

Dokumentationsunterlage zur Regel

KTA 2201.3

Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen

Teil 3: Bauliche Anlagen

Fassung 2013-11

Inhalt:

- 1 Auftrag des KTA
- 2 Beteiligte Personen
- 3 Berücksichtigte Regeln und Unterlagen
- 4 Erarbeitung der Regel
- 5 Ausführungen zur Regel

1 Auftrag des KTA

Der KTA hat auf seiner 59. Sitzung am 22. November 2005 beschlossen, dass die Erarbeitung der Regel KTA 2201.3 (derzeit noch Entwurf in der Fassung 1990-06) zeitnah mit Änderungsarbeiten der anderen KTA-Erdbebenregeln fortgesetzt wird. Entsprechend dem Auftrag des KTA hat der KTA-Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB) auf seiner 97. Sitzung am 30. März 2006 ein Arbeitsgremium zur Vorbereitung eines Entwurfs zur Änderung der Regel KTA 2201.3 einberufen. In diesem Arbeitsgremium wirken alle Gruppen des KTA sowie weitere Fachleute aus dem Gebiet der Erdbebenauslegung mit.

2 Beteiligte Personen

2.1 Arbeitsgremium

Dipl.-Ing. M. Borgerhoff	SPI, Bochum
Dr.-Ing. A. Fischer	HOCHTIEF Solutions AG, Frankfurt
Dipl.-Ing. G. Gerding	TÜV NORD EnSys Hannover
Dipl.-Ing. S. Kirchner	TÜV SÜD, München
Dr.-Ing. M. Krauß	BfS, Salzgitter
Dr.-Ing. R. Meiswinkel (Obmann)	MBI Bautechnik GmbH, Enkenbach-Alsenborn
Dr.-Ing. P. Rangelow	AREVA GmbH, Offenbach
Dr.-Ing. H. Sadegh-Azar	HOCHTIEF Solutions AG, Frankfurt
Dr.-Ing. F.-H. Schlüter	SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH, Karlsruhe
Dr. rer. nat. G. Thuma	GRS, Köln

Weitere Beteiligte an der Regelerstellung:

Dr.-Ing. J. Bockhold	IBV Ingenieurgesellschaft für Bauwesen Bockhold und Vossen GbR, Marl
Dipl.-Ing. K. Borowski	RWE Power, Essen
Dipl.-Ing. R. Danisch	AREVA GmbH, Erlangen
Dr.-Ing. A. Fäcke	SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH, Karlsruhe
Dr.-Ing. F.-O. Henkel	WBI, Höchberg
Dr.-Ing. D. Lehnen	ZERNA Planen und Prüfen GmbH, Bochum
Dipl.-Ing. D. Papandreu	AREVA GmbH, Offenbach
Dr.-Ing. J. Rensch (†)	HOCHTIEF Construction AG, Frankfurt
Dr.-Ing. P. Sadegh-Azar	E.ON New Build & Technology GmbH
BDir Dr.-Ing. H. Schneider	UM-BW, Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. Schnell	TU Kaiserslautern
Dr.-Ing. Tachwaly	ZERNA Planen und Prüfen GmbH, Bochum

2.2 Arbeitsgruppen

Arbeitsgruppe „Dämpfung“:

Dipl.-Ing. M. Borgerhoff	SPI, Bochum
Dipl.-Ing. R. Danisch	AREVA GmbH, Erlangen
Dr.-Ing. A. Fäcke	SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH, Karlsruhe
Dr.-Ing. F.-O. Henkel	WBI, Höchberg
Dr.-Ing. D. Lehen	ZERNA Planen und Prüfen GmbH, Bochum
Dr.-Ing. R. Meiswinkel	MBI Bautechnik GmbH, Enkenbach-Alsenborn
Dipl.-Ing. D. Papandreou	AREVA GmbH, Offenbach
Dr.-Ing. H. Sadegh-Azar	HOCHTIEF Solutions AG, Frankfurt
Dr.-Ing. F.-H. Schlüter	SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH, Karlsruhe
Prof. Dr.-Ing. F. Stangenberg	SPI, Bochum
Dr.-Ing. K. Tachwaly	ZERNA Planen und Prüfen GmbH, Bochum
Dr. rer. nat. R. Zinn	SPI, Bochum

Der Abschnitt 4.2.4 Dämpfung wurde von der Arbeitsgruppe in den folgenden Sitzungen vorbereitet:

1. Sitzung am 8. Dezember 2010 bei HOCHTIEF in Frankfurt
2. Sitzung am 24. Januar 2011 bei SPI in Bochum

Arbeitsgruppe „Berechnungsverfahren“:

Dr.-Ing. J. Bockhold	IBV Ingenieurgesellschaft für Bauwesen Bockhold und Vossen GbR, Marl
Dipl.-Ing. M. Borgerhoff	SPI, Bochum
Dr.-Ing. F.-O. Henkel	WBI, Höchberg
Dr.-Ing. R. Meiswinkel	MBI Bautechnik GmbH, Enkenbach-Alsenborn
Dipl.-Ing. D. Papandreou	AREVA GmbH, Offenbach
Dr.-Ing. J. Rensch (†)	HOCHTIEF Construction AG, Frankfurt
Dr.-Ing. M. Schalk	WBI, Höchberg
Dr.-Ing. K. Tachwaly	ZERNA Planen und Prüfen GmbH, Bochum
Dr. rer. nat. R. Zinn	SPI, Bochum

Die Arbeitsgruppe hat sich in den folgenden Sitzungen beraten:

1. Sitzung am 18. August 2008 bei ZERNA Planen und Prüfen GmbH in Bochum
2. Sitzung am 18. November 2008 bei E.ON Kernkraft in Hannover

2.3 KTA-Unterausschuss ANLAGEN- und BAUTECHNIK (UA-AB)

Obmann: Dr.-Ing. F. Sommer, E.ON Kernkraft GmbH, Hannover (ab Nov. 2008)

Dr.-Ing. E. Fischer, E.ON Kernkraft GmbH, Hannover (bis Nov. 2008)

Vertreter der Hersteller und Ersteller von Atomanlagen

Dipl.-Ing. A. Fila (ab Nov. 2008)	AREVA GmbH, Offenbach (1. Stellvertreter: W. Roth (ab Nov. 2008), AREVA GmbH, Offenbach) (2. Stellvertreter: B. Schmal, AREVA GmbH, Offenbach)
Dipl.-Ing. A. Oberste-Schemmann	Westinghouse Electric Germany GmbH, Mannheim (seit Dez. 2012) (Stellvertreter: U. Ricklefs, Westinghouse Electric Germany GmbH, Mannheim (seit Dez. 2012))
Dipl.-Ing. D. Koch (bis Nov. 2008)	AREVA GmbH, Offenbach (Stellvertreter: Dipl.-Ing. R. Danisch (bis Nov. 2008), AREVA GmbH, Erlangen)

Vertreter der Betreiber von Atomanlagen

Dipl.-Ing. K. Borowski (ab Nov. 2006)	RWE Power AG, Essen (Stellvertreter: Dr. G. Roth (ab Nov. 2005), EnBW Kraftwerke AG, Philippsburg)
---------------------------------------	---

Dr.-Ing. S. Mörschardt	Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH, Hamburg (Stellvertreter: H. Peters, Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH, Kernkraftwerk Brunsbüttel, ab Dez. 2012) (Stellvertreter: Dr. B. Neundorff, Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH, Hamburg, bis Nov. 2012)
Dr.-Ing. F. Sommer	E.ON Kernkraft GmbH, Hannover (Stellvertreter: Dr.-Ing. B. Elsche, E.ON Kernkraft GmbH, Hannover, ab Dez. 2012) (Stellvertreter: Dr.-Ing. R. Meiswinkel, E.ON Kernkraft GmbH, Hannover bis März 2012)
Dr.-Ing. E. Fischer (bis Nov. 2008)	E.ON Kernkraft GmbH, Hannover (Stellvertreter: Dr.-Ing. F. Sommer (bis Nov. 2008), E.ON Kernkraft GmbH, Hannover)
Dipl.-Ing. F. Schmitz (bis Nov. 2006)	RWE Power AG, Biblis

Vertreter des Bundes und der Länder

Dipl.-Ing. H.-J. Fieselmann	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover (1. Stellvertreter: MinR Dr. U. Hoffmann, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, Kiel, seit Dez. 2012) (2. Stellvertreter: GOAR F. Lotzmann, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover, seit Dez. 2012) (Stellvertreter: GOR F. Gregorzewski, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover, bis Nov. 2012)
BDir Dr.-Ing. H. Schneider,	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart (ab Dez. 2012) (Stellvertreter: MinR Dr.-Ing. G. Scheuermann, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, ab Dez. 2012)
MinR Dr.-Ing. G. Scheuermann	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, bis Nov. 2012) (Stellvertreter: BDir Dr.-Ing. H. Schneider, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, bis Nov. 2012)
S. Neveling	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1. Stellvertreter: Dr. M. Krauß, Bundesamt für Strahlenschutz, ab Dez. 2012) (2. Stellvertreter: Dr. M. Fabian, BMU, ab Dez. 2012) (1. Stellvertreter: Dr. M. Fabian, BMU, bis Nov. 2012) (2. Stellvertreter: Dr. M. Krauß, Bundesamt für Strahlenschutz, bis Nov. 2012)
Dr.-Ing. F. Buchardt (bis Nov. 2008)	BAM, Berlin (Stellvertreter: Dr. T. Schäfer, BfS, Salzgitter, bis Nov. 2008)
MinR H. Ernst, (bis Nov. 2006)	Innenministerium Baden-Württemberg, Stuttgart (Stellvertreter: MinR Dr.-Ing. G. Scheuermann, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart, bis Nov. 2006)

Vertreter der Gutachter und Beratungsorganisationen

Dipl.-Ing. G. Gerding (für: RSK) (ab Nov. 2009)	TÜV Nord EnSys, Hannover
Dipl.-Ing. S. Kirchner	TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München, ab Dez. 2012)
Dr. R. Stück (ab Nov. 2010)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln
Dipl.-Ing. R. Hero	TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München, bis Nov. 2012) (Stellvertreter: Dipl.-Ing. S. Kirchner, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München, bis Nov. 2012))
Dipl.-Ing. H. Liemersdorf (bis Nov. 2010)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln
Prof. Dr. U. Schneider (bis Nov. 2009)	Technische Universität Wien

Vertreter sonst. Behörden, Organisationen und Stellen

F. Hennig (für: DGB)	E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Stade (Stellvertreter: W. Rhoden für DGB, ab Nov. 2011) E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Würzgassen (Stellvertreter: W. Pecher für DGB, bis Nov. 2011), E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Würzgassen)
----------------------	---

KTA 2201.3 D-4

Dr.-Ing. J. Meyer (für: DIN)
(ab Nov. 2009)

HOCHTIEF Solutions AG, Frankfurt
(Stellvertreter: Dr.-Ing. H. Sadegh-Azar (für: DIN, ab Nov. 2009),
HOCHTIEF Solutions AG, Frankfurt)

Dr.-Ing. M. Wessels (für: DIN)
(bis Nov. 2009)

HOCHTIEF Construction AG, Frankfurt
(Stellvertreter: Dr.-Ing. J. Rensch (†) (für: DIN, bis Nov. 2009),
HOCHTIEF Construction AG, Frankfurt)

Dr. M. Fuchs, (bis Nov. 2008)

Deutsche Kernreaktorversicherungsgesellschaft, Köln

2.4 Zuständiger Mitarbeiter der KTA-Geschäftsstelle

Dr.-Ing. R. Gersinska (ab Nov. 2009)

Dipl.-Ing. M. Pradhan (bis Nov. 2009)

3 Berücksichtigte Regeln und Unterlagen

3.1 Nationale Regeln und Unterlagen

- DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten (2005-04)
- DIN 25449 Bauteile aus Stahl- und Spannbeton in kerntechnischen Anlagen - Sicherheitskonzept, Einwirkungen, Bemessung und Konstruktion (2008-02)
- KTA 2207 Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser (2004-11)
- KTA 2501 Bauwerksabdichtungen von Kernkraftwerken (2010-11)
- KTA-GS-78 Sachstandsbericht: Empfehlung zur Berücksichtigung aktueller bautechnischer Normen bei Anwendung der KTA-Regeln (2005-11)
- KTA-GS-80 Sachstandsbericht: Verwendung von Dübelverbindungen in Kernkraftwerken (2013-03)
- Schneider, K. H., Zuber, E.: KS-Mauerwerk - Konstruktion und Statik, Betonverlag 1979
- VDI 3830 Blatt 1 Werkstoff- und Bauteildämmung - Einteilung und Übersicht (2004-08)
- VGB-R 602 U Angabe und Verarbeitung von Einwirkungen auf Bauwerke in Kraftwerksanlagen, Ausgabe 2005

3.2 Internationale Regeln und Unterlagen

- American Society of Civil Engineers, "Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures and Commentary", ASCE 4-98, 2000
- Chopra, A. K.: Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering (2001-01)
- Comité Euro-International du Béton CEB-FIP Model Code 2010, Design Code - Entwurf
- Fardis, M. N.: Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings. Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering 8, DOI 10.1007/978-1-4020-9842-0 1. Springer Science+Business Media B.V. 2009
- Ostadan, F., "Seismic Soil Pressure for Building Walls: An updated Approach", Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2005, 25, 785-793
- U.S. Nuclear Regulatory Commission: Regulatory Guide 1.122 - Development of Floor Design Response Spectra for Seismic Design of Floor-Supported Equipment or Components, February 1978
- U.S. Nuclear Regulatory Commission: Regulatory Guide 1.61- Damping Values for Seismic Design of Nuclear Power Plants, March 2007
- Veletsos, A. S. und Younan, A. H., "Dynamic Response of Cantiliver Retaining Walls", Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, ASCE, 1997, 123 (2): 161-172

4 Erarbeitung der Regel

4.1 Erarbeitung der Regelentwurfsvorlage

(1) Zu Teil 3 der Regelreihe KTA 2201 gab es bereits einen Regelentwurf (Fassung 1990-06), der aber nicht als Regel verabschiedet wurde. Aufgrund des vollkommen neuen Inhalts des vorliegenden Regelentwurfsvorschlages war es notwendig das Regelvorhaben erneut als Regelentwurf verabschieden zu lassen. Zur Erarbeitung der Regelentwurfsvorlage gab es folgende Sitzungen des Arbeitsgremiums:

1. Sitzung am 10. Juni 2006 bei E.ON Kernkraft in Hannover
2. Sitzung am 13. Juni 2007 bei E.ON Kernkraft in Hannover
3. Sitzung am 16. Oktober 2007 bei TÜV SÜD in München
4. Sitzung am 29. Januar 2008 bei RWE Power AG in Essen
5. Sitzung am 9. April 2008 bei E.ON Kernkraft in Hannover

6. Sitzung am 4. Juni 2008 bei HOCHTIEF in Frankfurt
7. Sitzung am 27.-28. Oktober 2008 bei SMP in Karlsruhe
8. Sitzung am 17.-18. Februar 2009 bei GRS in Berlin
9. Sitzung am 23. und 24. Juni 2009 bei E.ON Kernkraft in Hannover
10. Sitzung am 25.-26. August 2009 bei E.ON Kernkraft in Hannover
11. Sitzung am 12.-13. Januar 2010 bei E.ON Kernkraft in Hannover
12. Sitzung am 13.-14. April 2010 bei TÜV SÜD in München
13. Sitzung am 23.-24. Juni 2010 bei RWE Power AG in Essen
14. Sitzung am 18.-19. August 2010 bei TÜV Nord Repräsentanz in Berlin
15. Sitzung am 17.-18. November 2010 bei E.ON Kernkraft in Hannover
16. Sitzung am 1.-2. Februar 2011 bei HOCHTIEF in Frankfurt
17. Sitzung am 5.-6. April 2011 bei RWE Power AG in Essen
18. Sitzung am 15.-16. Juni 2011 bei E.ON in Hannover

(2) Auf der 18. Sitzung hat das Arbeitsgremium den Regelentwurfsvorschlag abschließend beraten und einstimmig beschlossen, diesen dem KTA-Unterausschuss UA-AB zur Prüfung und Freigabe für den Fraktionsumlauf vorzulegen. Nach der 18. Sitzung gab es noch redaktionelle Änderungen, die in die Fassung 2011-08 einfließen.

(3) Der UA-AB hat auf seiner 105. Sitzung am 14. September 2011 den Regelentwurfsvorschlag geprüft und als Regelentwurfsvorlage in der Fassung 2011-09 einstimmig verabschiedet. Diese wurde für den Fraktionsumlauf freigegeben.

4.2 Erarbeitung des Regelentwurfs

(4) Im Rahmen des Fraktionsumlaufs, der vom 1. Oktober bis 31. Dezember 2011 erfolgte, wurden von folgenden vier Personen bzw. Institutionen insgesamt 63 Stellungnahmen eingereicht:

- VdTÜV
- Herr Dr. Zinn
- ARGEBAU (Dr. Schneider, UM-BW, Stuttgart)
- KTA-GS (Hr. Laab)

(5) Das AG beriet in seiner 19. Sitzung am 26. Januar 2012 die eingereichten Stellungnahmen und beschloss einstimmig die Verabschiedung des so erarbeiteten Regelentwurfsvorschlags (Fassung 2012-01) zur Vorlage an den Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB).

(6) Der UA-AB beriet auf seiner 106. Sitzung am 6. März 2012 über den neuen Regelentwurfsvorschlag und beschloss einstimmig dem KTA auf seiner 67. Sitzung am 13. November 2012 zu empfehlen, die in dieser Sitzung erarbeitete Regelentwurfsvorlage KTA-Dok.-Nr. 2201.3/12/1 (Fassung 2012-03) als Regelentwurf zu verabschieden.

(7) Der KTA hat diese Regelentwurfsvorlage auf seiner 67. Sitzung am 13. November 2012 einstimmig als Regelentwurf in der Fassung 2012-11 verabschiedet. Die Bekanntmachung des BMU erfolgte im Bundesanzeiger vom 03.12.2012.

4.3 Erarbeitung der Regel

(8) Im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung, die vom 1. Januar 2013 bis 31. März 2013 stattfand, sind insgesamt 5 Stellungnahmen zum Regelentwurf (Gründruck) von folgenden 2 Einwendern eingegangen:

- Dr. R. Zinn, Stangenberg und Partner Ingenieur-GmbH, Bochum
- Dr. M. Fabian, BMU, Bonn

(9) Das Arbeitsgremium bearbeitete die eingegangenen Stellungnahmen im Umlaufverfahren und erarbeitete den Regelvorschlag KTA 2201.3 in der Fassung 2013-05. Das Arbeitsgremium beschloss einstimmig, diesen Regelvorschlag dem KTA-Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB) in seiner 109. Sitzung am 16. und 17. September 2013 mit der Empfehlung vorzulegen, diese Fassung dem KTA zur Aufstellung als Regel vorzulegen.

(10) Der KTA-Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB) beschloss in seiner 109. Sitzung am 16. September 2013 einstimmig, die KTA 2201.3 in der Fassung 2013-09 dem KTA zur Aufstellung als Regel vorzulegen

(11) Der KTA beschloss auf seiner 68. Sitzung am 19. November 2013 einstimmig, diese Regelvorlage als Regel (Weißdruck) in der Fassung 2013-11 zu verabschieden. Die Bekanntmachung erfolgte im Bundesanzeiger am 17.01.2014.

5 Ausführungen zum Regelentwurf

Zu Abschnitt: „Grundlagen“

Zu Absatz (3)

Kernkraftwerke sind auch bauliche Anlagen im Sinne der Landesbauordnungen. Deshalb sind auch die sich aus den Bauordnungen der Länder ergebenden Anforderungen bei der Errichtung, Änderung, Nutzungsänderung oder dem Abbruch dieser Anlagen zu beachten. Aufgrund der unterschiedlichen behördlichen Zuständigkeiten und einer nicht vollständig einheitlichen Umsetzung der Musterbauordnung in den Ländern, sind insbesondere die spezifischen Verwaltungsverfahren nicht einheitlich. Auf spezielle Hinweise zu baurechtlichen Erfordernissen und Verfahren wird deshalb in dieser KTA verzichtet.

Zu Abschnitt 1: „Anwendungsbereich“

Um eine eindeutige Regelung zu erreichen, werden Stütz- und Halterungskonstruktionen ausschließlich in KTA 2201.4 behandelt. Befestigungskonstruktionen werden nach dieser Regel behandelt, siehe auch Anlage 1 zum Ergebnisprotokoll der 427. Sitzung der RSK am 17.06.2010 Empfehlung „Sicherheitstechnische Anforderungen an der Schnittstelle zwischen Anlagentechnik und Bautechnik im Kernkraftwerk“.

Zu Abschnitt 2: „Begriffe“

Die in Abschnitt 2 angegebenen Dämpfungsbegriffe wurden im Rahmen der Regelerarbeitung geklärt, da sie für das Verständnis der angesetzten Dämpfungswerte (Dämpfungsgrade) wichtig sind. Danach lassen sich in Anlehnung an VDI 3830 die drei Begriffe Werkstoff-, Bauteil- und Strukturdämpfung unterscheiden.

Grundsätzlich gilt, dass die unterstellte geschwindigkeitsabhängige (viskose) Dämpfung nur eine fiktive Eigenschaft des Rechenmodells, nicht aber der realen Struktur ist. Sie steht stellvertretend für alle Vorgänge, die der Struktur Energie entziehen, auch wenn diese Vorgänge im Einzelnen nicht quantitativ bekannt sind. Auch andere nichtlineare Effekte, die zu einer Verminderung der Antwort führen, werden dabei in eine äquivalente Dämpfung umgedeutet.

Zu (5)

Der Ersatzradius r_0 ermittelt sich aus der Bedingung der Gleichheit der Flächen für translatorische Freiheitsgrade oder der Trägheitsmomente für rotatorische Freiheitsgrade wie folgt:

$$\text{Translation: } R = \sqrt{BL} / \pi \quad (D-1)$$

$$\text{Rotation: } R = \sqrt[4]{BL^3 / 3\pi} \quad (D-2)$$

$$\text{Torsion: } R = \sqrt[4]{BL(B^2 + L^2) / 6\pi} \quad (D-3)$$

Zu (8)

Die Rayleigh-Parameter α und β können aus zwei Grenzfrequenzen f_1 und f_2 (Perioden T_1 und T_2) mit zugehörigen Dämpfungen D_1 und D_2 ermittelt werden zu:

$$\alpha = 4\pi (D_1 T_1 - D_2 T_2) / (T_1^2 - T_2^2) \quad (D-4)$$

$$\beta = T_1 T_2 (D_2 T_1 - D_1 T_2) / (\pi (T_1^2 - T_2^2)) \quad (D-5)$$

Zu Abschnitt 3: „Erdbebeneinwirkungen“

Der Abschnitt wurde an die KTA 2201.1 angepasst.

Zu Abschnitt 4: „Tragwerksberechnung“

Zu Bild 4-2 findet sich eine ausführliche Erläuterung in der Dokumentationsunterlage der KTA 2201.4

Zu 4.2: „Modellbildung“

Bei der Ermittlung der maßgeblichen Torsionswirkungen sind auch länger anhaltende (vgl. Dokumentationsunterlage der KTA 2201.1: 30 Tage) unsymmetrische Belastungszustände zu berücksichtigen.

Zu 4.2.2: „Wirksame Steifigkeit“

Für Bauteile aus Stahl- oder Spannbeton dürfen mögliche Steifigkeitsminderungen vernachlässigt werden, sofern eine entsprechende Begründung vorliegt. Bei stark beanspruchten Bauteilen ist eine Berücksichtigung ungünstig wirkender Steifigkeitsminderungen erforderlich. Zur Beurteilung einer wesentlichen Beeinflussung ist eine ingenieurmäßige Beurteilung erforderlich.

Zu 4.2.4: „Dämpfung“

Die angegebenen Rechenwerte der Dämpfungsgrade wurden auf Basis des internationalen Kenntnisstandes festgelegt. Die Dämpfung wurde differenziert festgelegt in Abhängigkeit von der Zielrichtung der Berechnungen.

Zu 4.2.6: „Entkopplung“

Regelungen in Abschnitt 4.2.6 sind konservativ, ASCE 4-98 enthält Regelungen abhängig vom Massenverhältnis sowie von der Frequenzabstimmung Anlagenteil zu Bauwerk

Zu 4.3: „Berechnungsverfahren“**Zu 4.3.2 (4):** „Antwortspektrenverfahren“

Die Methode der Wurzel der Quadratsumme (SRSS-Methode) darf angewendet werden, wenn die Frequenzen nicht eng beieinander liegen. Die Entscheidung, wann von eng beieinander liegenden Frequenzen gesprochen werden kann, hängt im stationären Fall von der Dämpfung wie auch von der Korrelation ab. Die Festlegung des zulässigen Frequenzverhältnisses für die Anwendung der SRSS-Methode kann nach Chopra erfolgen. Für die Anwendung der SRSS-Methode ergibt sich für eine Korrelation von 0,2 (gemäß KTA 2201.1, 4.3.3 (5)) und eine angenommene Dämpfung von $D = 2\%$ ein Frequenzverhältnis von 1,1, für $D = 4\%$ ein Frequenzverhältnis von 1,2 und für $D = 7\%$ ein Frequenzverhältnis von 1,35.

Zu 4.3.5: „Vereinfachtes Verfahren“

Auf eine Beschreibung des vereinfachten nichtlinearen Verfahrens mit Berücksichtigung von Verhaltensbeiwerten q (siehe DIN EN 1998-1) wurde aus folgenden Gründen verzichtet:

- Eine explizite Behandlung dieses Verfahrens (q -Verfahren) und die ggf. erforderliche Anpassung würden einen Detaillierungsgrad erfordern, der den Rahmen dieser Regel übersteigt. Nähere Angaben befinden sich in KTA 2201.4, 4.4.6.
- Bei Stahlbetonbauten wäre der Vorteil einer Reduzierung der Beanspruchungen mit $q=1,5$ (ohne spezielle erbebengerechte Bewehrungsbildung ist dies der maximal zulässige Wert) durch den zu berücksichtigenden Festigkeitsabfall infolge Schädigung durch zyklische Verformungen überwiegend wieder aufgebraucht.

Zu 4.4: „Boden-Bauwerk-Wechselwirkung“**Zu 4.4 (2):** Begründung für „Festeinspannung“

Quelle: ASCE 4-98 (Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures) 3.3.1.1 Fixed-Base Analysis, Originalzitat:

“A fixed-base condition may be assumed for soil structure systems when the site soil conditions behave in a rock-like manner to reduce computational efforts. In general, a shear wave velocity of 3500 ft/s (1100 m/s) or greater at a shear strain of $10^{-3}\%$ or smaller warrants a fixed-base analysis. However, for relatively stiff structures a fixed-base analysis may not be conservative. A check, to assure that the interaction frequency is twice, or more, the fixed-base frequency is required.”

Ausgehend von diesem Wert von 1100 m/s und auf Grund von durchgeführten Vergleichsrechnungen darf für eine Scherwellengeschwindigkeit $v_s > 1200$ m/s die Boden-Bauwerk-Wechselwirkung vernachlässigt werden. Nachfolgend ist ein Vergleich der Eigenfrequenzen für $600 \text{ m/s} \leq v_s \leq 3000 \text{ m/s}$ mit Angabe der jeweiligen Abweichung Δ in % dargestellt (siehe **Tabelle D-1**). Dieser kann als Grundlage herangezogen werden, um eine Festlegung einer Grenz-Wellengeschwindigkeit zu treffen, ab welcher von einer festen Einspannung ausgegangen werden kann.

Berechnet wurde ein Balkenmodell abgeleitet von einem Containment (siehe **Bild D-1**).

Mode	$V_s=600$ f	$V_s=800$ f	$V_s=1000$ f	$V_s=1200$ f	$V_s=1400$ f	$V_s=1600$ f	$V_s=1800$ f	$V_s=2000$ f	$V_s=2200$ f	$V_s=2400$ f	$V_s=2600$ f	$V_s=2800$ f	$V_s=3000$ f
1	3,560	3,708	3,851	3,889	3,904	3,912	3,916	3,918	3,919	3,920	3,921	3,921	3,922
2	3,560	3,708	3,851	3,889	3,904	3,912	3,916	3,918	3,919	3,920	3,921	3,921	3,922
3	8,281	8,445	8,594	8,632	8,647	8,654	8,658	8,660	8,662	8,663	8,663	8,664	8,664
4	8,492	9,435	10,489	10,794	10,915	10,974	11,006	11,025	11,037	11,044	11,050	11,054	11,056
5	10,726	11,260	11,780	11,918	11,972	11,998	12,012	12,020	12,026	12,029	12,031	12,033	12,034
6	10,726	11,260	11,780	11,918	11,972	11,998	12,012	12,020	12,026	12,029	12,031	12,033	12,034
7	19,851	20,463	21,295	21,563	21,673	21,726	21,756	21,773	21,784	21,791	21,796	21,800	21,803
8	20,986	21,616	22,202	22,346	22,401	22,427	22,441	22,449	22,454	22,458	22,460	22,462	22,463
9	20,986	21,616	22,202	22,346	22,401	22,427	22,441	22,449	22,454	22,458	22,460	22,462	22,463
10	23,754	24,284	24,891	25,064	25,132	25,165	25,183	25,193	25,200	25,204	25,207	25,209	25,211

Änderung der Frequenz in Bezug zur Frequenz der vorhergegangenen V_s [%]

Mode	$V_s=800$ Δ [%]	$V_s=1000$ Δ [%]	$V_s=1200$ Δ [%]	$V_s=1400$ Δ [%]	$V_s=1600$ Δ [%]	$V_s=1800$ Δ [%]	$V_s=2000$ Δ [%]	$V_s=2200$ Δ [%]	$V_s=2400$ Δ [%]	$V_s=2600$ Δ [%]	$V_s=2800$ Δ [%]	$V_s=3000$ Δ [%]
1	4,1	3,9	1,0	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	4,1	3,9	1,0	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	2,0	1,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	11,1	11,2	2,9	1,1	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
5	5,0	4,6	1,2	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	5,0	4,6	1,2	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	3,1	4,1	1,3	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
8	3,0	2,7	0,6	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	3,0	2,7	0,6	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	2,2	2,5	0,7	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle D-1: Vergleich der Eigenfrequenzen für $600 \text{ m/s} \leq v_s \leq 3000 \text{ m/s}$ mit Angabe der jeweiligen Abweichung Δ in %

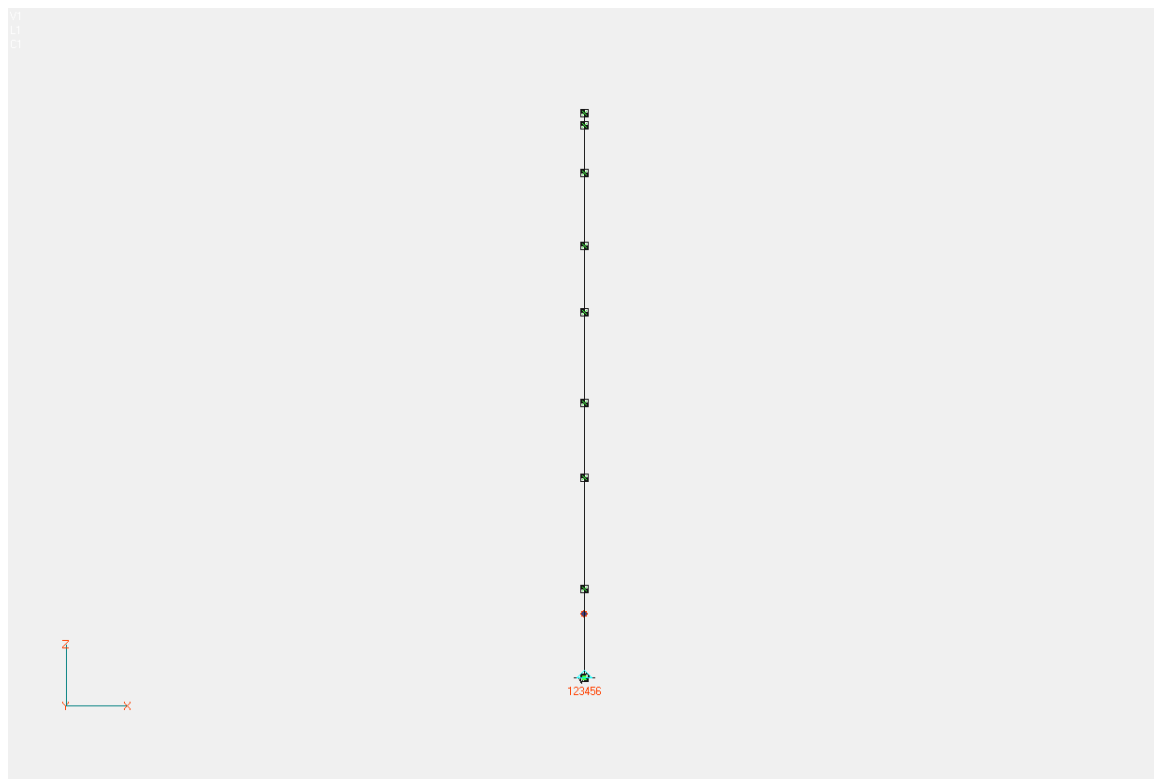


Bild D-1: Von einem Containment abgeleitetes Balkenmodell

Zu 4.5.2 (3) b): „Kappung von Spektrenspitzen“

Bei der Bildung von Bemessungsspektren wird eine Kappung von Spektrenspitzen, die nicht breiter als 10 % der jeweiligen Mittenfrequenz sind, zugelassen. Bei diesen „Nadelspitzen“ handelt es sich um Recheneffekte, die bei linearer Berechnung mit dem Zeitverlaufverfahren entstehen. Dafür lassen sich verschiedene Ursachen angeben:

- Bei der Entkopplung von Primär- und Sekundärsystem im Antwortspektrenverfahren fehlt der „Tilgereffekt“ des Sekundärsystems bei Resonanzabstimmung.
- Der Ansatz gewichteter modaler Dämpfungen führt bei Resonanzabstimmung von Primär- und Sekundärsystem, wenn diese unterschiedliche Dämpfungsgrade besitzen, zu numerischen Ergebnissen, die mechanisch inkorrekt sind. Die Ursache liegt in nicht vernachlässigbaren Nebendiagonalgliedern der Dämpfungsmatrix.
- Bei geringer, in der Realität immer vorhandener Nichtlinearität krümmt sich die Vergrößerungsfunktion. Die Lösung ist nicht mehr eindeutig. Die Resonanz kann nicht gehalten werden. Die linear berechneten Überhöhungen sind damit stets zu groß.
- Eine Berücksichtigung statistischer Verteilungen der Baustoff- und Modellparameter führt zu einer geringeren Wahrscheinlichkeit der Spektrenspitzen und damit zu in den Spitzen deutlich niedrigeren Erwartungswerten.

Eine ausführliche Darstellung findet sich in der Dokumentationsunterlage zur KTA 2201.4. Da bei Bauwerken die modalen Dämpfungen der signifikanten Eigenschwingungen infolge des Baugrundeinflusses in der Regel deutlich höher liegen als bei Anlagenteilen, sind singuläre Spitzen in den Spektren hier weniger stark ausgeprägt. Daher wird hier ein schärferes Kriterium (10 % Frequenzbreite) als bei den Anlagenteilen (15 % Frequenzbreite) für das Kappen von Spektrenspitzen zugrunde gelegt.

Zu 4.5.2 (3) c): „Einhüllung der Spektren“

Mit diesem Vorgehen sind die Unsicherheiten der repräsentativen Werte der Bodenparameter und der Modellbildung abgedeckt. (15% gemäß Regulatory-Guide 1.122, Abschnitt C, Absatz 2)

Zu 4.5.2 (3) e)

Umrechnung von Bodenantwortspektren für andere Dämpfungsgrade

In KTA 2201.1 darf die Umrechnung des 5%-Bodenantwortspektrums auf Antwortspektren mit anderen Dämpfungsgraden im Überhöhungsbereich mit dem Faktor

$$\sqrt{7/(2+100D)} \quad (D-6)$$

erfolgen.

Umrechnung von Bauwerkantwortspektren für andere Dämpfungsgrade

Im Rahmen der Erarbeitung von KTA 2201.3 wurde eine ähnliche Formel zur näherungsweisen Umrechnung von Bauwerkantwortspektren auf andere Dämpfungsgrade gesucht. Dazu wurden die nachfolgenden Formeln B₁ bis B₅ ausgewertet und die

Ergebnisse mit berechneten Spektren verglichen. In den Formeln sind D_a der Dämpfungsgrad des Ausgangsspektrums und D_z der Dämpfungsgrad des zu errechnenden Zielspektrums:

$$B_1 = \frac{\sqrt{2 + 100D_a}}{\sqrt{2 + 100D_z}} \quad (D-7)$$

$$B_2 = \frac{\sqrt{0,5 + 10D_a}}{\sqrt{0,5 + 10D_z}} \quad (D-8)$$

$$B_3 = \left(\frac{D_a}{D_z} \right)^{0,4} \quad (D-9)$$

$$B_4 = \sqrt{\frac{D_a}{D_z}} \quad (D-10)$$

$$B_5 = \left(\frac{D_a}{D_z} \right)^{0,6} \quad (D-11)$$

Sämtliche Formeln sind vom gleichen Typ

$$B_n = \left(\frac{X + 100D_a}{X + 100D_z} \right)^Y \quad (D-12)$$

mit $X = 0$ oder 2 oder 5 und $Y = 0,4$ oder $0,5$ oder $0,6$.

Die Vergleichsberechnungen zeigten jedoch, dass keine der Formeln das Zielspektrum einheitlich und mit der gewünschten Genauigkeit abbilden kann. Aufgrund der Filterung durch die unterschiedlichen Bauwerksfrequenzen und unterschiedliche Dämpfungsgrade der modalen Beiträge unterliegen Bauwerkantwortspektren typischerweise wesentlich größeren Schwankungen als Bodenantwortspektren, so dass das Ergebnis erwartbar war.

Es wurde daher auf die Angabe einer Formel im Regeltext verzichtet. Es soll jedoch festgehalten werden, dass die Formel B_5 die gewählten Vergleichsbeispiele am besten wiedergibt, aber auch sie führt nicht durchgängig zu auf der sicheren Seite liegenden Ergebnissen.

Zu Abschnitt 5: „Erdbebennachweiskonzept“

Die Regel wurde auf das neue semiprobabilistische Teilsicherheitskonzept im Bauwesen umgestellt.

Zu Tabelle 5-1: „Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen“

Für den Bemessungswert der Einwirkungen infolge Erdbeben wird ein Großteil der veränderlichen Lasten bei den quasi-ständigen Lasten berücksichtigt (Gleichung 5-1). Der Ψ_E -Wert von $0,25$ für veränderliche Nutzlasten wird entsprechend den konventionellen Normvorgaben als ausreichend erachtet.

Für Schnee wird der Ψ_E -Wert zu Null angesetzt, weil die Massen aus Schnee im Verhältnis zu den Eigenlasten von massiven Baustrukturen und der zu berücksichtigenden Nutzlasten vernachlässigbar gering sind.

Zu 5.3: „Kombination der Beanspruchung in Folge der Komponenten der Erdbebeneinwirkungsgrößen“

Die Erdbebenanregung ist in zwei orthogonale horizontale sowie in der vertikalen Richtung als gleichzeitig wirkend anzunehmen.

Bei der Ermittlung der bemessungsrelevanten gleichgerichteten Beanspruchungsgrößen ist zu unterscheiden, ob die Beschreibung der Einwirkung getrennt für jede Richtung (Komponentenspektren für zwei als gleich groß angenommene horizontale Komponenten sowie die vertikale Komponente der Erdbebenanregung) erfolgt oder ob für die horizontale Richtung ein resultierendes Bodenantwortspektrum in Kombination mit dem vertikalen Spektrum verwendet wird. Die Überlagerungsregeln sind hierauf und auf die verwendeten Rechenverfahren abzustimmen.

Die in KTA 2201.1, 4.3.1 genannten Kombinationen zur Überlagerung gleichgerichteter Beanspruchungsgrößen sind als Beanspruchungskombinationen anzuwenden. Die ungünstigste Kombination ist bemessungsrelevant.

Die Zeitverlaufsmethode stellt die physikalisch richtige Abbildung der gleichzeitigen Überlagerung von Einwirkungen aus unterschiedlichen Erdbebenrichtungen dar.

Das modale Antwortspektrenverfahren und das quasistatische Verfahren (siehe auch KTA 2201.4) ergeben phasenbereinigte Beanspruchungsgrößen. Gleichgerichtete Beanspruchungsgrößen werden mit der SRSS-Methode bestmöglich überlagert, wenn die modalen Anteile mit Hilfe des CQC-Verfahrens überlagert wurden.

Die Bemessung der mit der SRSS-Methode ermittelten Beanspruchungsgrößen (z. B. M_x , M_y und N) unter Annahme ihres gleichzeitigen Auftretens führt zu konservativen Ergebnissen.

Die 100-30-30-%-Regelung nach KTA 2201.1, 4.3.1 (3) ist eine alternative Approximation der SRSS-Methode.

Genauere Methoden zur Berücksichtigung des in zwei horizontale Richtungen gleichzeitig wirkenden Charakters der Erdbebeeinwirkung können der einschlägigen Literatur entnommen werden (z. B. Fardis, M. N.: Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings. Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering 8, DOI 10.1007/978-1-4020-9842-0 1. Springer Science + Business Media B. V. 2009).

Zu 5.4: „Grenzzustand der Tragfähigkeit“

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften betragen nach DIN EN 1992-1-1 für außergewöhnliche Bemessungssituationen und Bemessungssituationen infolge Erdbebens für Beton $\gamma_c = 1,3$ und für Beton-/Spannstahl $\gamma_s = 1,0$ und nach DIN EN 1993-1-1 für Baustahl $\gamma_s = 1,0$ unabhängig von der Bemessungssituation. Im Zusammenhang mit der Anwendung nichtlinearer Verfahren zur Schnittgrößenermittlung wird nach DIN EN 1992-1-1, für den Tragwiderstand ein integraler Sicherheitsbeiwert $\gamma_R = 1,1$ für außergewöhnliche Bemessungssituationen angegeben.

In KTA 2201.3 werden die Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften einheitlich zu $\gamma_c = \gamma_s = \gamma_R = 1,0$ festgelegt. In Verbindung mit dem Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite $\gamma_A = 1,0$ führt diese Definition zu dem gleichen globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,0$, wie er bereits der Regelvorlage vom Juni 1991 zugrunde lag.

Die getroffene Festlegung steht im Einklang mit den betreffenden Empfehlungen im Sachstandsbericht KTA-GS-78 und den Regelungen in DIN 25449. Für Kombinationen mit außergewöhnlichen Einwirkungen in Anlehnung an DIN EN 1990, deren mehrfaches Auftreten während der Nutzungsdauer zu unterstellen ist (Anforderungskategorie A2), sind dort die gleichen Teilsicherheitsbeiwerte für den Tragwiderstand wie in DIN EN 1992-1-1 für außergewöhnliche Bemessungssituationen und Bemessungssituationen infolge Erdbebens festgelegt worden. Bei diesen Kombinationen ist sicherzustellen, dass nach ihrem Auftreten die weitere Nutzungsfähigkeit des zu bemessenden Bauteils sichergestellt ist.

Kombinationen mit Bemessungserdbeben werden der Anforderungskategorie A3 zugeordnet. Große Rissbildungen und bleibende Verformungen aufgrund dieser Einwirkungen sind zugelassen, sofern sicherheitstechnische Belange dem nicht entgegenstehen. Damit ist eine Abmilderung der Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften auf $\gamma_c = \gamma_s = \gamma_R = 1,0$ gerechtfertigt.

Zu 5.4.4: „Tragfähigkeit der Gründung“

Alternative Nachweise sind dynamische und nichtlineare Nachweise.

Zu 5.5.2: „Verformungen“

Die Erhöhung des Rechenwertes der Verformungen um 50% bei linearen Berechnungsverfahren dient zur Abdeckung der Ungenauigkeiten der Rechenmodelle (z. B. Modellparameter, Materialkennwerte, Spiel und Nachgiebigkeit der Anschlüsse und Rahmenecken im Stahlbau, nichtlineares Materialverhalten).

Zu 5.5.2 (4):

Falls kein genauerer Nachweis zur Fugengröße geführt werden kann, kann bei ausreichend nachgiebigem Fugenmaterial (z. B. Weichfasermatte) die planmäßige Fugengröße auf das 1,5-fache der oben genannten Summe erhöht werden.

Zu Abschnitt 6: „Bauartabhängige Erdbebennachweise“

Zu 6.1.2 (2): „Festigkeitskennwerte“

Abweichungen der bemessungsrelevanten Eigenschaften des Baustoffs Beton können insbesondere die Festigkeitserhöhung des Betons durch Nacherhärtung bei langjährig bestehenden Bauwerken oder Festigkeitsänderungen bei mehrachsigen Spannungszuständen, Temperatur oder Dehnrateneffekten betreffen. Angaben zu Festigkeitsänderungen infolge mehrachsiger Spannungszustände, Temperatur oder Dehnrateneffekte sind z. B. im CEB-FIP Model Code 2010 enthalten.

Zu 6.1.3: „Tragfähigkeitsnachweise“

Sofern keine dissipativen Effekte beim Nachweis der Tragfähigkeit genutzt werden, kann aus zuverlässigkeitstheoretischer Sicht auf einen zusätzlichen Teilsicherheitsbeiwert gegen Sprödbuch verzichtet werden, da das Zuverlässigkeitsniveau (für übliche Baustoffstreuungen) für die Nachweisformate $V_{Rd,ct}$ und $V_{Rd,max}$ (Druckstrebenversagen) über dem geforderten Zielzuverlässigkeitsniveau liegt.

Ein Versagen der Querkraftbewehrung $V_{Rd,sy}$ (gemäß den Konstruktionsregeln) liegt i. A. nur bei stark profilierten Balken vor. Es handelt sich hier um Schubzugbruch (Betondruckstrebenversagen), da die Druckstrebe durch Risse eingeschnürt wird.

Werden dissipative Effekte beim Nachweis der Tragfähigkeit mit Hilfe nichtlinearer Berechnungsverfahren nach 4.3.1 (4) genutzt, sind zur Vermeidung eines spröden Schubversagens in Stahlbeton- oder Spannbetonbauteilen zusätzliche Anforderungen – z.B. die Kapazitätsbemessungsregeln nach DIN EN 1998-1 – zu erfüllen.

Zu 6.3: „Mauerwerk“

Bei Mauerwerkswänden kann für den Abtrag von senkrecht zur Wandebene wirkenden Erdbebenlasten eine waagerechte Gewölbewirkung angenommen werden. Zur Aufnahme des Gewölbeschubs an den Außenkanten der Mauerwerksscheiben können aussteifende Elemente wie z. B. Stahlbetonstützen herangezogen werden. Durch die Gewölbewirkung wird das Mauerwerk in horizontaler Richtung auf Druck beansprucht. Dies gilt, wenn die Stoßfugen über die gesamte Wanddicke vermörtelt werden und zwischen Mauerwerk und den aussteifenden Elementen ein kraftschlüssiger Verbund gegeben ist.

Die Bemessung des Mauerwerks (vgl. Bild D-2) kann auf Grundlage der maximalen Druckspannung am Auflager

$$\sigma_R = \frac{8 \cdot H}{3 \cdot b \cdot h}$$

und der maximalen Schubspannung am Auflager

$$\tau_R = 1,5 \cdot \frac{Q}{0,75 \cdot b \cdot h}$$

(D-14)

geführt werden.

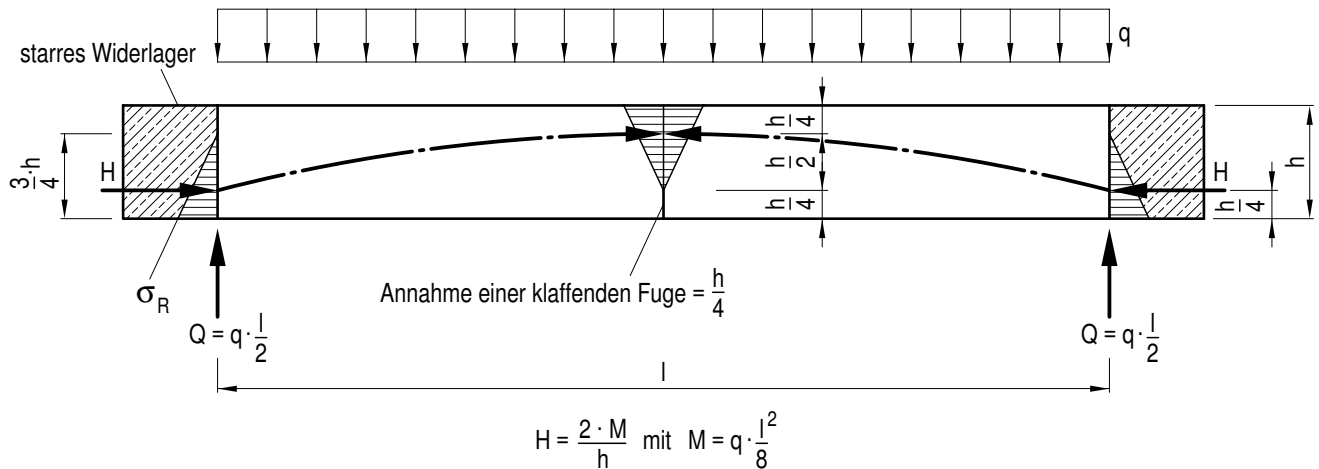


Bild D-2 Horizontaler Schnitt durch Mauerwerk mit Stahlbetonstützen; Gewölbe infolge Horizontallast

Zu 6.5:

Erläuterungen zu Dübelverbindungen siehe KTA-GS-80 Verwendung von Dübelverbindungen in Kernkraftwerken (2013-03).

Zu 6.6: „In den Baugrund eingebettete Rohrleitungen und Kanäle“

Lange, eingebettete Strukturen werden beim Erdbeben Verformungen ausgesetzt, die vor allem auf Relativverschiebungen und weniger auf Trägheitskräfte zurückzuführen sind. Diese Verformungen werden vorwiegend durch den Durchgang der seismischen Wellen und durch die Differenzverschiebung verursacht. Damit unterscheidet sich die seismische Analyse von langen eingebetteten Strukturen von der Analyse oberirdischer Bauwerke. Weitere Hinweise sind in der DIN EN 1998-4 und in ASCE 4-98, 2000 enthalten.

Zu 6.7: „Stützbauwerke“

Die in DIN EN 1998-5 enthaltenen vereinfachten Berechnungsverfahren nach Mononobe-Okabe (Gleichung E.4 in der DIN EN 1998-5) und Wood (Gleichung E.9 in DIN EN 1998-5) ergeben unter gleichen Annahmen entsprechend untere bzw. obere Grenzwerte für den seismischen Erddruck.

In Abhängigkeit der Nachgiebigkeit von Wand-Hinterfüllmaterial und/oder Wand-Sohle kann der seismische Erddruck erheblich kleiner sein als derjenige für starre Bauwerke (Wood). Mit Hilfe von Reduktionsfaktoren nach Ostadan kann der Erddruck für starre Bauwerke (Wood) auf die Nachgiebigkeit von Wand-Hinterfüllmaterial und/oder Wand-Sohle angepasst werden.

Für starre und unverschieblich gehaltene Stützbauwerke, gegründet auf Fels, stellt Veletsos ein vereinfachtes Berechnungsverfahren bereit, das die Wechselwirkung Wand-Boden sowie den Frequenzgehalt der Erdbebenanregung berücksichtigt.

Zu Anhang A: „Verfahren zur Begrenzung der Wasserdurchlässigkeit“

Anhang A ist entfallen. Zur Rückhaltung radioaktiv kontaminierter Flüssigkeiten werden Stahlbetonkonstruktionen ohne zusätzliche Abdichtung bei Erdbeben in der Regel nicht herangezogen. Anforderungen an die Dichtheit (Wasser von außen nach innen) sind in den entsprechenden Regelwerken enthalten. Die Randbedingungen finden sich unter 5.5 (Grenz Zustand der Gebrauchstauglichkeit).