

DIN EN 1998-1-1



ICS 91.010.30; 91.120.25

Entwurf

Einsprüche bis 2022-11-02
Vorgesehen als
teilweiser Ersatz für
DIN EN 1998-1:2010-12

**Eurocode 8 –
Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben –
Teil 1-1: Grundlagen und Erdbebeneinwirkung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1998-1-1:2022**

Eurocode 8 –
Design of structures for earthquake resistance –
Part 1-1: General rules and seismic action;
German and English version prEN 1998-1-1:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-09-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 254 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1998-1-1:2022) 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 005-51-06 AA „Erdbeben; Sonderfragen (SpA zu CEN/TC 250/SC 8)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 80000 (alle Teile) siehe DIN EN ISO 80000 (alle Teile)

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 EN 1998-1:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ aktualisiert;
- b) Literaturhinweise aktualisiert;
- c) Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 80000 (alle Teile), *Größen und Einheiten (ISO 80000-1)*

<i>Titel de:</i>	Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1-1: Grundlagen und Erdbebeneinwirkung
<i>Titel en:</i>	Eurocode 8 — Design of structures for earthquake resistance — Part 1-1: General rules and seismic action
<i>Titel fr:</i>	

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
0 Einleitung	6
0.1 Einleitung zu den Eurocodes	6
0.2 Einleitung zu EN 1998, Eurocode 8	6
0.3 Einleitung zu prEN 1998-1-1	7
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen	8
0.5 Nationaler Anhang zu prEN 1998-1-1	8
1 Anwendungsbereich	9
1.1 Anwendungsbereich von prEN 1998-1-1	9
1.2 Voraussetzungen	9
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe und Symbole	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Symbole und Abkürzungen	15
3.2.1 Symbole	15
3.2.2 Abkürzungen	27
3.3 SI-Einheiten	28
4 Bemessungsgrundlagen	29
4.1 Leistungsanforderungen	29
4.2 Versagensfolgeklassen	31
4.3 Grenzzustände und zugehörige Erdbebeneinwirkung	31
4.4 Primäre und sekundäre Bauteile	32
4.5 Konformitätskriterien für Neubauten	32
4.5.1 Allgemeines	32
4.5.2 Grundsätze der Bemessungsnachweise	33
5 Standortbedingungen und Erdbebeneinwirkung	34
5.1 Standortbedingungen	34
5.1.1 Allgemeines	34
5.1.2 Standortkategorisierung	34
5.2 Erdbebeneinwirkung	36
5.2.1 Karten der Spektralbeschleunigung	36
5.2.2 Grundlegende Darstellung der Erdbebeneinwirkung	38
5.2.3 Alternative Darstellungen der Erdbebeneinwirkung	46
6 Modellierung, Berechnung und Nachweis	47
6.1 Allgemeines	47
6.2 Modellierung	48
6.2.1 Allgemeines	48
6.2.2 Zusätzliche Modellierungsregeln für die lineare Berechnung	49
6.2.3 Zusätzliche Modellierungsregeln für die nicht-lineare Berechnung	49
6.3 Erdbebeneinwirkung	50
6.4 Kraftbasierter Ansatz	50
6.4.1 Reduziertes Spektrum für den kraftbasierten Ansatz	50
6.4.2 Horizontalkraftverfahren	52
6.4.3 Antwortspektrumverfahren	53
6.4.4 Zusammenwirken der seismischen Zustandsgrößen der Komponenten	55

6.5	Nicht-lineare statische Berechnung	56
6.5.1	Allgemeines	56
6.5.2	Horizontalkräfte und Kapazitätskurve	56
6.5.3	Äquivalentes System mit einem Freiheitsgrad.....	57
6.5.4	Zielverschiebung	59
6.6	Antwortverlaufsberechnung.....	60
6.7	Nachweis in den Grenzzuständen.....	61
6.7.1	Allgemeines	61
6.7.2	Nachweise im Grenzzustand der wesentlichen Schädigung	61
6.7.3	Nachweise in weiteren Grenzzuständen.....	63
6.8	Bauwerke mit Erdbebenvorrichtungen	64
6.8.1	Anwendungsbereich.....	64
6.8.2	Bemessungsgrundlage für Bauwerke mit Erdbebenvorrichtungen.....	64
6.8.3	Erdbebeneinwirkung.....	68
6.8.4	Modellierung.....	68
6.8.5	Berechnung von Bauwerken mit Erdbebenvorrichtungen.....	69
6.8.6	Nachweise von Erdbebenvorrichtungen in den Grenzzuständen	73
7	Verformungskriterien und Festigkeitsmodelle	73
7.1	Allgemeines	73
7.2	Tragwerke aus Stahlbeton	76
7.2.1	Allgemeines	76
7.2.2	Verformungskriterien	76
7.2.3	Schubbeanspruchbarkeit.....	81
7.2.4	Beanspruchbarkeit von Balken-Stützen-Verbindungsknoten	83
7.3	Stahltragwerke und Verbundtragwerke aus Stahl und Beton.....	87
7.3.1	Allgemeines	87
7.3.2	Biegebeanspruchte Balken und Stützen mit oder ohne Axiallast	89
7.3.3	Stahlaussteifungen.....	95
7.3.4	Balken-Stützen-Stegfeldverbindung	97
7.3.5	Verbinder mit exzentrischen Aussteifungen.....	99
7.3.6	Gegen Beulen ausgesteifte Aussteifungen.....	101
7.4	Holzbauten.....	102
Anhang A (informativ)	Europäische Gefährungskarten.....	103
A.1	Anwendung dieses Anhangs.....	103
A.2	Anwendungsbereich.....	103
Anhang B (normativ)	Alternative Identifizierung von Standortkategorien.....	106
B.1	Anwendung dieses normativen Anhangs	106
B.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	106
B.3	Vereinfachte Identifizierung von Standortkategorien.....	106
B.4	Unvollständige quantitative Informationen zur Identifizierung von Standortkategorien....	107
B.4.1	Fehlen von direkten Messwerten von v_s oder nur bis zu einer bestimmten Tiefe verfügbare Werte	107
B.4.2	Fehlende quantitative Informationen für H_{800}.....	108
Anhang C (normativ)	Standortspezifische elastische Antwortspektren.....	109
C.1	Anwendung dieses Anhangs.....	109
C.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich	109
C.3	Standortspezifische elastische Antwortspektren basierend auf einer Analyse von lokalen seismischen Gefährdungen.....	109
C.4	Standortspezifische elastische Antwortspektren basierend auf der Bewertung lokaler seismischer Wellenverstärkungseffekte	109
C.5	Beschränkungen der standortspezifischen Spektrumswerte	110
Anhang D (normativ)	Kriterien für die Auswahl und Skalierung von Eingangsbewegungen.....	111

D.1	Anwendung dieses Anhangs	111	
D.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich.....	111	
D.3	Aufgezeichnete Beschleunigungszeitverläufe	111	
D.4	Mehrere Eingangsbewegungen auf Grundlage aufgezeichneter Beschleunigungszeitverläufe	112	
D.5	Simulierte Beschleunigungszeitverläufe	113	
D.6	Künstliche Beschleunigungszeitverläufe.....	113	
Anhang E (normativ) Bestimmung der Zielverschiebung und der Spektralbeschleunigung im Grenzzustand durch nicht-lineare Antwortverlaufsberechnungen an einem äquivalenten Modell mit einem Freiheitsgrad			114
E.1	Anwendung dieses Anhangs	114	
E.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich.....	114	
E.3	Definition eines multi-linearen äquivalenten Modells mit einem Freiheitsgrad	114	
E.4	Bestimmung der Zielverschiebung durch nicht-lineare Antwortverlaufsberechnungen	116	
E.5	Bestimmung der Spektralbeschleunigung im Grenzzustand durch nicht-lineare Antwortverlaufsberechnungen	116	
Anhang F (informativ) Vereinfachtes zuverlässigkeitsbasiertes Nachweisformat.....			117
F.1	Anwendung dieses Anhangs	117	
F.2	Anwendungsbereich.....	117	
F.3	Zuverlässigkeitsbasierter Nachweis	117	
Anhang G (normativ) Bemessung von Betonbefestigungen in der Erdbeben-Bemessungssituation			120
G.1	Anwendung dieses Anhangs	120	
G.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich.....	120	
G.3	Bemessungsgrundlagen	121	
G.3.1	Allgemeines	121	
G.3.2	Seismische Leistungskategorie für nachträglich montierte Befestigungselemente	122	
G.3.3	Bemessungskriterien	123	
G.4	Beanspruchbarkeiten (Widerstände).....	126	
G.5	Verschiebung von Befestigungselementen	128	
Anhang M (normativ) Werkstoff- oder Produkteigenschaften in EN 1998-1-1.....			130
M.1	Anwendung dieses Anhangs	130	
M.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich.....	130	
Literaturhinweise.....			131

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1998-1-1:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI 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.

Dieses Dokument wird EN 1998-1:2004 ersetzen.

Die erste Generation der EN Eurocodes wurde zwischen den Jahren 2002 und 2007 veröffentlicht. Dieses Dokument wurde als Teil der zweiten Generation der Eurocodes im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Die Eurocodes wurden erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen die Eurocodes beruhen.

Die Eurocodes erkennen die Verantwortlichkeit aller Mitgliedstaaten an und wahren deren Recht, sicherheitsbezogene Werte auf nationaler Ebene in Nationalen Anhängen festzulegen.

0 Einleitung

0.1 Einleitung zu den Eurocodes

Die Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus umfassen die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

- EN 1990, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
- 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
- Neue Teile sind derzeit in Erarbeitung, z. B. der Eurocode für die Bemessung von tragenden Konstruktionen aus Glas.

Die Eurocodes sind für die Anwendung durch Tragwerksplaner, Bauherren, Hersteller, Ausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Vorschriften), Lehrkräfte, Softwareentwickler und Normenausschüsse, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden, gedacht.

ANMERKUNG Einige Entwurfs- und Bemessungsaspekte werden am zutreffendsten von den zuständigen Behörden festgelegt oder können, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien wie Tragwerksplanern und Bauherren vereinbart werden. In den Eurocodes werden solche Aspekte durch ausdrückliche Bezugnahme auf die zuständigen Behörden und die beteiligten Parteien gekennzeichnet.

0.2 Einleitung zu EN 1998, Eurocode 8

Der Anwendungsbereich von EN 1998 ist die Festlegung von Regeln für die erdbebenbezogene Bemessung neuer Hoch- und Ingenieurbauten sowie für die Bewertung und Ertüchtigung bestehender Gebäude, einschließlich geotechnischer Aspekte, sowie für Bauten mit begrenzter Standzeit.

ANMERKUNG Diese Norm befasst sich außerdem mit dem Nachweis von Bauwerken in der Erdbebensituation während der Bauausführung, sofern dies erforderlich ist.

Es sollte beachtet werden, dass für die Auslegung von Bauwerken in Erdbebengebieten die Festlegungen der Reihe EN 1998 zusätzlich zu den maßgebenden Festlegungen der Reihen EN 1990 bis EN 1997 und EN 1999 anzuwenden sind. EN 1998 sollte speziell auf Bauwerke der Versagensfolgeklassen CC1, CC2 und CC3, die in prEN 1990:2021, 4.3, festgelegt sind, angewendet werden. Bauwerke der Versagensfolgekategorie CC4 werden nicht vollständig von den Eurocodes abgedeckt; die zuständigen Behörden können aber eine Einhaltung der Festlegungen von EN 1998 oder Teilen davon verlangen.

Ein perfekter Schutz gegen Erdbeben (ein Erdbebenrisikos gleich null) ist in der Praxis von Natur aus nicht möglich, insbesondere weil die Kenntnis über die Gefährdung selbst mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet ist. Deshalb wird die Erdbebeneinwirkung in Eurocode 8 in konventioneller Form dargestellt, deren Amplitude proportional zu den Erdbeben ist, die an einem bestimmten Ort auftreten können, und die für deren Frequenzanteil repräsentativ ist. Diese Darstellung ist keine Vorhersage einer bestimmten seismischen Bewegung, und eine solche Bewegung könnte Anlass für noch schwerwiegendere Auswirkungen als jene der betrachteten Erdbebeneinwirkung haben und damit zu größeren Schäden führen, als sie von den in dieser Norm betrachteten Grenzzuständen beschrieben werden.

Nicht nur die Erdbebeneinwirkung kann nicht vorhergesagt werden, sondern es sollte auch anerkannt werden, dass technische Verfahren keine perfekte Vorhersage treffen, wenn es um die spezifischen Auswirkungen geht, bei denen davon ausgegangen wird, dass die Bauwerke im nicht-linearen Bereich reagieren. Solche Unsicherheiten werden entsprechend dem allgemeinen Rahmen von EN 1990 berücksichtigt, wobei ein Restrisiko besteht, dass ihre Auswirkungen unterschätzt werden.

Die weiteren Teile der Reihe EN 1998 enthalten zusätzlich zu prEN 1998-1-1 Folgendes:

- prEN 1998-1-2 enthält besondere Vorschriften für Hochbauten;
- EN 1998-2 enthält besondere Vorschriften für Brücken;
- EN 1998-3 enthält Vorschriften für die Bewertung und Ertüchtigung der Erdbebensicherheit bei bestehenden Hochbauten und Brücken;
- EN 1998-4 enthält besondere Vorschriften für Silos, Tankbauwerke, Rohrleitungen, Türme, Masten und Schornsteine;
- EN 1998-5 enthält besondere Vorschriften für Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte.

0.3 Einleitung zu prEN 1998-1-1

prEN 1998-1-1 enthält allgemeine Anforderungen an alle Arten von Bauwerke für die erdbebensichere Bemessung, einschließlich der Definition von Erdbebeneinwirkungen und der allgemeinen Beschreibung der Berechnungs- und Nachweisverfahren.

Die Definition der Erdbebeneinwirkung erlaubt allerdings eine Anpassung an das spezifische seismische Umfeld vor Ort durch national festzulegende Parameter (NDP, en: Nationally Determined Parameters), die von den nationalen Behörden oder im Nationalen Anhang oder durch eine standortspezifische Beschreibung definiert werden.

prEN 1998-1-1 ist unterteilt in sieben Hauptabschnitte und enthält die folgenden Anhänge, wobei Anhang B bis Anhang E sowie Anhang G normativ sind, und Anhang A und Anhang F informativ sind:

- Anhang A: Europäische Gefährdungskarten;
- Anhang B: Alternative Identifizierung von Standortkategorien;
- Anhang C: Standortspezifische elastische Antwortspektren;
- Anhang D: Kriterien für die Auswahl und Skalierung von Eingangsbewegungen
- Anhang E: Bestimmung der Zielverschiebung und der Spektralbeschleunigung im Grenzzustand durch Anwendung einer nicht-linearen Antwortverlaufsrechnung an einem äquivalenten Modell mit einem Freiheitsgrad;
- Anhang F: Vereinfachtes zuverlässigkeitsbasiertes Nachweisformat;
- Anhang G: Bemessung von Betonbefestigungen in der Erdbeben-Bemessungssituation.

0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

Das Verb „muss“ beschreibt eine Anforderung, die zwingend zu befolgen ist und von der bei Anwendung der Eurocodes keine Abweichung zulässig ist.

Das Verb „sollte“ beschreibt eine streng empfohlene Auswahl oder Vorgehensweise. In Abhängigkeit von nationalen Regeln und/oder relevanten Vertragsbestimmungen können alternative Lösungen verwendet/angenommen werden, wenn sie technisch verifiziert sind.

Das Verb „darf“ beschreibt eine erlaubte Vorgehensweise innerhalb der Anwendungsgrenzen der Eurocodes.

Das Verb „kann“ beschreibt Möglichkeiten und Fähigkeiten; es wird für Tatsachenfeststellungen und Erklärungen verwendet.

0.5 Nationaler Anhang zu prEN 1998-1-1

Nationale Festlegungen zu diesem Dokument sind dann erlaubt, wenn diese im Rahmen von Anmerkungen ausdrücklich gestattet sind. Zu den nationalen Festlegungen gehört die Auswahl von Werten für die national festzulegenden Parameter (NDPs, en: nationally determined parameters).

Die jeweilige nationale Ausgabe von prEN 1998-1-1 kann einen Nationalen Anhang mit allen nationalen Festlegungen enthalten, die für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Wird keine nationale Festlegung angeführt, ist der in diesem Dokument festgelegte Standardwert anzuwenden.

Wenn keine nationale Festlegung angeführt wird und kein Standardwert in diesem Dokument angegeben ist, kann die Festlegung durch eine zuständige Behörde getroffen werden, oder sofern keine Festlegungen getroffen wurden, können die betroffenen Parteien im Einzelfall eine Vereinbarung treffen.

Nationale Festlegungen sind in prEN 1998-1-1 im Rahmen von Anmerkungen zu Folgendem gestattet:

1.1(1)	4.1(6)	4.1(8)	4.5.1(2)
5.2.1(1)	5.2.1(3)	5.2.1(4)	5.2.1(5)
5.2.2.2(2)	5.2.2.2(9)	5.2.2.5(2)	F.3(1)
G.4(1)			

Nationale Festlegungen sind in prEN 1998-1-1 für die Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

Anhang A Anhang F

Der Nationale Anhang kann, direkt oder durch Verweisungen, ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Erleichterung der Umsetzung enthalten, sofern dadurch keine Bestimmungen der Eurocodes geändert werden.

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich von prEN 1998-1-1

(1) Dieses Dokument gilt für die Bemessung und den Nachweis von Hochbauten und anderen Bauwerken in Erdbebengebieten. Es enthält allgemeine Regeln, die für alle Bauwerksarten, mit Ausnahme von Spezialbauwerken, maßgebend sind.

ANMERKUNG Spezialbauwerke gehören der Versagensfolgeklasse CC4 an, die von den Eurocodes nicht vollständig abgedeckt wird. Die Bauwerkskategorien der Versagensfolgeklasse CC4, für die EN 1998 oder Teile davon in einem Land gelten, können von den zuständigen Behörden angegeben oder im Nationalen Anhang enthalten sein.

(2) Dieses Dokument enthält die grundlegenden Leistungsanforderungen und die Übereinstimmungskriterien, die für Hoch- und Ingenieurbauten in Erdbebengebieten gelten.

(3) Dieses Dokument enthält Regeln für die Darstellung von Erdbebeneinwirkungen und die Beschreibung von Bemessungssituationen mit Erdbebeneinwirkungen. Für bestimmte Tragwerksarten, die in anderen Teilen von EN 1998 behandelt werden, sind ergänzende Regeln erforderlich, die in diesen einschlägigen Teilen enthalten sind.

(4) Dieses Dokument enthält allgemeine Verfahren für die statische Berechnung und den Nachweis unter Erdbebeneinwirkungen, einschließlich schwingungsisolierter Bauwerke und dissipativer dezentraler Anlagen.

(5) Dieses Dokument enthält Regeln für die Modellierung und den Nachweis von Bruchfestigkeiten und Bruchverformungen.

1.2 Voraussetzungen

(1) Die allgemeinen Voraussetzungen von prEN 1990:2021, 1.2, werden durch (2) bis (6) ergänzt.

(2) Es wird vorausgesetzt, dass die Bemessung des Tragwerks und der vom Tragwerk getragenen Massen weder in der Bauphase noch während seiner Lebensdauer geändert wird, es sei denn, es wird eine geeignete Begründung und ein ebensolcher Nachweis geliefert. Dies gilt auch für nichttragende Bauteile (siehe 3.1.2). Wegen der besonderen Art der Erdbebenantwort gilt dies sogar im Fall von Änderungen, die eine Erhöhung des Tragwiderstands bewirken.

(3) Es wird vorausgesetzt, dass die Bauunterlagen die Abmessungen, die Einzelheiten und die Eigenschaften der für tragende Bauteile verwendeten Werkstoffe enthalten. Gegebenenfalls wird auch vorausgesetzt, dass die Bauunterlagen die Eigenschaften von anzuwendenden besonderen Vorrichtungen und die Abstände zwischen tragenden und nichttragenden Bauteilen enthalten. Es wird vorausgesetzt, dass die für die Güteüberwachung erforderlichen Vorschriften festgelegt sind.

(4) Es wird vorausgesetzt, dass Bauteile von besonderer Bedeutung für das Tragverhalten, bei denen eine besondere Überprüfung während der Bauausführung notwendig ist, auf den Bauzeichnungen ausgewiesen sind. In diesem Fall wird auch vorausgesetzt, dass die anzuwendenden Nachweisverfahren festgelegt sind.

(5) Im Fall einer Klasse mit hohen Erdbebeneinwirkungen (4.1.1(4)) wird vorausgesetzt, dass formale Qualitätssicherungssysteme für die Bemessung, die Bauausführung und die Nutzung zusätzlich zu den in den anderen einschlägigen Eurocodes vorgeschriebenen Kontrollverfahren festgelegt sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG In den Literaturhinweisen sind weitere zitierte Dokumente aufgeführt, die keine normativen Verweisungen sind, einschließlich solcher Dokumente, die als Empfehlungen (d. h. durch „sollte“-Sätze), Zulässigkeiten (d. h. durch „darf“-Sätze), Möglichkeiten (d. h. durch „kann“-Sätze) und in den Anmerkungen in Bezug genommenen werden.

prEN 1990:2021, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1998 (alle Teile), *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

ISO 80000, *Quantities and units*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

nichttragendes Bauteil

architektonische(s), mechanische(s) oder elektrische(s) Bauteil, System und Komponente, das/die bei der seismischen Bemessung entweder aufgrund fehlender Festigkeit oder wegen der Art und Weise seiner Verbindung mit dem Bauwerk nicht als lastabtragendes Bauteil betrachtet wird, das/die aber im Falle eines Erdbebens zu einem Risiko für Personen oder für das Bauwerk werden kann

3.1.2

Erdbebenvorrichtungen

Vorrichtungen, die dazu beitragen, die Erbebenantwort eines Bauwerks zu verändern, indem sie es isolieren, Energie ableiten oder über starre Verbindungen dauerhafte oder vorübergehende Einspannungen schaffen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die in EN 1998 verwendeten Vorrichtungen entsprechen denen in EN 1337 (alle Teile) und EN 15129.

3.1.3

Lager

Vorrichtungen zur Aufnahme vertikaler Lasten, die weder die Periode der Eigenschwingung des Bauwerks noch dessen Energiedissipation verändern

3.1.4

Verhaltensbeiwert

Beiwert für Bemessungszwecke, um die durch lineare Berechnung ermittelten Kräfte zu reduzieren, um die Überfestigkeit sowie die nicht-lineare Antwort eines Tragwerks in Abhängigkeit von Baustoff, Tragsystem und dem verwendeten Bemessungsverfahren zu berücksichtigen

3.1.5

Kapazitätsbemessungsverfahren

Bemessungsverfahren, bei dem Bauteile des Tragsystems ausgewählt und in geeigneter Weise für die Energiedissipation unter großen Verformungen bemessen und konstruktiv durchgebildet werden, während für alle anderen tragenden Bauteile eine ausreichende Festigkeit vorgesehen wird, damit die gewählten Energiedissipationsmechanismen erhalten bleiben können

3.1.6

Bemessungsverschiebung (des Isolationssystems in eine Hauptrichtung)

maximale horizontale Verschiebung zwischen dem oberen Ende des Unterbaus und dem unteren Ende des Oberbaus in der Bemessungssituation mit Erdbebeneinwirkungen, ermittelt im effektiven Steifigkeitsmittelpunkt

3.1.7

verschiebungsbasierter Ansatz

Bemessungsverfahren, bei dem die Festigkeit und Verformungskapazität des Bauwerks ausdrücklich berücksichtigt werden, wobei in den meisten Fällen dessen nicht-lineare Antwort berücksichtigt wird und Nachweise hinsichtlich Verschiebungen oder Verformungen erbracht werden

Anmerkung 1 zum Begriff: In EN 1998 wird der verschiebungsbasierte Ansatz in Form eines nicht-linearen statischen Verfahrens, das auf einer Pushover-Berechnung basiert, umgesetzt.

3.1.8

dissipatives Tragwerk

Tragwerk, das durch duktilen Hystereseverhalten und/oder auf andere Art und Weise Energie dissipieren kann

3.1.9

dissipative Bereiche

vorher festgelegte Teile eines dissipativen Tragwerks, in denen sich die Fähigkeit zur Energiedissipation vorwiegend konzentriert

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese werden auch kritische Bereiche genannt.

3.1.10

dynamisch unabhängige Einheit

Tragwerk oder Teil eines Tragwerks, das direkt der Bodenbewegung unterworfen ist und dessen Antwort nicht durch die Antwort der angrenzenden Einheiten oder Tragwerke beeinflusst wird

3.1.11

effektive Dämpfung (des Isolationssystems in eine Hauptrichtung)

Wert der viskosen Dämpfung, die der durch das Isolationssystem während eines Antwortzyklus mit der Bemessungsverschiebung dissipierten Energie entspricht

3.1.12

effektive Schwingungsdauer (des Isolationssystems in eine Hauptrichtung)

Grundschiebungsdauer in der betrachteten Richtung eines Einmassenschwingers mit der Masse des Oberbaus und einer Federsteifigkeit gleich der effektiven Steifigkeit des Isolationssystems

3.1.13

effektive Steifigkeit (des Isolationssystems in eine Hauptrichtung)

Quotient aus dem Wert der gesamten horizontalen Kraft, die durch die Isolationsebene übertragen wird, wenn die Bemessungsverschiebung in dieselbe Richtung erfolgt, und dem Absolutwert dieser Verschiebung (siehe 3.1.7). Dies entspricht der Sekantensteifigkeit in Verbindung mit der Bemessungsverschiebung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die effektive Steifigkeit wird im Allgemeinen durch iterative dynamische Berechnungen ermittelt.

3.1.14

effektiver Steifigkeitsmittelpunkt des Isolationssystems

Steifigkeitsmittelpunkt, berechnet an der Oberseite der Isolationsebene, d. h. einschließlich der Nachgiebigkeit der Isolationsvorrichtungen und des Unterbaus/der Unterbauten

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Hochbauten, Tankbauten und ähnliche Bauwerke darf die Nachgiebigkeit des Unterbaus bei der Ermittlung dieses Punktes oft vernachlässigt werden, der dann mit dem Steifigkeitsmittelpunkt der Isolationsvorrichtungen zusammenfällt.

3.1.15

Vorrichtung mit Energiedissipation

verfügbares Element des Energiedissipationssystems, das die durch die Relativbewegung der beiden Enden der Vorrichtung verursachte Energie ableitet und nicht Teil des Haupttragssystems ist

3.1.16

Energiedissipationssystem

Gesamtheit von Bauteilen, die alle Vorrichtungen mit Energiedissipation und alle tragenden Bauteile umfasst, die erforderlich sind, um die Kräfte von den Vorrichtungen mit Energiedissipation in das Haupttragssystem und in die Bauwerksgründung zu übertragen. Dazu gehören auch alle Bolzen, Schrauben, Knotenbleche, Strebenverlängerungen und anderen Bauteile, die zur Verbindung der Vorrichtungen mit Energiedissipation mit anderen Tragwerkselementen erforderlich sind

3.1.17

kraftbasierter Ansatz

kraftbasiertes Bemessungsverfahren, das eine lineare Berechnung nutzt, die implizit die Überfestigkeit und die nicht-lineare Antwort durch einen Verhaltensbeiwert und Nachweise in Form von Kräften berücksichtigt. In EN 1998 wird er in Form eines Verfahrens mit statischen Horizontallasten oder eines Verfahrens mit dynamischem Antwortspektrum angewendet

3.1.18

vollständige Isolation

Entkopplung

der Oberbau ist vollständig isoliert (entkoppelt), wenn er in der Erdbeben-Bemessungssituation elastisch bleibt. Sonst ist der Oberbau teilweise isoliert

3.1.19

Isolationssystem

Gesamtheit der Isolationsvorrichtungen zum Erreichen der seismischen Isolation, die innerhalb der Isolationsebene angeordnet sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise werden diese unterhalb der Hauptmasse des Tragwerks angeordnet.

3.1.20

Isolationsvorrichtungen

Vorrichtungen, die das Isolationssystem bilden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die in EN 1998-1-1 berücksichtigten Vorrichtungen bestehen aus mehrschichtigen Elastomerlagern, elasto-plastischen Vorrichtungen, viskosen oder Reibungsdämpfern, Gleitkörpern mit gekrümmter Oberfläche und weiteren Vorrichtungen, deren Verhalten 6.8.2.4 entspricht.

3.1.21

Haupttragssystem

bei Bauwerken, die mit Energiedissipationssystemen ausgestattet sind, Gesamtheit von primären und sekundären seismischen Bauteilen und deren Verbindungen, die so ausgelegt und durchgebildet sind, dass sie die Schwerkraftbelastung aufrechterhalten, wenn sie den durch die ungünstigste Bemessungsbedingung mit Erdbebeneinwirkung verursachten Verformungen ausgesetzt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die primären seismischen Bauteile des Haupttragssystems bilden einen Teil des Systems, das die Erdbebeneinwirkung aufnimmt. Sie verleihen Festigkeit und Steifigkeit. Sie können auch zur Energiedissipation durch inelastische Antwort beitragen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Haupttragssystem und das Energiedissipationssystem dürfen gemeinsame tragende Bauteile besitzen.

3.1.22

nicht-dissipatives Tragwerk

Tragwerk, das für eine Bemessungssituation mit Erdbebeneinwirkung ausgelegt ist und sich ausschließlich auf das linear-elastische Werkstoffverhalten stützt

3.1.23

Leistungsbeiwert

Beiwert, der gleichzeitig die Versagensfolgeklasse eines Bauwerks und den betrachteten Grenzzustand berücksichtigt

3.1.24

Haupttragwerk

Gesamtheit der Bauteile, die einer Erdbebeneinwirkung aus eigener Kraft standhalten können

3.1.25

primäres seismisches Bauteil

tragendes Bauteil, das als Teil des Haupttragwerkes betrachtet wird, bei der Berechnung für die Erdbeben-Bemessungssituation modellmäßig erfasst wird und nach den Regeln von EN 1998 für Erdbebenwiderstand vollständig bemessen und durchgebildet wird

3.1.26

reduziertes Spektrum

Spektrum, das durch Anwendung eines Verhaltensbeiwertes aus dem elastischen Antwortspektrum abgeleitet wird und im Rahmen des kraftbasierten Ansatzes zu verwenden ist

3.1.27

Referenz-Erdbebeneinwirkung

Erdbebeneinwirkung in Zusammenhang mit dem Grenzzustand der wesentlichen Schädigung für Versagensfolgeklasse CC2

3.1.28

widerstandsfähiges tragendes Bauteil

tragendes Bauteil, dessen Beanspruchbarkeit nicht geringer ist als die Beanspruchungsgrößen in der Erdbeben-Bemessungssituation

3.1.29

Beanspruchbarkeit

Widerstand

die Beanspruchbarkeit eines tragenden Bauteils ist die (verallgemeinerte) Kraft oder (verallgemeinerte) Verformung, der es widerstehen kann, ohne einen vorher festgelegten Grenzzustand zu überschreiten

3.1.30

sekundäres seismisches Bauteil

tragendes Bauteil, das nicht als Teil des Primärsystems betrachtet wird und dessen Festigkeit und Steifigkeit gegenüber Erdbebeneinwirkungen vernachlässigt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie brauchen nicht allen Anforderungen der Reihe EN 1998 zu genügen, ihre Auslegung und konstruktive Durchbildung muss jedoch die Aufnahme der Beanspruchung aus Gewichtslasten beim Auftreten der Verschiebungen in der Erdbeben-Bemessungssituation sicherstellen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Sekundäre seismische Bauteile können im Falle von Effekten nach Theorie 2. Ordnung (z. B. bei Pendelstützen) zum Querlastwiderstand des Systems beitragen.

3.1.31

Klasse der Erdbebeneinwirkung

Bereich der Intensität von Erdbebeneinwirkungen zur Bestimmung der Anwendbarkeit der vereinfachten Verfahren und der Duktilitätsklassen. Sie berücksichtigt die Verstärkung am Standort aufgrund der Topographie und der Standortkategorie sowie die Versagensfolgeklasse

3.1.32

Index der Erdbebeneinwirkung

Spektralbeschleunigung basierend auf den Festlegungen bezüglich Erdbebengefährdungen und Sicherheit, um die Klassen der Erdbebeneinwirkung festzulegen

3.1.33

spezifische Studien zur Gefährdung durch Erdbeben

Untersuchungen und anschließende Studien, die für einen bestimmten Standort durchgeführt werden, um Informationen über die Erdbebeneinwirkung an diesem Standort einzuholen, die ausführlicher sind als die Informationen, die durch Karten der Spektralbeschleunigung bereitgestellt werden

3.1.34

stabiler Standort

Standort, der nicht durch Untergrundversagen, Hangrutschung und/oder Setzungen infolge Bodenverflüssigung oder starker Bodenverdichtung bei betrachteter Erdbebeneinwirkung beeinflusst ist

3.1.35

Bauwerk mit Energiedissipationssystem

Bauwerk, bestehend aus einem Haupttragssystem und einem parallel arbeitenden Energiedissipationssystem

3.1.36

Teiltragwerk(e)

Teil(e) des Tragwerkes, der/die sich unterhalb der Isolationsebene befindet/befinden

3.1.37

Oberbau

Teil des Tragwerkes, der sich oberhalb der Isolationsebene befindet

3.1.38

gesamte Bemessungsverschiebung (einer Isolationsvorrichtung in eine Hauptrichtung)

maximale horizontale Verschiebung an der Stelle der Isolationsvorrichtung, einschließlich der Verschiebung infolge der Bemessungsverschiebung und der Rotation infolge der globalen Torsion um die vertikale Achse

3.1.39

Bauwerksart

Gesamtheit der Bauwerke, die von einem bestimmten Teil von EN 1998 abgedeckt werden. Die betrachteten Bauwerksarten sind:

- Hochbauten;
- Brücken;
- Silos;
- Tankbauwerke;
- Rohrleitungen;
- geotechnische Strukturen und Systeme;

- unterirdische Strukturen;
- Türme;
- Masten;
- Schornsteine.

3.2 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in prEN 1990:2021, 3.2, aufgeführten Symbole und Abkürzungen.

Für die werkstoffspezifischen Symbole und auch für die Symbole, die nicht speziell in Zusammenhang mit Erdbeben-Bemessungssituationen stehen, gelten die Festlegungen der einschlägigen Eurocodes.

Darüber hinaus werden weitere Symbole und Abkürzungen, die in Verbindung mit Erdbebeneinwirkungen verwendet werden, werden zur leichten Anwendung dieses Dokuments an der Stelle, an der sie auftreten, definiert. Die in prEN 1998-1-1 am häufigsten vorkommenden Symbole sind in 3.2.1 aufgeführt und definiert, und zusätzliche Abkürzungen sind in 3.2.2 angegeben.

3.2.1 Symbole

3.2.1.1 In Abschnitt 4 verwendete Symbole

Lateinische Großbuchstaben

S_δ	Index der Erdbebeneinwirkung
$S_{\delta, \text{elas}}$	Grenzwert des Index der Erdbebeneinwirkung bei einer vollelastischen Berechnung
$T_{\text{LS,CC}}$	Wiederkehrperiode in Zusammenhang mit einem bestimmten Grenzzustand (LS, en: limit state) und einer bestimmten Versagensfolgeklasse (CC, en: consequence class)
$T_{\text{SD,2}}$	Wiederkehrperiode in Zusammenhang mit dem Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage) und der Versagensfolgeklasse CC2

Griechische Kleinbuchstaben

δ	Beiwert zur Festlegung von S_δ in Abhängigkeit von der Versagensfolgeklasse
$\gamma_{\text{LS,CC}}$	Leistungsbeiwert in Zusammenhang mit einem bestimmten Grenzzustand (LS, en: limit state) und einer bestimmten Versagensfolgeklasse (CC, en: consequence class)
$\gamma_{\text{SD,2}}$	Leistungsbeiwert in Zusammenhang mit dem Grenzzustand der wesentlichen Schädigung und der Versagensfolgeklasse CC2, definitionsgemäß gleich 1

3.2.1.2 In Abschnitt 5 verwendete Symbole

Lateinische Großbuchstaben

D_R	Dauer des Hauptabschnitts einer Bodenbewegung
F_A	Verhältnis von S_α zur Spektralbeschleunigung der Nullperiode
F_L	Standort-Verstärkungsbeiwert für lange Eigenperioden

F_T	Topographie-Verstärkungsbeiwert
F_α	Standort-Verstärkungsbeiwert für kurze Eigenperioden
F_β	Standort-Verstärkungsbeiwert für mittleren Perioden ($T = T_\beta$)
H	Referenzhöhe für die Berechnung von $v_{s,H}$. Sie entspricht H_{800} , wenn $H_{800} < 30$ m; anderenfalls entspricht sie 30 m.
H_{800}	Höhe des Untergrundes, gekennzeichnet durch eine Scherwellengeschwindigkeit $v_s > 800$ m/s
$L_{g,l}$	charakteristische Länge, Funktion der Standortkategorie vom Auflager l
L_{kl}	Abstand zwischen den Auflagern k und l
M_w	Magnitude des Erdbebens, gemessen auf der Momenten-Magnituden-Skala
N	Anzahl der Schichten in der Bodenablagerung für die Berechnung von $v_{s,H}$
PGA_e	Bemessungsspitzenwert der horizontalen Bodenbeschleunigung
PGD_e	Bemessungsspitzenwert der horizontalen Bodenverschiebung
PGD_{ei}	Wert von PGD_e am Standort i zur Berechnung der relativen Verschiebung zwischen zwei Standorten
PGV_e	Bemessungsspitzenwert der horizontalen Bodengeschwindigkeit
$S_e(T)$	elastisches Antwortspektrum für die Horizontalkomponente der Erdbebeneinwirkung
$S_{De}(T)$	elastisches Antwortspektrum der Verschiebung für die Horizontalkomponente der Erdbebeneinwirkung
$S_{ve}(T)$	elastisches Antwortspektrum für die Vertikalkomponente der Erdbebeneinwirkung
S_α	maximale Beschleunigung des Antwortspektrums (5 %-Dämpfung), die dem konstanten Beschleunigungsbereich des horizontalen elastischen Antwortspektrums entspricht
$S_{\alpha,ref}$	Wert von S_α für Standortkategorie A und für die Wiederkehrperiode T_{ref}
$S_{\alpha,RP}$	Wert von S_α für Standortkategorie A und für einen allgemeinen Wert der Wiederkehrperiode (RP, en: return period)
$S_{\alpha,475}$	Wert von S_α für Standortkategorie A und für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren
$S_{\alpha,v}$	maximale Beschleunigung des Antwortspektrums (5 %-Dämpfung), die dem konstanten Beschleunigungsbereich des vertikalen elastischen Antwortspektrums entspricht
S_β	Spektralbeschleunigung (5 %-Dämpfung) bei der Schwingungsdauer T_β des horizontalen elastischen Antwortspektrums
$S_{\beta,ref}$	Wert von S_β für Standortkategorie A und für die Wiederkehrperiode T_{ref}
$S_{\beta,RP}$	Wert von S_β für Standortkategorie A und für einen allgemeinen Wert der Wiederkehrperiode (RP, en: return period)
$S_{\beta,v}$	Spektralbeschleunigung (5 %-Dämpfung) bei der Schwingungsdauer T_β des vertikalen elastischen Antwortspektrums
$S_{\alpha,ref,X}, S_{\beta,ref,X}$	Werte von $S_{\alpha,ref}$ und $S_{\beta,ref}$ an einem Standort X mit einer anderen Standortkategorie als A
$S_{\alpha,RP,X}, S_{\beta,RP,X}$	Werte von $S_{\alpha,RP}$ und $S_{\beta,RP}$ an einem Standort X mit einer anderen Standortkategorie als A

T	Schwingungsdauer eines linearen Einmassenschwingers
T_A	Ende der kurzen Periode in Zusammenhang mit der Spektralbeschleunigung der Nullperiode
T_B	untere Eckschwingungsperiode des Bereiches der konstanten Spektralbeschleunigung
T_{Bv}	untere Eckschwingungsperiode des Bereiches der konstanten Spektralbeschleunigung für die vertikale Komponente
T_C	obere Eckperiode des Bereiches der konstanten Spektralbeschleunigung
$T_{C,X}$	Wert von T_C an einem Standort X mit einer anderen Standortkategorie als A
T_{Cv}	obere Eckperiode des Bereiches der konstanten Spektralbeschleunigung für die vertikale Komponente
T_D	Eckschwingungsperiode am Anfang des Bereiches der ersten konstanten Spektralverschiebung
T_E	Eckschwingungsperiode am Ende des Bereiches der konstanten Spektralverschiebung
T_F	Schwingungsdauer, bei deren Überschreitung die Spektralverschiebung gleich der maximalen Bodenverschiebung ist
T_{ref}	Wert der Referenz-Wiederkehrperiode, der dem Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage) und Versagensfolgeklasse CC2 entspricht
T_β	Schwingungsdauer zur Verankerung des elastischen horizontalen Spektrums für flexible Tragwerke. Sofern nicht anderweitig festgelegt, ist $T_\beta = 1$ s.

Lateinische Kleinbuchstaben

a_{kl}	Beiwert für die Bewertung des Korrelationskoeffizienten ρ_{kl} zwischen seismischen Beanspruchungsgrößen an den Auflagern k und l
$d_{ij,max}$	maximale relative Verschiebung von zwei Orten in einem Abstand x_{ij}
$d_{ij,ld,max}$	maximale relative Verschiebung von zwei Orten in großem Abstand
f_h	Verhältnis von $S_{\beta,ref}$ zu $S_{\alpha,ref}$
$f_{v\alpha}$	Verhältnis von $S_{\alpha,v}$ zu S_α
$f_{v\beta}$	Verhältnis von $S_{\beta,v}$ zu S_β
h_i	Dicke der i -ten Schicht der Bodenablagerung
i	mittlerer Neigungswinkel einer topographischen Unregelmäßigkeit
k	Beiwert für die Bewertung des Verhältnisses zwischen $S_{\alpha,475}/S_{\alpha,ref}$ und $475/T_{ref}$
$L_{g,k}$	charakteristische Längenfunktion der Standortkategorie von Auflager k
r_α	Beiwert zur Berücksichtigung nicht-linearer Auswirkungen der Standortverstärkung auf F_α
r_β	Beiwert zur Berücksichtigung nicht-linearer Auswirkungen der Standortverstärkung auf F_β
v_s	Ausbreitungsgeschwindigkeit der Scherwellen (S), gemessen bei geringer Verzerrung
v_i	Wert von v_s für die i -te Schicht der Bodenablagerung
$v_{s,H}$	äquivalenter Wert von v_s bis hin zur Referenzhöhe H

$v_{s,30}$	äquivalenter Wert von v_s in den oberen 30 m der Bodenablagerung
x_{ij}	räumlicher Abstand zwischen zwei Standorten
x_L	Normabstand für die Berechnung der relativen Verschiebung zwischen zwei Standorten

Griechische Kleinbuchstaben

χ	Beiwert für die Bewertung der Eckperiode T_B auf Grundlage von T_C
η	Dämpfungs-Korrekturbeiwert für das elastische Antwortspektrum, mit einem Referenzwert $\eta = 1$ bei 5 %-Dämpfungsverhältnis ξ
ξ	äquivalentes viskoses Dämpfungsverhältnis des Bauwerks
ρ_{kl}	Korrelationskoeffizient zwischen Beanspruchungsgrößen, wenn die Erdbebeneinwirkung durch einen Satz von Antwortspektren dargestellt wird, für jedes Paar Auflager mit den Indizes k und l

3.2.1.3 In Abschnitt 6 verwendete Symbole

Lateinische Großbuchstaben

E_d	Bemessungswert der Beanspruchungsgröße in der Erdbeben-Bemessungssituation, einschließlich möglicher Einflüsse der Theorie 2. Ordnung
E_D	von den Erdbebenvorrichtungen abgeführte Energie
E_{Di}	von der Erdbebenvorrichtung i abgeführte Energie
E_E, E_{Ei}	Höchstwert einer seismischen Beanspruchungsgröße (Kraft, Verschiebung usw.) bzw. Wert dieser seismischen Beanspruchungsgröße aufgrund der Schwingungseigenform i
E_{Edx}, E_{Edy}	Beanspruchungsgröße infolge einer Erdbebeneinwirkung entlang der gewählten Horizontalachse x des Bauwerks und Beanspruchungsgröße infolge derselben Erdbebeneinwirkung entlang der orthogonalen Horizontalachse y des Bauwerks
E_{Edz}	Beanspruchungsgröße infolge der vertikalen Komponente der Bemessungs-Erdbebeneinwirkung
E_s	reversibel gespeicherte Energie (elastische Dehnungsenergie und potentielle Energie) des Bauwerks einschließlich des Isolationssystems
E^*	Bereich unterhalb der transformierten Kapazitätskurve $F^*(d^*)$ bis zu dem Punkt (d_m^*, F_m^*) des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
F^*	äquivalente Kraft im äquivalenten System mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
F_m^*	Kraft am letzten Punkt der Kurve $F^*(d^*)$ oder der Punkt der Höchstkraft des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
F_y^*	Fließkraft, erhalten durch Bilinearisierung des Kraft-Verformungs-Verhältnisses des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
T^*	äquivalente Periode des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
F_0	Kraft bei Nullverschiebung des Isolationssystems unter zyklischer Belastung ohne den Beitrag der geschwindigkeitsabhängigen Vorrichtungen

F_b	Gesamtschubkraft bei der Pushover-Berechnung
F_i	Pushover-Horizontalkraft in die betrachtete Richtung am i -ten Knoten
$G_{k,j}$	ständige Eigengewichtslasten, wie sie in der Erdbeben-Bemessungssituation auftreten
K_P	post-elastische (Tangenten-)Steifigkeit des Isolationssystems
M_d	Masse des steifen Oberbaus eines Isolationssystems
$Q_{k,i}$	veränderliche Eigengewichtslasten, wie sie in der Erdbeben-Bemessungssituation auftreten
R_d	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit entsprechend dem Bemessungswert der Beanspruchungsgröße E_d
$R_q(T)$	Abminderungsfaktor, der das verringerte Bemessungsspektrum festlegt
R_{q0}	Wert von $R_q(T)$ in Zusammenhang mit der Spektralbeschleunigung der Nullperiode
$S_r(T)$	verringertes Bemessungsspektrum in horizontaler Richtung
$S_{vr}(T)$	verringertes Bemessungsspektrum in vertikaler Richtung
S_y	Fließbeschleunigung des äquivalenten Einmassenschwingers
T_1	Grundschwingungsdauer des Bauwerks in der betrachteten Richtung
T_i	Schwingungsdauer der Modalform i
T_{SSI}	Wert von T , der sich aus einer Berechnung ergibt, die den Einfluss der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung (SSI, en: soil-structure interaction) berücksichtigt
K_{eff}	effektive Steifigkeit eines schwingungsisolierten Bauwerks
T_{eff}	effektive Schwingungsdauer eines schwingungsisolierten Bauwerks
$\bar{F}_l$	Muster der Pushover-Kräfte
V_R	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit von spröden Mechanismen
$V_{R,SD}$	Beanspruchbarkeit von spröden Mechanismen im Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage)

Lateinische Kleinbuchstaben

c_{dt}	Korrekturbeiwert, der auf die Zielverschiebung anzuwenden ist, um eine transversale Beteiligung der betrachteten Modalform zu berücksichtigen
d_{db}	Bemessungswert der Verschiebung des äquivalenten linearen Modells eines Isolationssystems in der Erdbebensituation, einschließlich γ_x
d_{Ed}	seismische Verschiebung des Isolationssystems in die betrachtete Richtung
d_s, d_r	Verschiebung eines Punkts des Tragsystems, die durch den Bemessungswert der Erdbebeneinwirkung hervorgerufen wird bzw. berechnete Verschiebung desselben Punkts des Tragsystems bei verringertem Spektrum in Zusammenhang mit dem Bemessungswert der Erdbebeneinwirkung
d_n	Kontrollverschiebung bei der Pushover-Berechnung

d_u	Wert der Kontrollverschiebung bei Erreichen der örtlichen Grenzverformung in einem duktilen post-elastischen Mechanismus, oder infolge des Sprödbruchs oder durch Instabilität, wenn dies zuerst eintritt, in einem beliebigen Bauteil
d^*	äquivalente Verschiebung des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
d_t^*	Zielverschiebung bei der Pushover-Berechnung
d_{et}^*	Zielverschiebung des äquivalenten Einmassenschwingers mit unbegrenztem elastischem Verhalten
d_m^*	Verschiebung entsprechend F_m^* des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
d_u^*	Grenzverschiebung, die in der Kraft-Verschiebungs-Beziehung des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung berücksichtigt wird
d_y^*	Verschiebung an der Fließgrenze, die durch Bilinearisierung der Kraft-Verformungs-Beziehung des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung erhalten wird
d_{SD}^*	Verschiebung des äquivalenten Einmassenschwingers, die dem Erreichen des Grenzzustands der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage) entspricht
k^*	Steifigkeit des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
m_i	effektive Masse des i -ten Knotens
m^*	Masse des äquivalenten Systems mit einem Freiheitsgrad bei der Pushover-Berechnung
q	Verhaltensbeiwert in horizontale Richtung
q_{disp}	Verhaltensbeiwert der Verschiebung
q_D	Komponente des Verhaltensbeiwerts, die die Verformungskapazität und die Energiedissipationskapazität eines starr gelagerten Bauwerks berücksichtigt
$q_{D,SSI}$	Wert von q_D , der bei der Berechnung zu verwenden ist, um die Einflüsse der Boden-Bauwerk-Wechselwirkungen zu berücksichtigen
q_R	Komponente des Verhaltensbeiwerts, die die Überfestigkeit infolge der Neuverteilung der seismischen Beanspruchungsgrößen in redundanten Tragwerken berücksichtigt
q_S	Komponente des Verhaltensbeiwerts, die die Überfestigkeit infolge aller anderen Ursachen berücksichtigt
q_v	Verhaltensbeiwert in vertikale Richtung
r_{ij}	Korrelationsbeiwert in Modalformkombination
u	Kraftabminderungsfaktor bei der Pushover-Berechnung

Griechische Großbuchstaben

Γ	Transformationsbeiwert zwischen einem System mit mehreren Freiheitsgraden und dem äquivalenten System mit einem Freiheitsgrad
Γ'	Wert von Γ , der den modalen Beteiligungsfaktor der Modalform orthogonal zu der betrachteten Richtung bezeichnet

Griechische Kleinbuchstaben

α	Pushover-Lastbeiwert zur Modulation der Amplitude der Pushover-Kräfte
α_{ij}	Beiwert für die Bewertung von r_{ij} : $\alpha_{ij} = (T_i - T_j)/(T_i + T_j)$
$\alpha_{SD,d}$	plastischer Anteil der Verschiebung des äquivalenten Einmassenschwingers, der dem Erreichen des Grenzzustands der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage) entspricht
$\alpha_{SD,\theta}$	plastischer Anteil der Sehnensrotation im Grenzzustand, der dem Erreichen des Grenzzustands der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage) entspricht
β	Beiwert für den unteren Grenzwert für das verringerte horizontale Bemessungsspektrum
ϕ_i	Verschiebungswert der Modalform ϕ beim i -ten Knoten in der betrachteten Richtung der Erdbebeneinwirkung
ϕ_n	Verschiebungswert der Modalform ϕ am Kontrollknoten in der betrachteten Richtung der Erdbebeneinwirkung bei der Pushover-Berechnung
$\gamma_{Rd,NC,d}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Verschiebungskapazität im Grenzzustand des Quasiversagens (NC, en: near collapse)
$\gamma_{Rd,NC,\theta}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit eines plastischen Mechanismus im Grenzzustand des Quasiversagens (NC, en: near collapse)
$\gamma_{Rd,NC,V}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit eines spröden Mechanismus im Grenzzustand des Quasiversagens (NC, en: near collapse)
$\gamma_{Rd,SD,d}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Verschiebungskapazität im Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage)
$\gamma_{Rd,SD,\theta}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit eines plastischen Mechanismus im Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage)
$\gamma_{Rd,SD,V}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit eines spröden Mechanismus im Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage)
γ_x	Verstärkungsbeiwert für Erdbebenvorrichtungen
δ_s	Verformungsparameter in Zusammenhang mit einem plastischen Mechanismus im Zustand s
δ_{NC}	Wert von δ_s , der dem Erreichen des Grenzzustands des Quasiversagens (NC, en: near collapse) entspricht
δ_{SD}	Wert von δ_s , der dem Erreichen des Grenzzustands der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage) entspricht
δ_u	Wert der Grenztragfähigkeit von δ_s
δ_u^{pl}	plastischer Anteil des Werts der Grenztragfähigkeit von δ_s
δ_y	Wert von δ_s bei Erreichen des Fließpunkts
θ	Sehnensrotation von Rahmen
ρ_d	zusätzlicher Verstärkungsfaktor für Erdbebenvorrichtungen, der eingeführt wird, um die kumulativen Verschiebungen zu bewältigen
ρ_{ij}	Beiwert für die Bewertung von r_{ij} : $\rho_{ij} = T_i/T_j$

ξ_i, ξ_j	Dämpfungsverhältnisse entsprechend den Schwingungseigenformen i und j
ξ_{eff}	effektive Dämpfung eines schwingungs isolierten Bauwerks
$\psi_{E,i}$	Kombinationsbeiwerte zur Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit, dass die Lasten $Q_{k,i}$ während des Erdbebens nicht überall im Bauwerk vorhanden sind

3.2.1.4 In Abschnitt 7 verwendete Symbole

Lateinische Großbuchstaben

A	Querschnittsfläche der Stahlaussteifung
A_c	Querschnittsfläche der Stahlstütze
A_{eff}	effektive Scherfläche des Stahlquerschnitts
$A_{\text{core}^{\text{net}}}$	Fließzone des BRB-Kerns
A_w	Stegfläche des Stahlquerschnitts
A_{sw}	Fläche einer Schicht einer Querbewehrungsfläche in Scherrichtung
D	Durchmesser von Kreisquerschnitten
D_o	Achsendurchmesser eines kreisförmigen Bügels
EI	Querschnittssteifigkeit (effektive Biegesteifigkeit) von Balken aus Stahl (oder von Verbundbalken aus Stahl und Beton) und Stahlstützen
G	Schubmodul von Stahl
K	Beiwert für die Bewertung der Eigenschaften f_{cc} und $\varepsilon_{c0,c}$ von umschnürtem Beton
K_e	elastische Steifigkeit ($= Q_y^*/\delta_y$); axiale Steifigkeit einer gegen Beulen ausgesteiften Aussteifung (BRB, en: buckling restrained braces)
L	angenommene freie Bauteillänge
L_0	Schubslankheit des Stahlbalkens
L_b	unausgesteifte Länge des Stahlbalkens
L_{pl}	Länge des plastischen Fließgelenks
L_v	Schubslankheit eines Rahmens ($= \text{Moment/Schub am Endquerschnitt, d. h. Länge bis zum Momentennullpunkt}$)
$L_{v\text{I}}$	Wert von L_v links vom Momentennullpunkt eines Rahmens
$L_{v\text{r}}$	Wert von L_v rechts vom Momentennullpunkt eines Rahmens
M_{Rk}	charakteristische Biegebeanspruchbarkeit des Stahlbalkens bei Biegung um die Hauptachse
M_{pl}	vollplastische Biegebeanspruchbarkeit des Stegfelds
M_u^*	effektive Biegebeanspruchbarkeit im Grenzzustand des Stahlbalkens
M_{u+}^*	effektive Biegebeanspruchbarkeit im Grenzzustand des Verbundbalkens aus Stahl und Beton mit positivem Moment
M_{u-}^*	effektive Biegebeanspruchbarkeit im Grenzzustand des Verbundbalkens aus Stahl und Beton mit negativem Moment

M_y^*	effektive Biegebeanspruchbarkeit bei Erreichen des Fließpunkts eines Stahlbalkens
M_{y+}^*	effektive Biegebeanspruchbarkeit bei Erreichen des Fließpunkts des Verbundbalkens aus Stahl und Beton mit positivem Moment
N	axiale Kraft, positiv bei Druck
$N_{b,compr}$	Anzahl der Stäbe in der Nähe der äußersten gedrückten Fasern
$N_{b,Rd}$	Beulwiderstand der Stahlaussteifung
$N_{Ed,G}$	axialer Lastbedarf der Stütze aufgrund nicht-seismischer Einwirkungen in der Erdbeben-Bemessungssituation
N_{Ed}	axiale Druck- oder Zugkraft der Stahlstütze
$N_{pl,e}$	erwartete axiale Streckgrenze einer Stahlstütze oder von Aussteifungen
N_u^t, N_u^c	effektive axiale Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Stahlaussteifung unter Zugbeanspruchung; Druck
N_y^*	effektive axiale Beanspruchbarkeit bei Erreichen des Fließpunkts in der Fließzone des BRB-Kerns
Q_u^*	effektive Grenztragfähigkeit
Q_v^*	Streckgrenze von Bauteilen aus Stahl und Verbundbauteilen aus Stahl und Beton
Q_y^*	effektive Streckgrenze
V	effektive Schubbeanspruchbarkeit bei Erreichen des Fließpunkts eines EBF-Verbinders
V_y	Schubbeanspruchbarkeit bei Erreichen des Fließpunkts eines Stegfelds

Lateinische Kleinbuchstaben

c_{dt}	Korrekturbeiwert, der auf die Zielverschiebung anzuwenden ist, um eine transversale Beteiligung der betrachteten Modalform zu berücksichtigen
d_{db}	Bemessungswert der Verschiebung des äquivalenten linearen Modells eines Isolationssystems in der Erdbebensituation, einschließlich γ_x
a^*	effektives Verfestigungsverhältnis einer tragenden Stahlstütze unter Biegebelastung
a_{vz}	Zugverschiebung des Biegemomentendiagramms ($a_v = 1$, wenn zu erwarten ist, dass die Scherrissbildung dem Biegefließen im Endabschnitt vorausgeht, sonst = 0)
b_o und h_o	Abmessungen des umschnürten Kerns zur Mittellinie des Begrenzungsstabs
b	Breite der Druckzone
b_i	Mittenabstand von Längsstäben (Index i) mit seitlicher Aussteifung durch eine Bügelecke oder einen Haken entlang des Umfangs des Querschnitts
b_f	Flanschbreite eines I-förmigen Stahlquerschnitts
b_w	Breite des Stahlquerschnitts eines Stegs (selbst in Kastenquerschnitten mit mehr als einem parallelen Steg), der senkrecht zur Schubrichtung ist
c	Steghöhe eines I-förmigen Stahlquerschnitts
d und d'	Höhe bis zur Zug- bzw. Druckbewehrung für Betonquerschnitte; Höhe der Kante des jeweiligen HSS-Stahlquerschnitts parallel zur Richtung der Erdbebeneinwirkung

d_{bL}	(mittlerer) Durchmesser der Zugbewehrung
e	Länge des Verbindungsbalkens
f_c	mittlere Druckfestigkeit von Beton (in MPa)
f_{cc}	Druckfestigkeit von umschnürtem Beton
f_y	Mittelwert der Streckgrenze von Längsstäben oder Nennwert der Streckgrenze von Stahlwerkstoffen des Stahlbalkens oder der Stahlstütze (in MPa)
f_{ym}	mittlere Festigkeit von tragenden Stahlbauteilen
f_{yw}	Mittelwert der Streckgrenze von Bügeln (in MPa)
h	Höhe des (nicht abgeplatzten) Betonquerschnitts oder volle Höhe des Stahlquerschnitts
h_0	Höhe des umschnürten Kernquerschnitts
h_b	Höhe des Stahlträgers
h_{rib}	Höhe des gerippten Querschnitts des Stahlüberbaus
i_z	Trägheitsradius eines Stahlquerschnitts im Hinblick auf dessen Nebenachse
l_0	überlappend gespleißte gerade Längsstäbe
n	Anzahl der Längsstäbe mit seitlicher Aussteifung durch eine Bügelecke oder einen Haken entlang des Umfangs des Querschnitts oder Beiwert für den Beitrag der Schubverformung von Stahlbauteilen
s_w	Abstand zwischen den Mittellinien der Querbewehrung
t	Dicke des HSS-Stahlquerschnitts
t_f	Flanschdicke des I-förmigen Stahlquerschnitts
t_{sl}	Plattendicke über dem Stahlüberbau
t_w	Stegdicke des I-förmigen Querschnitts
z	Hebelarm der inneren Kräfte eines bewehrten Betonquerschnitts

Griechische Großbuchstaben

Δ	Durchbiegung am Ende der Schublänge eines tragenden Bauteils
Δ_l	Wert von Δ links vom Momentennullpunkt eines Rahmens
Δ_r	Wert von Δ rechts vom Momentennullpunkt eines Rahmens
Δ_u	axiale Verschiebung im Grenzzustand einer BRB
Δ_u^{pl}	plastischer Teil der Verformung bis zum Spitzenwert der axialen Beanspruchbarkeit unter Zug- und Druckbelastung einer BRB
Δ_y	Wert von Δ bei Erreichen des Fließpunkts; axiale Verschiebung bei Erreichen des Fließpunkts einer BRB

Griechische Kleinbuchstaben

α	Beiwert für die Effektivität der Umschnürung
β	Beiwert für die Bewertung der effektiven Biegebeanspruchbarkeit bei Erreichen des Fließpunkts eines Stahlbalkens
$\delta_t, \delta_c, \delta_u$	axiale Fließverschiebung einer Stahlaussteifung unter Zugbelastung, Beulen auf Druck bzw. im Grenzzustand
δ_u^{pl}	plastischer Teil der Grenzverformungskapazität eines Bauteils
δ_u^*	Verformung bei der Grenzkapazität eines Bauteils, die dem Erreichen einer effektiven Grenzbeanspruchbarkeit Q_u^* entspricht
δ_y	Fließverformung, die dem Erreichen einer effektiven Fließgrenze Q_y^* entspricht
ε_{c0}	Betondehnung bei f_c
$\varepsilon_{c0,c}$	Betondehnung von umschnürtem Beton in Zusammenhang mit f_{cc}
ε_{c2}	Grenzstauchung von (nicht umschnürtem) Beton
$\varepsilon_{c2,c}$	Grenzstauchung des umschnürten Betonkerns
ε_{su}	Grenzzugdehnung von Längsstäben
$\varepsilon_{su,nom}$	gleichmäßige Dehnung bei Zugfestigkeit während eines Norm-Versuchs mit Stahl
ϕ_u	Krümmung des Endquerschnitts im Grenzzustand, berechnet aus einer Querschnittsanalyse
ϕ_y	Krümmung an der Streckgrenze des Endquerschnitts basierend auf einer Querschnittsberechnung
γ_{CT}	Anpassungsbeiwert für die Druckfestigkeit
γ_p	Scherverzerrung im Grenzzustand eines EBF-Verbinders
γ_y	Streck-Scher-Verzerrung des Stegfelds
κ_{axial}	Korrekturbeiwert für den plastischen Teil der Sehnenrotationskapazität für eine Axialkraft abweichend von 0
$\kappa_{concrete}$	Korrekturbeiwert für den plastischen Teil der Sehnenrotationskapazität bei einer Betonfestigkeit abweichend von 25 MPa
$\kappa_{confinement}$	Korrekturbeiwert für den plastischen Teil der Sehnenrotationskapazität, die die Betonumschnürung durch die Querstäbe berücksichtigt
$\kappa_{conform}$	Korrekturbeiwert für den plastischen Teil der Sehnenrotationskapazität, die die Tragwerke berücksichtigt, die einer bestimmten Duktilitätsklasse (DC, en: ductility class) entsprechen
κ_{reinf}	Korrekturbeiwert für den plastischen Teil der Sehnenrotationskapazität bei asymmetrischer Bewehrung
$\kappa_{shearspan}$	Korrekturbeiwert für den plastischen Teil der Sehnenrotationskapazität bei einer Schubslankheit abweichend von 2,5
$\lambda, \lambda_{Cl,1}$	kritischer örtlicher Schlankheitsgrad für den Querschnitt der Stahlaussteifung bzw. zugehörige örtliche Schlankheit für HSS-Querschnitte der Klasse 1
λ_{axial}	Korrekturbeiwert der Länge des plastischen Fließgelenks entsprechend der Axialkraft

λ_{section}	Korrekturbeiwert der Länge des plastischen Fließgelenks entsprechend der Scherlänge
$\lambda_{\text{shear span}}$	Korrekturbeiwert der Länge des plastischen Fließgelenks entsprechend den Abmessungen des Querschnitts
ν	normalisierte Axialkraft
ν_G	axiales Belastungsverhältnis der Stahlstütze aufgrund der nicht-seismischen Einwirkungen in der Erdbeben-Bemessungssituation
θ_l	Sehnenrotation links des Momentennullpunkts eines Rahmens
θ_r	Sehnenrotation rechts des Momentennullpunkts eines Rahmens
θ_{u0}^{pl}	Grundwert des plastischen Teils der Sehnenrotationskapazität eines Bauteils
$\theta_u^{\text{pl},+}$	plastischer Teil der Rotationskapazität von Verbundträgern aus Stahl und Beton mit positivem Moment
$\theta_u^{\text{pl},-}$	plastischer Teil der Rotationskapazität von Verbundträgern aus Stahl und Beton mit negativem Moment
$\Delta\theta_{u,\text{slip}}$	Rotation des eingespannten Endes nach Fließeintritt aufgrund der Fließ-Eindringtiefe im Verankerungsbereich hinter dem Fließende des Bauteils
ρ'	geometrisches Verhältnis der Stäbe unter Druckbeanspruchung
ρ_{sw}	volumetrisches Verhältnis der Querbewehrung in Scherrichtung
ρ_{tot}	geometrisches Verhältnis aller Längsstäbe
ω_{rm}	(Zufälligkeits-)Beiwert der Werkstoffüberfestigkeit von tragenden Stahlbauteilen
ω'	mechanisches Verhältnis der Stäbe unter Druckbeanspruchung
ω_{tot}	mechanisches Verhältnis aller Längsstäbe

3.2.1.5 Weitere Symbole in Anhang E

Lateinische Großbuchstaben

F_3 und F_4	Kräfte, die den charakteristischen Punkten der idealisierten Kraft-Verschiebungs-Beziehung entsprechen
N_a	Anzahl der Beschleunigungszeitverläufe
$S_{e,\text{LS}}$	Spektralbeschleunigung im Grenzzustand, d. h. der Medianwert der Spektralbeschleunigung in der Grundschwingungsperiode des Bauwerks, der einen bestimmten Grenzzustand herbeiführt
$S_{e,\text{LS},i}$	Spektralbeschleunigung im Grenzzustand entsprechend dem i -ten Beschleunigungszeitverlauf, d. h. der Wert der Spektralbeschleunigung in der Grundschwingungsperiode des Bauwerks, der einen bestimmten Grenzzustand im Fall des i -ten Beschleunigungszeitverlaufs herbeiführt

Lateinische Kleinbuchstaben

c	Dämpfungsbeiwert eines äquivalenten Einmassenschwingers
d_3 und d_4	Kräfte entsprechend den charakteristischen Punkten der idealisierten Kraft-Verschiebungs-Beziehung

$d_{t,i}^*$	Spitzenwert der Verschiebung eines äquivalenten Einmassenschwingers für den i -ten Beschleunigungszeitverlauf
k^*	Anfangssteifigkeit des äquivalenten Modells mit einem Freiheitsgrad

3.2.1.6 Weitere Symbole in Anhang F

Lateinische Großbuchstaben

$H(S_e)$	Funktion der Gefährdung durch Erdbeben, d. h. der Medianwert der jährlichen Häufigkeit der Überschreitung von S_e
$H(S_{e,LS})$	Medianwert der jährlichen Häufigkeit der Überschreitung von $S_{e,LS}$
$S_e(T_1) = S_e$	Spektralbeschleunigung bei Grundperiode des Bauwerks
$S_{e,LS}$	Spektralbeschleunigung im Grenzzustand, d. h. der Medianwert der Spektralbeschleunigungen (bei Grundschwingungsperiode des Bauwerks), der den bestimmten Grenzzustand (LS, en: limit state) herbeiführt
$S_{e,ref}$	Wert der Spektralbeschleunigung bei Grundperiode des Bauwerks T_1 , entsprechend der Referenz-Wiederkehrperiode T_{ref} der Erdbebeneinwirkung im Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage)
P_{LS}	jährliche Wahrscheinlichkeit der Überschreitung eines bestimmten Grenzzustands
$P_{t,LS,CC}$	Zielwert der jährlichen Wahrscheinlichkeit der Überschreitung eines bestimmten Grenzzustands bei bestimmter Versagensfolgeklasse des Bauwerks
$P(LS S_e)$	Wahrscheinlichkeit, dass die Bodenbewegung mit einer Intensität gleich S_e die Überschreitung des Grenzzustands bewirkt

Lateinische Kleinbuchstaben

k	Steigung der seismischen Gefährdungskurve für S_e im logarithmischen Bereich
-----	--

Griechische Großbuchstaben

Φ	kumulative Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung
--------	---

Griechische Kleinbuchstaben

$\beta_{Se,LS}$	logarithmische Standardnormalverteilung von $S_{e,LS}$
$\beta_{Se,LS,min}$	Mindestwert von $\beta_{Se,LS}$
$\beta_{Se,LS,max}$	Höchstwert von $\beta_{Se,LS}$

3.2.2 Abkürzungen

BRB	gegen Beulen ausgesteifte Aussteifungen (en: buckling restrained braces)
CCi	Versagensfolgeklassen, $i = 1, 2$ oder 3 (mit möglicher Unterteilung in 3-a und 3-b)
CPT	Kegeleindringungsversuch (en: cone penetration test)
CQC	vollständige quadratische Kombination (en: complete quadratic combination)
DC1	Duktilitätsklasse 1 (en: ductility class)

DC2	Duktilitätsklasse 2 (en: ductility class)
DC3	Duktilitätsklasse 3 (en: ductility class)
DL	Schadensbegrenzung (en: damage limitation)
EBF	Rahmen mit exzentrischen Verbänden (en: eccentrically-braced frame)
ER	Energieverhältnis für Standardnadelwiderstandsprüfung (en: energy ratio)
ETA	Europäische Technische Bewertung (en: European Technical Assessment)
FVT	Flügelscherversuch (en: field vane test)
LS	Grenzzustand (en: limit state)
MDOF	mehrere Freiheitsgrade (en: multi-degree-of-freedom)
NC	Quasiversagen (en: near collapse)
OP	voll betriebsfähig (en: fully operational)
PFA	Spitzenwert der Etagenbeschleunigung (en: peak floor acceleration)
PGA	Spitzenwert der Bodenbeschleunigung (en: peak ground acceleration)
PGD	Spitzenwert der Bodenverschiebung (en: peak ground displacement)
PGV	Spitzenwert der Bodengeschwindigkeit (en: peak ground velocity)
PMT	Pressiometerversuch (en: pressuremeter test)
SD	wesentliche Schädigung (en: significant damage)
SDOF	ein Freiheitsgrad (en: single-degree-of-freedom)
SLS	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (en: serviceability limit state)
SPT	Standardnadelwiderstandsprüfung (en: standard penetration test)
SRSS	Quadratwurzel der Summe der Quadrate (en: square root of the sum of the squares)
ULS	Grenzzustand der Tragfähigkeit (en: ultimate limit state)

3.3 SI-Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die SI-Einheiten nach ISO 80000.

Für die Berechnungen sollten die folgenden Einheiten, sofern zutreffend, verwendet werden:

— Masse:	kg, t
— spezifische Dichte:	kg/m ³ , t/m ³
— Kräfte und Lasten:	kN, kN/m, kN/m ²
— spezifische Masse:	kN/m ³
— Spannungen und Festigkeiten:	Pa (= N/m ²), kPa (= kN/m ²), MPa (= MN/m ²)
— Momente (Biegemoment usw.):	kNm
— Beschleunigung:	m/s ²

4 Bemessungsgrundlagen

4.1 Leistungsanforderungen

(1) Bauwerke müssen so bemessen sein, dass im Fall eines Erdbebens die folgenden Ziele mit einem angemessenen Zuverlässigkeitsniveau erreicht werden:

- menschliches Leben ist geschützt;
- Schaden wird begrenzt;
- wichtige Einrichtungen zum Schutz der Bevölkerung bleiben funktionstüchtig.

ANMERKUNG 1 Aufgrund des zufälligen Charakters von Erdbeben und der notwendigen optimalen Verteilung der begrenzten wirtschaftlichen Ressourcen ist die Erreichung dieser Ziele nur wahrscheinlichkeitstheoretisch messbar. Anhang F enthält eine Grundlage für die wahrscheinlichkeitstheoretische Messung der Leistung von Bauwerken.

ANMERKUNG 2 Starke Bodenbewegungen, die durch einzelne Erdbeben erzeugt werden, sind nicht auf deterministische Art vorhersehbar. Deshalb ist es nicht der Zweck von EN 1998, die Erdbebenantwort von Gebäuden bei einem bestimmten Erdbeben zu bestimmen, sondern eher die Folgen von Erdbeben zu begrenzen.

(2) Um die Leistungsanforderungen von (1) zu erfüllen, muss nachgewiesen werden, dass die Bauwerke derart bemessen sind, dass die festgelegten Grenzzustände unter den festgelegten Erdbebeneinwirkungen nicht überschritten werden.

ANMERKUNG Diese Norm befasst sich mit Erdbebeneinwirkungen, um die Leistungsanforderungen trotz der unvorhersehbaren Variabilität der seismischen Eingangsbewegung zu erfüllen. Solche Einwirkungen sind als konventionell zu betrachten und können auf kein spezifisches Erdbebenereignis bezogen werden.

(3) Es muss nachgewiesen werden, dass nichttragende Bauteile so bemessen sind, dass die Leistungsanforderungen in (1) unter den Erdbebeneinwirkungen erfüllt werden.

(4) In Abhängigkeit vom Wert des Indexes für die Erdbebeneinwirkung, S_δ , der mit Gleichung (4.1) ermittelt wird, sollten die Erdbeben-Bemessungsfälle in die Klassen der Erdbebeneinwirkung nach Tabelle 4.1 eingeteilt werden.

$$S_\delta = \delta F_\alpha F_T S_{\alpha,475} \quad (4.1)$$

Dabei ist

- δ ein Beiwert, der von der Versagensfolgeklasse des betrachteten Bauwerks abhängt;
- F_α der Verstärkungsbeiwert des Standortes nach 5.2.2.2(5);
- F_T der Topographie-Verstärkungsbeiwert nach 5.2.2.2(10);
- $S_{\alpha,475}$ die Spektralbeschleunigung für die Wiederkehrperiode von 475 Jahren (siehe 5.2.1(2)).

ANMERKUNG 1 Die Werte von δ sind in den einschlägigen Teilen von EN 1998 entsprechend der betrachteten Bauwerksart angegeben.

Tabelle 4.1 — Bereich der S_δ -Werte zur Festlegung der Klassen der Erdbebeneinwirkung

Klasse der Erdbebeneinwirkung	Bereich des Indexes der Erdbebeneinwirkung
Sehr niedrig	$S_\delta < 1,30 \text{ m/s}^2$
Niedrig	$1,30 \text{ m/s}^2 \leq S_\delta < 3,25 \text{ m/s}^2$
Mittel	$3,25 \text{ m/s}^2 \leq S_\delta < 6,50 \text{ m/s}^2$
Hoch	$S_\delta \geq 6,50 \text{ m/s}^2$

ANMERKUNG 2 Die Werte in Tabelle 4.1 sind so kalibriert, dass die Klassen der Erdbebeneinwirkungen den in Tabelle 5.2 für CC2-Hochbauten angegebenen Erdbebenstärken entsprechen, wobei ein durchschnittlicher pauschaler Standortkoeffizient von 1,3 berücksichtigt wird, der einen pauschalen durchschnittlichen Verstärkungsbeiwert des Standortes von 1,25 berücksichtigt, der auf 1,3 erhöht wird, um einen pauschalen durchschnittlichen Topographie-Beiwert einzubeziehen.

(5) In Fällen mit sehr niedriger Klasse der Erdbebeneinwirkung dürfen die Festlegungen von EN 1998 vernachlässigt werden.

(6) In Fällen mit niedriger Klasse der Erdbebeneinwirkung und für genau definierte Bauwerkskategorien dürfen die Leistungsanforderungen durch die Anwendung von Regeln erfüllt werden, die einfacher sind als die in den einschlägigen Teilen von EN 1998 angegebenen.

ANMERKUNG Die Bauwerkskategorien mit den zugehörigen Bemessungs- und Nachweisregeln, für die (6) in einem Land gilt, können gegebenenfalls von den zuständigen Behörden angegeben werden oder können im nationalen Anhang angegeben sein.

(7) Die in den einschlägigen Teilen von EN 1998 festgelegten bestimmten Bauwerke dürfen mithilfe des kraftbasierten Ansatzes von 6.4 durch Anwendung von a) bis e) nachgewiesen werden:

- a) die in den Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit zu berücksichtigenden werkstoffbezogenen Teilsicherheitsbeiwerte entsprechen denen der Erdbebensituation;
- b) $R_q(T) = 1$ in 6.4.1(6);
- c) $q_v = 1$ in 6.4.1(7);
- d) 5, 6.2.1, 6.2.2 und 6.7.1(1), (2), (5) und (6), 6.7.2(4), 6.7.3(5) und (7) werden angewendet;
- e) andere Bedingungen, die in den einschlägigen Teilen von EN 1998 angegeben sind, sollten angewendet werden.

ANMERKUNG Dies schließt die Anwendung dieser Option für Bauwerke, die nicht ausdrücklich in den einschlägigen Teilen genannt werden, aus.

(8) Die Leistungsanforderungen sollten für die Bauphase in Bezug auf die Versagensfolgeklasse (siehe 4.2), die nachzuweisenden Grenzzustände (siehe 4.3) und die zugehörige Erdbebeneinwirkung definiert werden.

ANMERKUNG Für die Bauphase ist kein Nachweis erforderlich, es sei denn, ein solcher Nachweis wird von den zuständigen Behörden oder im nationalen Anhang des einschlägigen Teils von EN 1998 gefordert oder, falls eine solche Forderung nicht besteht, von den beteiligten Parteien für ein bestimmtes Projekt vereinbart.

4.2 Versagensfolgeklassen

(1) Die in prEN 1990:2021, 3.1.2.32, und 4.3(1) festgelegten Versagensfolgeklassen müssen für die Anwendung von EN 1998 gelten.

(2) Es sollte davon ausgegangen werden, dass die Bauwerke der Versagensfolgeklasse CC2 angehören, sofern nichts anderes festgelegt ist.

(3) In Abhängigkeit von der Bedeutung des Bauwerks für die öffentliche Sicherheit und den Schutz der Bevölkerung unmittelbar nach einem Erdbeben darf die Versagensfolgeklasse CC3 in zwei Unterklassen CC3-a und CC3-b aufgeteilt werden.

ANMERKUNG Für eine bestimmte Bauwerksart sind Anleitungen zur Einteilung in CC3-a oder CC3-b in dem einschlägigen Teil von EN 1998 angegeben.

4.3 Grenzzustände und zugehörige Erdbebeneinwirkung

(1) Das Verhalten eines Bauwerks bei einem Erdbeben muss anhand des Ausmaßes seiner Schädigung bei einer bestimmten Erdbebeneinwirkung gemessen werden. Das Ausmaß der Schädigung muss auf die vier Grenzzustände (LS, en: limit states) bezogen werden, die für alle Teile von EN 1998 in a) bis d) definiert sind:

ANMERKUNG Eine quantitative Definition der Grenzzustände ist für einige Fälle in den einschlägigen Teilen von EN 1998 enthalten.

- a) Der Grenzzustand des Quasiversagens (NC, en: near collapse) muss als ein Grenzzustand definiert sein, bei dem das Bauwerk schwer beschädigt wird und große dauerhafte Verschiebungen aufweist, dabei aber seine vertikale Tragfähigkeit beibehält; die meisten nichttragenden Bauteile, sofern vorhanden, haben versagt.
- b) Der Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage) muss als ein Grenzzustand definiert sein, bei dem das Bauwerk wesentlich beschädigt wird und möglicherweise mäßige dauerhafte Verschiebungen aufweist, dabei aber seine vertikale Tragfähigkeit beibehält; nichttragende Bauteile, sofern vorhanden, sind beschädigt (z. B. Trennwände und Ausfachungen haben noch nicht aus ihrer Ebene versagt). Es wird davon ausgegangen, dass das Bauwerk wieder instandgesetzt werden kann, was jedoch in einigen Fällen unwirtschaftlich sein kann.
- c) Der Grenzzustand der Schadensbegrenzung (DL, en: damage limitation) muss definiert werden als ein Grenzzustand, bei dem das Bauwerk nur leicht beschädigt und aus wirtschaftlicher Sicht zu reparieren ist, mit vernachlässigbaren permanenten Verschiebungen, unverminderter Fähigkeit, künftigen Erdbeben standzuhalten, und tragenden Bauteilen, die ihre volle Festigkeit mit einer begrenzten Abnahme der Steifigkeit behalten; nichttragende Bauteile, sofern vorhanden, weisen nur geringfügige Schäden auf, die aus wirtschaftlicher Sicht repariert werden können (z. B. können Trennwände und Ausfachungen Rissausbreitungen aufweisen).
- d) Der Grenzzustand der vollen Betriebsfähigkeit (OP, en: fully operational) muss definiert werden als ein Grenzzustand, bei dem das Bauwerk nur leicht beschädigt und aus wirtschaftlicher Sicht zu reparieren ist, wobei der fortlaufende Betrieb der im Bauwerk enthaltenen Systeme ermöglicht wird.

(2) Die SD- und NC-Grenzzustände sollten als Grenzzustände der Tragfähigkeit angesehen werden. Die DL- und OP-Grenzzustände sollten als Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit angesehen werden.

ANMERKUNG Die Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS, en: ultimate limit states) und die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS, en: serviceability limit states) sind in prEN 1990:2021, 5.3 bzw. 5.4, definiert.

(3) Außer bei Anwendung von (5) sollten die Erdbebeneinwirkungen in Bezug auf ihre Wiederkehrperioden festgelegt werden. Die Erfüllung der Leistungsanforderungen sollte durch die Auswahl geeigneter

Wiederkehrperioden $T_{LS,CC}$ in Abhängigkeit von den festgelegten Grenzzuständen LS und Versagensfolgeklassen CC der Bauwerke erreicht werden.

ANMERKUNG Für eine bestimmte Bauwerksart sind die Werte von $T_{LS,CC}$ in den einschlägigen Teilen von EN 1998 angegeben.

(4) Der Wert der Wiederkehrperiode $T_{SD,2}$, der für den SD-Grenzzustand und die Schadensfolgeklasse CC2 festgelegt ist, sollte als die in 5.2.1(2) angegebene Referenz-Wiederkehrperiode T_{ref} angesehen werden.

ANMERKUNG 1 Die Erdbebeneinwirkung in Zusammenhang mit $T_{SD,2}$ wird als die „Referenz-Erdbebeneinwirkung“ bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Eine bestimmte Wiederkehrperiode T_R entspricht einer bestimmten Überschreitungswahrscheinlichkeit p während der Lebensdauer t_L des Bauwerks, mit $T_R = -t_L / \ln(1 - p)$.

(5) Alternativ zu den in (3) definierten Wiederkehrperioden dürfen die Leistungsbeiwerte $\gamma_{LS,CC}$ verwendet werden. Für $\gamma_{SD,2}$ sollte ein Wert von 1,0 zugewiesen werden.

ANMERKUNG Für eine bestimmte Bauwerksart sind die $\gamma_{LS,CC}$ -Werte in den einschlägigen Teilen von EN 1998 angegeben.

4.4 Primäre und sekundäre Bauteile

(1) Eine bestimmte Anzahl von tragenden Bauteilen darf als „sekundäre“ seismische Bauteile betrachtet werden, wenn sie nicht Teil des Systems sind, das die Erdbebeneinwirkung des Bauwerks aufnehmen muss. Die Festigkeit und Steifigkeit dieser Bauteile sollte trotz der Erdbebeneinwirkungen in den Modellen für die seismische Berechnung vernachlässigt werden, es sei denn, in dem einschlägigen Teil sind spezifische Bedingungen auf Grundlage der Bauwerksart angegeben.

ANMERKUNG In Hochbauten können diese sekundären Bauteile Stützen, Balken, stützende Plattenteile usw. sein.

(2) Die sekundären seismischen Bauteile und deren Anschlüsse sollten so bemessen und durchgebildet werden, dass sie die nicht-seismischen Einwirkungen in der Erdbeben-Bemessungssituation, insbesondere die Eigengewichtslasten, aufnehmen, wenn sie den durch die ungünstigste Erdbeben-Bemessungsbedingung verursachten Verformungen ausgesetzt sind. Bei der Auslegung dieser Bauteile sollte eine angemessene Berücksichtigung des Einflusses nach Theorie 2. Ordnung (P-Δ-Effekte) auf das Bauwerk und diese Bauteile erfolgen.

(3) Alle tragenden Bauteile, die nicht als sekundäre seismische Bauteile ausgelegt sind, sollten als primäre seismische Bauteile betrachtet werden.

(4) Der Beitrag der horizontalen Steifigkeit von sekundären Bauteilen zur Gesamtsteifigkeit sollte das dynamische Bauwerksverhalten nicht erheblich beeinflussen.

ANMERKUNG Zur Erfüllung dieser Anforderung sind spezifische Bedingungen je nach Bauwerksart in den einschlägigen Teilen von EN 1998 angegeben.

4.5 Konformitätskriterien für Neubauten

4.5.1 Allgemeines

(1) Um die seismischen Leistungsanforderungen an Neubauten nach EN 1998 zu erfüllen:

- müssen die Anforderungen an den in 4.5.2 beschriebenen Bemessungsnachweis angewendet werden; und
- die Nichtüberschreitung des SD-Grenzzustands muss nachgewiesen werden.

ANMERKUNG 1 EN 1998 wird so aufgefasst, dass für die Mehrheit der Neubauten die Anforderung der Nichtüberschreitung des SD-Grenzzustands bedeutet, dass die Überschreitung des NC-Grenzzustands bei einer Erdbebeneinwirkung vermieden wird, die deutlich stärker ist als die Bemessungseinwirkung, und dass die Überschreitung des DL-Grenzzustands bei einer Erdbebeneinwirkung vermieden wird, die weniger stark ist als die Bemessungseinwirkung. Durch die Berücksichtigung der Versagensfolgeklasse des Bauwerks trägt die Anforderung der Nichtüberschreitung des SD-Grenzzustands außerdem in gewisser Weise indirekt zur vollen Betriebsfähigkeit bei.

ANMERKUNG 2 Die Konformitätskriterien für die Beurteilung von Bestandsbauwerken sind in EN 1998-3 angegeben.

(2) Die Grenzzustände sollten nach 6.7 nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Die Festlegung zusätzlicher Grenzzustände, die in einem Land für jede Bauwerksart nachzuweisen sind, kann von den zuständigen Behörden vorgegeben werden oder im nationalen Anhang des entsprechenden Teils von EN 1998 enthalten sein oder für ein bestimmtes Projekt von den beteiligten Parteien vereinbart werden.

4.5.2 Grundsätze der Bemessungsnachweise

(1) Um die Verformungskapazität und das Dissipationsvermögen der kumulativen Energie sicherzustellen, müssen Sprödbrüche oder die vorzeitige Bildung von unsicheren Mechanismen vermieden werden.

ANMERKUNG 1 In EN 1998 wird vorausgesetzt, dass die Leistungsanforderungen durch eine Kombination von Festigkeit, Verformungskapazität und Dissipationsvermögen der kumulativen Energie erfüllt werden. Sie berücksichtigt auch die Überfestigkeit, die aus der Anwendung der anderen einschlägigen Eurocodes resultiert.

ANMERKUNG 2 In EN 1998 werden zwei grundlegende Ansätze betrachtet, um die angemessene Kombination von Festigkeit, Verformungskapazität und Dissipationsvermögen der kumulativen Energie nachzuweisen: der kraftbasierte Ansatz und der verschiebungsbasierte Ansatz (siehe 6.4 bis 6.6). Für Bauwerk mit Energiedissipationssystem wird außerdem ein Energiebilanzverfahren betrachtet (siehe 6.8).

(2) (1) darf als erfüllt angesehen werden, wenn das Kapazitätsbemessungsverfahren angewendet wird, sofern dies in den einschlägigen Teilen von EN 1998 gefordert ist. Dieses Verfahren sollte angewendet werden, um die Hierarchie der Beanspruchbarkeiten der verschiedenen tragenden Bauteile und Versagensarten aufzustellen, die die Verformungskapazität und das Dissipationsvermögen der kumulativen Energie sicherstellen. Für eine ordnungsgemäße Anwendung dieses Verfahrens sollte die konstruktive Durchbildung von Anschlüssen zwischen tragenden Bauteilen und von Bereichen, wo nicht-lineares Verhalten vorhersehbar ist, besondere Sorgfalt bei der Bemessung erhalten.

(3) Im Hinblick auf ihre Verformungskapazität und ihr Dissipationsvermögen der kumulativen Energie sollten Bauwerke in drei Duktilitätsklassen eingeteilt werden: DC1 (Duktilitätsklasse 1), DC2 (Duktilitätsklasse 2) und DC3 (Duktilitätsklasse 3).

ANMERKUNG 1 In DC1 wird die Überbelastbarkeit betrachtet, während die nichtelastische Verformungskapazität und das Energiedissipationsvermögen vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 2 In DC2 werden die örtliche Überbelastbarkeit, die örtliche Verformungskapazität und das örtliche Energiedissipationsvermögen betrachtet. Globale plastische Mechanismen werden kontrolliert.

ANMERKUNG 3 In DC3 wird die Fähigkeit des Bauwerks, einen globalen plastischen Mechanismus im SD-Grenzzustand zu formen, und seine örtliche Überbelastbarkeit, seine örtliche Verformungskapazität und sein örtliches Dissipationsvermögen der kumulativen Energie betrachtet.

(4) Die Einstufung eines Bauwerks als DC1, DC2 oder DC3 sollte auf dessen Übereinstimmung mit den Festlegungen in dem einschlägigen Teil von EN 1998 beruhen.

(5) Um die Leistungsanforderungen zu erfüllen, sollte nachgewiesen werden, dass alle tragenden Bauteile einschließlich der Anschlüsse und der maßgebenden nichttragenden Bauteile eine Beanspruchbarkeit besitzen, die nicht geringer ist als die entsprechenden Beanspruchungsgrößen in der Erdbeben-Bemessungssituation (siehe 6.7).

(6) Die Berechnung von Beanspruchungsgrößen und von Beanspruchbarkeiten sollte vom gewählten Ansatz (kraftbasierter oder verschiebungsbasierter Ansatz, siehe 6.1) und von der Duktilitätsklasse abhängen.

ANMERKUNG Die für eine bestimmte Bauwerksart geltenden Regeln sind in den einschlägigen Teilen von EN 1998 angegeben.

(7) Die Gründungen sollten die Einwirkungen, die vom Oberbau auf sie übertragen werden, so gleichmäßig wie möglich in den Boden weiterleiten.

ANMERKUNG Dies setzt eine ausreichende Steifigkeit der Gründungen voraus.

(8) Zusätzlich zu 4.1(3) sollten nichttragende Bauteile so bemessen sein, dass sie keinen nachteiligen Einfluss auf die dynamische Antwort des Bauwerks haben.

(9) In der Erdbeben-Bemessungssituation sollten die Befestigungen im Beton nach Anhang G bemessen werden.

5 Standortbedingungen und Erdbebeneinwirkung

5.1 Standortbedingungen

5.1.1 Allgemeines

(1) Die Standortbedingungen müssen ermittelt werden, um die Erdbebeneinwirkung zu bestimmen.

(2) (1) darf als erfüllt angesehen werden, wenn der Standort entsprechend den Kriterien in 5.1.2 kategorisiert ist.

(3) Die Baustelle und der Baugrund sollten potentiell nicht von den Auswirkungen von Untergrundversagen, Hangrutschungen und/oder permanenten Setzungen infolge Bodenverflüssigung oder starker Bodenverdichtung bei der betrachteten Erdbebeneinwirkung beeinflusst werden.

ANMERKUNG Für den Fall, dass die Anforderungen in (3) erfüllt sind, wird der Standort als stabil gewertet.

(4) Ist der Standort nicht stabil, sollte das Instabilitätsphänomen nach prEN 1998-5:2022, Abschnitt 7, untersucht werden.

(5) Spezifische Berechnungen zur Berücksichtigung der Nähe zu gut bekannten seismisch aktiven Verwerfungen sollten durchgeführt werden, wenn alle Bedingungen a) bis c) zutreffen:

- a) die betrachtete Wiederkehrperiode $T_{LS,CC}$ ist länger als 1 000 Jahre;
- b) das schwerste Erdbeben, das von der Verwerfung hervorgerufen werden kann, hat eine Momenten-Magnitude M_w größer als 6,5;
- c) die geringste Entfernung des Standorts von dem Segment, das sich aus der Projektion der Oberkante der Verwerfung auf die Bodenoberfläche ergibt, beträgt weniger als 5 km.

(6) Wenn die Bedingungen a) bis c) in (5) erfüllt sind, sollten standortspezifische Gefährdungsstudien nach Anhang C durchgeführt werden, wobei auch die Gefährdung zu berücksichtigen ist, die sich aus dem möglichen seismischen Versatz der Verwerfung ergibt.

5.1.2 Standortkategorisierung

(1) Der Standort darf in eine der Kategorien A bis F von Tabelle 5.1 eingestuft werden.

(2) Falls weitere Standortkategorien als notwendig empfunden werden, um die Merkmale der seismischen Antwort eines Gebiets besser unterscheiden können (z. B. Felsen, sehr tiefe Becken, sehr flache und weiche Standorte, unregelmäßig geschichtete Bodenprofile), sollte dies durch spezifische Studien zur seismischen Bodenantwort oder zur seismischen Zonierung im regionalen oder städtischen Maßstab erfolgen.

(3) Zum Zwecke der Standortkategorisierung sollten die Bodenmaterialien von der Bodenoberfläche bis zu einer Tiefe von mindestens 30 m charakterisiert werden, es sei denn, die seismische Felsformation nach (6) liegt in einer noch geringeren Tiefe.

(4) Messungen, die bereits zuvor in der Nähe des Standorts durchgeführt wurden, dürfen verwendet werden, sofern dokumentierte Nachweise für eine begrenzte Variabilität der Bodenbeschaffenheit vorliegen.

ANMERKUNG Bei der begrenzten Variabilität der Bodenbeschaffenheit kann eine Entfernung bis 100 m als nah angesehen werden.

(5) Das Profil der Scherwellengeschwindigkeit v_s im Boden sollte als der zuverlässigste Prädiktor für die standortabhängigen Merkmale der Erdbebeneinwirkung an stabilen Standorten angesehen werden.

(6) Um die Standortkategorie festzulegen, sollte einer der beiden Ansätze von a) oder b) angewendet werden:

- a) Einholen von quantitativen Informationen über H_{800} und $v_{s,H}$ und Anwendung von (8) bis (10). H_{800} ist die Tiefe der seismischen Felsformation, gekennzeichnet durch v_s von mindestens 800 m/s, und $v_{s,H}$ ist der äquivalente Wert der Scherwellengeschwindigkeit der oberflächlichen Bodenablagerungen, wie in (7) festgelegt;
- b) falls die Informationen über H_{800} und/oder $v_{s,H}$ nicht verfügbar sind oder unvollständig sind, darf Anhang B angewendet werden.

Falls beide Ansätze a) und b) angewendet werden und damit unterschiedliche Ergebnisse im Hinblick auf die Festlegung der Standortkategorie erzielt werden, sollten die Ergebnisse des Ansatzes a) Vorrang haben.

(7) $v_{s,H}$ sollte mithilfe von Gleichung (5.1) festgelegt werden.

$$v_{s,H} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_i}} \quad (5.1)$$

Dabei ist

h_i die Dicke der i -ten Bodenschicht;

v_i die Scherwellengeschwindigkeit der i -ten Bodenschicht;

N die Gesamtzahl der Bodenschichten von der Bodenoberfläche bis zur Tiefe H ;

$H = \min(30 \text{ m}; H_{800})$. Falls $H_{800} \geq 30 \text{ m}$, dann wird $v_{s,H}$ mit $v_{s,30}$ bezeichnet.

(8) Um $v_{s,H}$ mit Gleichung (5.1) zu ermitteln, sollten direkte Messungen von v_i innerhalb jeder Schicht bei kleinen Dehnungen bevorzugt werden, die entweder durch invasive (Messungen im Bohrloch) oder nichtinvasive (z. B. Berechnung von Oberflächenwellen) Techniken durchgeführt werden.

(9) Der Standard-Felsstandort sollte durch $H_{800} = 0 \text{ m}$ gekennzeichnet und als Typ A kategorisiert werden.

(10) Für $v_{s,H} < 800$ m/s sollten die Standortkategorien A bis F durch H_{800} und $v_{s,H}$, wie in Tabelle 5.1 angegeben, gekennzeichnet werden.

Tabelle 5.1 — Standard-Standortkategorisierung

	Bodenklassifizierung	Hart	Mittelhart	Weich
Tiefen- klassifizierung	$v_{s,H}$ -Bereich H_{800} -Bereich	$400 \text{ m/s} \leq v_{s,H} < 800 \text{ m/s}$	$250 \text{ m/s} \leq v_{s,H} < 400 \text{ m/s}$	$150 \text{ m/s} \leq v_{s,H} < 250 \text{ m/s}$
Sehr flach	$H_{800} \leq 5 \text{ m}$	A	A	E
Flach	$5 \text{ m} < H_{800} \leq 30 \text{ m}$	B	E	E
Moderat	$30 \text{ m} < H_{800} \leq 100 \text{ m}$	B	C	D
Tief	$H_{800} > 100 \text{ m}$	B	F	F

5.2 Erdbebeneinwirkung

5.2.1 Karten der Spektralbeschleunigung

(1) Für die Anwendung von EN 1998 müssen die Gebiete in Abhängigkeit von der örtlichen seismischen Gefährdung kartiert werden.

ANMERKUNG Für die kartographische Darstellung der seismischen Gefährdung wird vorausgesetzt, dass die zuständigen Behörden oder der Nationale Anhang die Referenzparameter für die Spektralbeschleunigung in Form von Werten bereitstellen, die auf einem ausreichend dichten Gitter für das gesamte betroffene Gebiet definiert sind. Diese Parameter können auch in Erdbebenzonen gruppiert werden, wenn dieselben Referenz-Spektralbeschleunigungen gelten.

(2) Falls die Kartierung der Gefährdungen in Form von Erdbebenzonen erfolgt, sollten diese Zonen abgegrenzt und ihre Erdbebenstärken nach Tabelle 5.2 qualifiziert werden, wobei $S_{\alpha,475}$ die in (3) definierte Referenz-Spektralbeschleunigung ist, die für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren berechnet wird. Wird eine andere Referenz-Wiederkehrperiode verwendet und ist $S_{\alpha,475}$ nicht verfügbar, dürfen die $S_{\alpha,475}$ -Werte mithilfe von Gleichung (5.2) ermittelt werden.

$$S_{\alpha,475} = S_{\alpha,\text{ref}} \left(\frac{475}{T_{\text{ref}}} \right)^{1/k} \quad (5.2)$$

ANMERKUNG Ein üblicher Wert von k ist 3.

Tabelle 5.2 — Bereich von $S_{\alpha,475}$ zur Festlegung der Erdbebenstärken

Erdbebenstärke	$S_{\alpha,475} \text{ (m/s}^2\text{)}$
Sehr niedrig	$S_{\alpha,475} < 1,0 \text{ m/s}^2$
Niedrig	$1,0 \text{ m/s}^2 \leq S_{\alpha,475} < 2,5 \text{ m/s}^2$
Mittel	$2,5 \text{ m/s}^2 \leq S_{\alpha,475} < 5,0 \text{ m/s}^2$
Hoch	$S_{\alpha,475} \geq 5,0 \text{ m/s}^2$

(3) Als Referenzdarstellung sollte die seismische Gefährdung anhand von zwei Parametern beschrieben werden, die in a) und b) angegeben sind:

- a) $S_{\alpha, \text{ref}}$ die maximale Referenz-Spektralbeschleunigung, die dem konstanten Beschleunigungsbereich des horizontalen, um 5 % gedämpften elastischen Antwortspektrums entspricht, wie in Gleichung (5.8) für die Standortkategorie A und für die Wiederkehrperiode T_{ref} definiert;

ANMERKUNG Die kartierten Werte, die $S_{\alpha, \text{ref}}$ für die Verwendung in einem Land zuzuordnen sind, können von den zuständigen Behörden festgelegt werden oder sind im Nationalen Anhang zu finden.

- b) $S_{\beta, \text{ref}}$ die Referenz-Spektralbeschleunigung bei der Schwingungsperiode $T_{\beta} = 1$ s des horizontalen, um 5 % gedämpften elastischen Antwortspektrums, wie in 5.2.2.2 für Standortkategorie A und für die Wiederkehrperiode T_{ref} definiert.

ANMERKUNG Der informative Anhang A enthält eine Darstellung von $S_{\alpha, 475}$ - und $S_{\beta, 475}$ -Europakarten in kleinem Maßstab.

(4) Für die Ableitung von $S_{\beta, \text{ref}}$ darf a) oder b) angewendet werden:

- a) zur Kartierung des Gebiets hinsichtlich $S_{\alpha, 475}$, wie in (2) festgelegt, und zur Ermittlung von $S_{\beta, \text{ref}}$ mithilfe von Gleichung (5.3):

$$S_{\beta, \text{ref}} = f_h S_{\alpha, \text{ref}} \quad (5.3)$$

Dabei ist

$f_h = 0,2$ für niedrige und sehr niedrige Erdbebenstärken;

$f_h = 0,3$ für mittlere Erdbebenstärken;

$f_h = 0,4$ für hohe Erdbebenstärken.

- b) zur Ermittlung von $S_{\beta, \text{ref}}$ aus einer Studie zur seismischen Gefährdung des betrachteten Gebiets und zur gleichzeitigen Kartierung mit $S_{\alpha, \text{ref}}$.

ANMERKUNG Liegt die Entscheidung zwischen Option a) und Option b) und fällt die Entscheidung für Option b), können die kartierten Werte, die $S_{\beta, \text{ref}}$ für die Verwendung in einem Land zuzuordnen sind, von den zuständigen Behörden festgelegt oder dem Nationalen Anhang entnommen werden.

(5) Wird die seismische Referenzgefährdung an einem Standort der Kategorie X, die nicht Kategorie A ist, ermittelt, sollten die Spektralparameter zur Definition des horizontalen elastischen Antwortspektrums in 5.2.2.2(1) für die betrachtete Standortkategorie X entweder in Form von a) oder b) angegeben werden:

- a) $S_{\alpha, \text{ref}, X}$ und $S_{\beta, \text{ref}, X}$. Dabei ist

$S_{\alpha, \text{ref}, X}$ die Referenz-Spektralbeschleunigung, die dem konstanten Beschleunigungsbereich des horizontalen, um 5 % gedämpften elastischen Antwortspektrums entspricht, für die betrachtete Standortkategorie X und für die Wiederkehrperiode T_{ref} ;

$S_{\beta, \text{ref}, X}$ die Spektralbeschleunigung bei der Schwingungsperiode $T_{\beta} = 1$ s des horizontalen, um 5 % gedämpften elastischen Antwortspektrums, für die betrachtete Standortkategorie X und für die Wiederkehrperiode T_{ref} .

- b) $S_{\alpha,ref,X}$ und $T_{C,X}$. Dabei ist $T_{C,X}$ die obere Eckperiode des Bereichs der konstanten Spektralbeschleunigung. In diesem Fall sollte das Produkt $S_{\beta}T_{\beta}$ in Gleichung (5.9) und Gleichung (5.10) durch $S_{\alpha}T_{C,X}$ ersetzt werden, und in Gleichung (5.6) bis Gleichung (5.10) sollte T_C durch $T_{C,X}$ ersetzt werden

ANMERKUNG 1 Die Alternative in (5) b) bezieht sich auf solche Fälle, in denen das Gebiet oder ein bedeutender Teil davon von einer bestimmten Standortkategorie dominiert wird und die zuständigen Behörden eine Kartierung der Gefährdung anhand von Spektralparametern für diese spezifische Standortkategorie in Betracht ziehen.

ANMERKUNG 2 Für die Verwendung in einem Land können die kartierten Werte, die $S_{\alpha,ref,X}$ und $S_{\beta,ref,X}$ für Alternative a) oder $S_{\alpha,ref,X}$ und $T_{C,X}$ für Alternative b) zuzuordnen sind, von den zuständigen Behörden festgelegt oder dem Nationalen Anhang entnommen werden.

(6) Wenn die auf einen Standort einwirkenden Erdbeben sehr unterschiedlichen seismischen Ursprungs sind, kann die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, mehrere Referenzpaare von Spektralwerten ($S_{\alpha,ref}$ und $S_{\beta,ref}$) anzunehmen.

(7) Für andere Wiederkehrperioden als T_{ref} , die entweder einem bestimmten Grenzzustand oder einer bestimmten Versagensfolgeklasse des Bauwerks oder einer bestimmten Bauausführungsdauer zugeordnet sind, dürfen die entsprechenden Werte der Spektralparameter $S_{\alpha,RP}$ und $S_{\beta,RP}$ für die Standortkategorie A entweder durch a) oder b) ermittelt werden:

- a) anhand von Karten der Spektralbeschleunigung für eine Reihe von ausgewählten Wiederkehrperioden;
- b) anhand der Leistungsbeiwerte $\gamma_{LS,CC}$, wie in 4.3(4) als Alternative zu den Wiederkehrperioden angegeben, die als Multiplikationsfaktoren für die Referenzspektralparameter anzuwenden sind, wie in Gleichung (5.4) und Gleichung (5.5) angegeben.

$$S_{\alpha,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\alpha,ref} \quad (5.4)$$

$$S_{\beta,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\beta,ref} \quad (5.5)$$

Falls (5) gilt, sollten $S_{\alpha,RP}$, $S_{\alpha,ref}$, $S_{\beta,RP}$ und $S_{\beta,ref}$ durch $S_{\alpha,RP,X}$, $S_{\alpha,ref,X}$, $S_{\beta,RP,X}$ bzw. $S_{\beta,ref,X}$ in Gleichung (5.4) und Gleichung (5.5) ersetzt werden.

5.2.2 Grundlegende Darstellung der Erdbebeneinwirkung

5.2.2.1 Allgemeines

(1) Im Anwendungsbereich von EN 1998 muss die Erdbebeneinwirkung an einer bestimmten Stelle der Erdoberfläche durch horizontale und vertikale elastische pseudo-absolute Beschleunigungs-Antwortspektren dargestellt werden, im Folgenden „elastisches Antwortspektrum“ genannt.

ANMERKUNG Ein verringertes Spektrum für die Anwendung des kraftbasierten Ansatzes ist in 6.4.1 angegeben.

(2) Das elastische Antwortspektrum für Horizontalkomponenten sollte nach 5.2.2.2 angesetzt werden, basierend auf den spektralen Beschleunigungen $S_{\alpha,RP}$ und $S_{\beta,RP}$, wie in 5.2.1(7) festgelegt, und entsprechend Gleichung (5.6) bis Gleichung (5.10) und den Standort- und Topographieverstärkungsbeiwerten von Tabelle 5.4 und Tabelle 5.5. Ähnlich sollte das elastische Antwortspektrum für die vertikale Komponente nach 5.2.2.3 ermittelt werden.

(3) Die horizontale Erdbebeneinwirkung sollte durch zwei orthogonale Komponenten, die durch dasselbe elastische Antwortspektrum dargestellt sind, beschrieben werden.

ANMERKUNG Das elastische Antwortspektrum für Horizontalkomponenten soll durch das geometrische Mittel der erfassten Horizontalkomponenten gebildet werden.

(4) Standortspezifische Studien zur Bodenantwort dürfen zur Definition der Erdbebeneinwirkung für die Leistungsnachweise herangezogen werden, und zwar unabhängig von Bodentyp und von der Versagensfolgeklasse des Bauwerks. Diese Studien sollten nach Anhang C und nach prEN 1998-5:2022, 7.5, durchgeführt werden und sollten standortspezifische elastische Antwortspektren hervorbringen.

(5) Standortspezifische Studien zur Bodenantwort sollten durchgeführt werden, wenn Fall a) oder Fall b) zutrifft:

- a) im Fall einer hohen Klasse der Erdbebeneinwirkung, mit $v_{s,H} < 200$ m/s;
- b) wenn die Standortbedingungen nicht mit den Standard-Standortkategorien von Tabelle 5.1 in Bezug gesetzt werden können.

(6) Es dürfen Zeitverlaufsdarstellungen der Erdbebeneinwirkung verwendet werden (siehe 5.2.3).

5.2.2.2 Horizontales elastisches Antwortspektrum

(1) Für die Horizontalkomponenten der Erdbebeneinwirkung sollte ein elastisches Antwortspektrum $S_e(T)$ nach Gleichung (5.6) bis Gleichung (5.10) und wie in Bild 5.1 dargestellt angenommen werden:

$$0 \leq T < T_A: \quad S_e(T) = \frac{S_\alpha}{F_A} \quad (5.6)$$

$$T_A \leq T < T_B: \quad S_e(T) = \frac{S_\alpha}{T_B - T_A} \left[\eta(T - T_A) + \frac{T_B - T}{F_A} \right] \quad (5.7)$$

$$T_B \leq T < T_C: \quad S_e(T) = \eta S_\alpha \quad (5.8)$$

$$T_C \leq T < T_D: \quad S_e(T) = \eta \frac{S_\beta T_\beta}{T} \quad (5.9)$$

$$T \geq T_D: \quad S_e(T) = \eta T_D \frac{S_\beta T_\beta}{T^2} \quad (5.10)$$

Dabei ist

$S_e(T)$	das elastische Antwortspektrum;
T	die Schwingungsdauer eines linearen Systems mit einem Freiheitsgrad;
S_α	die maximale Beschleunigung des Antwortspektrums (5 %-Dämpfung), die dem konstanten Beschleunigungsbereich des elastischen Antwortspektrums nach Gleichung (5.11) entspricht;
S_β	die um 5 % gedämpfte Beschleunigung des Antwortspektrums bei Schwingungsdauer T_β nach Gleichung (5.12);
T_β	$T_\beta = 1$ s;
T_A	Ende der kurzen Periode in Zusammenhang mit der Spektralbeschleunigung der Nullperiode nach (2);
F_A	das Verhältnis von S_α zur Spektralbeschleunigung der Nullperiode nach (2);

$T_C = \frac{S_\beta T_\beta}{S_\alpha}$ die obere Eckperiode des Bereichs der konstanten Spektralbeschleunigung;

T_B die untere Eckperiode des Bereiches der konstanten Spektralbeschleunigung, mit:

— $T_B = \frac{T_C}{\chi}$, falls $0,05 \text{ s} \leq \frac{T_C}{\chi} \leq 0,10 \text{ s}$

— $T_B = 0,05 \text{ s}$, falls $\frac{T_C}{\chi} < 0,05 \text{ s}$

— $T_B = 0,10 \text{ s}$, falls $\frac{T_C}{\chi} > 0,10 \text{ s}$ und wobei der Wert von χ in (2) angegeben ist;

T_D die Eckperiode zu Beginn des Bereichs konstanter Verschiebungen des Spektrums nach (2);

η der Dämpfungs-Korrekturbeiwert mit einem Referenzwert von $\eta = 1$ bei 5 %-Dämpfungsverhältnis nach (12).

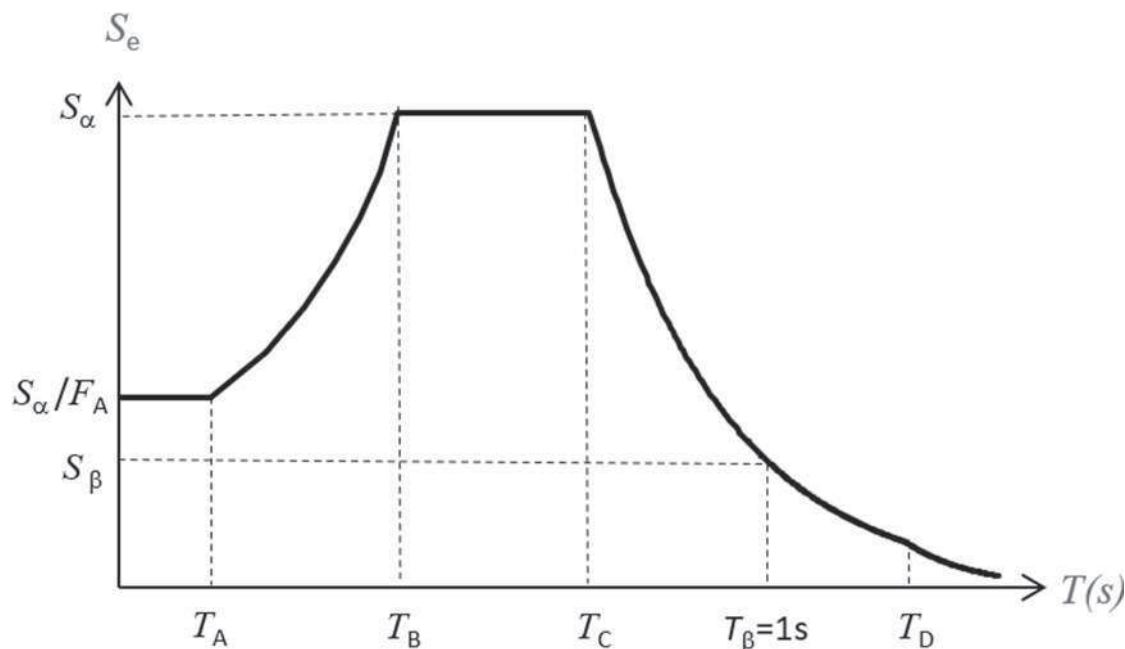


Bild 5.1 — Form des elastischen Antwortspektrums (mit horizontaler logarithmischer Darstellung)

(2) Die Werte für die zusätzlichen Parameter, die nach Gleichung (5.6) bis Gleichung (5.10) erforderlich sind, dürfen aus spezifischen Studien zur seismischen Gefährdung gewonnen und in Form von kartierten Werten auf regionaler oder nationaler Ebene bereitgestellt werden. Liegen keine spezifischen Studien vor, dürfen die Werte von Tabelle 5.3 verwendet werden.

ANMERKUNG Sofern die vorstehend genannten zusätzlichen Parameter auf regionaler Ebene gelten, können deren Werte von den nationalen Behörden festgelegt oder im Nationalen Anhang angegeben sein.

Tabelle 5.3 — Werte der Parameter, die das elastische Standard-Antwortspektrum festlegen

T_A (s)	F_A	χ	T_D (s)
0,02	2,5	4	2 wenn $S_{\beta,RP} \leq 1 \text{ m/s}^2$ $1 + S_{\beta,RP}$ wenn $S_{\beta,RP} > 1 \text{ m/s}^2$ (mit $S_{\beta,RP}$ in m/s^2)

(3) Für die Fälle, in denen $T_C \geq 1$ s, sollte eine spezifische Studie für die Definition des horizontalen elastischen Spektrums durchgeführt werden und die Spektrumsparameter in 5.2.2.2(1) sollten bewertet werden.

(4) Die Spektralbeschleunigungen S_α und S_β sollten mit Gleichung (5.11) und Gleichung (5.12) berechnet werden.

$$S_\alpha = F_T F_\alpha S_{\alpha,RP} \quad (5.11)$$

$$S_\beta = F_T F_\beta S_{\beta,RP} \quad (5.12)$$

Dabei ist/sind

- F_α der Verstärkungsbeiwert des Standortes für die kurze Periode;
- F_β der Verstärkungsbeiwert des Standortes für die mittlere Periode ($T = T_\beta$);
- F_T der Topographie-Verstärkungsbeiwert nach (10);
- $S_{\alpha,RP}$ und $S_{\beta,RP}$ in 5.2.1(7) angegeben.

Falls 5.2.1(5) gilt, sollten $F_\alpha S_{\alpha,RP}$ und $F_\beta S_{\beta,RP}$ ersetzt werden durch $S_{\alpha,RP,X}$ und $S_{\beta,RP,X}$ in Gleichung (5.11) und Gleichung (5.12).

(5) Für die Standard-Standortkategorien in Tabelle 5.1 sollten die in 5.2.2.2(4) genannten Werte der Standort-Verstärkungsbeiwerte nach Tabelle 5.4 angesetzt werden. Die Standardwerte in Tabelle 5.4 sollten verwendet werden, falls die Standortkategorie auf Grundlage der Kriterien in Anhang B, B.3, ermittelt wird. Die kontinuierliche Formulierung der Verstärkungsbeiwerte des Standortes darf verwendet werden, wenn entweder a) oder b) zutrifft:

- a) die Werte von $v_{s,H}$ und, sofern zutreffend, H_{800} werden dokumentiert;
- b) $v_{s,H}$ und/oder H_{800} werden auf Grundlage von Anhang B, B.4, abgeschätzt.

Tabelle 5.4 — Verstärkungsbeiwerte F_α und F_β des Standortes für die Standard-Standortkategorien von Tabelle 5.1

Standort-kategorie	F_α		F_β	
	H_{800} und $v_{s,H}$ verfügbar	Standardwert	H_{800} und $v_{s,H}$ verfügbar	Standardwert
A	1,0	1,0	1,0	1,0
B	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,40} r_\alpha$	$1,3 (1 - 0,1 S_{\alpha,RP}/g)$	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,70} r_\beta$	$1,6 (1 - 0,2 S_{\beta,RP}/g)$
C		$1,6 (1 - 0,2 S_{\alpha,RP}/g)$		$2,3 (1 - 0,3 S_{\beta,RP}/g)$
D		$1,8 (1 - 0,3 S_{\alpha,RP}/g)$		$3,2 (1 - S_{\beta,RP}/g)$
E	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,40} r_\alpha \frac{H}{30} \left(4 - \frac{H}{10}\right)$	$2,2 (1 - 0,5 S_{\alpha,RP}/g)$	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,70} r_\beta \frac{H}{30}$	$3,2 (1 - S_{\beta,RP}/g)$

Standort- kategorie	F_α		F_β	
	H_{800} und $v_{s,H}$ verfügbar	Standardwert	H_{800} und $v_{s,H}$ verfügbar	Standardwert
F	0,90	$1,7 (1 - 0,3 S_{\alpha,RP}/g)$	$1,25 \left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,70 r_\beta}$	$4,0 (1 - S_{\beta,RP}/g)$
	mit $r_\alpha = 1 - \frac{S_{\alpha,RP}/g}{v_{s,H}/150}$ und $r_\beta = 1 - \frac{S_{\beta,RP}/g}{v_{s,H}/150}$			

ANMERKUNG Die Werte in Tabelle 5.4 beruhen auf den Medianwerten der Boden-Verstärkungsbeiwerte aus empirischen Bodenbewegungs-Vorhersagemodellen, kalibriert anhand europäischer Aufzeichnungen. Die Standard-Felsbedingungen, auf denen diese Beiwerte basieren, sind die der Bodenkategorie A ($v_s > 800$ m/s).

(6) Außer für die mittlere und die hohe Erdbeben-Einwirkungsklasse dürfen die Vereinfachungen nach a) und b) vorgenommen werden:

- a) die Standardwerte $F_\alpha = 2,20$ und $F_\beta = 4,0$ dürfen für eine beliebige stabile Standortbedingung verwendet werden;
- b) die Standortkategorien D, E und F in Tabelle 5.4 dürfen auf stabile, sehr weiche Böden erweitert werden, mit $150 \text{ m/s} > v_{s,H} \geq 100 \text{ m/s}$.

(7) Sind unterschiedliche Bodengeschwindigkeitsprofile vor Ort verfügbar, die entweder denselben Bodentyp oder $v_{s,H}$ -Werte mit einer Abweichung von weniger als 10 % vom Mittelwert aufweisen, dürfen die mit den verschiedenen $v_{s,H}$ -Werten ermittelten durchschnittlichen Standort-Verstärkungsbeiwerte verwendet werden.

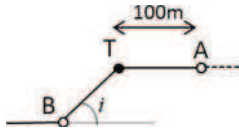
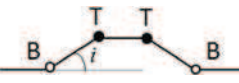
(8) Werden am Standort verschiedene Bodentypen festgestellt, sollte derjenige, der den größten Wert der Standort-Verstärkungsbeiwerte liefert, zur Bestimmung des elastischen Spektrums für die Bemessung ausgewählt werden, es sei denn, mindestens 75 % des Bauwerks ruhen auf einem Bodentyp und das Bauwerk hat eine durchgehende Fundamentplatte. Im letztgenannten Fall darf der dominierende Bodentyp gewählt werden.

(9) Für den Fall, dass zusätzliche Standortkategorien auf regionaler oder städtischer Ebene nach 5.1.2(2) aufgenommen werden, sollten die zugehörigen Standort-Verstärkungsbeiwerte F_α und F_β anhand standortspezifischer Studien bewertet werden.

ANMERKUNG Falls solche zusätzlichen Standortkategorien auf regionaler Ebene vorliegen, können diese Spektrumsparameter von den nationalen Behörden festgelegt oder im Nationalen Anhang angegeben sein.

(10) Bei topographischen Unregelmäßigkeiten mit einer Höhe von mehr als 30 m, mit durchschnittlichen Neigungswinkeln von mehr als 15° und nur für die Bodentypen A und B sollte ein periodenunabhängiger Topographie-Verstärkungsbeiwert F_T angewendet werden, der nach Tabelle 5.5 bewertet wird. In den anderen Fällen gilt $F_T = 1$.

Tabelle 5.5 — Topographie-Verstärkungsbeiwerte für einfache topographische Unregelmäßigkeiten

Beschreibung der Topographie	F_T	Vereinfachte Skizze*
Ebenes Gelände, Hänge und einzelne Erhöhungen mit einem durchschnittlichen Neigungswinkel $i < 15^\circ$ oder einer Höhe < 30 m	1,0	
Neigungen mit einem durchschnittlichen Neigungswinkel $i > 15^\circ$	1,2	
Erhöhungen, deren Breite am Gipfel wesentlich geringer ist als am Fuß der Erhöhung, und mit einem durchschnittlichen Neigungswinkel $15^\circ < i < 30^\circ$	1,2	
Erhöhungen, deren Breite am Gipfel wesentlich geringer ist als am Fuß der Erhöhung, und mit einem durchschnittlichen Neigungswinkel $i > 30^\circ$	1,4	
* Die Werte von F_T in der zweiten Spalte beziehen sich auf die Positionen am Gipfel (Punkt T in den vereinfachten Skizzen). Ein lineares Absinken von F_T wird zwischen Punkt T und Punkt B (Fuß) und Punkt A (im Abstand von 100 m zu T) angenommen, wobei gilt $F_T = 1$.		

(11) Standortspezifische Studien dürfen nach den allgemeinen Kriterien von Anhang C durchgeführt werden, um die Topographieverstärkung mit besserer Genauigkeit und unter Berücksichtigung ihrer Frequenzabhängigkeit zu quantifizieren.

(12) Der Wert für den Dämpfungs-Korrekturbeiwert η sollte nach Gleichung (5.13) bestimmt werden.

$$\eta = \sqrt{\left(10 + \frac{T_C(\xi - 5)}{T_C + 30(T - T_A)}\right) / (5 + \xi)} \quad (5.13)$$

Dabei ist

ξ das Dämpfungsverhältnis des Bauwerks, angegeben in Prozent des kritischen Werts;

T die betrachtete Schwingungsdauer;

T_C in (1) definiert.

ANMERKUNG 1 Die in Gleichung (5.13) angegebene Annäherung gilt für Schwingungsdauern T von nicht mehr als 4 s.

ANMERKUNG 2 Wenn für eine bestimmte Bauwerksart geeignet, sind die Werte für andere Dämpfungsverhältnisse als 5 % in den einschlägigen Teilen von EN 1998 angegeben.

(13) Das elastische Verschiebungsantwortspektrum $S_{De}(T)$ sollte Gleichung (5.14) bis Gleichung (5.16) entsprechen.

$$T \leq T_E: \quad S_{De}(T) = S_e(T) \times \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \quad (5.14)$$

$$T_E < T \leq T_F: S_{De}(T) = S_{De}(T_E) \times \left[1 + \left(\frac{F_L}{F_\beta} - 1 \right) \frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right] \quad (5.15)$$

$$T > T_F: S_{De}(T) = S_{De}(T_E) \times \frac{F_L}{F_\beta} \quad (5.16)$$

Dabei ist

$S_e(T)$ in (1) angegeben;

$T_E = \max(T_D; 6 \text{ s});$

$T_F = 10 \text{ s};$

F_L der Verstärkungsbeiwert des Standortes für die lange Periode nach Gleichung (5.17).

$$F_L = \left(\frac{v_{s,H}}{800} \right)^{-0,4} \quad (5.17)$$

(14) Falls $v_{s,H}$ nicht vorliegt, sollten die folgenden Werte bei der Bestimmung des Standort-Verstärkungsbeiwertes für die lange Periode entsprechend der Standortkategorie verwendet werden:

- a) $F_L = F_\beta$ für Kategorie A;
- b) $F_L = 0,90 F_\beta$ für Kategorie B oder E;
- c) $F_L = 0,75 F_\beta$ für Kategorie C oder F;
- d) $F_L = 0,60 F_\beta$ für Kategorie D.

5.2.2.3 Vertikales elastisches Antwortspektrum

(1) Für die vertikale Komponente der Erdbebeneinwirkung sollte ein vertikales elastisches Antwortspektrum $S_{ve}(T)$ mithilfe von Gleichung (5.6) bis Gleichung (5.10) ermittelt werden, wobei die Parameter S_α , S_β , T_B und T_C durch ihre Gegenwerte $S_{\alpha v}$, $S_{\beta v}$, T_{Bv} und T_{Cv} nach Gleichung (5.18) bis Gleichung (5.21) ersetzt werden.

$$S_{\alpha v} = f_{v\alpha} S_\alpha \quad (5.18)$$

$$S_{\beta v} = f_{v\beta} S_\beta \quad (5.19)$$

$$T_{Cv} = \left[\frac{S_{\beta v} T_\beta}{S_{\alpha v}} \right] \quad (5.20)$$

$$T_{Bv} = 0,05 \text{ s} \quad (5.21)$$

Dabei ist

$$f_{v\alpha} = \begin{cases} 0,6 & \text{wenn } S_\alpha < 2,5 \text{ m/s}^2 \\ 0,04 S_\alpha + 0,5 & \text{wenn } 2,5 \text{ m/s}^2 \leq S_\alpha \leq 7,5 \text{ m/s}^2 \text{ (mit } S_\alpha \text{ in m/s}^2\text{)} \\ 0,8 & \text{wenn } S_\alpha > 7,5 \text{ m/s}^2 \end{cases} \quad (5.22)$$

$$f_{v\beta} = 0,6 \quad (5.23)$$

5.2.2.4 Bemessungsspitzenwerte der seismischen Bodenbewegung

(1) Bemessungsspitzenwerte der horizontalen Bodenbeschleunigungen (PGA_e in m/s^2), Geschwindigkeit (PGV_e in m/s) und Verschiebung (PGD_e in m) sollten nach Gleichung (5.24), Gleichung (5.25) bzw. Gleichung (5.26) berechnet werden.

$$PGA_e = \frac{S_\alpha}{F_A} \quad (5.24)$$

$$PGV_e = 0,06 (S_\alpha S_\beta)^{0,55} \quad (5.25)$$

$$PGD_e = S_{De}(T_F) = 0,025 T_\beta T_D F_L F_T S_{\beta,RP} \quad (5.26)$$

Dabei sind S_α , S_β (in m/s^2), T_β , T_D , T_F (in s), F_A und F_L in 5.2.2.2 definiert.

(2) Die maximale relative Verschiebung $d_{ij,max}$ zwischen zwei Standorten i und j im Abstand x_{ij} darf nach Gleichung (5.27) und Gleichung (5.28) bewertet werden.

$$d_{ij,max} = d_{ij,ld,max} \left[1 - e^{-1,25(x_{ij}/x_L)^{0,7}} \right], \text{ mit } x_L = 500 \text{ m} \quad (5.27)$$

$$d_{ij,ld,max} = 1,25 \sqrt{PGD_{ei}^2 + PGD_{ej}^2} \quad (5.28)$$

Dabei sind

PGD_{ei} und PGD_{ej} die Spitzenwerte der Bodenverschiebung am Standort i bzw. j , berechnet nach Gleichung (5.26) für die zugehörigen Bodenbedingungen.

5.2.2.5 Konventionelle Erdbebenmagnitude

(1) Wann immer diese Informationen nützlich sein können, wie z. B. beim Nachweis der Bodenverflüssigung (prEN 1998-5:2022, 7.3) und bei der Auswahl von Eingangs-Beschleunigungszeitverläufen für Antwortverlaufsanalysen (Anhang D), kann dem elastischen Antwortspektrum ein konventioneller Wert der Erdbebenmagnitude (in Form der Momentenmagnitude M_w) und der entsprechenden Dauer D_R des Hauptabschnittes der Bodenbewegung zugeordnet werden.

(2) Liegen keine spezifischen Bewertungen vor, dürfen die in Tabelle 5.6 angegebenen Werte verwendet werden.

ANMERKUNG Die Werte von M_w in Tabelle 5.6 werden durch $S_{\beta,RP}$ auf den mittleren Periodenbereich des elastischen Antwortspektrums bezogen. Es werden implizit Werte der Epizentrenentfernungen von weniger als 20 km angenommen, da die seismische Gefährdung in Europa in den meisten Fällen hauptsächlich durch lokale Erdbeben bestimmt wird.

Tabelle 5.6 — Konventionelle Werte der Erdbebenmagnitude und der Dauer des Hauptabschnittes der Bodenbewegung für die Bereiche von $S_{\beta,RP}$ und verschiedene Standortkategorien

Bereich von $S_{\beta,RP}$ (m/s ²)	M_w	D_R (s)		
		Standort- kategorie A	Standort- kategorien B und C	Andere Standort- kategorien
$\leq 0,08$	4,5	0,5	0,6	0,75
$0,08 < S_{\beta,RP} \leq 0,2$	5,0	1,0	1,2	1,5
$0,2 < S_{\beta,RP} \leq 0,5$	5,5	2,0	2,4	3,0
$0,5 < S_{\beta,RP} \leq 1,2$	6,0	4,0	4,8	6,0
$1,2 < S_{\beta,RP} \leq 2,5$	6,5	8,0	9,6	12
$2,5 < S_{\beta,RP} \leq 4,0$	7,0	16	19	24
$S_{\beta,RP} > 4,0$	7,5	32	38	48

(3) Es dürfen spezifische Studien für Situationen durchgeführt werden, in denen die seismische Aktivität von großen und weit entfernten Erdbeben beherrscht wird.

ANMERKUNG Wenn diese spezifischen Studien zu dem Schluss führen, dass die Werte von M_w und D_R in Tabelle 5.6 nicht geeignet sind, können alternative Werte im Nationalen Anhang oder von den zuständigen Behörden festgelegt werden.

5.2.3 Alternative Darstellungen der Erdbebeneinwirkung

5.2.3.1 Eingabebewegungen für Antwortverlaufsanalysen

(1) Die seismische Eingabebewegung darf durch Zeitverläufe in Form von Beschleunigungszeitverläufen und zugehörige zeitabhängige Größen (Geschwindigkeit und Verschiebung) dargestellt werden.

(2) Je nach Art der Anwendung und der tatsächlich verfügbaren Informationen darf die Eingabebewegung aus aufgezeichneten Beschleunigungszeitverläufen, simulierten Beschleunigungszeitverläufen oder künstlichen Beschleunigungszeitverläufen bestehen.

ANMERKUNG 1 Kriterien für die Auswahl und Skalierung von Eingabebewegungen sind in Anhang D angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Mindestanzahl der für verschiedene Klassen der Erdbebeneinwirkung zu berücksichtigenden Beschleunigungszeitverläufe ist in 6.6 festgelegt.

5.2.3.2 Räumliches Modell der Erdbebeneinwirkung

(1) Für Bauwerke, für die es nicht sinnvoll ist, die gleiche Erregung an allen Auflagern anzunehmen, sollten räumliche Modelle der Erdbebeneinwirkung verwendet werden.

ANMERKUNG Es kann für bestimmte Tragwerksarten erforderlich sein, sowohl die räumliche als auch die zeitliche Veränderlichkeit der Bodenbewegung zu berücksichtigen (siehe EN 1998-2 und EN 1998-4).

(2) An jedem Auflager der in (1) betrachteten Bauwerke sollte die Erdbebeneinwirkung nach 5.2.2 dargestellt werden, d. h. entweder in Form von Antwortspektren oder Zeitverläufen, wobei eine mögliche Veränderlichkeit der Standortbedingungen an unterschiedlichen Auflagern sorgfältig berücksichtigt wird.

(3) Wenn die Erdbebeneinwirkung durch eine Reihe von Antwortspektren dargestellt wird, kann für jedes Auflagerpaar mit den Indizes k und l ein Korrelationskoeffizient ρ_{kl} zwischen den Beanspruchungsgrößen nach Gleichung (5.29) berechnet werden.

$$\rho_{kl} = \exp\left(-\frac{2 L_{kl}}{a_{kl}(L_{g,k} + L_{g,l})}\right) \quad (5.29)$$

Dabei ist/sind

L_{kl} der Abstand zwischen den Auflagern k und l ;

$L_{g,k}$ und $L_{g,l}$ die charakteristischen Längen, angegeben in Tabelle 5.7 als Funktionen der Standortkategorie der betrachteten Auflager k und l ;

a_{kl} nach Gleichung (5.30) angegeben.

$$a_{kl} = \exp\left(-\frac{L_{g,k} - L_{g,l}}{500}\right) \quad (5.30)$$

Tabelle 5.7 — Charakteristische Längen

Standortkategorie	A	B	C	D	E	F
L_g (m)	400	300	250	200	300	200

(4) Wird die Erdbebeneinwirkung in Form von Zeitverläufen für die Antwortverlaufsanalyse dargestellt, sollte der normierte Kreuzkorrelationskoeffizient zwischen zwei Eingangsbewegungen, die in derselben Richtung an den Auflagern k und l anliegen, den größten Wert von ρ_{kl} nach Gleichung (5.29) und 0,2 nicht überschreiten.

6 Modellierung, Berechnung und Nachweis

6.1 Allgemeines

(1) Bei Anwendung von 4.1(2) und 4.5.2(5) sollten die seismischen Beanspruchungsgrößen des Bauwerks unter der festgelegten Erdbebeneinwirkung nach einem der in (2) und (6) definierten Ansätze bewertet werden.

(2) Der kraftbasierte Ansatz, der eine lineare Berechnung nutzt, die implizit und näherungsweise die Überfestigkeit und die nicht-lineare Reaktion durch einen Verhaltensbeiwert q berücksichtigt, darf entweder mit a) oder b) umgesetzt werden:

a) das Horizontalkraftverfahren (siehe 6.4.2);

b) das Antwortspektrumverfahren (siehe 6.4.3).

(3) Der kraftbasierte Ansatz darf für den Nachweis im Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD, en: significant damage) angewendet werden.

(4) Sofern nicht anders festgelegt, sollte der kraftbasierte Ansatz nicht für den Nachweis im Grenzzustand des Quasiversagens (NC, en: near collapse) angewendet werden.

(5) Der kraftbasierte Ansatz darf für die Nachweise im Grenzzustand der Schadensbegrenzung (DL) und im Grenzzustand der vollen Betriebsfähigkeit (OP) angewendet werden, wobei $q = 1$ für die Berechnung verwendet wird (siehe 6.4.1(1)).

(6) Der verschiebungsbasierte Ansatz, der explizit die nicht-lineare Bauwerksantwort berücksichtigt, darf durch eine nicht-lineare statische Berechnung umgesetzt werden (siehe 6.5).

(7) Beim kraftbasierten Ansatz sollten die Bemessungsverschiebungen aus den berechneten Verschiebungen nach 6.4.2(2) erhalten werden. Beim verschiebungsbasierten Ansatz sollten die Bemessungsverschiebungen denen entsprechen, die direkt aus der Berechnung ohne weitere Modifizierung erhalten wurden, außer wie in 6.5.4(6) angegeben.

(8) Alternativ zu (2) und (6) dürfen auch Antwortverlaufsrechnungen durchgeführt werden (siehe 6.6).

(9) Es sollte nachgewiesen werden, dass die Beanspruchungsgrößen die entsprechenden Beanspruchbarkeiten in dem Grenzzustand, der der vorgeschriebenen Erdbebeneinwirkung bei Anwendung von 4.1(2) zugeordnet ist, nicht überschreiten (siehe 6.7).

(10) Die seismischen Beanspruchungsgrößen sollten unter Beachtung von a) und b) bestimmt werden:

- a) Unsicherheiten in Bezug auf die Lage der Massen und die Verteilung der Steifigkeit;
- b) die räumliche Veränderlichkeit der seismischen Bewegung, falls erforderlich.

ANMERKUNG Geeignete Verfahren sind in den einschlägigen Teilen von EN 1998 für die betrachtete Bauwerksart angegeben.

6.2 Modellierung

6.2.1 Allgemeines

(1) Das Modell des Bauwerks sollte a) und b) auf geeignete Weise abbilden:

- a) die Verteilung der Steifigkeit und der Massen, so dass alle signifikanten Verformungen unter der betrachteten Erdbebeneinwirkung ordnungsgemäß berücksichtigt werden;
- b) bei Berücksichtigung in der Berechnung, die Dämpfung im gesamten Bauwerk.

ANMERKUNG Dämpfung wird beispielsweise bei der elastischen Spektrumberechnung oder bei der Antwortverlaufsrechnung angewendet.

(2) Bei der nicht-linearen Berechnung sollte das Modell auch die Festigkeitsverteilung und die Verformungskapazität angemessen abbilden.

(3) Die Masse sollte das Vorhandensein ständiger und veränderlicher Eigengewichtslasten berücksichtigen, wie sie in der Erdbeben-Bemessungssituation auftreten, wobei die Kombination der Massen nach Gleichung (6.1) erfolgt.

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{E,i} Q_{k,i} \quad (6.1)$$

wobei die Kombinationsbeiwerte $\psi_{E,i}$ die Wahrscheinlichkeit berücksichtigen, dass die Lasten $Q_{k,i}$ während des Erdbebens nicht überall im Bauwerk auftreten. Diese Beiwerte können auch eine verminderte Mitwirkung von Massen bei der Bewegung des Bauwerks infolge von nicht starren gegenseitigen Verbindungen berücksichtigen.