

KTA 2201.3
Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen
Teil 3: Bauliche Anlagen
Fassung 2013-11

Inhalt

	Seite
Grundlagen	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
3 Erdbebeneinwirkung	3
4 Tragwerksberechnung	3
4.1 Grundsätze	3
4.2 Modellbildung.....	3
4.3 Berechnungsverfahren	4
4.4 Boden-Bauwerk-Wechselwirkung	5
4.5 Ermittlung von Bauwerkantwortspektren	5
5 Erdbebennachweiskonzept.....	7
5.1 Allgemeines	7
5.2 Einwirkungskombination	7
5.3 Kombination der Beanspruchung in Folge der Komponenten der Erdbebeneinwirkungsgrößen.....	7
5.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	8
5.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	8
6 Bauartabhängige Erdbebennachweise	8
6.1 Stahlbetonbauteile und Spannbetonbauteile	8
6.2 Stahlbauteile	9
6.3 Mauerwerk	9
6.4 Stahlverbundbauten.....	9
6.5 Befestigungskonstruktionen.....	10
6.6 In den Baugrund eingebettete Rohrleitungen und Kanäle	10
6.7 Stützbauwerke	10
Anhang A Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird	11

Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage (§ 7 Absatz 2 Nr. 3 Atomgesetz - AtG -) getroffen ist, um die im AtG und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitskriterien“, „Störfall-Leitlinien“ und „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) Gemäß dem „Kriterium 2.6“ der Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke sind Schutzmaßnahmen, soweit sie in Betracht zu ziehen sind, gegen Einwirkungen von Erdbeben vorzusehen. Nach Tabelle I der Störfall-Leitlinien gehört Erdbeben zu der Störfallgruppe, gegen die anlagentechnische Schadensvorsorge getroffen werden muss und die bezüglich ihrer radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung relevant ist. Die Grundsätze dieser Vorsorge sind in der Regelreihe KTA 2201 festgelegt.

(3) Zur Erreichung dieser Ziele stellt die Regel KTA 2201.3 über die konventionelle Auslegung von baulichen Anlagen hinausgehende Anforderungen an die Erdbebenauslegung.

Zur Regelreihe KTA 2201 gehören als weitere Teile:

KTA 2201.1: Grundsätze

KTA 2201.2: Baugrund

KTA 2201.4: Anlagenteile

KTA 2201.5: Seismische Instrumentierung

KTA 2201.6: Maßnahmen nach Erdbeben

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist auf bauliche Anlagen von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren anzuwenden zur Erfüllung der in KTA 2201.1 genannten Schutzziele. Sie gibt an, welche Anforderungen an die Auslegung der baulichen Anlagen zu stellen sind, um deren Tragfähigkeit bei Erdbeben nachweisen zu können. Des Weiteren werden zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bei Erdbeben - soweit zur Erhaltung der sicherheitstechnischen Funktion der baulichen Anlagen erforderlich - zusätzliche Bedingungen angegeben (z. B. Verformungs- und Rissbreitenbegrenzung).

(2) Diese Regel ist nicht anzuwenden auf Krane, Abhängeeinrichtungen für Hebezeuge sowie Stütz- und Halterungskonstruktionen von Komponenten.

Hinweis:

Unter baulichen Anlagen einschließlich der dazugehörigen Gründungen werden in dieser Regel Bauwerke und Bauteile aus Stahlbeton, Spannbeton, Stahl, Stahlverbundbauweise und Mauerwerk verstanden. Hierzu gehören unter anderem auch Reaktorsicherheitsbehälter, Kranbahnen, Bühnen, Befestigungskonstruktionen und Kanalbauwerke.

2 Begriffe

(1) Abstrahlungsdämpfung

Die Abstrahlungsdämpfung ist die Dämpfung aus Energieabstrahlung in ein angrenzendes Medium, z. B. den Baugrund.

(2) Boden, homogener

Der Boden wird im Rahmen von Berechnungen als homogen betrachtet, wenn eine Bodenschicht mit über der Dicke nahezu konstanter Scherwellengeschwindigkeit vorliegt, bei der das Verhältnis von Schichtdicke zu Fundamentradius größer als 4 ist.

(3) Boden-Bauwerk-Wechselwirkung

Die Boden-Bauwerk-Wechselwirkung ist die Wechselbeziehung zwischen den lokalen Bodenverhältnissen und dem Schwingungsverhalten des Bauwerks. Diese Wechselwirkung wird unterteilt in die kinematische Wechselwirkung und die Wechselwirkung infolge der Trägheitskräfte des Bauwerks.

(4) Dämpfung

Bei der Dämpfung ist zu unterscheiden zwischen:

a) Materialdämpfung (Werkstoffdämpfung)

Entsteht aus mikroplastischen Vorgängen im Inneren, wird im Labor unter Ausschaltung von Randeinflüssen u. Ä. gemessen, ist vom Beanspruchungsniveau abhängig.

b) Bauteildämpfung

Dämpfung eines Bauteils, z. B. Platte, Balken, unter Einschluss von Randeinflüssen und Auswirkung von Sekundärbauanteilen (Estrich, Beläge etc.). Bauteildämpfung ist bei gleichem Beanspruchungsniveau höher als Werkstoffdämpfung.

c) Strukturdämpfung

Dämpfung einer Gesamtstruktur, bestehend aus vielen Bauteilen einschließlich der Wirkung von z. B. nichttragenden Bauteilen, Einbauten, Verbindungen und Abstrahlungseffekten. Strukturdämpfung ist bei gleichem Beanspruchungsniveau deutlich höher als Bauteildämpfung.

(5) Dimensionslose Frequenz eines Fundamentes a_0

Die dimensionslose Frequenz a_0 ist wie folgt definiert:

$$a_0 = \frac{\omega \cdot r_0}{v_s} \quad (2-1)$$

ω : Kreisfrequenz,

r_0 : Ersatzradius ermittelt aus der Bedingung der Gleichheit der Flächen für translatorische Freiheitsgrade oder der Trägheitsmomente für rotatorische Freiheitsgrade

v_s : Scherwellengeschwindigkeit im Baugrund.

(6) Impedanzfunktionen

Die Impedanzfunktionen sind die komplexen, frequenzabhängigen Fundamentsteifigkeiten auf dem Baugrund; ihre Real- und Imaginärteile charakterisieren Steifigkeit und Dämpfung.

(7) Nichtlinearität, geometrische, physikalische

a) Geometrische Nichtlinearität

Geometrische Nichtlinearität ist der sich durch Gleichgewichts- und kinematische Betrachtungen am verformten System ergebende nichtlineare Zusammenhang zwischen Kraft und Weggrößen.

b) Physikalische Nichtlinearität

Physikalische Nichtlinearität ist der durch ein nichtlineares Werkstoffverhalten bedingte nichtlineare Zusammenhang zwischen Spannungen und Dehnungen.

(8) Rayleigh-Dämpfung

Eine Rayleigh-Dämpfung liegt vor, wenn die Dämpfungsmatrix **C** als Linearkombination aus der Massenmatrix **M** und der Steifigkeitsmatrix **K** mit den Rayleigh-Parametern α und β angenommen wird zu:

$$\mathbf{C} = \alpha \cdot \mathbf{M} + \beta \cdot \mathbf{K} \quad (2-2)$$

Daraus ergibt sich der jeweilige Dämpfungsgrad D in Abhängigkeit der Kreisfrequenz ω zu

$$D = \frac{\alpha}{2 \cdot \omega} + \frac{\beta \cdot \omega}{2} \quad (2-3)$$

(9) Wechselwirkung, kinematische

Die kinematische Wechselwirkung beschreibt die Wechselwirkung zwischen dem als masselos und starr angenommenen Fundament mit dem Baugrund.

3 Erdbebeneinwirkung

(1) Als Erdbebeneinwirkung des Bemessungserdbebens sind anzusetzen:

- Bodenantwortspektren in horizontaler und vertikaler Richtung mit zugehörigen Starrkörperbeschleunigungen nach KTA 2201.1, 3.5,
- künstliche, zu den Bodenantwortspektren kompatible Beschleunigungszeitverläufe nach KTA 2201.1, 4.3.3 oder
- registrierte Beschleunigungszeitverläufe nach KTA 2201.1, 3.5.

(2) Die Anregung ist nach KTA 2201.1, 4.3.1 anzusetzen und zu überlagern.

4 Tragwerksberechnung

4.1 Grundsätze

(1) Die Berechnungen sind in nachvollziehbarer Form zu erstellen und zu dokumentieren. In der Dokumentation ist das Tragverhalten der Struktur zu erläutern.

(2) Der Schwankungsbereich der Berechnungsannahmen, insbesondere bezüglich der Steifigkeiten, der Lagerungsbedingungen, der Massenbelegung und des Schwingungsmodells, ist zu erfassen und, falls erforderlich, mit Hilfe von Grenzbetrachtungen abzuschätzen.

4.2 Modellbildung

(1) Die grundlegenden Anforderungen an die Modellbildung sind in KTA 2201.1, 4.3.2 geregelt. Darüber hinaus sind bei der Modellierung von Bauwerken die Anforderungen des nachfolgenden Abschnitts einzuhalten.

(2) Sind alle maßgeblichen Torsionswirkungen aus Exzentrizitäten zwischen Massenschwerpunkten und Steifigkeitsmittelpunkten berücksichtigt (siehe KTA 2201.1, 4.3.2), darf die nicht planmäßige Torsion vernachlässigt werden.

4.2.1 Baustoffkennwerte

Für Beton, Betonstahl, Spannstahl, Baustahl und Mauerwerk dürfen im Berechnungsmodell die für statische Beanspruchungen geltenden Baustoffkennwerte gemäß den Regelungen in DIN EN 1992-1-1, DIN EN 1993-1-1, DIN EN 1994-1-1 und DIN EN 1996-1-1 verwendet werden.

4.2.2 Wirksame Steifigkeit

(1) Die Bauteilsteifigkeiten dürfen grundsätzlich unter der Annahme linear-elastischen Baustoffverhaltens ohne Steifigkeitsminderungen ermittelt werden.

(2) Für Bauteile aus Stahl- oder Spannbeton sind mögliche Steifigkeitsminderungen zu berücksichtigen, wenn sie das Schwingungsverhalten der betreffenden Baustrukturen und die daraus folgenden Bauteilbeanspruchungen wesentlich beeinflussen. Die aussteifende Wirkung nicht tragender Bauteile, z. B. Ausfachungen durch Mauerwerk, ist in Gebäudemodellen zu erfassen, wenn sie das Schwingungsverhalten ungünstig beeinflusst.

(3) Für Bauteile aus Stahl sind die Anschlusssteifigkeiten

und -ausmittigkeiten zu berücksichtigen, wenn sie das Schwingungsverhalten der betreffenden Baustrukturen und die daraus folgenden Bauteilbeanspruchungen ungünstig beeinflussen. Der Einfluss der Nachgiebigkeit von z. B. Rahmenecken oder Schraubverbindungen darf durch eine Variation der Steifigkeiten berücksichtigt werden.

4.2.3 Mitwirkende Massen

(1) Bei der Berechnung der Bauwerke sind als mitschwingende Massen die im Betrieb vorhandenen ständigen Massen (Baustuktur und Anlagenteile), die Massen von quasi-ständigen Nutzlasten und veränderliche Nutzlasten gemäß **Tabelle 5-1** zu erfassen (siehe Abschnitt 5). Hierbei ist KTA 2201.1, 4.3.2 (6) zu berücksichtigen.

(2) Bei der Berechnung der Bauwerke dürfen vereinfacht die Anlagenteile als vom Bauwerk entkoppelt betrachtet werden, wenn die Massen der Anlagenteile in der Bauwerksmasse berücksichtigt werden.

(3) Rotatorische Massenträgheiten sind zu erfassen, wenn das Schwingungsverhalten des Bauwerks hierdurch maßgeblich beeinflusst wird.

4.2.4 Dämpfung

(1) Die Dämpfung darf als viskos (geschwindigkeitsabhängig) wirkend angesetzt werden. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Systemanalyse von Bauwerken und Einzelbauteilen.

(2) Bei der dynamischen Berechnung ist die unterschiedliche Dämpfung der Gebäudestruktur und des Baugrundes zu erfassen.

(3) Das Dämpfungsverhalten von Bauwerken und Bauwerksteilstrukturen wird maßgeblich durch die Strukturdämpfung bestimmt. Für die Berechnungen zum Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit (GZT), des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit (GZG) und zur Ermittlung von Bauwerkantwortspektren sind daher die Dämpfungsgrade **Tabelle 4-1**, Spalte A zu entnehmen. Bei Bauwerken, deren Dämpfungsverhalten nur durch Material- und Bauteildämpfung bestimmt wird, sind zur Ermittlung von Bauwerkantwortspektren die Dämpfungsgrade der Spalte B anzusetzen.

Bauwerk oder Bauwerksteilstruktur in	A	B
Stahlbetonbauweise	7	4
Spannbetonbauweise	5	2
Stahlbauweise mit geschweißten Anschlüssen	4	2
Stahlbauweise mit geschraubten Anschlüssen	7	4

Tabelle 4-1: Rechenwerte der Dämpfungsgrade D in % der kritischen Dämpfung für die Berechnung von Bauwerken und Bauwerksteilstrukturen. Die Spalten A und B sind in 4.2.4 (3) erläutert.

(4) Für Einzelbauteile sind zum Nachweis der Tragfähigkeit die Dämpfungsgrade **Tabelle 4-2**, Spalte A zu entnehmen. Bei darüber hinausgehenden Anforderungen ist **Tabelle 4-2**, Spalte B zu verwenden. Abweichende Werte sind zu begründen.

(5) Für den Baugrund dürfen die Dämpfung aus Hysterese und die Dämpfung aus Energieabstrahlung gemäß den Baugrund- und Gründungsverhältnissen angesetzt werden.

(6) Bei Flüssigkeitsschwingungen ist der Dämpfungsgrad zu 0,5 % anzunehmen.

Einzelbauteil besteht aus	A	B
Stahlbeton	7	4
Spannbeton	5	2
Stahl mit geschweißten Anschlüssen	4	2
Stahl mit geschraubten Anschlüssen mit SL/SLP-Verbindungen	7	4
Stahl mit geschraubten Anschlüssen mit SLV(P)/GV(P)-Verbindungen	4	2
Stahlverbund	7	4
Mauerwerk	7	4

Tabelle 4-2: Rechenwerte der Dämpfungsgrade D in % der kritischen Dämpfung für Einzelbauteile. Die Spalten A und B sind in 4.2.4 (4) erläutert.

4.2.5 Hydrodynamische Effekte

(1) Flüssigkeitsmassen dürfen als starr mit der Baustuktur schwingend angenommen werden oder mit Hilfe eines hydrodynamischen Modells abgebildet werden. Die Auswirkung der schwappenden Flüssigkeit auf Bauteile ist gesondert zu betrachten.

(2) Die Berücksichtigung der Flüssigkeitsschwingungen relativ zu Bauteilen darf für die horizontale Schwingungsrichtung durch das Verfahren der Ersatzmassen erfolgen. Dabei darf die Flüssigkeitsmasse in eine mit dem Bauteil starr gekoppelte Masse und eine relativ zum Bauteil schwingende Masse aufgeteilt werden.

(3) Das Überschwappen bei offenen Becken darf in Abhängigkeit der spektralen Auslenkung der schwappenden Masse und unter Berücksichtigung der Geometrie des Beckens berechnet werden.

(4) Die Beanspruchung der Wände von Flüssigkeitsbecken ist mit Hilfe eines hydrodynamischen Modells zu ermitteln.

(5) Die horizontal wirksamen Flüssigkeitsmassen dürfen als konstant über die Höhe des Bauteils angenommen werden.

(6) Für die vertikale Richtung muss die Flüssigkeitsmasse stets als starr mit dem Boden des Bauteils gekoppelt angenommen werden.

4.3 Berechnungsverfahren

4.3.1 Allgemeines

(1) Die Berechnung darf nach einem der folgenden Verfahren durchgeführt werden:

- Antwortspektrenverfahren (vgl. 4.3.2),
- Zeitverlaufverfahren (vgl. 4.3.3),
- Frequenzbereichsverfahren (vgl. 4.3.4) oder
- Vereinfachtes Verfahren (vgl. 4.3.5).

(2) Beim Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind geometrische Nichtlinearitäten zu berücksichtigen. Hierauf darf verzichtet werden, wenn die Bedingungen der DIN EN 1998-1 Abschnitt 4.4.2.2 eingehalten sind.

(3) Die Beanspruchung von Bauteilen, deren Schwingungsverhalten das globale Verhalten nicht beeinflusst, darf mit Hilfe von Bauwerkantwortspektren ermittelt werden (vgl. 4.5).

(4) Nichtlineare Berechnungsverfahren sind zulässig und im Einzelfall erforderlich.

Hinweis:

Die Anwendung dieser Verfahren setzt vertiefte Kenntnisse und ausreichende Erfahrung voraus.

4.3.2 Antwortspektrenverfahren

(1) Mit dem Antwortspektrenverfahren werden nach Berechnung der Eigenfrequenzen und Eigenformen die maximalen Beanspruchungsgrößen aus der Überlagerung der Anteile der einzelnen Eigenformen ermittelt (modale Analyse). Wenn der zeitliche Verlauf der Beanspruchungsgrößen benötigt wird, ist ein Zeitverlaufverfahren zu verwenden (siehe 4.3.3).

(2) Die zu einer Eigenform gehörenden Beanspruchungen sind auf der Grundlage eines Bemessungsspektrums zu berechnen.

(3) Grundsätzlich müssen die Eigenfrequenzen mindestens bis zu der oberen Grenzfrequenz und eine mitschwingende Masse von mindestens 90 % je Richtung der Gesamtmasse des Bauwerks berücksichtigt werden. Wird die mitschwingende Masse 90 % bis zur oberen Grenzfrequenz nicht erreicht, so ist ersatzweise der Starrkörperanteil (vgl. KTA 2201.4, 4.4.2 (4)) anzusetzen. Relevante lokale Schwingungen sind hierbei zu berücksichtigen.

(4) Grundsätzlich sind die gleichgerichteten modalen Anteile der Beanspruchungsgrößen mittels des Verfahrens der vollständigen quadratischen Kombination (CQC) zu überlagern. Bei Erfüllung der Bedingung

$$f_i > 1,35 f_{i-1}, \quad (4-1)$$

mit

f_i : Eigenfrequenz der i-ten Eigenform und

i: 1, ..., n, mit n = Anzahl der Eigenformen

für alle Eigenformen dürfen die modalen Anteile nach der Methode der Wurzel der Quadratsumme (SRSS-Methode) überlagert werden. Andere Überlagerungsverfahren sind zu begründen. Um die Beschleunigung im Bereich der Fußpunkte korrekt zu erfassen, muss der Starrkörperanteil im Antwortspektrenverfahren berücksichtigt werden (siehe auch KTA 2201.4, 4.4.2).

(5) Gleichung (4-1) gilt für einen Dämpfungsgrad von 7 %. Bei kleineren Dämpfungsgraden ergeben sich geringere Faktoren, z. B. bei Dämpfungsgrad 4 % der Faktor 1,2 und bei Dämpfungsgrad 2 % der Faktor 1,1.

4.3.3 Zeitverlaufverfahren

4.3.3.1 Allgemeines

(1) Bei dem Zeitverlaufverfahren ist der Beschleunigungszeitverlauf (oder Verschiebungszeitverlauf) als Anregung des gesamten Schwingungssystems anzusetzen. In der dynamischen Berechnung werden mittels modaler Analyse oder direkter Integration die Zeitverläufe der Bewegungs- und Schnittgrößen und deren Extrema ermittelt.

(2) Der Beschleunigungszeitverlauf ist aus dem Bemessungsspektrum zu generieren, oder es sind registrierte Zeitverläufe gemäß dem seismologischen Gutachten zu verwenden.

den. Anzahl und Generierung der Zeitverläufe sowie Angaben zu den registrierten Zeitverläufen sind in KTA 2201.1 geregelt.

(3) Die Verwendung der modalen Analyse bei nichtlinearen Problemen als Näherungsverfahren muss im Einzelnen begründet werden.

4.3.3.2 Modale Zeitverlaufverfahren

(1) Bei Verwendung der modalen Analyse wird zwischen einem proportional und einem nicht-proportional gedämpften System unterschieden. Bei einem proportional gedämpften System dürfen die Eigenvektoren des ungedämpften Systems zur Entkopplung des Gleichungssystems verwendet werden.

(2) Bei großen Dämpfungen darf die Lösung für das ungedämpfte System nur mit besonderer Begründung verwendet werden. Die maximale modale Dämpfung in horizontaler Richtung darf 15 % und in vertikaler Richtung 30 % nicht überschreiten. Höhere Dämpfungsgrade sind im Einzelfall zu begründen.

(3) Der Starrkörperanteil ist analog zum Antwortspektren-Verfahren zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 4.3.2 (3)).

4.3.3.3 Direkte Integration

(1) Bei direkter Integration muss der Integrationszeitschritt genügend klein sein (maximal 0,1-facher Kehrwert der oberen Grenzfrequenz), um die Schwingungsantwort der höchsten interessierenden Frequenz hinreichend genau zu erfassen und die Konvergenz und Stabilität der numerischen Integration zu gewährleisten.

(2) Die Rayleigh-Dämpfung bei frequenzunabhängigen Bodenmodellen darf bei den maßgebenden Frequenzen den Dämpfungsgrad 15 % für die horizontalen und 30 % für die vertikalen Schwingungen nicht überschreiten. Die Rayleigh-Dämpfung der Baustrukturen darf bei den maßgebenden Frequenzen die Werte der **Tabellen 4-1** und **4-2** nicht überschreiten.

(3) Bei nichtlinearen Berechnungen mit Hysterese sind die viskosen Dämpfungsgrade nach den **Tabellen 4-1** und **4-2** Spalte B anzusetzen.

4.3.4 Frequenzbereichsverfahren

(1) Die Übertragungsfunktionen müssen für eine ausreichende Anzahl von Frequenzen berechnet werden. Dabei muss sichergestellt werden, dass sie den Frequenzbereich der Anregung sowie die Eigenfrequenzen der untersuchten Struktur bis zur oberen Grenzfrequenz abdecken.

(2) Die Empfindlichkeit der Resultate aufgrund unterschiedlicher Stützstellen ist zu überprüfen. Die für die Anwendung der Fast-Fourier-Transformation notwendigen zusätzlichen Frequenzstützstellen dürfen interpoliert werden.

4.3.5 Vereinfachtes Verfahren

In begründeten Fällen dürfen für Bauwerke und einzelne Bauteile unter Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Anregungen vereinfachte Verfahren angewendet werden.

Hinweis:

Nähere Angaben zu vereinfachten Verfahren (quasistatische Verfahren) für Bauteile finden sich unter Berücksichtigung der Anwendungsgrenzen unter anderem in KTA 2201.4, 4.4.4.

4.4 Boden-Bauwerk-Wechselwirkung

(1) Die Umrechnung der als Erdbebeneinwirkung vorgegebenen Bodenantwortspektren auf andere Baugrundhorizonte ist zulässig.

(2) Der Einfluss der Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund auf das dynamische Verhalten des Bauwerks ist zu erfassen. Bei eingebetteten Bauwerken muss die kinematische Wechselwirkung berücksichtigt werden. Die kinematische Wechselwirkung darf für oberflächlich gegründete oder als solche angenommene Bauwerke vernachlässigt werden. Die Annahme einer Festeinspannung des Bauwerks ist zulässig, wenn die dominante Frequenz des als starr angenommenen Bauwerks auf nachgiebiger Gründung mehr als doppelt so groß ist wie die dominante Frequenz des an der Gründung fest eingespannten nachgiebigen Bauwerks.

(3) Die Annahme einer Festeinspannung des Bauwerks ist zulässig, wenn die Scherwellengeschwindigkeit höher ist als 1200 m/s.

(4) Ein homogener Boden darf durch ein gedämpftes Feder-Masse-Modell abgebildet werden. Die Parameter dieses Modells dürfen auf der Grundlage der Theorie des elastischen Halbraumes ermittelt werden. Dabei darf das nichtlineare Tragverhalten durch Grenzbetrachtungen mit angepassten Bodeneigenschaften (Sekantensteifigkeiten) berücksichtigt werden. Für starre Kreis- oder Rechteckfundamente mit einer dimensionslosen Frequenz a_0 kleiner als 2 bei Schwingungen in horizontaler Richtung und a_0 kleiner als 1 bei Schwingungen in vertikaler Richtung und bei Kippbewegungen dürfen die statische Steifigkeit und Dämpfung mittels Halbraumformeln vereinfacht als frequenzunabhängig angenommen werden. Für Streifenfundamente oder nicht starre Fundamente sind gesonderte Überlegungen erforderlich.

Hinweis:

Die statische Steifigkeit entspricht der Steifigkeit für die Frequenz Null. Die Dämpfung, die mittels Näherungs-Formeln für den Halbraum berechnet wird, entspricht der Dämpfung in Resonanz.

(5) Bei geschichteten Böden mit stark unterschiedlichen dynamischen Kennwerten sowie bei besonderen Gründungskonzepten (z. B. Pfahlgründungen) sind besondere Untersuchungen, z. B. durch Berechnungen im Frequenzbereich, durchzuführen.

(6) Die mögliche gegenseitige Beeinflussung benachbarter Gebäude über den Baugrund (Bauwerk-Boden-Bauwerk-Wechselwirkung) ist zu bewerten.

Hinweis:

Eine Variation des mittleren Werts der Baugrundsteifigkeit mit einem Faktor 1,5 nach oben und unten nach KTA 2201.1, 4.3.2 (8) deckt diese Beeinflussung im Allgemeinen ab.

(7) Bei niedrigen Frequenzen (Frequenz kleiner als die Eigenfrequenz der Bodenschicht) darf bei Verwendung des modalen Verfahrens keine Dämpfung aus Energieabstrahlung (Abstrahlungsdämpfung) angesetzt werden.

4.5 Ermittlung von Bauwerkantwortspektren

4.5.1 Allgemeines

(1) Die Bauwerkantwortspektren (Sekundärspektren) sind z. B. auf der Basis von Beschleunigungszeitverläufen nach 4.5.2 oder nach dem in 4.5.3 beschriebenen Ersatzverfahren zu ermitteln.

(2) Die Bildung von Tertiärspektren von Bauteilen (z. B. Stahlbühnen) darf nach KTA 2201.4, 4.2.3 erfolgen.

4.5.2 Ermittlung von Bauwerkantwortspektren auf Basis von Beschleunigungszeitverläufen

(1) Die Beschleunigungszeitverläufe sind mit dem Zeitverlaufverfahren nach 4.3.3 oder dem Frequenzbereichsverfahren nach 4.3.4 zu ermitteln.

(2) Die rechnerisch ermittelten Bauwerkantwortspektren am jeweiligen Einbauort oder Aufstellort der Bau- oder Anlagenteile sind in geglättete, verbreiterte und einhüllende Bemessungsspektren zu überführen.

(3) Bei der Bildung der Bauwerkantwortspektren sind folgende Schritte durchzuführen:

- Mittelung über die mit verschiedenen Erregungszeitverläufen erzielten Ergebnisse nach KTA 2201.1, 4.3.3 (3)
- Kappung von Spektrenspitzen, die nicht breiter als 10 % der jeweiligen Mittenfrequenz sind
- Einhüllung der Spektren unter Berücksichtigung folgender Ansätze:
 - Ansatz der unteren und oberen Werte der Baugrundsteifigkeiten nach KTA 2201.1, 4.3.2 (8)
 - Ansatz der mittleren Werte der Baugrundsteifigkeiten mit einer Verbreiterung der Maxima der Spektren um $\pm 15\%$

Hinweis:

Numerische Extremstellen (singuläre Stellen) aufgrund der Modellabbildung können in begründeten Fällen vernachlässigt werden.

- Glättung der erzielten Spektren mit angemessener Vereinfachung durch geeignete Polygonzüge, die die robuste Auslegung der Anlagenteile sicherstellen

Hinweis:

Diese Bedingung ist im Allgemeinen erfüllt, wenn Spektrentäler einer Basisbreite von weniger als 20 % ihrer Mittenfrequenz durch ein von der niedrigeren Spitze ausgehendes Plateau geschlossen werden.

- Ermittlung der Bemessungsspektren für die erforderlichen Dämpfungsgrade. (Die Bemessungsspektren sollten mindestens für die Dämpfungsgrade D gleich 2, 4, 7 und 15 % der kritischen Dämpfung ermittelt werden, so dass Kurven für andere Dämpfungsgrade leicht durch logarithmische Inter- oder Extrapolation abgeleitet werden können. Spektren sollten in grafischer und tabellarischer Form sowie in digitaler Form bereitgestellt werden.)

4.5.3 Ersatzverfahren für Bauwerkantwortspektren

(1) Für Bauwerkstrukturen mit homogener Steifigkeits- und Massenverteilung darf zur Ermittlung von Bauwerkantwortspektren das nachfolgend angegebene Ersatzverfahren verwendet werden. Daraus folgen unmittelbar Bemessungsspektren bei vorgegebenen Beschleunigungen a_G am Einbau- oder Aufstellort des Bau- oder Anlagenteils.

(2) Die Form des Spektrums ist nach **Bild 4-1**, der Spektrüberhöhungsfaktor gegenüber der Bauwerksbeschleunigung nach **Bild 4-2** zu ermitteln unter Berücksichtigung des Dämpfungsgrads D_1 des Bauwerks und des Dämpfungsgrads D_2 des Bau- oder Anlagenteils.

(3) Als Dämpfungsgrad D_1 des Bauwerks darf dessen modale Dämpfung in der dominanten Eigenschwingung verwendet werden. Hierbei ist die Dämpfung des Bauwerks nach 4.2.4 (3) anzusetzen.

Hinweis:

Die Baugrunddämpfung rechtfertigt im Allgemeinen einen gegenüber **Tabelle 4-1** erheblich höheren Dämpfungsgrad D_1 .

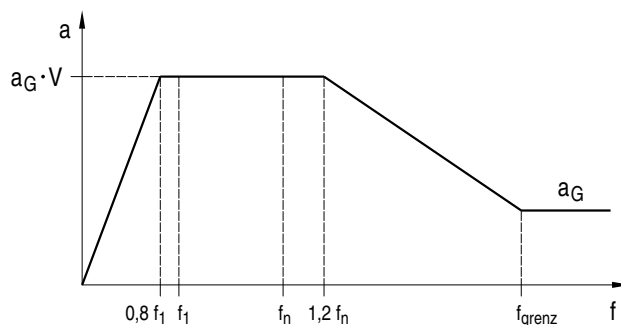


Bild 4-1: Ermittlung der Form des Antwortspektrums

Erläuterungen :

- f : Frequenz, die Abszisse sollte logarithmisch eingeteilt werden
- f_1 : tiefste maßgebende Eigenfrequenz des Bauwerks beim unteren Grenzwert im Variationsbereich der Baugrundsteifigkeit, höchstens jedoch die rechte Eckfrequenz des höchstens Plateaus des zugehörigen Antwortspektrums
- f_n : höchste maßgebende Eigenfrequenz des Bauwerks beim oberen Grenzwert im Variationsbereich der Baugrundsteifigkeit, höchstens jedoch die rechte Eckfrequenz des höchstens Plateaus des zugehörigen Antwortspektrums
- f_{grenz} : obere Grenzfrequenz des Bodenantwortspektrums
- a : Beschleunigung
- a_G : Beschleunigung am Einbau- oder Aufstellort des Bau- oder Anlagenteils (Starrkörperbeschleunigung)
- V : Spektren-Überhöhungsfaktor nach **Bild 4-2**

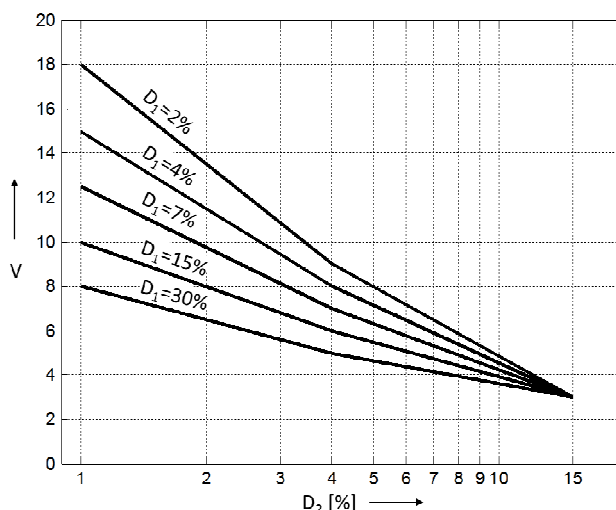


Bild 4-2: Ermittlung des Spektrüberhöhungsfaktors

Erläuterungen:

- D_1 : Dämpfungsgrad des Bauwerks
- D_2 : Dämpfungsgrad des Bau- oder Anlagenteils
- (4) Der Dämpfungsgrad D_2 des Bauteils ist nach 4.2.4 (4) anzusetzen. Der Dämpfungsgrad D_2 des Anlagenteils ist nach KTA 2201.4 anzusetzen.
- (5) Eine Übertragung des Verfahrens auf Bauwerksstrukturen mit inhomogener Steifigkeits- und Massenverteilung ist im Einzelfall zu begründen.

Hinweis:

Das Ersatzverfahren stellt eine gute Näherung dar, wenn die Antworten des Bauwerks durch eine Eigenschwingung dominiert werden. Tragen mehrere Eigenschwingungen signifikant bei, so liegt das Verfahren zunehmend auf der sicheren Seite.

5 Erdbebennachweiskonzept

5.1 Allgemeines

(1) Nach KTA 2201.1 sind bauliche Anlagen hinsichtlich der Erdbebenauslegung in die drei Klassen I, IIa und IIb zu unterteilen.

(2) Bauliche Anlagen der Klasse I sind hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit so auszulegen, dass sie ihre jeweilige sicherheitstechnische Funktion im Falle eines Erdbebens erfüllen.

(3) Bauliche Anlagen der Klasse IIa sind hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und falls erforderlich ihrer Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen. Alternativ dürfen aber auch Nachweise geführt werden, die zeigen, dass bei Verlust der Tragfähigkeit oder bei Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit die betroffenen Anlagenteile und baulichen Anlagen der Klasse I ihre sicherheitstechnische Funktion erfüllen.

(4) Bauliche Anlagen der Klasse IIb müssen nicht gegen das Bemessungserdbeben nach KTA 2201.1 ausgelegt werden.

5.2 Einwirkungskombination

(1) In Anlehnung an DIN EN 1990 sind die folgenden Einwirkungen zu unterscheiden:

- ständige Einwirkungen G_k ,
- Einwirkungen infolge Vorspannung P_k ,
- veränderliche Einwirkungen $Q_{k,i}$ und
- Einwirkungen infolge von Erdbeben (Bemessungserdbeben nach KTA 2201.1) A_{Ed} .

(2) Ständige Einwirkungen, Einwirkungen infolge Vorspannung und veränderliche Einwirkungen sind als charakteristische Werte anzugeben. Außergewöhnliche Einwirkungen sowie Einwirkungen infolge von Erdbeben werden als Bemessungswerte vorgegeben, so dass implizit ein Teilsicherheitsbeiwert von 1,0 vorausgesetzt wird.

Hinweis:

Für das Bemessungserdbeben nach KTA 2201.1 sind der Wirkungsfaktor γ_1 nach DIN EN 1990 und der Bedeutungsbeiwert γ in dem Bemessungswert A_{Ed} berücksichtigt.

(3) Der Bemessungswert einer Einwirkung infolge von Erdbeben A_{Ed} ist unter Berücksichtigung aller Vertikallasten, die in die folgende Kombination eingehen, zu ermitteln.

$$\sum_{j=1}^m G_{kj} \oplus \sum_{i=1}^n \Psi_{Ei} \cdot Q_{ki} \quad (5-1)$$

Dabei ist

$\oplus$ "zu kombinieren mit",

$\sum$ "die kombinierte Wirkung von",

G_{kj} der charakteristische Wert der ständigen Einwirkung j ,

Q_{ki} der charakteristische Wert der veränderlichen Einwirkung i , die Trägheitskräfte verursacht,

Ψ_{Ei} der Kombinationsbeiwert für die veränderliche Einwirkung i .

(4) Als Bemessungswert für die Erdbebenbeanspruchung ist für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit die folgende Einwirkungskombination unter Berücksichtigung des Kombinationsbeiwertes Ψ_2 zu betrachten:

$$E_d = E \{ G_k \oplus P_k \oplus A_{Ed} \oplus \sum_{i=1}^n (\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}) \} \quad (5-2)$$

(5) Die Kombinationsbeiwerte Ψ_E und Ψ_2 sind **Tabelle 5-1** zu entnehmen.

Einwirkungen		Kombinationsbeiwerte	
		Ψ_2	Ψ_E
Veränderliche Einwirkungen Q	Nutzlasten / Betriebslasten		
	- quasi-ständige	1,00	1,00
	- Behälterfüllung	0,80	0,80
	- Temperatur aus Betrieb	0,80	- ¹⁾
	- Bühnenflächenlasten	0,30	0,25
	- Reibungskräfte	0,30	- ¹⁾
	- Revisionslasten	0,30	0,25
	- sonstige	0,80	0,25
	Verkehrslasten		
	- Fahrzeuglast < 30 kN	0,60	0
	- Fahrzeuglast ≥ 30 kN	0,30	0
	Kranlasten	0	0
	Wind	0	- ¹⁾
	Schnee	0	0
	klimatische Temperatureinwirkungen	0	- ¹⁾
	Zwang aus Setzungen	1,00	- ¹⁾
¹⁾ - bedeutet „nicht zutreffend“			

Tabelle 5-1 Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen

5.3 Kombination der Beanspruchung in Folge der Komponenten der Erdbebeneinwirkungsgrößen

(1) Die Anregung ist im Berechnungsmodell in drei orthogonalen Richtungen als gleichzeitig wirkend anzusetzen. Unter Verwendung der Kombinationsregeln für Modalbeiträge ergeben sich hieraus die maßgebenden Beanspruchungsgrößen.

(2) Alternativ dürfen die Beanspruchungsgrößen getrennt nach den drei Richtungen der Erdbebeneinwirkung ermittelt werden. In diesem Fall darf der Größtwert jeder Beanspruchungsgröße des Bauwerks infolge der einzelnen Komponenten der Erdbebeneinwirkung nach KTA 2201.1, 4.3.1 ermittelt werden.

(3) Die jeweiligen ermittelten gleichgerichteten Beanspruchungsgrößen sind gleichzeitig wirkend bei der Bauteilbemessung zu berücksichtigen, sofern keine genaueren Methoden zur Erfassung der Gleichzeitigkeit des Auftretens angewendet werden.

(4) Die sich aus der Einwirkungskombination nach (1), (2) oder (3) ergebenden Beanspruchungen sind den zugehörigen Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gegenüber zu stellen. Das Vorzeichen jeder Komponente in den obigen Kombinationen muss mit dem Ziel eines möglichst ungünstigen resultierenden Werts der betrachteten Beanspruchungsgröße gewählt werden.

5.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit

5.4.1 Allgemeines

- (1) Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist nachzuweisen, dass

$$E_d \leq R_d \quad (5-3)$$

ist. Hierbei ist E_d nach Gleichung (5-2) der Bemessungswert der Beanspruchung (z. B. Schnittgröße) in der Erdbebenbemessungssituation und

$$R_d = R\{f_{k,i} / \gamma_{M,i}\} \quad (5-4)$$

der Bemessungswert des Tragwiderstands in Abhängigkeit der baustoffspezifischen Anforderungen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte (im Allgemeinen repräsentiert durch den charakteristischen Wert der Baustofffestigkeit f_k und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte γ_M).

- (2) Die Teilsicherheitsbeiwerte zur Bestimmung des Tragwiderstands im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind werkstoffbezogen in 6.1 bis 6.4 festgelegt.

5.4.2 Duktilität

Sofern dissipative Effekte beim Nachweis der Tragfähigkeit genutzt werden, ist für die tragenden Bauteile und das Gesamttragwerk eine ausreichende Duktilität nachzuweisen.

Hinweis:

Die Gebrauchstauglichkeit kann durch die Ausnutzung der Duktilität beeinträchtigt werden, siehe 4.3.5.

5.4.3 Gleichgewichtsbedingung

Das Bauwerk muss auch unter Erdbebeneinwirkungen in stabilem Gleichgewicht verbleiben. Das schließt auch Wirkungen wie Kippen und Gleiten unter Berücksichtigung von DIN EN 1997-1 und DIN EN 1998-5 mit ein.

5.4.4 Tragfähigkeit der Gründungen

- (1) Für Gründungen sind die Anforderungen nach DIN EN 1998-5 und DIN EN 1997-1 zu erfüllen.
- (2) Wenn der vereinfachte lineare Nachweis der Ausmittigkeit der Sohlresultierenden nach DIN EN 1997-1 nicht eingehalten werden kann, sind alternativ detaillierte Nachweise zulässig.
- (3) Bei Pfahlgründungen sind die Wechselwirkungen mit dem Boden und untereinander zu berücksichtigen.

5.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

5.5.1 Allgemeines

- (1) Für die Einwirkungskombination des Bemessungserdbebens nach Gleichung (5-2) ist nachzuweisen, dass eine anforderungsgerechte Nutzung der baulichen Anlage sichergestellt ist. Hierzu sind Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit mit zugehörigen Anforderungen (z. B. Verformungs- und Rissbreitenbegrenzungen) erforderlich.
- (2) Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist nachzuweisen, dass

$$E_d \leq C_d \quad (5-5)$$

ist. Hierbei ist E_d nach Gleichung (5-2) der Bemessungswert der Beanspruchung (z. B. Spannung, Verformung, Rissbreite) in der Erdbebenbemessungssituation und C_d der Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums (z. B. zulässige Spannung, Verformung oder Rissbreite), der zur Errei-

chung der in KTA 2201.1 genannten Schutzziele erforderlich ist.

- (3) Die Gebrauchstauglichkeitskriterien für den Bemessungswert C_d sind anlagenspezifisch festzulegen.

Hinweis:

Zur Erhaltung der sicherheitstechnischen Funktion der baulichen Anlagen können zusätzliche Bedingungen notwendig sein. Dies sind z. B. Verformungsbegrenzungen aus Anforderungen der Anlagentechnik oder Begrenzungen von Rissbreiten im Hinblick auf Anforderungen an Dichtheit oder an Trag- und Verformungsverhalten von Dübelbefestigungen. Die zugehörigen Bedingungen werden im Einzelfall festgelegt.

5.5.2 Verformungen

- (1) Die Verformungen sind für die Einwirkungskombinationen aus 5.2 zu ermitteln.
- (2) Wird bei der Berechnung der Bauwerksverformungen das nichtlineare Materialverhalten (z. B. durch Reduktion der Steifigkeiten) nicht erfasst und werden die Dämpfungen nach **Tabelle 4-1** verwendet, so sind die ermittelten Bauwerksverformungen für die Erdbebeneinwirkung um 50 % zu erhöhen.
- (3) Die Relativverformung unabhängig schwingender Bauwerke darf aus der Wurzel der Summe der Quadrate der Einzerverformungen errechnet werden.
- (4) Für erdbebengerechte Fugen sind folgende Bedingungen einzuhalten:
- Bauwerke sind gegen erdbebeninduzierte Zusammenstöße mit angrenzenden Bauwerken oder Bauteilen zu schützen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn der Abstand angrenzender Bauteile an den Stellen möglicher Zusammenstöße nicht kleiner ist als die nach (3) berechnete Relativverformung.
 - Bei der Planung der Fugengröße ist die Steifigkeit und die begrenzte Zusammendrückbarkeit eines eventuell eingebauten Fugenmaterials zu berücksichtigen.

6 Bauartabhängige Erdbebennachweise

6.1 Stahlbetonbauteile und Spannbetonbauteile

6.1.1 Allgemeines

- (1) Es gelten die in DIN EN 1992-1-1 angegebenen Vorschriften für die Bemessung und bauliche Durchbildung, sofern im Folgenden nichts anderes festgelegt wird.
- (2) Die Verwendung einer Betonfestigkeitsklasse niedriger als C 20/25 ist nicht zulässig.
- (3) Es sollte ein Betonstahl mit hoher Duktilität Typ B mit einem Mindestwert $k=(f_t/f_y)_k$ größer als 1,08 und einer charakteristischen Dehnung bei Höchstlast ϵ_{uk} größer als 5% verwendet werden, wenn kein genauerer Nachweis der Duktilität geführt wird.

6.1.2 Festigkeitskennwerte

- (1) Für die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist von dem Bemessungswert der einaxialen Druckfestigkeit des Betons f_{cd} nach DIN EN 1992-1-1 wie folgt auszugehen:

$$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad (6-1)$$

Der charakteristische Wert der einaxialen Druckfestigkeit des Betons f_{ck} ist nach DIN EN 1992-1-1 anzunehmen. In der Erdbebenbemessungssituation ist der Beiwert α für Normalbeton mit 0,85 anzusetzen. Der Teilsicherheitsbeiwert γ_c ist der **Tabelle 6-1** zu entnehmen.

(2) Abweichungen der bemessungsrelevanten Eigenschaften des Baustoffs Beton von den in DIN EN 1992-1-1 zugrunde liegenden Eigenschaften dürfen angesetzt werden, wenn diese nachgewiesen werden.

(3) Für die Bemessungswerte der Festigkeiten des Betonstahls und des Spannstahls sind die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß **Tabelle 6-1** zu berücksichtigen.

Baustoff	Teilsicherheitsbeiwert
Beton	$\gamma_c = 1,0$
Betonstahl / Spannstahl	$\gamma_s = 1,0$
Nichtlineare Verfahren	
Tragwiderstand ¹⁾ nach DIN EN 1992-1-1/NA	$\gamma_R = 1,0$
Rechenwert Betondruckfestigkeit f_{cR} ²⁾	$1,0 \cdot \alpha \cdot f_{ck}$
Rechenwert Streckgrenze Betonstahl f_{yR}	$1,0 \cdot f_{yk}$
Rechenwert 0,1%-Dehngrenze Spannstahl $f_{p0,1R}$	$1,0 \cdot f_{pk}$
¹⁾ In Tabelle 2 der DIN EN 1992-1-1/NA als Systemwiderstand bezeichnet ²⁾ Abminderungsbeiwert α nach DIN EN 1992-1-1/NA	

Tabelle 6-1: Teilsicherheitsbeiwerte zur Bestimmung des Tragwiderstands im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Erdbebenbemessungssituation

6.1.3 Tragfähigkeitsnachweise

(1) Bei der Bemessung zweiachsig belasteter Bauteile (z. B. Stützen) ist der durch die gleichzeitige Wirkung in zwei horizontalen Richtungen gegebene Charakter der Erdbebeneinwirkung zu berücksichtigen.

(2) Alternativ zu einer zweiachsigen Biegebemessung dürfen bei Stützen getrennte Nachweise für beide Richtungen mit 70 % der Biegetragfähigkeit geführt werden, d. h. für jede Richtung gilt:

$$M_{Edi} \leq 0,7 M_{Rdi} \quad (6-2)$$

mit dem einwirkenden Moment M_{Edi} und der Biegetragfähigkeit M_{Rdi} , wobei i sich auf jeweils eine der beiden Richtungen bezieht.

(3) Die Nachweise für die Querkrafttragfähigkeit eines Stahlbeton- oder Spannbetonbauteils sind nach DIN EN 1992-1-1 zu führen. Für die Ermittlung des Bemessungswertes der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,ct}$ ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_c gemäß **Tabelle 6-1** anzusetzen.

(4) Die Durchstanznachweise (Stützen bei Platten oder Fundamenten) sind nach DIN EN 1992-1-1 zu führen. Für die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,ct}$ ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_c gemäß **Tabelle 6-1** anzusetzen.

6.2 Stahlbauteile

(1) Es gelten die in DIN EN 1993-1-1 angegebenen Vorschriften für die Bemessung und bauliche Durchbildung, sofern im Folgenden nichts anderes festgelegt wird.

(2) Für den Teilsicherheitsbeiwert γ_M des Tragwiderstands wird unterschieden in

- γ_{M0} : Festigkeitsnachweise des Querschnitts
- γ_{M1} : Stabilitätsnachweise von Bauteilen auf Biegeknicken und Biegedrillknicken
- γ_{M2} : Zugfestigkeitsnachweise am Nettoquerschnitt

(3) Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{M0} und γ_{M1} sind mit 1,0 anzunehmen. Für Beanspruchbarkeiten, die von der Zugfestigkeit abhängen, ist γ_{M2} gleich 1,15 zu verwenden.

6.3 Mauerwerk

6.3.1 Allgemeines

(1) In Bauwerken der Klasse I dürfen Mauerwerkswände nicht zur Erdbebenaussteifung herangezogen werden.

(2) Es gelten die in DIN EN 1998-1 angegebenen Vorschriften für die Bemessung und bauliche Durchbildung, sofern im Folgenden nichts anderes festgelegt wird.

(3) Es dürfen Mauersteine und Mauermörtel verwendet werden, die die Mindestanforderungen der DIN EN 1998-1 erfüllen.

6.3.2 Tragfähigkeitsnachweise

(1) Für den Nachweis des Abtrags der Erdbebenlasten senkrecht zur Wandebene darf eine Gewölbewirkung zwischen waagerechten oder lotrechten aussteifenden Elementen, z. B. Stahlträgern- oder Stahlbetonbalken, angesetzt werden, sofern keine maßgebenden Belastungen parallel zur Wandebene infolge aufgezwungener Verformungen aus dem Haupttragwerk zu erwarten sind. Des Weiteren muss nachgewiesen werden, dass die angesetzte Gewölbewirkung nicht durch die Nachgiebigkeit der aussteifenden Elemente aufgehoben wird.

(2) Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_M mit 1,2 für Mauerwerk anzusetzen.

6.3.3 Konstruktive Ausführung

(1) Bei Ansatz einer waagerechten Aussteifung über Gewölbewirkung ist die vollständige Vermörtelung der Stoßfugen über die gesamte Wanddicke sicherzustellen. Außerdem ist die Lochschwächung von Mauersteinen zu beachten.

(2) Die horizontalen und vertikalen Einfassungsbauteile sind miteinander zu verbinden und in den Bauteilen des Haupttragwerks zu verankern.

(3) Die Kraftübertragung zwischen den Einfassungsbauteilen und dem Mauerwerk ist sicherzustellen.

6.4 Stahlverbundbauten

(1) Es gelten die in DIN EN 1994-1-1 angegebenen Vorschriften für die Bemessung und bauliche Durchbildung, sofern im Folgenden nichts anderes festgelegt wird.

(2) Für Beton ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_c und für Betonstahl der Teilsicherheitsbeiwert γ_s gemäß 6.1.2 zu verwenden.

(3) Für Baustahl, Profilbleche und Verbindungsmittel sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M gemäß 6.2 zu verwenden.

(4) Für Verbundmittel ist der Teilsicherheitsbeiwert γ_V gleich 1,25 zu verwenden.

6.5 Befestigungskonstruktionen

(1) Befestigungskonstruktionen zum Anschluss von Bauteilen oder anlagentechnischen Komponenten an Stahlbetonbauteile müssen in der Lage sein, die bei einem Erdbeben auftretenden Beanspruchungen sicher zu übertragen. Hierzu werden besondere Anforderungen an den Befestigungsgrund, d. h. an die betroffenen Stahlbetonbauteile, gestellt.

(2) Es ist sicherzustellen, dass in Bereichen mit Befestigungskonstruktionen mittels Metalldübel oder Kopfbolzen bei einem Erdbeben keine plastischen Verformungen auftreten und die Rissbreiten begrenzt werden.

Hinweis:

Rissbreitenbegrenzungen und weitere Anforderungen sind in den bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweisen der Verankerungsmittel geregelt.

6.6 In den Baugrund eingebettete Rohrleitungen und Kanäle

(1) Für eingebettete Rohrleitungen und Kanäle sind die

Baugrundverformungen aus den Erdbebenwellen und der zusätzliche dynamische Erddruck zu berücksichtigen.

(2) Für eingebettete Rohrleitungen und Kanäle, die aus mehreren steifen Teilen zusammengesetzt sind, ist nachzuweisen, dass die zulässigen Verdrehungen und axialen Verschiebungen der Übergangsbereiche eingehalten werden.

Hinweis:

Anforderungen an eingebettete Rohrleitungen aus Stahl sind in KTA 3211.2 geregelt.

6.7 Stützbauwerke

Stützbauwerke sind gegen den dynamischen Erddruck auszuliegen. Der Bemessungswert der von der Bodenseite her auf das Stützbauwerk wirkenden Kraft darf nach DIN EN 1998-5 ermittelt werden.

Anhang A

Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

(Die Verweise beziehen sich nur auf die in diesem Anhang angegebene Fassung. Darin enthaltene Zitate von Bestimmungen beziehen sich jeweils auf die Fassung, die vorlag, als die verweisende Bestimmung aufgestellt oder ausgegeben wurde.)

AtG		Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3313) geändert worden ist
StrlSchV		Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
SiAnf	(2012-11)	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf) vom 22. November 2012 (BANz vom 24.01.2013)
Sicherheitskriterien	(1977-10)	Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke vom 21. Oktober 1977 (BANz. Nr. 206 vom 3. November 1977)
Störfall-Leitlinien	(1983-10)	Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV (Störfall-Leitlinien) vom 18. Oktober 1983 (Beilage zum BANz. Nr. 245 vom 31. Dezember 1983)
KTA 2201.1	(2011-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 1: Grundsätze
KTA 2201.4	(2012-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 4: Anlagenteile
DIN EN 1990	(2010-12)	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 in Verbindung mit
DIN EN 1990/NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
DIN EN 1992-1-1	(2011-01)	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010 in Verbindung mit
DIN EN 1992-1-1/NA	(2011-01)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1993-1-1	(2010-12)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-1/NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1994-1-1	(2010-12)	Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1994-1-1:2004 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1994-1-1/NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau
DIN EN 1996-1-1	(2010-12)	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1996-1-1/NA	(2011-04)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
DIN EN 1997-1	(2009-09)	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1997-1/NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln

DIN EN 1998-1	(2010-12)	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1998-1/NA	(2011-01)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau
DIN EN 1998-5	(2010-12)	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte; Deutsche Fassung EN 1998-5:2004 in Verbindung mit
DIN EN 1998-5/NA	(2011-07)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte