen aus Wind brauchen kombiniert zu 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, informativ) mit normalem Verkehr (abgedeckt durch LM1 und LM2) und anderen veränderlichen Einwirkungen dürfen 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 bestimmte geographische Gebiete.

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

(5) Mit dem Lastmodell 1 oder mit der zugehörigen Lastgruppe gr1a sollten keine Windeinwirkungen größer als der kleinere Wert von F_W^* oder $\psi_0 F_{Wk}$ kombiniert werden.

ANMERKUNG Zu Windeinwirkungen siehe EN 1991-1-4.

(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 darf entweder im Nationalen Anhang oder für ein Einzelprojekt eine abweichende Regelung für die gleichzeitige Einwirkung aus Wind und Temperatur festgelegt werden.

A2.2.3 Kombinationsregeln für Fußgängerbrücken

(1) Die konzentrierte Last Q_{fwk} braucht mit keiner anderen veränderlichen Einwirkung kombiniert zu werden, die nicht auf Verkehrslasten zurückzuführen ist.

(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 darf entweder im Nationalen Anhang oder 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 für Fußgängerbrücken kombiniert zu werden, es sei denn, es gibt andere Festlegungen für bestimmte geographische Gebiete oder bestimmte Typen von Fußgängerbrücken.

ANMERKUNG Geographische Gebiete und bestimmte Typen von Fußgängerbrücken, bei denen die Schneelasten mit Lastgruppen gr1 und gr2 in Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen sind, dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(4) Für Fußgängerbrücken, auf denen der Fußgänger- und Radverkehr vollständig vor Witterungseinflüssen geschützt ist, sollten spezifische Einwirkungskombinationen festgelegt werden.

ANMERKUNG Diese Einwirkungskombinationen können im Nationalen Anhang festgelegt oder für das Einzelprojekt vereinbart werden. Es wird empfohlen, ähnliche Einwirkungskombinationen wie im Hochbau anzuwenden (siehe Anhang A1), indem die Nutzlasten durch die maßgebende Lastgruppe ersetzt werden und die ψ -Beiwerte 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 bestimmte geographische Gebiete oder bestimmte Typen von Eisenbahnbrücken.

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

DIN EN 1990:2021-10 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(2) Die zu berücksichtigenden Kombinationen der Einwirkungen, bei denen Einwirkungen aus Verkehrslasten und Einwirkungen aus Wind gleichzeitig wirken, sollten enthalten:

- vertikale Einwirkungen aus Schienenverkehr, einschließlich des dynamischen Beiwerts, und horizontale Einwirkungen aus Schienenverkehr und Wind, wobei jede dieser Einwirkungen jeweils als die Leiteinwirkung der Einwirkungskombination anzusetzen ist.
- AC vertikale Einwirkungen aus Schienenverkehr ohne dynamischen Beiwert, und seitliche Einwirkungen aus Schienenverkehr 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 gr13 oder gr23;
- Lastgruppen gr16, gr17, gr26, gr27 und Lastmodell SW/2 (siehe EN 1991-2, 6.3.3).

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

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

(5) Einwirkungen infolge aerodynamischer Wirkung des Schienenverkehrs (siehe EN 1991-2, 6.6) und Windeinwirkungen sollten miteinander kombiniert werden. Jede dieser Einwirkungen sollte jeweils als veränderliche 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 Kombinationen der Einwirkungen in außergewöhnlichen Bemessungssituationen (ohne Erdbeben)

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

(2) In einer außergewöhnlichen Bemessungssituation mit Fahrzeuganprall (Straßen- oder Schienenverkehr) unter einer Brücke sollten die durch den Verkehr auf die Brücke wirkenden Lasten in den Einwirkungskombinationen als Begleiteinwirkungen mit ihrem häufigen Wert berücksichtigt werden.

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

ANMERKUNG 2 Weitere Einwirkungskombinationen für andere außergewöhnliche Bemessungssituationen (z. B. Kombination von Einwirkungen aus Straßen- oder Schienenverkehr mit Lawinen, Überschwemmung oder Unterspülung) können für ein Einzelprojekt vereinbart werden.

ANMERKUNG 3 Siehe auch „a“ in Tabelle A2.1.

(3) Für eine außergewöhnliche Bemessungssituation auf Eisenbahnbrücken mit Einwirkungen aus der Entgleisung eines Zuges auf der Brücke sollten die Einwirkungen aus Schienenverkehr auf den anderen Gleisen als Begleiteinwirkungen in den Kombinationen mit zugehörigen Kombinationsbeiwerten berücksichtigt werden.

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

ANMERKUNG 2 Außergewöhnliche Bemessungssituationen aus Fahrzeuganprall auf der Brücke einschließlich Einwirkungen aus Entgleisung sind in EN 1991-2, 6.7.1, festgelegt.

(4) Außergewöhnliche Bemessungssituationen mit Schiffsanprall gegen die Brücken sollten festgelegt werden.

ANMERKUNG Für Schiffsanprall siehe EN 1991-1-7. Weitere Anforderungen können für das Einzelprojekt festgelegt werden.

A2.2.6 Zahlenwerte für ψ -Beiwerte

(1) Die Zahlenwerte für ψ -Beiwerte sollten festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Die ψ -Beiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Empfehlungen für die Zahlenwerte der ψ -Beiwerte für Verkehrslastgruppen und sonstige gebräuchlichere 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 Einwirkungen durch Verkehr.

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

Einwirkung	Symbol		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	$\boxed{\text{AC}} 0,40 \boxed{\text{AC}}$	0
	gr4 (LM4 — Menschengedränge)		0	$\boxed{\text{AC}} - \boxed{\text{AC}}$	0
	gr5 (LM3 — Spezialfahrzeuge)		0	$\boxed{\text{AC}} - \boxed{\text{AC}}$	0
Windkräfte	F_{Wk} — Ständige Bemessungssituationen		0,6	0,2	0
	— Bauausführung		0,8	–	0
	F_W^*		1,0	–	–
Temperatureinwirkungen	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 üblichen Verkehrssituationen mit seltener Anhäufung von LKWs. Für andere Straßen- oder Verkehrsklassen 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 Beiwert ψ_2 ungleich null angenommen werden, wenn die Brücke ständig durch einen kontinuierlich fließenden Schwerverkehr beansprucht wird. Siehe auch EN 1998.

^b Der Kombinationsbeiwert für Gehweg- und Radwegbelastung, aufgeführt in EN 1991-2, Tabelle 4.4a, ist ein „abgeminderter Wert“. Die ψ_0 - und ψ_1 -Beiwerte 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 seltene Kombinationen von Einwirkungen verweist, können im Nationalen Anhang 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 der seltene 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 -Beiwerte für Fußgängerbrücken

Einwirkung	Symbol	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
Temperatureinwirkungen	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 Temperatureinwirkungen 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 seltene Wert der veränderlichen Einwirkungen nicht maßgebend.

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

Einwirkungen		ψ_0	ψ_1	ψ_2^d
Komponente der Verkehrseinwirkung ^e	LM71	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 von Verkehrseinwirkungen in Bemessungssituationen, in denen die Verkehrslasten als eine einzige (in mehrere Richtungen wirkende) Leiteinwirkung angesehen werden und nicht als eine Gruppe von Lasten, sollten die gleichen Zahlenwerte der ψ -Beiwerte verwendet werden, die für die zugehörigen vertikalen Lasten verwendet wurden.		
	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	0,80	a	0
	Aerodynamische Wirkungen	0,80	0,50	0

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Einwirkungen			ψ_0	ψ_1	ψ_2^d
Einwirkung des Hauptverkehrs (Lastgruppen)	gr11 (LM71 + SW/0)	Max. vertikal 1 mit max. längs	0,80	0,80	0
	gr12 (LM71 + SW/0)	Max. vertikal 2 mit max. quer			
	gr13 (Bremsen/Anfahren)	Max. längs			
	gr14 (Zentrifugalkraft/Seitenstoß)	Max. seitlich			
	gr15 (unbelastener Zug)	Seitenstabilität mit „unbelastetem Zug“			
	gr16 (SW/2)	SW/2 mit max. längs			
	gr17 (SW/2)	SW/2 mit max. quer	0,80	0,70	0
	gr21 (LM71 + SW/0)	Max. vertikal 1 mit max. längs			
	gr22 (LM71 + SW/0)	Max. vertikal 2 mit max. quer			
	gr23 (Bremsen/Anfahren)	Max. längs			
	gr24 (Zentrifugalkraft/Seitenstoß)	Max. zur Seite			
	gr26 (SW/2)	SW/2 mit max. längs			
	gr27 (SW2)	SW/2 mit max. quer	0,80	0,60	0
	gr31 (LM71 + SW/0)	Zusätzliche Lastfälle			
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
Temperatur-einwirkungen ^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
^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					
^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)					
^c Siehe EN 1991-1-5					
^d Falls Verformungen aus ständigen oder vorübergehenden Bemessungssituationen berücksichtigt werden, sollte ψ_2 für Einwirkungen aus Schienenverkehr mit 1,00 angenommen werden. Für Bemessungssituationen mit Erdbeben siehe Tabelle A2.5.					
^e Die kleinste, gleichzeitig mit den einzelnen Verkehrslastkomponenten wirkende günstige vertikale Last (z. B. Zentrifugalkraft, Traktion oder Bremsen) ist 0,5 LM71 usw.					

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

ANMERKUNG 6 Bei Eisenbahnbrücken ist der seltene Wert von veränderlichen Einwirkungen nicht maßgebend.

AC (2) 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 Leitkomponente der Lastgruppe geltenden ψ -Wert entsprechen.

(3) Im Falle von Eisenbahnbrücken, bei denen Lastgruppen angewendet werden, sollten die Lastgruppen nach EN 1991-2, 6.8.2, Tabelle 6.11, verwendet werden.

(4) 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 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 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 (Gleichung (6.9a) bis Gleichung (6.10b)) sollten Tabelle A2.4(A) bis Tabelle A2.4(C) entsprechen.

ANMERKUNG Die in Tabelle A2.4 ((A) bis Tabelle A2.4(C)) angegebenen Werte dürfen im Nationalen Anhang (z. B. für unterschiedliche Zuverlässigkeitsniveaus, 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 tragende Bauteile ohne geotechnische Einwirkungen sollten mit den in Tabelle A2.4(B) angegebenen Bemessungswerten der Einwirkungen durchgeführt werden.

(5) Tragsicherheitsnachweise (STR) für tragende 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 Bodenwiderstände nach EN 1997, nachgewiesen werden:

- Verfahren 1: In separaten Berechnungen werden zum einen die Bemessungswerte von Tabelle A2.4(C) und zum anderen die Bemessungswerte von Tabelle A2.4(B) für die geotechnischen Einwirkungen und die sonstigen Einwirkungen auf/durch Tragwerke angewendet.
- Verfahren 2: Die Bemessungswerte der Einwirkungen von Tabelle A2.4(B) werden auf die geotechnischen Einwirkungen und die sonstigen Einwirkungen auf/durch Tragwerke angewendet.

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

- Verfahren 3: Die Bemessungswerte der Einwirkungen von Tabelle A2.4(C) werden auf die geotechnischen Einwirkungen angewendet und gleichzeitig werden die Bemessungswerte der Einwirkungen von Tabelle A2.4(B) auf die Einwirkungen auf/durch Tragwerke angewendet.

ANMERKUNG Die Festlegung eines der Verfahren 1, 2 oder 3 ist im Nationalen Anhang enthalten.

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

[AC] (7) Hydraulisch (HYD) und durch Auftriebskräfte (UPL) verursachter Grundbruch (z. B. für die Sohle einer Baugrube eines Brückenfundaments) sollte gegebenenfalls 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 von Kräften durch Eisdruck auf Brückenpfeiler usw. können im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

(8) Die γ_p -Beiwerte, 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 -Beiwerte 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 Begleiteinwirkung in der Kombination.

Bauausführung siehe auch EN 1991-1-6.

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

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

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

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

Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	Ständige Einwirkungen		Vorspannung	Veränderliche Leiteinwirkung ^a	Veränderliche Begleiteinwirkungen ^a	
	Ungünstig	Günstig			Vorherrschende (gegebenenfalls)	Weitere
Gleichung (6.10)	$\gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}}$	$\gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}}$	γ_P^P	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

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

ANMERKUNG 1 Die Auswahl zwischen Gleichung (6.10) oder Gleichung (6.10a) und Gleichung (6.10b) erfolgt im Nationalen Anhang. Im Fall der Wahl von Gleichung (6.10a) und Gleichung (6.10b) kann der Nationale Anhang Gleichung (6.10a) ändern und nur ständige Einwirkungen vorsehen.

ANMERKUNG 2 Die γ - und ξ -Beiwerte können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die folgenden Werte für γ und ξ werden für Gleichung (6.10) oder für Gleichung (6.10a) und Gleichung (6.10b) empfohlen:

$\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35^1)$
 $\gamma_{G,\text{inf}} = 1,00$
 $\gamma_Q = 1,35$ 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⁾
 $\xi = 0,85$ (sodass $\xi \gamma_{G,\text{sup}} = 0,85 \times 1,35 \cong 1,15$).

$\gamma_{G\text{set}} = 1,20$ im Falle von linear-elastischen Berechnungen, und $\gamma_{G\text{set}} = 1,35$ im Falle von nicht-linearen Berechnungen, in Bemessungssituationen mit ungünstigen Auswirkungen der Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen. In Bemessungssituationen, in denen Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen günstige Auswirkungen erzeugen, sind diese Einwirkungen nicht zu berücksichtigen.

Siehe auch EN 1991 bis EN 1999 zu γ -Werten, die für auferlegte Verformungen zu berücksichtigen sind.

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

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

2) Dieser Wert gilt für veränderliche horizontale Erddrücke, 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 Verkehrseinwirkungen mit SW/2 und $\gamma_Q = 1,45$ auf einzelne Komponenten der Verkehrseinwirkungen aus den Lastmodellen LM71, SW/0 und HSLM usw. angewendet werden.

Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	Ständige Einwirkungen		Vorspannung	Veränderliche Leiteinwirkung ^a	Veränderliche Begleiteinwirkungen ^a	
	Ungünstig	Günstig			Vorherrschende (gegebenenfalls)	Weitere
Gleichung (6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_P^P	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	Ständige Einwirkungen		Vorspannung	Veränderliche Leiteinwirkung ^a	Veränderliche Begleiteinwirkungen ^a	
	Ungünstig	Günstig			Einwirkung	Vorherrschende
Gleichung (6.10a)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_P^P		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
Gleichung (6.10b)	$\xi \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_P^P	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

ANMERKUNG 3 Die charakteristischen Werte aller ständigen Einwirkungen, die den gleichen Ursprung besitzen, werden mit $\gamma_{G,sup}$ multipliziert, wenn die gesamte resultierende Auswirkung ungünstig ist, und sie werden mit $\gamma_{G,inf}$ multipliziert, wenn die gesamte resultierende 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 Baustoffe. Siehe aber A2.3.1(2).

ANMERKUNG 4 Bei bestimmten Nachweisen dürfen die Werte γ_G und γ_Q in γ_g und γ_q und den Beiwert γ_{sd} für die Modellunsicherheit aufgeteilt werden. In den meisten Fällen kann für γ_{sd} ein Wert im Bereich von 1,0 bis 1,15 verwendet werden, wobei diese Festlegung im Nationalen Anhang geändert werden darf.

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.

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

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

Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	Ständige Einwirkungen		Vorspannung	Veränderliche Leiteinwirkung ^a	Veränderliche Begleiteinwirkungen ^a	
	Ungünstig	Günstig			Vorherrschende (gegebenenfalls)	Weitere
Gleichung (6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_P^P	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<p>ANMERKUNG Die γ-Werte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Folgende Werte werden für γ 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>$\gamma_Q = 1,30$ für den veränderlichen Teil 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 linear-elastischen Berechnungen oder nicht-linearen 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>						
^a Die veränderlichen Einwirkungen sind die in den Tabellen A2.1 bis A2.3 angegebenen.						



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

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen in Tragsicherheitsnachweisen für außergewöhnliche Bemessungssituationen und Erdbeben (Gleichung (6.11a) bis Gleichung (6.12b)) werden in Tabelle A2.5 angegeben. Die ψ -Beiwerte sind in den Tabellen A2.1 bis A2.3 definiert.

ANMERKUNG Für Bemessungssituationen mit Erdbeben siehe auch EN 1998.

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

Bemessungs-situation	Ständige Einwirkungen		Vorspan-nung	Außergewöhnliche Einwirkungen oder Einwirkung von Erdbeben	Veränderliche Begleiteinwirkungen ^b	
	Ungünstig	Günstig			Vorherrschende (gegebenenfalls)	Weitere
Außergewöhnlich ^a (Gleichungen (6.11a)/(6.11b))	$G_{k,j,\text{sup}}$	$G_{k,j,\text{inf}}$	P	A_d	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$ oder $\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Erdbeben ^c (Gleichungen (6.12a))/(6.12b))	$G_{k,j,\text{sup}}$	$G_{k,j,\text{inf}}$	P	$A_{\text{Ed}} = \gamma_1 A_{\text{Ek}}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

^a Im Falle außergewöhnlicher Bemessungssituationen darf die vorherrschende veränderliche Einwirkung mit ihrem häufigen Wert verwendet werden oder wie bei der Kombination von Einwirkungen bei Erdbeben mit ihrem quasi-ständigen Wert. Die Festlegung erfolgt je nach Art der betrachteten außergewöhnlichen Einwirkung 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 darf besondere Bemessungssituationen für Erdbeben festlegen. Für Eisenbahnbrücken braucht nur eine Spur als belastet angenommen zu werden, und das Lastmodell SW/2 darf 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.



(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:

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

Dabei ist

$Q_{c,k}$ der charakteristische Wert der in EN 1991-1-6 definierten Lasten aus Bauausführung (d. h. 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 spezifische 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 verwendet werden.

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

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

Tabelle A2.6 — Bemessungswerte der Einwirkungen bei den Einwirkungskombinationen



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	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$



ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang kann auch auf die seltene 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 unter Anwendung geeigneter Einwirkungskombinationen nach Gleichung (6.14a) bis Gleichung (6.16b) berechnet werden (siehe Tabelle A2.6), wobei die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und die Unterscheidung zwischen umkehrbaren und nicht umkehrbaren Grenzzuständen berücksichtigt werden sollten.

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

A2.4.2 Gebrauchstauglichkeitskriterien für 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. Abheben kann verhindert werden, indem ein höheres Sicherheitsniveau gefordert wird, 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.

ANMERKUNG 1 Der Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit hinsichtlich Verformungen und Schwingungen ist nur in Ausnahmefällen für Straßenbrücken erforderlich. Für die Beurteilung von 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 durch Verkehrseinwirkungen kann es erforderlich sein, die Komfortkriterien zu berücksichtigen. Es kann erforderlich sein, die Ermüdung zu berücksichtigen.

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) Die Bemessungssituationen (siehe 3.2) sollten in Abhängigkeit von dem Fußgängerverkehr ausgewählt werden, der während der geplanten Nutzungsdauer auf der Fußgängerbrücke zugelassen werden soll.

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 oder des betrachteten Bereichs der Brückenfläche 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 oder dem betrachteten Bereich der Brückenfläche unter Beachtung folgender Ereignisse, soweit maßgeblich, festgelegt werden:

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

ANMERKUNG 1 Diese Verkehrskategorien und die maßgebenden Bemessungssituationen können für ein Einzelprojekt vereinbart werden, nicht nur im Fall von Brücken im innerstädtischen Bereich, sondern auch in der Nähe von Bahnhöfen und Bushaltestellen, Schulen oder anderen gut besuchten Plätzen, an denen sich Menschenansammlungen bilden können, oder jedem bedeutenden öffentlich zugänglichen Gebäude.

ANMERKUNG 2 Die Definition der Bemessungssituationen, die im Zusammenhang mit gelegentlichen festlichen oder sportlichen Ereignissen stehen, hängt davon ab, wie diese Ereignisse durch den zuständigen Eigentümer oder die zuständige Behörde geregelt werden können. In diesem Abschnitt werden dazu keine Nachweisregeln angegeben und spezielle Untersuchungen können hierzu notwendig werden. Einige Informationen zu maßgebenden Bemessungskriterien können der einschlägigen Literatur entnommen werden.

A2.4.3.2 Komfortkriterien für Fußgänger (für die Gebrauchstauglichkeit)

(1) Die Komfortkriterien sollten hinsichtlich der größten annehmbaren Beschleunigungen an einer beliebigen Stelle des Überbaus definiert werden.

ANMERKUNG Die Kriterien können gegebenenfalls im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden. Die folgenden Beschleunigungen (m/s^2) sind die empfohlenen Werte für eine beliebige Stelle des Überbaus:

- i) 0,7 für vertikale Schwingungen,
- ii) 0,2 für horizontale Schwingungen bei normaler Nutzung,
- iii) 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.

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

A2.4.4 Verformungsnachweise und Schwingungsnachweise bei Eisenbahnbrücken

A2.4.4.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt A2.4.4 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, übermäßige 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 angegeben oder implizit in den Steifigkeitskriterien für die Brücke nach A2.4.4.1(2)P enthalten.

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

(2)P Nachweise der Brückenverformungen sind im Sinne der Verkehrssicherheit 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 in jedem Brückenfeld (um angemessene vertikale Gleisradian 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 EN 1991-2, 6.5.4.5.2),
- Verdrillung des Überbaus bezogen auf die Gleisachse an den Auffahrten und im Verlauf der Brücke (um das Risiko der Zugentgleisung zu minimieren — siehe A2.4.4.2.2),

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

- Verdrehung der Überbauenden um die Querachse am Brückenende oder relative Gesamtverdrehung zwischen zwei aneinander angrenzenden Überbauenden (um zusätzliche Schienenspannungen (siehe EN 1991-2, 6.5.4), Abhebekräfte bei Schienenbefestigungen und Winkelabweichungen an Schienenausläufen 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 Gleisradian sicherzustellen — siehe A2.4.4.2.4, Tabelle A2.8),
- 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 Beiwerte für Betriebslastenzüge nach EN 1991-2, 6.4.6.4 und EN 1991-2, Anhang C, enthalten sind.

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

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

A2.4.4.2 Kriterien für die Betriebssicherheit

A2.4.4.2.1 Vertikale Beschleunigung des Überbaus

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

(2) Die Anforderungen für die Ermittlung, ob eine dynamische Berechnung notwendig ist, sind in EN 1991-2, 6.4.4, angegeben.

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

ANMERKUNG Im Allgemeinen brauchen nur die charakteristischen Einwirkungen aus Schienenverkehr nach EN 1991-2, 6.4.6.1, berücksichtigt zu werden.

(4)P Die maximalen Spitzenwerte der Beschleunigungen des Brückenüberbaus, die entlang jedes Gleises berechnet werden, dürfen die folgenden Grenzwerte nicht überschreiten:

- i) γ_{bt} bei Schotteroberbau;
- ii) γ_{df} bei direkt befestigten Gleisen und tragenden Bauteilen, bemessen für den Hochgeschwindigkeitsverkehr.

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

- iii) 30 Hz,
- iv) 1,5-fache Frequenz der ersten Eigenform (Grundschiwingung) des betrachteten Bauteils,
- v) die Frequenz der dritten Eigenform des betrachteten Bauteils

berücksichtigt werden müssen.

ANMERKUNG Die Grenzwerte und zugehörigen Frequenzen dürfen 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 nach EN 1991-2, Abschnitt 6, unter Berücksichtigung der charakteristischen Werte des Lastmodells 71 sowie, falls erforderlich, SW/0 oder SW/2 multipliziert mit Φ und α , und des Lastmodells HSLM einschließlich der Einflüsse aus Fliehkraft 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:

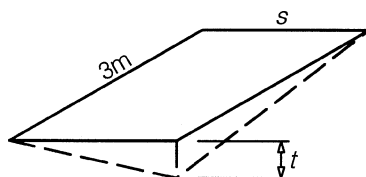


Bild A2.1 — Definition der Verwindung des Überbaus

Tabelle A2.7 — Grenzwerte für die Verwindung des Überbaus

Geschwindigkeitsbereich 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 dürfen 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 dürfen 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 gesamten Brückenverformungen infolge des Schienenverkehrs darf den Wert t_T nicht überschreiten.

ANMERKUNG Die Werte für t_T dürfen 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 Tragwerkskonfigurationen, 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 Durchbiegung infolge Einwirkungen aus Schienenverkehr, gemessen entlang eines beliebigen Gleises, den Wert $L/600$ nicht überschreiten.

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

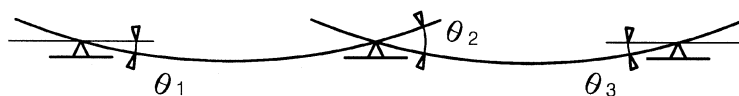


Bild A2.2 — Definition von Winkelverdrehungen an den Überbauenden

(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 dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(3) Es sollten zusätzliche Grenzen für die Winkelverdrehungen an den Überbauenden in der Nähe von Schienenauszügen, Weichen und Kreuzungen usw. festgelegt werden.

ANMERKUNG Die zusätzlichen Grenzen der Winkelverdrehungen dürfen im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

(4) Begrenzungen der vertikalen Verlagerungen an den Brückenüberbauenden, die über die Lager auskragen, sind in EN 1991-2, 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 Beiwert Φ und mit α (bzw. dem Betriebslastenzug mit dem zugehörigen dynamischen Beiwert), mit den Windlasten, Seitenstoß und Zentrifugalkräften nach EN 1991-2, Abschnitt 6, und den Einflüssen aus Temperaturunterschieden in Querrichtung der Brücke zu überprüfen.

(2) Die Querdurchbiegung 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 Querdurchbiegung zwischen dem Überbau und der angrenzenden Spur oder zwischen angrenzenden Überbauten nicht den festgelegten Wert überschreitet.

ANMERKUNG Der Höchstwert der Differenz der Querdurchbiegung darf im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

Tabelle A2.8 — Maximale horizontale Verdrehung und größte Änderung des Krümmungsradius

Geschwindigkeitsbereich V (km/h)	Maximale horizontale Verdrehung (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: $r = \frac{L^2}{8 \delta_h} \quad (A2.7)$			
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 dürfen 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} darf 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 Begrenzungen der Längsverschiebungen an den Brückenenden sind 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 Diese Komfortkategorien und die zugehörigen Grenzwerte dürfen für das Einzelprojekt festgelegt werden. Empfehlungen für Komfortkategorien sind in Tabelle A2.9 angegeben.

Tabelle A2.9 — Empfehlungen für Komfortkategorien

Komfortkategorie	Vertikale Beschleunigungen b_v (m/s ²)
Sehr gut	1,0
Gut	1,3
Ausreichend	2,0

A2.4.4.3.2 Durchbiegungskriterien zum Nachweis des Reisendenkomforts

(1) Um die vertikalen Fahrzeugbeschleunigungen auf die in A2.4.4.3.1(2) angegebenen Werte zu begrenzen, liefert dieser Abschnitt die Werte für die maximal zulässigen vertikalen Durchbiegungen δ entlang der Gleisachse als Funktion der:

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

Alternativ darf die vertikale Beschleunigung b_v durch eine dynamische Berechnung der Fahrzeug-Brücke-Interaktion (siehe A2.4.4.3.3) bestimmt werden.

(2) Die vertikale Durchbiegung δ sollte mit dem Lastmodell 71, multipliziert mit dem Beiwert Φ und mit dem Wert $\alpha = 1,0$ nach EN 1991-2, 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 spezifische 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.

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

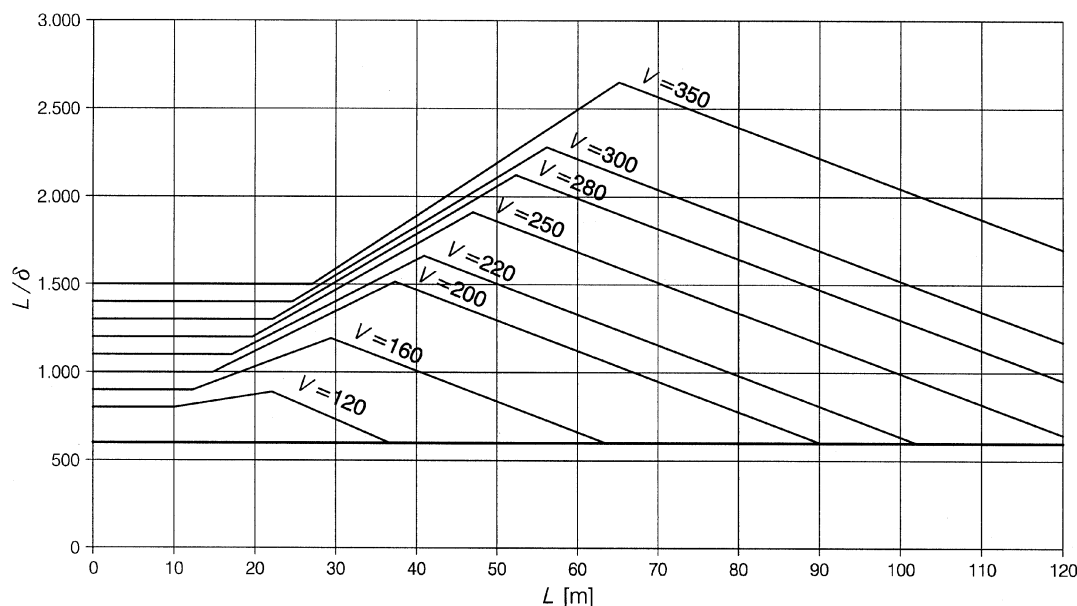


Bild A2.3 — Maximale zulässige vertikale Durchbiegung δ für Eisenbahnbrücken mit 3 oder mehr aufeinander folgenden Einfeldträgern entsprechend einer zulässigen vertikalen Beschleunigung von $b_v = 1 \text{ m/s}^2$ in einem Wagen für die Geschwindigkeiten V [km/h].

(4) Die in Bild A2.3 angegebenen Grenzwerte für L/δ gelten für $b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$, was der Komfortkategorie „sehr gut“ entspricht. Für andere Komfortkategorien und zugehörige maximal 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 für 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 für L/δ mit 0,7 multipliziert werden. Bei drei- oder mehrfeldrigen Durchlaufträgern sollten die in Bild A2.3 angegebenen Werte für L/δ mit 0,9 multipliziert werden.

(6) Die in Bild A2.3 angegebenen Werte für 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 dürfen im Nationalen Anhang oder für das Einzelprojekt festgelegt werden.

A2.4.4.3 Anforderungen an dynamische Berechnungen der Fahrzeug/Brücke-Interaktion zur Überprüfung des Reisendenkomforts

(1) Ist eine dynamische Berechnung der Fahrzeug/Brücke-Interaktion erforderlich, sollten folgende Verhaltensweisen beachtet werden:

- iv) ein ausreichender Geschwindigkeitsbereich bis zur festgelegten maximalen Geschwindigkeit,
- v) charakteristische Belastung des Betriebslastenzuges, festgelegt für das Einzelprojekt in Übereinstimmung mit EN 1991-2, 6.4.6.1.1,
- vi) dynamische Masseninteraktion zwischen den Fahrzeugen des Betriebslastenzuges und dem Tragwerk,
- vii) die Dämpfungs- und Steifigkeitseigenschaften der Fahrzeugaufhängungen,

- viii) eine ausreichende Anzahl von Fahrzeugen, um die maximalen Belastungen im längsten Feld zu erzeugen,
- ix) eine ausreichende Anzahl von Feldern in einem Mehrfeldbauwerk, um Resonanzwirkungen in den Fahrzeugaufhängungen zu erzeugen.

ANMERKUNG Die Anforderung zur Berücksichtigung der Gleisrauigkeit für die dynamische Berechnung unter der Fahrzeug/Brücke-Interaktion darf für das Einzelprojekt festgelegt werden. **A1**

Anhang B (informativ)

Behandlung der Zuverlässigkeit von Tragwerken im Bauwesen

B.1 Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen

(1) Dieser Anhang enthält zusätzliche Hinweise zu 2.2 (Behandlung der Zuverlässigkeit) und zu den entsprechenden Abschnitten in EN 1991 bis EN 1999.

ANMERKUNG In den Eurocodes für die Bemessung, z. B. in EN 1992, EN 1993, EN 1996, EN 1997 und EN 1998 sind Regeln zur Differenzierung der Zuverlässigkeit für bestimmte Aspekte festgelegt.

(2) In diesem Anhang werden folgende Verfahren für die Behandlung der Zuverlässigkeit von Bauwerken (für Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS), nicht Ermüdung) empfohlen:

- a) In Verbindung mit 2.2(5)b werden Schadensfolgeklassen eingeführt, denen angenommene Schadensfolgen und die Gefährdung des Bauwerks zugrunde liegen. B.3 enthält ein Verfahren zur moderaten Anpassung der Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und die Bauteilwiderstände an die Schadensfolgeklassen.

ANMERKUNG Die Differenzierung der Zuverlässigkeit kann durch den Zuverlässigkeitsindex β (siehe Anhang C) ausgedrückt werden, der bekannte oder angenommene statistische Verteilungen der Auswirkungen von Einwirkungen, der Widerstände und der Modellungenauigkeiten berücksichtigt.

- b) In Verbindung mit 2.2(5)c und 2.2(5)d wird in B.4 und B.5 ein Verfahren 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 Qualitäts- und Kontrollmaßnahmen für den Entwurf, die Bemessung und die Ausführung zielen darauf ab, Versagen infolge grober Fehler zu vermeiden und das in der Planung angenommene Beanspruchbarkeitsniveau zu erreichen.

(3) Die Vorgehensweise ist in Form einer Rahmenempfehlung dargestellt, sodass bei Bedarf mit unterschiedlichen Zuverlässigkeitsniveaus gearbeitet werden kann.

B.2 Symbole

In diesem Anhang gelten die folgenden Symbole:

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, en: Consequence Classes) eingeführt werden, bei denen die Auswirkungen des Versagens oder der Funktionsbeeinträchtigung eines Tragwerks nach Tabelle B.1 betrachtet werden.

Tabelle B1 — Definition von Schadensfolgeklassen

Schadens- folgekategorie	Beschreibung	Beispiele im Hochbau oder bei sonstigen Ingenieurbauwerken
CC3	Hohe Folgen für Menschenleben <i>oder sehr große</i> wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle)
CC2	Mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen (z. B. ein Bürogebäude)
CC1	Niedrige Folgen für Menschenleben <i>und kleine oder vernachlässigbare</i> 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 tragenden Bauteile im Hinblick auf Versagensfolgen, siehe B.3.3.

(3) Je nach Tragwerksart und Bemessungsstrategie können im Vergleich zum Gesamttragwerk verschiedene Teile eines Tragwerks der gleichen, einer höheren oder niedrigeren Schadensfolgekategorie zugewiesen werden.

ANMERKUNG Zurzeit sind die Zuverlässigkeitsanforderungen auf die einzelnen tragenden Bauteile eines Bauwerks bezogen.

B.3.2 Differenzierung von β -Werten

(1) Über den Zuverlässigkeitsindex β können Zuverlässigkeitsklassen (RC, en: Reliability Classes) definiert werden.

(2) Die drei Zuverlässigkeitsklassen RC1, RC2 und RC3 können mit den drei Schadensfolgekategorien CC1, CC2 und CC3 verknüpft werden.

(3) Tabelle B.2 enthält Empfehlungen für Mindestwerte des Zuverlässigkeitsindex in Verbindung mit Zuverlässigkeitsklassen (siehe auch Anhang C).

Tabelle B2 — Empfohlene Mindestwerte für den Zuverlässigkeitsindex β (Zustand der Grenztragfähigkeit)

Zuverlässigkeitsklasse	Mindestwerte für β	
	Bezugszeitraum 1 Jahr	Bezugszeitraum 50 Jahre
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

ANMERKUNG Eine Bemessung nach EN 1990 mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach Anhang A1 sowie nach EN 1991 bis EN 1999 führt in der Regel zu einem Tragwerk mit einem β -Wert größer als 3,8 für einen Bezugszeitraum von 50 Jahren. Größere Zuverlässigkeitsklassen als RC 3 für Teile des Tragwerks werden in diesem Anhang nicht weiter betrachtet, da für die betroffenen Bauteile Sonderuntersuchungen erforderlich sind.

B.3.3 Differenzierung durch Veränderung der Teilsicherheitsbeiwerte

(1) Ein Weg der Differenzierung der Zuverlässigkeit besteht in der Klassifizierung nach Teilsicherheitsbeiwerten γ_F für die Grundkombinationen der Einwirkungen für ständige Bemessungssituationen. Beispielsweise kann bei gleichen Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen bei Planung und Ausführung ein Beiwert K_{FI} nach Tabelle B.3 mit den Teilsicherheitsbeiwerten multipliziert werden.

Tabelle B3 — K_{FI} -Faktoren für Einwirkungen

K_{FI} -Beiwert für Einwirkungen	Zuverlässigkeitsklasse		
	RC1	RC2	RC3
K_{FI}	0,9	1,0	1,1

ANMERKUNG Insbesondere für Zuverlässigkeitsklasse RC3 werden in der Regel andere Maßnahmen als die in diesem Anhang beschriebenen für die Anwendung des K_{FI} -Beiwerts bevorzugt. Der K_{FI} -Beiwert sollte nur auf ungünstige Einwirkungen angewendet werden.

(2) Die Differenzierung der Zuverlässigkeit kann auch durch die Teilsicherheitsbeiwerte des Widerstands γ_M erfolgen. Dieses Verfahren ist jedoch nicht gebräuchlich. Eine Ausnahme besteht für den Ermüdungsnachweis (siehe EN 1993), siehe auch B.6.

(3) Begleitende Maßnahmen, wie z. B. die Stufe der Qualitätsüberwachung bei der Planung und Ausführung des Tragwerks, können mit den Klassen von γ_F verbunden werden. Dazu werden in diesem Anhang drei Stufen für Kontrollmaßnahmen während der Planung und Ausführung angegeben. Die Anwendung von mit den Zuverlässigkeitsklassen in Verbindung stehenden Kontrollmaßnahmen während der Planung und Überwachungsmaßnahmen während der Ausführung wird empfohlen.

(4) Aus Wirtschaftlichkeitsgründen kann es zweckmäßig sein, bestimmte Tragwerke (z. B. Beleuchtungsmaste, Leitungsmaste) der Zuverlässigkeitsklasse RC1 zuzuordnen, aber höhere Stufen für Kontrollmaßnahmen für die Planung und Überwachungsmaßnahmen bei der Ausführung anzuwenden.

B.4 Differenzierung der Kontrollmaßnahmen bei der Planung

(1) Die Differenzierung der Kontrollmaßnahmen bei der Planung besteht aus verschiedenen organisatorischen Qualitätssicherungsmaßnahmen, die kombiniert werden können. Beispielsweise kann die Festlegung einer bestimmten Stufe für die Kontrollmaßnahmen in der Planung (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 die Kontrollmaßnahmen bei der Planung (DSL, en: Design Supervision Levels) angegeben. Diese Stufen können mit den Zuverlässigkeitsklassen verknüpft sein, die je nach Bedeutung des Tragwerks und in Übereinstimmung mit nationalen Anforderungen oder den Planungsgrundlagen gefordert werden. Sie können durch geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen umgesetzt werden. Siehe 2.5.

Tabelle B4 — Kontrollmaßnahmen bei der Planung (DSL)

Kontrollmaßnahmen bei der Planung	Merkmale	Empfohlene Mindestanforderungen an die Prüfung von Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen
DSL 3 in Verbindung mit RC 3	Verstärkte Kontrolle	Prüfung durch unabhängige Drittstelle: Prüfung durch eine von der Planungsstelle (Person sowie Organisation) unabhängige Prüfstelle (Fremdüberwachung)
DSL 2 in Verbindung mit RC 2	Normale Kontrolle	Prüfung durch eine vom Aufsteller der Planung unabhängige Person in Übereinstimmung mit den Regeln der Organisation (Eigenüberwachung durch eigene Prüfstelle)
DSL 1 in Verbindung mit RC 1	Normale Kontrolle	Eigenüberwachung: Prüfung durch den Aufsteller der Planung.

(3) Die Differenzierung der Kontrollmaßnahmen bei der Planung kann auch eine Klassifizierung der Planer und/oder Prüfer (Prüfingenieure, Gutachter usw.) je nach Kompetenz, Erfahrung und ihrer organisatorischen Zugehörigkeit bedeuten, abhängig vom entsprechenden Tragwerkstyp und der Bauart.

ANMERKUNG Die Klassifizierung kann von Bauart, Werkstoff und der Art und Form des Tragwerks abhängen.

(4) Die Differenzierung der Kontrollmaßnahmen kann auch in einer detaillierten Beurteilung der Art und Größe von Einwirkungen, denen das Tragwerk standhalten muss, oder in einem System von Maßnahmen zur aktiven oder passiven Überwachung (Begrenzung) dieser Einwirkungen bestehen.

B.5 Herstellungsüberwachung

(1) In Tabelle B.5 werden drei Überwachungsstufen (IL, en: Inspection Levels) für die Herstellung angegeben. Die verschiedenen Überwachungsstufen können mit den gewählten Qualitätsklassen verknüpft sein, die durch verschiedene Qualitätssicherungsmaßnahmen konkretisiert werden. Siehe 2.5. Weitere Hinweise sind in den einschlägigen Ausführungsnormen enthalten, auf die in EN 1992 bis EN 1996 und in EN 1999 Bezug genommen wird.

Tabelle B5 — Überwachungsstufen (IL) für die Herstellung

Überwachungsstufen	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 Die Überwachungsstufen definieren die abzudeckenden Schwerpunkte bei der Überwachung der Produkte und der Bauausführung einschließlich des Überwachungsumfangs. Da die Regeln baustoffabhängig sind, sind sie in den einschlägigen Ausführungsnormen anzugeben.

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

B.6 Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände

(1) Ein Teilsicherheitsbeiwert für eine Baustoff- oder Produkteigenschaft oder einen Bauteilwiderstand kann abgemindert werden, wenn eine höhere Überwachungsklasse als in Tabelle B.5 gefordert und/oder höhere Anforderungen umgesetzt werden.

ANMERKUNG 1 Zum Nachweis der Wirksamkeit dieser Maßnahmen durch Prüfung siehe Abschnitt 5 und Anhang D.

ANMERKUNG 2 Regeln für verschiedene Baustoffe können in EN 1992 bis EN 1999 festgelegt oder genannt sein.

ANMERKUNG 3 Eine solche Abminderung (z.B. wegen Modellunsicherheit oder Streuung der Abmessungen) ist keine Maßnahme zur Differenzierung der Zuverlässigkeit; sie stellt nur eine Kompensationsmaßnahme dar, bei der das Zuverlässigkeitsniveau abhängig von der Wirksamkeit 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. Dieser Anhang stellt auch die Grundlage für den Anhang D dar und liefert Bezüge zu Anhang B.

(2) Dieser Anhang gibt auch Hinweise zur:

- Verwendung der Zuverlässigkeitstheorie,
- Anwendung zuverlässigkeitsorientierter Methoden zur Bestimmung von Bemessungswerten und/oder Teilsicherheitsbeiwerten in den Bemessungsgleichungen mittels Kalibrierung,
- Verwendung der Nachweisverfahren in den Eurocodes.

C.2 Symbole

In diesem Anhang werden die folgenden Symbole verwendet:

Lateinische Großbuchstaben

P_f Versagenswahrscheinlichkeit

$\text{Prob}(.)$ Wahrscheinlichkeit

P_S Überlebenswahrscheinlichkeit

Lateinische Kleinbuchstaben

a geometrische Größe

g Grenzzustandsfunktion

Griechische Großbuchstaben

Φ kumulative Verteilungsfunktion für die standardisierte Normalverteilung

DIN EN 1990:2021-10 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Griechische Kleinbuchstaben

α_E	Wichtungsfaktor nach FORM (Zuverlässigkeitstheorie erster Ordnung) für die Einwirkungsseite
α_R	Wichtungsfaktor nach FORM (Zuverlässigkeitstheorie erster Ordnung) für die Widerstandsseite
β	Zuverlässigkeitsindex
θ	Modellunsicherheit
μ_X	Mittelwert für X
σ_X	Standardabweichung für X
V_X	Variationskoeffizient für X

C.3 Einführung

(1) Bei der Methode mit Teilsicherheitsbeiwerten werden die Basisvariablen (d. h. Einwirkungen, Widerstände und geometrische Größen) durch Anwendung von Teilsicherheitsbeiwerten und ψ -Beiwerten als Bemessungswerte dargestellt und es erfolgt ein Nachweis, um sicherzustellen, dass keine maßgebenden Grenzzustände überschritten wurden. Siehe C.7.

ANMERKUNG Abschnitt 6 geht auf die Bemessungswerte für Einwirkungen und Auswirkungen der Einwirkungen sowie auf die Bemessungswerte für Baustoff- und Bauprodukteigenschaften und geometrische Größen ein.

(2) Prinzipiell können Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und ψ -Beiwerte auf folgende Weise bestimmt werden:

a) durch Kalibrierung an der langjährigen Erfahrung aus dem Bauwesen;

ANMERKUNG Die meisten Teilsicherheitsbeiwerte und ψ -Beiwerte in den derzeit verfügbaren Eurocodes sind auf diese Weise entstanden.

b) durch statistische Auswertung von Versuchsergebnissen oder Messungen und Beobachtungen vor Ort (diese sollte im Rahmen einer probabilistischen Zuverlässigkeitsanalyse durchgeführt werden).

(3) Wird die Vorgehensweise (2)b) entweder als eigenständiges Verfahren oder in Kombination mit (2)a) angewandt, so sollten die Teilsicherheitsbeiwerte für verschiedene Baustoffe und Einwirkungen für die Tragfähigkeitsnachweise so kalibriert werden, dass die Zuverlässigkeitsniveaus an repräsentativen Tragwerken möglichst gut an den Ziel-Zuverlässigkeitsindex angenähert werden. 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 voll-probabilistischen Methoden (Stufe III); und
- die Zuverlässigkeitstheorie 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 klar definierten Annäherungen und führen für die meisten Anwendungen im Bauwesen zu ausreichend genauen Ergebnissen.

(3) Bei den Stufe-II- und Stufe-III-Methoden sollte als Maß für die Zuverlässigkeit die Überlebenswahrscheinlichkeit $P_S = (1 - P_f)$ benutzt werden, wobei P_f die Versagenswahrscheinlichkeit für die betrachtete Versagensart für einen bestimmten Bezugszeitraum ist. Liegt die berechnete Versagenswahrscheinlichkeit höher als eine vorgegebene Zielgröße P_0 , dann sollte das Tragwerk als unsicher betrachtet werden.

ANMERKUNG Die „Versagenswahrscheinlichkeit“ und der zugehörige Zuverlässigkeitsindex (siehe C.5) sind lediglich nominelle Werte, die nicht die wirklichen Versagensraten ausdrücken, sondern als operative Werte 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 einer gleichwertigen Methode ist die versuchsgestützte Bemessung (siehe Anhang D).

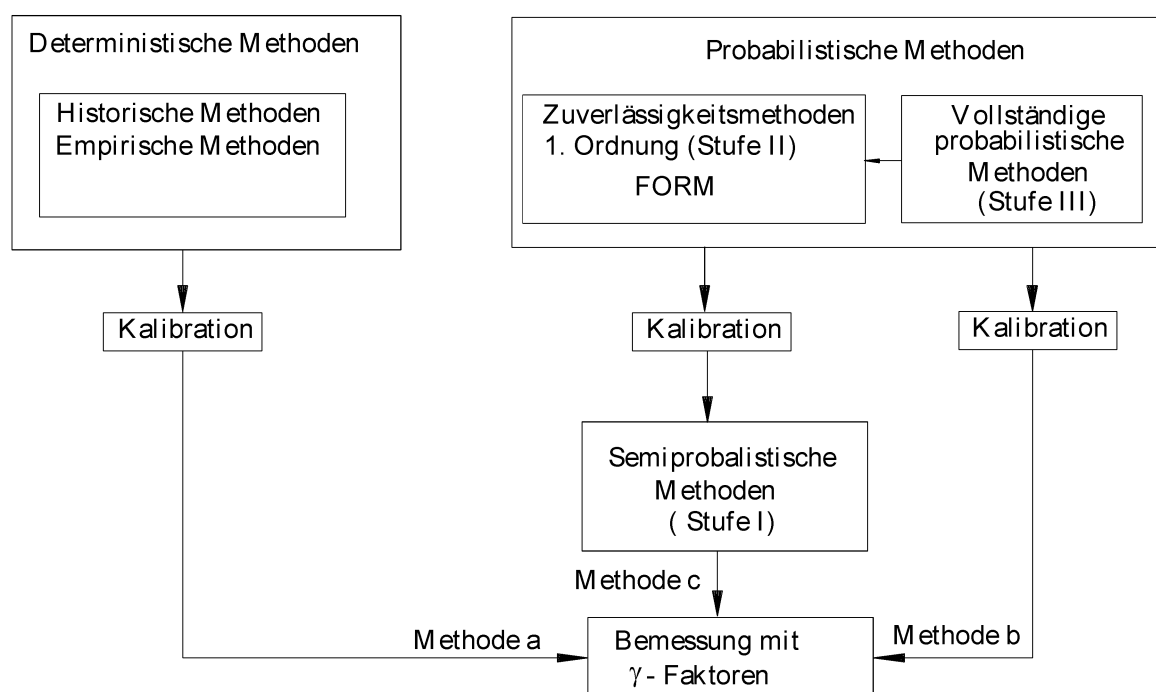


Bild C1 — Überblick über Zuverlässigkeitsmethoden

C.5 Zuverlässigkeitsindex β

(1) Im Rahmen der Stufe-II-Verfahren ist der Zuverlässigkeitsindex β ein alternatives Maß der Zuverlässigkeit, welches mit P_f über folgende Beziehung verbunden ist:

$$P_f = \Phi(-\beta) \quad (C.1)$$

Dabei ist Φ die kumulative Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung. Die Beziehung zwischen Φ und β ist in Tabelle C.1 angegeben.

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle C1 — 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:

$$P_f = \text{Prob}(g \leq 0) \quad (\text{C.2a})$$

Wenn R der Widerstand und E die Auswirkung der Einwirkungen ist, dann lautet die Grenzzustandsfunktion g wie folgt:

$$g = R - E \quad (\text{C.2b})$$

mit R , E und g als Zufallsvariablen.

(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 ; und

σ_g die Standardabweichung von g ist,

sodass

$$\mu_g - \beta\sigma_g = 0 \quad (\text{C.2d})$$

und

$$P_f = \text{Prob}(g \leq 0) = \text{Prob}(g \leq \mu_g - \beta\sigma_g) \quad (\text{C.2e})$$

Bei anderen Verteilungen von g als der Normalverteilung ist β nur ein konventionelles Maß für die Zuverlässigkeit $P_S = (1 - P_f)$.

C.6 Zielwerte für den Zuverlässigkeitsindex β

(1) Tabelle C.2 gibt Zielwerte für den Zuverlässigkeitsindex β für verschiedene Bemessungssituationen für die Bezugszeiträume von 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 die zugrundeliegende Berechnung von β

- wurden üblicherweise lognormale Verteilung oder Weibull-Verteilung für Baustoffeigenschaften, Bauteilwiderstände und Modellunsicherheiten verwendet;
- wurden üblicherweise Normalverteilungen für Eigengewicht verwendet;
- wurde für veränderliche Einwirkungen einfachheitshalber die Normalverteilung verwendet, ausgenommen für Ermüdungseinwirkungen. Extremwertverteilungen wären angemessener.

ANMERKUNG 2 Rührt die wesentliche Unsicherheit von Einwirkungen her, die statistisch unabhängige Jahresmaxima aufweisen, so können die Werte für β für andere Bezugszeiträume mithilfe folgender Gleichung berechnet werden:

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n \quad (\text{C.3})$$

Dabei ist

β_n der Zuverlässigkeitsindex für einen Bezugszeitraum von n Jahren;

β_1 der Zuverlässigkeitsindex für einen Bezugszeitraum von 1 Jahr.

Tabelle C2 — Zielwert des Zuverlässigkeitsindex β für tragende Bauteile^a der Zuverlässigkeitsklasse RC 2

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 des Tragwerks dar.

C.7 Verfahren zur Kalibrierung der Bemessungswerte

(1) Bei der Methode des Zuverlässigkeitsnachweises mit Bemessungswerten (siehe Bild C.1) ist es notwendig, für alle Basisvariablen Bemessungswerte zu bestimmen. Die Bemessung gilt als ausreichend, wenn die Grenzzustände beim Einsetzen der Bemessungswerte in die Berechnungsmodelle nicht überschritten werden. Symbolisch heißt das

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

wobei sich der Index „d“ auf Bemessungswerte bezieht. Auf diese Weise wird nachgewiesen, dass der Zuverlässigkeitsindex β mindestens den Zielwert erreicht.

E_d und R_d können symbolisch wie folgt dargestellt werden:

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

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

Dabei ist

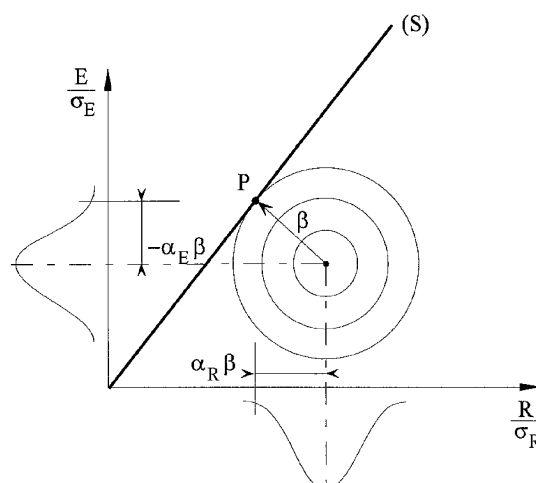
E die Auswirkung der Einwirkung;

R der Bauwerkswiderstand;

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

- F eine Einwirkung;
 X eine Baustoffeigenschaft;
 a eine geometrische Größe;
 θ eine Modellunsicherheit.

Bei besonderen Grenzzuständen (z. B. bei Ermüdung) ist eine allgemeinere Formulierung zur Beschreibung des Grenzzustands erforderlich.



- (S) Grenzzustandsfunktion $g = R - E = 0$
 P Bemessungspunkt

Bild C2 — 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 normalisierten Variablen, wie schematisch in Bild C.2 dargestellt.

(3) Die Bemessungswerte für die Auswirkungen E_d der Einwirkungen und für die Bauwerkswiderstände R_d sollten so festgelegt werden, dass die ungünstigeren Werte mit folgender Wahrscheinlichkeit auftreten:

$$P(E > E_d) = \Phi(+\alpha_E \beta) \quad (C.6a)$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta) \quad (C.6b)$$

Dabei sind

- β der Zielwert des Zuverlässigkeitsindex (siehe C.6);
 α_E und α_R mit $|\alpha| \leq 1$ Wichtungsfaktoren nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung (FORM). Der Wert α ist für ungünstige Einwirkungen und 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 der Einwirkungen bzw. für die Widerstände in Gleichung (C.6a) und Gleichung (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 sollte Gleichung (C.8a) nur für die Leiteinwirkung verwendet werden. Für die Begleiteinwirkungen dürfen die Bemessungswerte wie folgt festgelegt werden:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \times 0,7 \times \beta) = \Phi(-0,28\beta) \quad (\text{C.9})$$

ANMERKUNG Die Werte nach Gleichung (C.9) entsprechen bei $\beta = 3,8$ ungefähr dem 90 %-Fraktile.

(6) Die in Tabelle C.3 angegebenen Gleichungen sollten verwendet werden, um die Bemessungswerte für Variablen, deren Verteilungsfunktionen bekannt sind, abzuleiten.

Tabelle C3 — Bemessungswerte für verschiedene Verteilungsfunktionen

Verteilung	Bemessungswerte
Normal	$\mu - \alpha\beta\sigma$
Lognormal	$\mu \exp(-\alpha\beta V)$ für $V = \sigma/\mu < 0,2$
Gumbel	$u - \frac{1}{a} \ln\{-\ln\Phi(-\alpha\beta)\}$ Dabei ist $u = \mu - \frac{0,577}{a}$; $a = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$

ANMERKUNG In diesen Gleichungen 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 Teilsicherheitsbeiwerts für veränderliche Einwirkungen besteht darin, den Bemessungswert durch den repräsentativen oder charakteristischen Wert zu teilen.

C.8 Möglichkeiten der Zuverlässigkeitsnachweise in den Eurocodes

(1) In EN 1990 bis EN 1999 werden in der Regel die Bemessungswerte der Basisvariablen, X_d und F_d , nicht direkt in die Bemessungsgleichungen der Teilsicherheitsbeiwerte eingesetzt. Vielmehr werden ihre repräsentativen Werte X_{rep} und F_{rep} eingesetzt, nämlich:

- die charakteristischen Werte, d. h. Werte mit definierter oder geplanter Überschreitungswahrscheinlichkeit, z. B. für Einwirkungen, Baustoffeigenschaften und geometrische Größen (siehe 1.5.3.14, 1.5.4.1 bzw. 1.5.5.1);

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

— Nennwerte, die wie charakteristische Werte für Baustoffeigenschaften (siehe 1.5.4.3) und wie Bemessungswerte für geometrische Größen (siehe 1.5.5.2) behandelt werden.

(2) Die repräsentativen Werte X_{rep} und F_{rep} sollten durch die/mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte(n) dividiert bzw. multipliziert werden, um die Bemessungswerte X_d und F_d zu erhalten.

ANMERKUNG Siehe auch Gleichung (C.10).

(3) Bemessungswerte für Einwirkungen, F , für Baustoffeigenschaften, X , und für geometrische Größen, a , werden in Gleichung (6.1), Gleichung (6.3) und Gleichung (6.4) angegeben.

Wird ein oberer Wert für den Bemessungswiderstand verwendet (siehe 6.3.3), nimmt die Gleichung (6.3) die folgende Form an:

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

Dabei ist γ_{fM} ein geeigneter Faktor größer als 1.

ANMERKUNG Gleichung (C.10) kann im Fall der Kapazitätsbemessung zur Anwendung kommen.

(4) Bemessungswerte für Modellungenauigkeiten, auf das gesamte Modell bezogen, können durch die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Sd} und γ_{Rd} in die Bemessungsgleichungen integriert werden, sodass sich folgende Gleichungen ergeben:

$$E_d = \gamma_{Sd} E \{ \gamma_{gj} G_{kj}; \gamma_P P; \gamma_{q1} Q_{k1}; \gamma_{qi} \psi_{0i} Q_{ki}; a_d \dots \} \quad (\text{C.11})$$

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

(5) Der ψ -Beiwert, der die Abminderung 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 Gleichung (C.11) und Gleichung (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 ist die allgemeine Form durch Gleichung (6.6) gegeben, und weitere Vereinfachungen können in den materialspezifischen Eurocodes enthalten sein. Es sollten nur dann Vereinfachungen vorgenommen werden, wenn dadurch das Zuverlässigkeitsniveau nicht reduziert wird.

ANMERKUNG In den Eurocodes sind auch nicht-lineare Widerstands- und Einwirkungsmodelle und solche mit mehreren Variablen anzutreffen. In diesen Fällen werden die vorstehend 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 C.3 hervor.

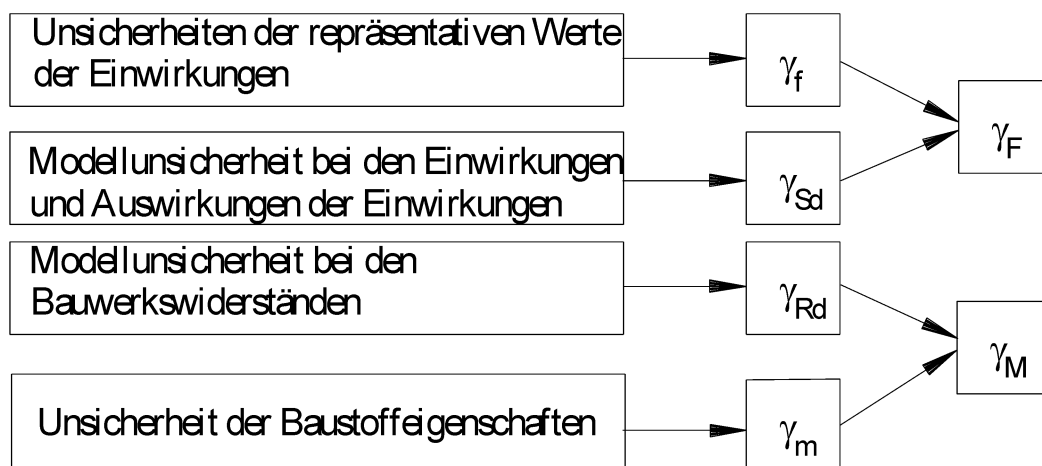


Bild C3 — Beziehung zwischen den einzelnen Teilsicherheitsbeiwerten

C.10 ψ_0 -Beiwerte

- (1) Die Tabelle C.4 liefert Gleichungen für die Bestimmung der ψ_0 -Beiwerte (siehe Abschnitt 6) für den Fall von zwei veränderlichen Einwirkungen.
- (2) Die Gleichungen 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 der größere Grundzeitraum;
 - die Einwirkungsgrößen sind während der jeweiligen 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 . Diese Verteilungsfunktionen sind Gesamtfunktionen, welche die Wahrscheinlichkeit berücksichtigen, dass eine Einwirkungsgröße in bestimmten Zeiträumen null ist.

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Tabelle C4 — Ausdrücke für ψ_0 für den Fall mit zwei veränderlichen Einwirkungen

Verteilung	$\psi_0 = \frac{F_{\text{Begleiteinwirkung}}}{F_{\text{Leiteinwirkung}}}$
Allgemein	$\frac{F_s^{-1}\{\Phi(0,4\beta')^{N_1}\}}{F_s^{-1}\{\Phi(0,7\beta)^{N_1}\}}$ <p>mit $\beta' = -\Phi^{-1}\left\{\frac{\Phi(-0,7\beta)}{N_1}\right\}$</p>
Näherung für sehr große Werte N_1	$\frac{F_s^{-1}\{\exp[-N_1 \Phi(-0,4\beta')]\}}{F_s^{-1}\{\Phi(0,7\beta)\}}$ <p>mit $\beta' = -\Phi^{-1}\left\{\frac{\Phi(-0,7\beta)}{N_1}\right\}$</p>
Normalverteilung (Näherung)	$\frac{1 + (0,28\beta - 0,7\ln N_1)V}{1 + 0,7\beta V}$
Gumbelverteilung (Näherung)	$\frac{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln\Phi(0,28\beta)) + \ln N_1]}{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln\Phi(0,7\beta))]}$
<p>$F_s(.)$ ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Extremwerte der Begleiteinwirkung im Bezugszeitraum T; $\Phi_s(.)$ ist die Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung; T ist der Bezugszeitraum; T_1 ist der 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 harmonisierten Europäischen Produktspezifikationen, anderen Produktspezifikationen oder Ausführungsnormen ersetzen.

D.2 Symbole

In diesem Anhang gelten die folgenden Symbole:

Lateinische Großbuchstaben

$E(.)$	Mittelwert von $(.)$
V	Variationskoeffizient [$V = (\text{Standardabweichung})/(\text{Mittelwert})$]
V_X	Variationskoeffizient für X
V_δ	Schätzwert für den Variationskoeffizienten für das Streumaß δ
\underline{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
\underline{X}_m	Reihe der Mittelwerte der Basisvariablen
\underline{X}_n	Reihe der Nennwerte der Basisvariablen

Lateinische Kleinbuchstaben:

b	Korrekturfaktor
b_i	Korrekturfaktor für Probe i
$g_{rt}(\underline{X})$	Widerstandsfunktion (der Basisvariablen \underline{X}), die das Bemessungsmodell darstellt
$k_{d,n}$	Fraktilenfaktor für Bemessungswerte
k_n	Fraktilenfaktor für charakteristische Werte
m_X	Mittelwert von Eigenschaften von n Proben
n	Anzahl an Versuchen oder experimentellen Prüfergebnissen

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

r	Wert der Widerstandsfunktion
r_d	Bemessungswert der Widerstandsfunktion
r_e	experimenteller Wert der Widerstandsfunktion
r_{ee}	Extremwert (Maximum oder Minimum) der experimentellen Widerstandsfunktion [d. h. der Wert r_e , der am meisten vom Mittelwert r_{em} abweicht]
r_{ei}	experimenteller Wert des Widerstandes für Probe i
r_{em}	Mittelwert der experimentellen Werte des Widerstandes
r_k	charakteristischer Wert der Widerstandsfunktion
r_m	Wert der Widerstandsfunktion, berechnet mit den Mittelwerten \underline{X}_m der Basisvariablen
r_n	Nennwert der Widerstandsfunktion
r_t	theoretische Widerstandsfunktion ermittelt aus der Widerstandsfunktion $g_{rt}(\underline{X})$
r_{ti}	theoretische Widerstandsfunktion ermittelt mithilfe der gemessenen Parameter \underline{X} für Probe 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 δ [$\Delta_i = \ln(\delta_i)$]
$\bar{\Delta}$	Schätzwert für $E(\Delta)$

Griechische Kleinbuchstaben

α_E	Wichtungsfaktor für Auswirkungen von Einwirkung nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung (FORM, en: First Order Reliability Method)
α_R	Wichtungsfaktor für den Widerstand nach der Zuverlässigkeitsmethode 1. Ordnung (FORM, en: First Order Reliability Method)
β	Zuverlässigkeitsindex
γ_M^*	korrigierter Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand [$\gamma_M^* = r_n/r_d$ damit ist $\gamma_M^* = k_c \gamma_M$]
δ	Streumaß

δ_i	beobachtetes Streumaß für die Probe i , erhalten aus einem Vergleich des experimentellen Widerstands r_{ei} mit dem um den Mittelwert korrigierten theoretischen Widerstand $br_{t,i}$
η_d	Bemessungswert des möglichen Umrechnungsfaktors (soweit er nicht im Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand γ_M enthalten ist)
η_K	Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von Vorinformationen
σ	Standardabweichung [$\sigma = \sqrt{\text{Varianz}}$]
σ_Δ^2	Varianz für den Ausdruck Δ

D.3 Verschiedene Arten von Versuchen

(1) Es ist notwendig, zwischen den folgenden Arten von Versuchen zu unterscheiden:

- Versuche zur direkten Bestimmung der Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken oder tragenden Bauteilen für bestimmte Belastungsbedingungen. Solche Versuche können z. B. für Ermüdungslasten oder Anpralllasten durchgeführt werden;
- Versuche zur Bestimmung bestimmter Baustoffeigenschaften unter bestimmten Prüfbedingungen; z. B. Bodenuntersuchungen auf der Baustelle oder im Laboratorium oder Versuche mit neuen Baustoffen;
- Versuche zur Verringerung von Unsicherheiten von Parametern in Modellen für Einwirkungen oder Auswirkungen von Einwirkungen; z. B. durch Versuche im Windkanal oder Versuche zur Bestimmung von Einwirkungen durch Wellen oder Strömungen;
- Versuche zur Verringerung von Unsicherheiten von Parametern in Widerstandsmodellen; z. B. durch Versuche mit tragenden Bauteilen oder Versuche mit Bauteilgruppen (z. B. Dach- oder Deckenkonstruktionen);
- Kontrollversuche zur Überprüfung der Herkunft oder Qualität gelieferter Produkte oder der Stimmigkeit von Produkteigenschaften; z. B. Seilprüfung für Brücken oder Betonwürfelprüfung;
- Versuche während der Ausführung, um Informationen zu erhalten, die für einen Teil der Ausführung notwendig sind; z. B. Prüfung des Pfahlwiderstands oder Seilkraftprüfungen während der Ausführung;
- Kontrollprüfungen zur Bestimmung des Tragwerksverhaltens eines wirklichen Tragwerks oder tragender Bauteile 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 sie stets von den Versuchsergebnissen abgeleitet werden, indem anerkannte statistische Verfahren angewendet werden. Siehe D.5 bis D.8.

ANMERKUNG Zur Auswertung von Versuchsergebnissen der Versuchsart (c) können besondere Verfahren notwendig werden.

(3) Die Versuchsarten (e), (f), (g) können als Abnahmeversuche angesehen werden, wenn zum Zeitpunkt der Bemessung keine Versuchsergebnisse vorliegen. Bemessungswerte sollten konservative Schätzwerte sein, von denen erwartet wird, dass sie die Annahmekriterien zu einem späteren Zeitpunkt erfüllen können (Versuche (e), (f), (g)).

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

D.4 Versuchsplanung

(1) Im Vorfeld der Versuche sollte ein Versuchsplan mit der Versuchsanstalt abgestimmt werden. Dieser 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 und Anwendungsbereich,
- Prognose der Versuchsergebnisse,
- Festlegung der Prüfkörper und Probenahme,
- Festlegung der Belastungen,
- Versuchseinrichtung und -durchführung,
- Messplan,
- Auswertung und Berichte des Versuchs.

Zielsetzung und Anwendungsbereich: Die Versuchsziele sollten eindeutig dargestellt werden, z. B. die geforderten Eigenschaften, der Einfluss bestimmter Parameter, die im Versuch variiert werden sollen, sowie die Gültigkeitsgrenzen. Grenzen aus den Versuchsmöglichkeiten und die erforderlichen Übertragungsfunktionen (z. B. durch Größeneinfluss) sind festzulegen.

Prognose der Versuchsergebnisse: Es sollten alle Eigenschaften und Umstände, die die Prognose der Versuchsergebnisse beeinflussen können, berücksichtigt werden, z. B.:

- geometrische Parameter und deren Veränderung,
- geometrische Imperfektionen,
- Baustoffeigenschaften,
- Parameter, die durch die Herstell- und Ausführungsverfahren beeinflusst werden,
- Größeneinfluss durch Umgebungsbedingungen unter Berücksichtigung, soweit zutreffend, von Reihenfolgeeffekten.

Die erwarteten Versagensarten und/oder rechnerischen Modelle sollten in Verbindung mit den zugehörigen Variablen beschrieben werden. Bei erheblichen Zweifeln, welche Versagensart kritisch sein könnte, sollte der Versuchsplan auf Grundlage von Pilotversuchen entwickelt werden.

ANMERKUNG Es ist notwendig darauf zu achten, dass ein tragendes Bauteil mehrere verschiedene Versagensarten aufweisen kann.

Festlegung der Prüfkörper und Probenahme: Die Prüfkörper sollten so festgelegt oder entnommen werden, dass sie die Bauwerksbedingungen wiedergeben.

Dabei sind folgende Faktoren zu beachten:

- Abmessungen und Toleranzen,
- Baustoffe und Herstellung von Prototypen,
- Anzahl der Prüfkörper,

- Probenahmeverfahren,
- Beschränkungen.

Die Zielsetzung des Probenahmeverfahrens sollte sein, eine statistisch repräsentative Probe zu erhalten.

Es sollte auf mögliche Unterschiede zwischen den Prüfkörpern und der Gesamtheit der Bauteile geachtet werden, die die Ergebnisse beeinflussen könnten.

Festlegung der Belastungen: Die für den Versuch festzulegenden Bedingungen für die Belastung und die Umgebungsbedingungen sollten umfassen:

- Lasteinleitungspunkte,
- Belastungsverlauf,
- Beschränkungen,
- Temperaturen,
- relative Luftfeuchte,
- verformungs- oder kraftgesteuerte Belastung usw.

Die Belastungsfolge sollte so festgelegt werden, dass sie den vorgesehenen Einsatz des tragenden Bauteils widerspiegelt, sowohl unter normalen als auch unter erschwerten Einsatzbedingungen. Interaktionen zwischen der Tragwerksreaktion und der Vorrichtung, mit der die Last aufgebracht wird, sollten gegebenenfalls berücksichtigt werden.

Wenn das Tragwerksverhalten von der Auswirkung einer oder mehrerer Einwirkungen abhängt, die im Versuch nicht systematisch variiert werden, so sollten diese Auswirkungen mit ihren repräsentativen Werten angegeben werden.

Versuchseinrichtung und -durchführung: Die Versuchsausrüstung sollte für die Versuchsart und den erwarteten Messbereich geeignet sein. Es sollte besonders auf Maßnahmen geachtet werden, mit denen eine ausreichende Festigkeit und Steifigkeit der Lasteinleitungs- und Lagerkonstruktion erreicht wird, sowie auf freie Verformungswege usw.

Messplan: Vor der Versuchsdurchführung sollten alle maßgebenden Eigenschaften, die an jedem einzelnen Prüfkörper gemessen werden sollen, aufgelistet werden. Darüber hinaus sollte eine Liste für Folgendes erstellt werden:

- a) die Messstellen;
- b) die Verfahren zum Aufzeichnen von Ergebnissen, z. B. für
 - Zeitverläufe der Verlagerungen,
 - Geschwindigkeiten,
 - Beschleunigungen,
 - Dehnungen,
 - Kräfte und Drücke,

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

- erforderliche Frequenz,
- Messgenauigkeiten, und
- geeignete Messgeräte.

Auswertung und Berichte des Versuchs: Für besondere Hinweise siehe D.5 bis D.8. Versuchs- und Prüfnormen, nach denen die Versuche durchgeführt werden, sollten angegeben werden.

D.5 Ableitung von Bemessungswerten

(1) Die Ableitung von Bemessungswerten für eine Baustoffeigenschaft, einen Modellparameter oder einen Widerstand aus Versuchen sollte auf eine der folgenden Weisen erfolgen:

- a) durch Bestimmung des charakteristischen Wertes, der dann durch einen Teilsicherheitsbeiwert dividiert und gegebenenfalls mit einem expliziten Umrechnungsfaktor multipliziert wird (siehe D.7.2 und D.8.2);
- b) durch direkte Bestimmung des Bemessungswertes mit impliziter oder expliziter Berücksichtigung der Übertragungsfunktion der Ergebnisse und der erforderlichen Gesamtzuverlässigkeit (siehe D.7.3 und D.8.3).

ANMERKUNG Im Allgemeinen ist Methode a) vorzuziehen, sofern der numerische Wert des Teilsicherheitsbeiwerts aus dem üblichen Bemessungsverfahren bestimmt wurde (siehe (3) nachstehend).

(2) Bei der Herleitung des charakteristischen Wertes aus Versuchen (Methode a)) sollte Folgendes berücksichtigt werden:

- a) die Streuung der Versuchsergebnisse;
- b) die statistische Unsicherheit infolge einer begrenzten Versuchsanzahl;
- c) die statistischen Vorinformationen.

(3) Der Teilsicherheitsbeiwert für den charakteristischen Wert sollte dem entsprechenden Eurocode entnommen werden, wenn eine hinreichende Vergleichbarkeit zwischen den Versuchen und den rechnerischen Nachweisen unter Anwendung des Teilsicherheitsbeiwertes besteht.

(4) Hängt die Reaktion des Tragwerks oder des tragenden Bauteils oder die Festigkeit des Baustoffs von Einflüssen ab, die im Versuch nicht ausreichend berücksichtigt werden, wie z. B.

- Zeitpunkt und Dauer der Einflüsse,
- Maßstabs- und Größeneinflüsse,
- verschiedene Umgebungs-, Belastungs- oder Randbedingungen,
- Einflüsse aus Bauteilwiderständen,

dann sollten diese Einflüsse, soweit angemessen, in den Berechnungsmodellen berücksichtigt werden.

(5) Wenn in besonderen Fällen die Methode in D.5(1)b) zur Bestimmung von Bemessungswerten verwendet wird, sollte Folgendes beachtet werden:

- die maßgebenden Grenzzustände;
- das erforderliche Zuverlässigkeitsniveau;
- Verträglichkeit mit den Annahmen in Gleichung (C.8a) auf der Einwirkungsseite;
- wo notwendig, die geforderte geplante Nutzungsdauer;
- Vorinformationen aus ähnlichen Fällen.

ANMERKUNG Weitere Hinweise sind in D.6, D.7 und D.8 enthalten.

D.6 Allgemeine Prinzipien für die statistische Auswertung

(1) Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse sollten das Verhalten der Prüfkörper und die Versagensarten zunächst mit den theoretischen Vorhersagen verglichen werden. Treten erhebliche Unterschiede zu einer Vorhersage auf, sollte nach einer Erklärung gesucht werden; das kann zu zusätzlichen Versuchen, gegebenenfalls mit abweichenden Bedingungen, oder zu Veränderungen des theoretischen Modells führen.

(2) Die Auswertung der Versuchsergebnisse sollte mit statistischen Verfahren erfolgen, wobei verfügbare (statistische) Informationen über die anzuwendende Verteilungsfunktion und ihre zugehörigen Parameter verwendet werden. 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 können folgende drei Hauptkategorien unterschieden werden:

- wird nur ein Versuch (oder werden nur einzelne Versuche) durchgeführt, ist keine klassische, statistische Auswertung möglich. Nur die Verwendung umfangreicher Vorinformationen in Zusammenhang mit Hypothesen über die relativen Bedeutungsgrade dieser Informationen und der Versuchsergebnisse machen es möglich, eine statistische Schlussfolgerung zu ziehen (Bayessche Verfahren, siehe ISO 12491);
- werden umfangreichere Versuchsreihen durchgeführt, um einen einzelnen Parameter zu bewerten, kann eine klassische, statistische Auswertung möglich sein. Üblichere Fälle werden als Beispiele in D.7 behandelt. Diese Auswertung erfordert immer noch Vorinformationen über den Parameter, jedoch in geringerem Umfang als vorstehend;
- werden Versuchsreihen durchgeführt, um ein Bemessungsmodell (in Form einer Funktion) mit einer oder mehreren Einflussgrößen zu kalibrieren, ist eine klassische, statistische Auswertung möglich.

(3) Das Ergebnis einer Versuchsauswertung sollte nur für die in den Versuchen berücksichtigten Spezifikationen und Belastungsbedingungen gelten. Werden die Versuchsergebnisse extrapoliert, um andere Bedingungen und Belastungen einzuschließen, sollten zusätzliche Informationen aus früheren Versuchen oder auf theoretischer Grundlage genutzt werden.

DIN EN 1990:2021-10

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

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(3) (z. B. eine Festigkeit), indem die Auswertungsmethoden a) und b) nach D.5(1) verwendet werden.

ANMERKUNG Die hier angegebenen Gleichungen, die Bayessche Verfahren mit „unsicheren“ Vorverteilungen benutzen, führen etwa zu den gleichen Ergebnissen wie klassische, statistische Methoden mit einem Vertrauensniveaus von 75 %.

(2) Die einzelne Eigenschaft X kann Folgendes darstellen:

- a) einen Widerstand eines Produkts;
- b) eine Eigenschaft, die zum Widerstand eines Produkts beiträgt.

(3) Im Fall a) kann das Verfahren nach D.7.2 und D.7.3 angewendet werden, um charakteristische Werte, Bemessungswerte oder Teilsicherheitsbeiwerte direkt zu bestimmen.

(4) Im Fall b) sollte berücksichtigt werden, dass der Bemessungswert eines Widerstands zusätzlich Folgendes berücksichtigen sollte:

- die Wirkungen anderer Eigenschaften;
- die Modellunsicherheit;
- andere Effekte (Maßstab, Volumen usw.)

(5) Die Tabellen und Gleichungen in D.7.2 und D.7.3 beruhen auf folgenden Annahmen:

- alle Variablen folgen entweder einer Normalverteilung oder einer logarithmischen 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“ gibt es umfassende Vorinformationen über den Variationskoeffizienten.

ANMERKUNG Die Verwendung einer logarithmischen Normalverteilung für bestimmte Variablen hat den Vorteil, dass keine negativen Werte, z. B. geometrische Variablen und Variablen des Widerstands, auftreten können.

In der Praxis wird oftmals bevorzugt der Fall „ V_X bekannt“ in Verbindung mit einem konservativen oberen Schätzwert von V_X verwendet, anstelle der Regeln für den Fall „ V_X unbekannt“. Zudem sollte V_X , wenn unbekannt, mindestens mit 0,10 angenommen werden.

D.7.2 Beurteilung mithilfe des charakteristischen Werts

(1) Der Bemessungswert einer Eigenschaft X sollte wie folgt ermittelt werden:

$$X_d = \eta_d \frac{X_{k(n)}}{\gamma_m} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} m_X \{1 - k_n V_X\} \quad (\text{D.1})$$

Dabei ist

η_d der Bemessungswert des Umrechnungsfaktors.

ANMERKUNG Die Beurteilung des maßgebenden Umrechnungsfaktors 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 sollte einer der beiden Fälle wie folgt berücksichtigt werden:

- Die Zeile „ V_X bekannt“ sollte verwendet werden, wenn der Variationskoeffizient V_X oder ein realistischer oberer Grenzwert dafür aus Vorinformationen bekannt ist.

ANMERKUNG Vorinformationen können aus der Auswertung früherer vergleichbarer Versuche stammen. Dabei ist es notwendig, die Vergleichbarkeit mithilfe einer Ingenieurbeurteilung zu bewerten (siehe D.7.1(3)).

- Die Zeile „ V_X unbekannt“ sollte verwendet werden, wenn der Variationskoeffizient V_X nicht aus Vorinformationen bekannt ist und deshalb aus der Probe wie folgt abgeschätzt werden muss:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - m_x)^2 \quad (\text{D.2})$$

$$V_X = s_x / m_x \quad (\text{D.3})$$

(3) Der Teilsicherheitsbeiwert γ_m sollte entsprechend dem Anwendungsfall der Versuchsergebnisse ausgewählt werden.

Tabelle D1 — Werte von 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 logarithmischen Normalverteilung wird Gleichung (D.1) zu:

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \exp [m_y - k_n s_y]$$

Dabei ist

$$m_y = \frac{1}{n} \sum \ln(x_i)$$

Falls V_X aus Vorinformationen bekannt ist, dann ist $s_y = \sqrt{\ln(V_X^2 + 1)} \approx V_X$.

DIN EN 1990:2021-10

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

Falls V_X nicht aus Vorinformationen bekannt ist, dann ist $s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\ln x_i - m_y)^2}$.

D.7.3 Direkte Beurteilung des Bemessungswertes für Tragfähigkeitsnachweise

(1) Der Bemessungswert X_d einer Größe X sollte wie folgt ermittelt werden:

$$X_d = \eta_d m_X \{1 - k_{d,n} V_X\} \quad (D.4)$$

In diesem Fall sollte η_d 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 D2 — Werte von $k_{d,n}$ 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	–	–	–	11,40	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 logarithmischen Normalverteilung wird Gleichung (D.4) zu:

$$X_d = \eta_d \exp [m_y - k_{d,n} s_y].$$

D.8 Statistische Bestimmung von Widerstandsmodellen

D.8.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt ist hauptsächlich dafür vorgesehen, Verfahren (Vorgehensweisen) für die Kalibrierung von Widerstandsmodellen und für die Bestimmung von Bemessungswerten anhand von Versuchen des Typs d) festzulegen (siehe D.3(1)). Dabei werden verfügbare Vorinformationen (Kenntnisse oder Hypothesen) angewendet.

(2) Anhand von Beobachtungen des tatsächlichen Verhaltens in Versuchen und basierend auf theoretischen Überlegungen sollte ein „Bemessungsmodell“ entwickelt werden, das zur Ableitung einer Widerstandsfunktion führt. Die Gültigkeit dieses Modells sollte sodann mithilfe der statistischen Auswertung aller verfügbaren Versuchsdaten überprüft werden. Wenn notwendig, wird das Bemessungsmodell dann so verändert, bis ausreichende Korrelation zwischen den theoretischen Werten und den Versuchsergebnissen besteht.

(3) Die Streuung der Vorhersagen, die mithilfe des Bemessungsmodells erhalten wurden, sollte ebenfalls mit den Versuchen bestimmt werden. Es ist notwendig, diese Streuung mit der Streuung der anderen Variablen in der Widerstandsfunktion zu kombinieren, um eine allgemeine Angabe der Streuung zu erhalten. Die anderen Variablen umfassen:

- die Streuung der Baustofffestigkeiten und -steifigkeit;
- die Streuung der geometrischen Größen.

(4) Der charakteristische Widerstand sollte unter Berücksichtigung der Streuung aller Variablen ermittelt werden.

(5) In D.5(1) werden zwei unterschiedliche Methoden unterschieden. Diese Methoden sind in D.8.2 bzw. D.8.3 beschrieben. Dazu werden in D.8.4 einige mögliche Vereinfachungen angegeben.

Diese Methoden werden in Form einzelner Schritte angegeben und es werden einige Annahmen zur Grundgesamtheit im Versuch mit Erläuterungen angegeben; diese Annahmen stellen lediglich Empfehlungen für die üblichen Fälle dar.

D.8.2 Standardisiertes Auswerteverfahren (Methode (a))

D.8.2.1 Allgemeines

(1) Für das standardisierte Auswerteverfahren gelten die folgenden Annahmen:

- a) die Widerstandsfunktion ist eine Funktion von unabhängigen Variablen \underline{X} ;
- b) es steht eine ausreichende Anzahl von Versuchsergebnissen zur Verfügung;
- c) alle relevanten geometrischen Größen und Baustoffeigenschaften sind gemessene Werte;
- d) es gibt keine Korrelation (statistische Abhängigkeit) zwischen den Variablen in der Widerstandsfunktion;
- e) alle Variablen genügen einer Normalverteilung oder einer logarithmischen Normalverteilung.

ANMERKUNG Die Anwendung der logarithmischen Normalverteilung für eine Variable 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.

D.8.2.2 Standardisierte Vorgehensweise

D.8.2.2.1 Schritt 1: Entwicklung eines Bemessungsmodells

(1) Es wird ein Bemessungsmodell in Form der theoretischen Widerstandsfunktion r_t für ein Bauteil oder eine Konstruktion entwickelt, das zu folgendem Ausdruck führt:

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

(2) Die Widerstandsfunktion sollte alle maßgebenden Basisvariablen \underline{X} enthalten, die Einfluss auf den Widerstand im betrachteten Grenzzustand haben.

(3) Für jeden Prüfkörper i sollten alle Basisparameter gemessen werden (Annahme c) in D.8.2.1) und 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 werden die theoretischen Werte r_{ti} bestimmt, mit denen der Vergleich mit den experimentellen Werten r_{ei} durchgeführt wird.

DIN EN 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

(2) Die Punkte, die die entsprechenden Wertepaare (r_{ti}, r_{ei}) darstellen, sollten in einem Diagramm, wie in Bild D.1 gezeigt, dargestellt werden.

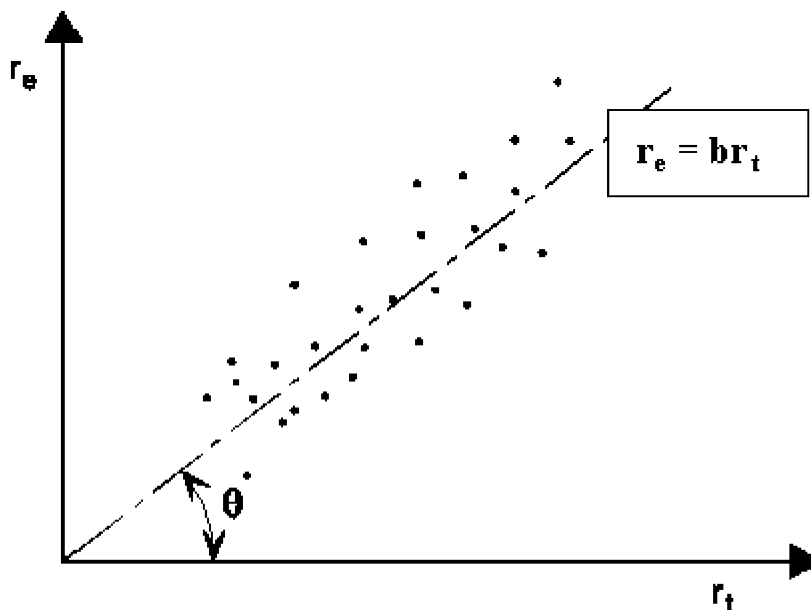


Bild D1 — r_e - r_t -Diagramm

(3) Wäre die Widerstandsfunktion genau und vollständig, dann würden alle Punkte auf der Winkelhalbierenden $\theta = \pi/4$ 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: Abschätzung des Mittelwertkorrekturfaktors b

(1) Die Widerstandsfunktion r wird in der probabilistischen Form wie folgt angegeben:

$$r = b r_t \delta \quad (\text{D.6})$$

Dabei ist

b die Mittelwertabweichung, ermittelt mithilfe des Minimums der Abweichungsquadrate:

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

(2) Die Mittelwerte der theoretischen Widerstandsfunktion, berechnet mit den Mittelwerten \bar{X}_m der Basisvariablen, können wie folgt ermittelt werden:

$$r_m = b r_t(\bar{X}_m) \delta = b g_{rt}(\bar{X}_m) \delta \quad (\text{D.8})$$

D.8.2.2.4 Schritt 4: Abschätzung des Variationskoeffizienten der Streuungsgrößen

(1) Die Streuungsgröße δ_i sollte für jeden Versuchswert r_{ei} mit Gleichung (D.9) bestimmt werden:

$$\delta_i = \frac{r_{ei}}{b r_{ti}} \quad (\text{D.9})$$

- (2) Mithilfe der Werte von δ_i sollte ein Schätzwert von V_δ ermittelt werden, indem Folgendes definiert wird:

$$\Delta_i = \ln(\delta_i) \quad (\text{D.10})$$

durchzuführen.

- (3) Der Schätzwert $\bar{\Delta}$ für $E(\Delta)$ sollte wie folgt ermittelt werden:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i \quad (\text{D.11})$$

- (4) Der Schätzwert s_Δ^2 für σ_Δ^2 sollte wie folgt ermittelt werden:

$$s_\Delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2 \quad (\text{D.12})$$

- (5) Die Gleichung:

$$V_\delta = \sqrt{\exp(s_\Delta^2) - 1} \quad (\text{D.13})$$

darf als Variationskoeffizient V_δ für die Streugröße δ_i verwendet werden.

D.8.2.2.5 Schritt 5: Verträglichkeitsprüfung

- (1) Die Verträglichkeit der Versuchsgrößen mit den Annahmen, die beim Aufstellen der Widerstandsfunktion gemacht wurden, sollte überprüft werden.

- (2) Wenn die Streuung der Werte (r_{ei} , r_{ti}) zu groß ist, um wirtschaftliche Widerstandsfunktionen zu erhalten, darf die Streuung auf eine der folgenden Weisen verkleinert werden:

- durch Verbesserung der Bemessungsfunktion, indem Parameter berücksichtigt werden, die zuvor nicht beachtet wurden;
- durch Änderung von b und V_δ durch Aufteilung der Grundgesamtheit in geeignete Untergruppen, für die der Einfluss solcher zusätzlicher Parameter als konstant betrachtet werden kann.

- (3) Um festzustellen, welche Parameter den größten Einfluss auf die Streuung haben, 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 Nachteil der Aufteilung von Versuchsergebnissen in Untergruppen ist, dass die Anzahl der Versuchsergebnisse dadurch in jeder Untergruppe sehr klein ausfallen kann.

- (4) Bei der Festlegung des Fraktilenfaktors k_n (siehe Schritt 7) kann der Wert von k_n für die Untergruppen auf Grundlage der Gesamtzahl an Versuchen der ursprünglichen Versuchsreihe ermittelt werden.

ANMERKUNG Es wird darauf hingewiesen, dass die Häufigkeitsverteilung der Widerstandsfunktion durch eine bimodale oder multimodale Verteilung besser beschrieben werden kann. Diese Verteilung kann im interessierenden Bereich durch eine unimodale Normalverteilung approximiert werden.

DIN EN 1990:2021-10 EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

D.8.2.2.6 Schritt 6: Bestimmung der Variationskoeffizienten V_{X_i} der Basisvariablen

(1) Wenn nachgewiesen werden kann, dass der Gesamtumfang der Versuche repräsentativ für die wirklichen Streuungsverhältnisse ist, dann können die Variationskoeffizienten V_{X_i} der Basisvariablen in der Widerstandsfunktion aus den Versuchsdaten bestimmt werden. Da dies jedoch in der Regel nicht zutrifft, ist es normalerweise notwendig, die Variationskoeffizienten V_{X_i} auf Grundlage von Vorinformationen zu bestimmen.

D.8.2.2.7 Schritt 7: Bestimmung des charakteristischen Wertes r_k der Widerstandsfunktion

(1) Hat die Widerstandsfunktion mit j Basisvariablen die Produktform:

$$r = b r_t \delta = b \{X_1 \times X_2 \dots X_j\} \delta$$

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

$$E(r) = b \{E(X_1) \times E(X_2) \dots E(X_j)\} = b g_{rt}(\underline{X}_m) \quad (D.14a)$$

und der Variationskoeffizient V_r aus der Produktform:

$$V_r^2 = (V_\delta^2 + 1) \left[\prod_{i=1}^j (V_{X_i}^2 + 1) \right] - 1 \quad (D.14b)$$

bestimmt werden.

(2) Für kleine Werte von V_δ^2 und $V_{X_i}^2$ darf die folgende Näherung für V_r benutzt werden:

$$V_r^2 = V_\delta^2 + V_{rt}^2 \quad (D.15a)$$

mit:

$$V_{rt}^2 = \sum_{i=1}^j V_{X_i}^2 \quad (D.15b)$$

(3) Ist die Widerstandsfunktion eine komplexere 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:

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

und der Variationskoeffizient V_{rt} aus:

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

bestimmt werden.

(4) Ist die Versuchsanzahl begrenzt (auf $n < 100$), sollte die Verteilung Δ für die statistischen Unsicherheiten berücksichtigt werden. Die Verteilung sollte als zentrale Studentsche t -Verteilung mit den Parametern $\bar{\Delta}$, V_{Δ} und n angenommen werden.

(5) In diesem Fall sollte der charakteristische Wert r_k der Widerstandsfunktion wie folgt ermittelt werden:

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

mit:

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

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

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

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

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

Dabei ist

k_n der Fraktilenfaktor für den charakteristischen Wert aus Tabelle D.1 für den Fall „ V_X unbekannt“;

k_{∞} der Wert des Fraktilenfaktors k_n für $n \rightarrow \infty$ [$k_{\infty} = 1,64$];

α_{rt} der Wichtungsfaktor für Q_{rt} ;

α_{δ} der Wichtungsfaktor für Q_{δ} .

ANMERKUNG Der Wert V_{δ} wird aus der jeweiligen Versuchsprobe abgeschätzt.

(6) Für eine große Versuchsanzahl ($n \geq 100$) darf der charakteristische Wert r_k der Widerstandsfunktion ermittelt werden aus:

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

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 Fraktilenfaktor k_n für den charakteristischen Wert durch den Fraktilenfaktor $k_{d,n}$ für den Bemessungswert ersetzt wird. Der Bemessungswert r_d der Widerstandsfunktion entspricht dem Produkt $\alpha_R \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$ (siehe Anhang C).

(2) Bei beschränkter Versuchsanzahl sollte der Bemessungswert r_d wie folgt ermittelt werden:

$$r_d = b g_{rt} (X_m) \exp(-k_{d,\infty} \alpha_{rt} Q_{rt} - k_{d,n} \alpha_{\delta} Q_{\delta} - 0,5 Q^2) \quad (D.21)$$

DIN EN 1990:2021-10 **EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)**

Dabei ist

$k_{d,n}$ der Fraktilefaktor für den Bemessungswert nach Tabelle D.2 für den Fall „ V_X unbekannt“;

$k_{d,\infty}$ der Wert des Fraktilefaktors $k_{d,n}$ für $n \rightarrow \infty$ [$k_{d,\infty} = 3,04$].

ANMERKUNG Der Wert V_δ wird aus der jeweiligen Versuchsprobe abgeschätzt.

(3)^{N1} Bei einer großen Versuchsanzahl darf der Bemessungswert r_d wie folgt ermittelt werden:

$$r_d = b g_{rt}(X_m) \exp(-k_{d,\infty} Q - 0,5 Q^2) \quad (D.22)$$

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 wie folgt ermittelt werden:

$$r_k = \eta_k r_e \quad (D.23)$$

Dabei ist

η_k ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von Vorinformationen, der wie folgt ermittelt werden darf:

$$\eta_k = 0,9 \exp(-2,31 V_r - 0,5 V_r^2) \quad (D.24)$$

Dabei ist

V_r der Größtwert des Variationskoeffizienten, der in den vorausgegangenen Versuchen beobachtet wurde.

(3) Werden zwei oder drei weitere Versuche durchgeführt, die zu einem Mittelwert r_{em} führen, darf der charakteristische Wert r_k aus dem Mittelwert r_{em} wie folgt bestimmt werden:

$$r_k = \eta_k r_{em} \quad (D.25)$$

Dabei ist

η_k ein Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von Vorinformationen, der wie folgt ermittelt werden kann:

$$\eta_k = \exp(-2,0 V_r - 0,5 V_r^2) \quad (D.26)$$

N1 Fehler in der Referenzfassung. Es muss (3), anstatt (2) lauten.

Dabei ist

V_r der Größtwert des Variationskoeffizienten, der in den vorausgegangenen Versuchen beobachtet wurde, vorausgesetzt, dass jeder extreme Wert r_{ee} (größter oder kleinster Wert) die folgende Bedingung erfüllt:

$$|r_{ee} - r_{em}| \leq 0,10 r_{em} \quad (D.27)$$

(4) Die Werte des Variationskoeffizienten V_r in Tabelle D.3 dürfen für die festzulegenden Versagensarten angenommen werden (z. B. in den einschlägigen Eurocodes für die Bemessung), woraus sich die Werte von η_k mit Gleichung (D.24) und Gleichung (D.26) ergeben.

Tabelle D3 — 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 1990:2021-10
EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 (D)

Literaturhinweise

ISO 2394, *General principles on reliability for structures*

ISO 2631:1997, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration*

ISO 3898, *Bases for design of structures — Names and symbols of physical quantities and generic quantities*

ISO 6707-1, *Building and civil engineering — Vocabulary — Part 1: General terms*

ISO 8930, *General principles on reliability for structures — List of equivalent terms*

EN ISO 9001:2000, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen (ISO 9001:2000)*

ISO 10137, *Bases for design of structures — Serviceability of buildings and walkways against vibrations*

ISO 8402, *Quality management and quality assurance — Vocabulary*