

**Dokumentationsunterlage zur Regeländerung**  
**KTA 2201.1**  
**Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen**  
**Teil 1: Grundsätze**

Fassung 2011-11

**Inhalt**

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

**1 Auftrag des KTA**

Der Kerntechnische Ausschuss (KTA) hat auf seiner 58. Sitzung am 16. November 2004 beschlossen, die Regel

**KTA 2201.1 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen;**  
**Teil 1: Grundsätze**  
**(Fassung 1990-06)**

zu ändern.

Der KTA-Unterausschuss ANLAGEN- und BAUTECHNIK (UA-AB) wird beauftragt, federführend den Entwurfsvorschlag zur Änderung der Regel mit einer Dokumentationsunterlage durch ein Arbeitsgremium erarbeiten zu lassen.

Im Rahmen des Änderungsverfahrens ist die Regel in einigen Abschnitten an den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen. Bei der Änderung der Regel sind insbesondere auch die Empfehlungen aus der Stellungnahme der RSK vom 27. Mai 2004 zu prüfen. Weiterhin wird der UA-AB beauftragt, dem KTA einen Zwischenbericht über die Erarbeitung des Entwurfsvorschlags vorzulegen.

Der Unterausschuss ANLAGEN- und BAUTECHNIK (UA-AB) wird beauftragt, den Entwurfsvorschlag zur Änderung der Regel KTA 2201.1 zu prüfen und eine Beschlussvorlage für den KTA zu erarbeiten.

**2 Beteiligte Personen**

**2.1 Arbeitsgremium**

Dipl.-Ing. K. Borowski	RWE Power AG, Essen
Dr. W. Brüstle	Regierungspräsidium Freiburg
RDir Dr.-Ing. F. Buchhardt	BAM, Berlin
Dipl.-Ing. R. Danisch	AREVA NP, Erlangen
Dipl.-Ing. S. Dittmar	TÜV NORD SysTec, Hamburg
Dr.-Ing. E. Fischer (Obmann)	E.ON Kernkraft, KKW ISAR GmbH
Dr. P. Foros	TÜV SÜD Industrie Service, München
Dipl.-Ing. G. Gerding	TÜV NORD EnSys Hannover
Dr. G. Grünthal	GeoForschungsZentrum Potsdam
Dr.-Ing. F.-O. Henkel	WÖLFEL Beratende Ingenieure, Würzburg
Dr. D. Kaiser	BGR, Hannover
Dr. G. Leydecker	ehemals BGR, Hannover; Isernhagen
Dipl.-Ing. H. Liemersdorf	GRS, Köln
Dr.-Ing. R. Meiswinkel	E.ON Kernkraft, Hannover
Dipl.-Ing. D. Papandreou	AREVA NP, Offenbach
Dr.-Ing. J. Rensch (†)	HOCHTIEF Construction, Frankfurt

Dr. G. Roth	Kernkraftwerk Philippsburg
Dr.-Ing. H. Sadegh-Azar	HOCHTIEF Solutions, Frankfurt
Dr.-Ing. J. Schwarz	Bauhaus-Universität Weimar
Dr. G. Thuma	GRS, Köln
Dr. R. Zinn	Stangenberg und Partner Ingenieur-GmbH, Bochum

## 2.2 Arbeitsgruppen

### Arbeitsgruppe Seismologie:

Dr. W. Brüstle	Regierungspräsidium Freiburg
Dr. G. Grünthal	GeoForschungsZentrum Potsdam
Dr. D. Kaiser	BGR, Hannover
Dr. G. Leydecker (Obmann)	ehemals BGR, Hannover; Isernhagen
Dr.-Ing. J. Schwarz	Bauhaus-Universität Weimar

### Arbeitsgruppe Bau- und Anlagentechnik:

Dipl.-Ing. R. Danisch	AREVA NP, Erlangen
Dipl.-Ing. S. Dittmar	TÜV NORD SysTec, Hamburg
Dr. P. Foros	TÜV SÜD Industrie Service, München
Dipl.-Ing. G. Gerding	TÜV NORD EnSys Hannover
Dr.-Ing. F.-O. Henkel	WÖLFEL Beratende Ingenieure, Würzburg
Dr.-Ing. R. Meiswinkel (Obmann)	E.ON Kernkraft, Hannover
Dipl.-Ing. D. Papandreou	AREVA NP, Offenbach
Dr.-Ing. J. Rensch (†)	HOCHTIEF Construction, Frankfurt
Dr. R. Zinn	Stangenberg und Partner Ingenieur-GmbH, Bochum
Dr. Schalk	WÖLFEL Beratende Ingenieure, Würzburg

### Weitere Mitwirkende in der Arbeitsgruppe Bau- und Anlagentechnik

Dr.-Ing. J. Bockhold	Zerna Ingenieure, Bochum
Dipl.-Ing. M. Borgerhoff	Stangenberg und Partner Ingenieur-GmbH, Bochum
Dr.-Ing. F.-H. Schlüter	SMP Ingenieure, Karlsruhe
Dr.-Ing. Tachwaly	Zerna Ingenieure, Bochum

## 2.3 KTA-Unterausschuss ANLAGEN- und BAUTECHNIK (Stand: 2010-11)

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 NP GmbH, Offenbach (1. Stellvertreter: W. Roth (ab Nov. 2008), AREVA NP GmbH, Offenbach) (2. Stellvertreter: B. Schmal (ab Nov. 2010), AREVA NP GmbH, Offenbach)
Dipl.-Ing. D. Koch (bis Nov. 2008)	AREVA NP GmbH, Offenbach (Stellvertreter: Dipl.-Ing. R. Danisch (bis Nov. 2008), AREVA NP 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. S. Mörschardt	Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH, Hamburg (Stellvertreter: Dr. B. Neundorf, Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH, Hamburg)
Dr.-Ing. F. Sommer (ab Nov. 2008)	E.ON Kernkraft GmbH, Hannover (Stellvertreter: Dr.-Ing. R. Meiswinkel (ab Nov. 2008), E.ON Kernkraft GmbH, Hannover)
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 und Klimaschutz, Hannover (Stellvertreter: GOR F. Gregorzewski (ab Nov. 2008), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, Hannover)
MinR Dr.-Ing. G. Scheuermann (ab Nov. 2006)	Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart (Stellvertreter: BDir Dr.-Ing. H. Schneider (ab Nov. 2008), Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart)
N.N.	(für BMU) (Stellvertreter: WDir Dr. J. Wolf, BMU, Berlin)
Dr.-Ing. F. Buchhardt (bis Nov. 2008)	BAM, Berlin (Stellvertreter: Dr. T. Schäfer (bis Nov. 2008), BfS, Salzgitter)
MinR H. Ernst, (bis Nov. 2006)	Innenministerium Baden-Württemberg, Stuttgart (Stellvertreter: MinR Dr.-Ing. G. Scheuermann (bis Nov. 2006), Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart)

Vertreter der Gutachter und Beratungsorganisationen

Dipl.-Ing. G. Gerding (für: RSK) (ab Nov. 2009)	TÜV Nord EnSys, Hannover
Dipl.-Ing. R. Hero	TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München (Stellvertreter: Dipl.-Ing. S. Kirchner (ab Nov. 2009), TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München)
Dr. R. Stück (ab Nov. 2010)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln
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

Dr. M. Fuchs, (bis Nov. 2008)	Deutsche Kernreaktorversicherungsgesellschaft, Köln
F. Henning (für: DGB)	E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Stade (Stellvertreter: W. Pecher (für: DGB) (ab Nov. 2005), E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Würiggassen)
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)

**2.4** Zuständige Mitarbeiter der KTA-Geschäftsstelle

Dipl.-Ing. M. Pradhan	KTA-GS beim BfS, Salzgitter (bis Okt. 2009)
Dr.-Ing. R. Gersinska	KTA-GS beim BfS, Salzgitter (ab Nov. 2009)

**3 Erarbeitung der Regeländerung****3.1** Erarbeitung des Regeländerungsentwurfsvorschlages

(1) Der Kerntechnische Ausschuss (KTA) hat auf seiner 58. Sitzung am 16. November 2004 den KTA-Unterausschuss ANLAGEN- und BAUTECHNIK (UA-AB) beauftragt, federführend einen Entwurfsvorschlag zur Änderung der Regel mit einer Dokumentationsunterlage durch ein Arbeitsgremium erarbeiten zu lassen.

(2) Der UA-AB hat auf seiner 95. Sitzung am 27. Januar 2005 über den KTA-Auftrag zur Änderung der Regel KTA 2201.1 (Fassung 1990-06) beraten.

Zur Vorbereitung eines Entwurfs zur Änderung der Regel KTA 2201.1 wurde ein Arbeitsgremium vorgeschlagen. Die Obmannschaft des Arbeitsgremiums wurde Fischer (E.ON Kernkraft GmbH, Obmann des UA-AB) übertragen.

Entsprechend dem Beschluss des UA-AB hat die KTA-Geschäftsstelle, im Einvernehmen mit Fischer, ein Arbeitsgremium unter Beteiligung aller Gruppen des KTA sowie weiterer Fachleute aus dem Gebiet Erdbebenauslegung und Seismologie gebildet (siehe 2.1).

(3) Die konstituierende Sitzung des Arbeitsgremiums fand am 10. Juni 2005 bei E.ON Kernkraft in Hannover statt. Bis Anfang September 2006 haben insgesamt fünf Sitzungen stattgefunden.

In der ersten Sitzung des Arbeitsgremiums wurde ein Arbeitsprogramm zur Änderung der Regel aufgestellt. In dieser Sitzung wurden in einer Präsentation von Zinn die in der RSK-Empfehlung von Mai 2004 aufgeführten Änderungsvorschläge erläutert.

Das Arbeitsgremium hat hier beschlossen, dass zur Änderung der Regel KTA 2201.1 (1990-06) die RSK-Empfehlung hierzu als Basis herangezogen wird. Bei der Überarbeitung der Regel sollen auch andere bekannte nationale und internationale Vorschriften mit herangezogen und geprüft werden, ob nach dem Stand von W&T zusätzliche Anforderungen berücksichtigt werden müssen. Für diesen Zweck soll ein Vergleich der Anforderungen aus der derzeitigen Regel und der RSK-Empfehlung mit den Anforderungen der relevanten nationalen (z. B. DIN) und internationalen Vorschriften (z. B. IAEA, USNRC) durchgeführt werden.

(4) In den nächsten drei Sitzungen

2. Sitzung am 26. September 2005 beim E.ON Kernkraft in Hannover
3. Sitzung am 9. Dezember 2005 bei der GRS in Berlin, und
4. Sitzung am 2. März 2006 beim TÜV NORD SysTec, Hamburg

hat das Arbeitsgremium Präsentationen angehört. Auf Basis der Präsentationen und der RSK-Empfehlung hat dann das Arbeitsgremium auf seiner 4. Sitzung eine Gliederung der Neufassung der KTA 2201.1 erarbeitet. Zur vertiefenden Befassung mit den einzelnen Abschnitten und zur Ausarbeitung von Änderungsvorschlägen wurden Arbeitsgruppen gebildet.

(5) Der UA-AB hat auf seiner 97. Sitzung am 30. März 2006 das Ergebnis der Beratungen im Arbeitsgremium bis März 2006 behandelt. Die Diskussionen im UA-AB haben gezeigt, dass in der zukünftigen Regel KTA 2201.1 auch die probabilistische Vorgehensweise zur Absicherung des Bemessungserdbebens, entsprechend dem Vorschlag des Arbeitsgremiums sowie der RSK-Empfehlung, in geeigneter Weise berücksichtigt werden muss.

(6) Weiterhin haben bis Ende 2006 folgende Sitzungen stattgefunden:

5. Sitzung am 22. Juni 2006 bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover,
6. Sitzung am 22. September 2006 beim TÜV NORD EnSys Hannover und
7. Sitzung am 15. November 2006 bei der E.ON Kernkraft in Hannover

(7) Der UA-AB hat dem KTA auf seiner 60. Sitzung am 7. November 2006 einen Zwischenbericht über die bisher durchgeführten Arbeiten zur Änderung der Regel KTA 2201.1, Fassung 1990-06, vorgelegt. Der KTA hat den Zwischenbericht zustimmend zur Kenntnis genommen.

(8) Nach der 60. Sitzung des KTA hat das Arbeitsgremium KTA 2201.1 in den folgenden Sitzungen die Beratung fortgesetzt und den Regeländerungsentwurfsvorschlag (ÄEV) mit dem Beratungsstand vom 15.04.08 erarbeitet:

8. Sitzung am 17. Januar 2007 in Berlin beim TÜV NORD SysTec, Hamburg,
9. Sitzung am 22. März 2007 bei der WBI in Würzburg,
10. Sitzung am 19. Juni 2007 bei der E.ON Kernkraft in Hannover,
11. Sitzung am 19. September 2007 bei der RWE Power in Essen,
12. Sitzung am 3. Dezember 2007 bei der GRS in Köln,
13. Sitzung am 15. Januar 2008 beim TÜV NORD SysTec, Hamburg,
14. Sitzung am 6. März 2008 bei der AREVA NP in Offenbach und
15. Sitzung am 15. April 2008 bei der E.ON Kernkraft in Hannover.

(9) Der UA-AB hat auf seiner 99. Sitzung am 25. April 2008 den Bericht des Arbeitsgremiums KTA 2201.1 angehört und zustimmend zur Kenntnis genommen.

(10) Nach der 99. Sitzung des UA-AB hat das Arbeitsgremium KTA 2201.1 in den folgenden Sitzungen die Beratung fortgesetzt:

16. Sitzung am 3. Juni 2008 bei der AREVA NP in Offenbach,
17. Sitzung am 19. August 2008 bei der GRS in Berlin,
18. Sitzung am 23. Oktober 2008 beim TÜV NORD EnSys Hannover,
19. Sitzung am 27. November 2008 bei der E.ON Kernkraft in Hannover,
20. Sitzung am 28./29. Januar 2009 bei der WBI in Würzburg und
21. Sitzung am 5. März 2009 bei der E.ON Kernkraft in Hannover.

(11) Auf seiner 21. Sitzung hat das Arbeitsgremium den Entwurf des Regeländerungsentwurfsvorschlags (ÄEV) in der Fassung 2009-03 erarbeitet. Der Regeländerungsentwurfsvorschlag (ÄEV) wurde dem KTA Unterausschuss ANLAGEN- und BAUTECHNIK (UA-AB) zur Prüfung vorgelegt.

(12) Der UA-AB hat auf seiner 100. Sitzung am 9. April 2009 den Regeländerungsentwurfsvorschlag (ÄEV) beraten und mit einer Empfehlung zur Änderung des Hinweises im Abschnitt 1 diesen zustimmend zur Kenntnis genommen.

(13) Das Arbeitsgremium KTA 2201.1 hat in den folgenden Sitzungen die Beratung fortgesetzt:

- 22. Sitzung am 19. Mai 2009 bei der E.ON Kernkraft in Hannover,
- 23. Sitzung am 7. Juli 2009 bei der E.ON Kernkraft in Hannover und
- 24. Sitzung am 20. August 2009 bei der E.ON Kernkraft in Hannover.

(14) Auf seiner 22. Sitzung hat das Arbeitsgremium die vorgenannte Empfehlung des UA-AB zum Hinweis in Abschnitt 1 mit Änderung angenommen. Auf der 23. Sitzung hat das Arbeitsgremium eine Präsentation mit folgender Überschrift angehört:

Spiegelung des

- ÄEV 2201.1 „Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen“ (Entwurf 05.03.09) an DS422 “Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Installations” (Draft 03, 11.11.08)

(15) Auf seiner 24. Sitzung hat das Arbeitsgremium den Entwurf des Regeländerungsentwurfsvorschlags in der Fassung 2009-08 erarbeitet und beschlossen den Regeländerungsentwurfsvorschlag (ÄEV) dem KTA Unterausschuss ANLAGEN- und BAUTECHNIK (UA-AB) zur Prüfung und Freigabe für den Fraktionsumlauf vorzulegen.

(16) Der UA-AB hat auf seiner 101. Sitzung am 2. September 2009 den Regeländerungsentwurfsvorschlag geprüft und die Regeländerungsentwurfsvorlage KTA 2201.1 in der Fassung 2009-09 verabschiedet. Diese wurde für den Fraktionsumlauf freigegeben.

### 3.2 Erarbeitung des Regeländerungsentwurfs

(17) Die Regeländerungsentwurfsvorlage lag den Gruppen des KTA im Rahmen des Fraktionsumlaufs vom 15. September 2009 bis 15. Dezember 2009 zur Kommentierung vor.

Es gab insgesamt 21 Einwendungen von folgenden 5 Einwendern:

1. VGB PowerTech e.V.
2. Verband der deutschen TÜV
3. Herr Dr.-Ing. J. Schwarz, Bauhaus-Universität Weimar
4. RSK Arbeitsgruppe Bautechnik
5. Umweltministerium Baden-Württemberg

(18) Das Arbeitsgremium KTA 2201.1 bearbeitete die eingegangenen Stellungnahmen auf seiner

- 25. Sitzung am 11. Mai 2010 bei E.ON in Hannover und
- 26. Sitzung am 9. Juni 2010 bei E.ON in Hannover

und beschloss die Verabschiedung des so erarbeiteten Regeländerungsentwurfsvorschlags zur Vorlage an den Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB).

(19) Der UA-AB beriet auf seiner 103. Sitzung am 1. September 2010 über den neuen Regeländerungsentwurfsvorschlag, insbesondere über die Minderheitsmeinung eines AG-Mitgliedes und beschloss einstimmig dem KTA auf seiner 65. Sitzung am 16. November 2010 zu empfehlen, die in dieser Sitzung erarbeitete Regeländerungsentwurfsvorlage KTA-Dok.-Nr. 2201.1/10/1 (Fassung 2010-09) als Regeländerungsentwurf zu verabschieden.

(20) Der KTA hat die Regeländerungsentwurfsvorlage auf seiner 65. Sitzung am 16.11.2010 behandelt und als Regeländerungsentwurf in der Fassung 2010-11 beschlossen. Die Bekanntmachung des BMU erfolgte im Bundesanzeiger Nr. 190 am 15.12.2010.

### 3.3 Erarbeitung der Regeländerung

(21) Im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung, die vom 1. Januar 2011 bis 31. März 2011 stattfand, sind insgesamt 44 Stellungnahmen zum Regeländerungsentwurf von folgenden Einwendern eingegangen:

- A. Huber, TÜV Mannheim
- T. Schmidt (SDA-engineering GmbH)
- Dr. R. Zinn
- Dr. G. Leydecker
- BGR, Arbeitsbereich Ingenieurseismologische Gefährdungsanalysen
- Dr. G. Eilers, Bundesamt für Strahlenschutz

(22) Das Arbeitsgremium bearbeitete die eingegangenen Stellungnahmen auf folgender Sitzung

- 28. Sitzung am 31. Mai 2011 bei E.ON Kernkraft in KKW ISAR

und erarbeitete die Regeländerungsvorlage KTA 2201.1 in der Fassung 2011-05. Das Arbeitsgremium beschloss mit einer Gegenstimme und einer Enthaltung, diese Regeländerungsvorlage dem KTA-Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB) mit der Empfehlung vorzulegen, diese Fassung dem KTA zur Aufstellung als Regeländerung vorzuschlagen.

(23) Vor dieser Sitzung fand zur Beratung der katastrophalen Ereignisse in Fukushima die 27. Sitzung (Sondersitzung Fukushima) des AG 2201.1 am 12. April 2011 im Kirchenzentrum Mühlenberg in Hannover statt. In dieser Sitzung wurde intensiv erörtert, welche konkreten Schlussfolgerungen infolge des Erdbebens und des Tsunamis für die Regelwerkserarbeitung zu ziehen sind. Der Obmann der Sitzung stellte fest, dass kein konkreter Änderungsbedarf aufgrund des japanischen Erdbebens vom 11. März 2011 für die KTA 2201.1 erkennbar ist.

(24) Vor der 105. Sitzung des UA-AB wurden Änderungsvorschläge von der RSK (am 15.08.2011) und dem BMU (am 31.08.2011) eingereicht. Diese Änderungsvorschläge wurden auf der 105. Sitzung des UA-AB am 14. September 2011 beraten. Sie führten zu Änderungen in 3.1 (1) und 3.4. Der UA-AB hat auf seiner 105. Sitzung am 14. September 2011 mit der erforderlichen 5/6-Mehrheit (mit 10 Ja-Stimmen und 2 Enthaltungen (RSK und BMU)) beschlossen, die Fassung 2011-09 dem KTA als Regeländerungsvorlage KTA-Dok.-Nr. 2201.1/11/1 mit der Empfehlung vorzulegen, diese als Regeländerung zu verabschieden.

(25) Der KTA beschloss auf seiner 66. Sitzung am 15. November 2011 einstimmig, diese Regeländerungsvorlage als Regeländerung in der Fassung 2011-11 zu verabschieden. Die Bekanntmachung erfolgte im Bundesanzeiger Nr. 188 am 14. Dezember 2011, die Regel wurde im Bundesanzeiger Nr. 11 am 19. Januar 2012 veröffentlicht.

#### **4. Berücksichtigte Regeln und Unterlagen**

##### **4.1 Nationale Regeln und Unterlagen**

- RSK-Empfehlung vom 27. Mai 2004

##### **4.2 Internationale Regeln und Unterlagen**

- IAEA-Safety-Guide NS-G 1.2 (November 2001)
- IAEA Safety Guide NS-G-3.3 (Dezember 2002) und dessen Überarbeitungsentwürfe DS422
- U.S. NRC, RG 1.208 (März 2007)
- STUK, YVL 2.6 (Dezember 2001)
- Guide de l'ASN 2/01 (Mai 2006)

#### **5 Ausführungen zur Regeländerung**

##### **Allgemeines**

Entsprechend dem Auftrag des KTA hat das zuständige Arbeitsgremium den Umfang der änderungsbedürftigen Themen beraten. Die Beratungen, die unter Berücksichtigung der RSK-Empfehlung vom 27. Mai 2004 sowie der national und international gültigen Regelungen zur seismischen Auslegung der Kernkraftwerke durchgeführt wurde, umfasste folgende Themen:

- Titel der Regel,
- Grundlagen,
- Anwendungsbereich,
- Begriffsdefinitionen,
- Festlegung der Erdbebeneinwirkung,
- Berücksichtigung der Erdbebentätigkeit einschließlich Paläoseismologie,
- Deterministische und probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse,
- Festlegung des Bemessungserdbebens,
- Ingenieurseismologische Kenngrößen,
- Klassifizierung, Schutzziele,
- Auslegung, Berechnungen und
- Seismische Instrumentierung, Maßnahmen nach Erdbeben sowie Auswirkungen auf den Standort.

Das Arbeitsgremium hat in den Beratungen zwecks Anpassung der Regel an den Stand von W & T umfangreiche Änderungen vorgenommen. Dabei wurde die Gliederung der Regel zwecks systematischer und detaillierter Erfassung der Anforderungen geändert. In Abschnitt 3 „Festlegung der Erdbebeneinwirkung“ mit Unterabschnitten „Allgemeine Anforderungen, Deterministische Bestimmung des Bemessungserdbebens, Probabilistische Bestimmung des Bemessungserdbebens, und Festlegung des Bemessungserdbebens“ wurden die seismologischen Anforderungen zusammengefasst. 3.5 „Ingenieurseismologische Kenngrößen des Bemessungserdbebens“ enthält die sowohl zu Ingenieurtechnik als auch zu Seismologie betreffenden Anforderungen. Der Abschnitt 4 „Allgemeine Anforderungen an die Nachweisführung“ mit Unterabschnitten „Auslegungsanforderungen, Einwirkungskombinationen und Nachweisverfahren“ beinhaltet die Ingenieurtechnik betreffende Anforderungen an Berechnungs- und Nachweisverfahren für Anlagentechnik und bauliche Anlagen.

Die unten genannten Abschnitte bzw. Absätze beziehen sich auf die vorliegende Fassung der Regeländerung.

Im Folgenden sind die Ausführungen zu wesentlichen Abschnitten/Absätzen angegeben:

#### **Zu „Titel der Regel“**

Aufgrund des bestehenden Beschlusses des KTA-Unterausschusses Programm- und Grundsatzfragen (UA-PG) vom 7. Oktober 2004 bezüglich des Anwendungsbereiches von KTA-Regeln nur für Kernkraftwerke wird der Titel beibehalten.

#### **Zu „Grundlagen“**

Der Abschnitt „Grundlagen“ wurde an den aktuellen Stand angepasst und ein Verweis auf das BMI-Sicherheitskriterium 2.6 aufgenommen.

#### **Zu „1 Anwendungsbereich“**

Der Anwendungsbereich ist auf Leichtwasserreaktoren begrenzt und die Schutzziele wurden aufgenommen. Der Hinweis wurde auf Antrag der RSK in der 65. Sitzung des KTA gestrichen.

Im Gegensatz zur KTA-Regel 2201.1 1990-06 werden in der Neufassung der Regel die Bauwerke nicht mehr unter dem Begriff „Anlagenteile“ geführt. Unter dem Begriff „Anlagenteile“ werden maschinen- und elektrotechnische Systeme und Komponenten einer Anlage verstanden, während „Bauliche Anlagen“ entsprechend ihrer Art und Aufgabenstellung eine eigenständige Gruppe bilden. Der Begriff „Bauliche Anlagen“ ist darüber hinaus mit den Bezeichnungen in den Bauordnungen kompatibel. Der Unterscheidung der beiden Gruppen wird auch mit den Neufassungen der KTA-Regeln 2201.3 für „Bauliche Anlagen“ und KTA 2201.4 für „Anlagenteile“ Rechnung getragen.

#### **Zu „2 Begriffe“**

In der derzeitigen Fassung der KTA-Regel 2201.1 werden bis auf wenige Ausnahmen (Intensität, Maximalbeschleunigungen) keine kerntechnischen, bautechnischen und (ingenieur-) seismologischen Begriffe definiert. In der Neufassung der KTA-Regel 2201.1 werden Definitionen wichtiger Fachbegriffe der Seismologie, Anlagentechnik und Bautechnik aufgenommen.

#### **Zu „3 Festlegung der Erdbebeneinwirkung“**

Die Überschrift des Abschnitts 2 der KTA 2201.1, Fassung 1990-06, wurde hier nicht übernommen. In diesem Abschnitt wurden die grundsätzlichen Anforderungen zur Bestimmung des Bemessungserdbebens festgeschrieben. 3.1 bis 3.5 sind neu und berücksichtigen teilweise die Anforderungen aus Abschnitt 2 der Fassung 1990-06 mit Änderungen.

##### Zu „3.1 Allgemeine Anforderungen“

In 3.1 sind die Anforderungen bezüglich der Ermittlung des Bemessungserdbebens auf der Grundlage seismischer Einwirkungen am Standort, die insbesondere durch die Intensität und die Bodenbewegungen charakterisiert werden, festgelegt. Die Basis hierfür müssen die deterministischen und probabilistischen Analysen sein.

##### Zu 3.1 (1)

Die Vorgehensweise in KTA 2201.1, Fassung 1990-06, wird dort zwar nicht explizit deterministisch genannt, gleichwohl ist sie de facto deterministisch angelegt. Da zur probabilistischen Vorgehensweise bei der Festlegung des Bemessungserdbebens bisher keine Regelungen enthalten sind und auch die mit den Grundsätzen verfolgte Vorgehensweise nicht explizit als deterministische Vorgehensweise bezeichnet wird, fehlen demzufolge auch Regelungen zur Festlegung des Bemessungserdbebens nach erfolgter deterministischer und probabilistischer Analyse. Ebenso fehlen Regelungen zur Überschreitenswahrscheinlichkeit und zur Wahl der Fraktile des Bemessungserdbebens. In der RSK-Stellungnahme 5/2004 war daher bereits vorgeschlagen worden, den übergeordneten Text zur Definition des Bemessungserdbebens zu ändern, weil die Festlegung von Einwirkungsgrößen ohne Bezug zu Überschreitenswahrscheinlichkeiten nicht aufrecht erhalten werden kann. Dieser Vorschlag der RSK-Stellungnahme ist in der ÄEV KTA 2201.1 umgesetzt worden.

Die in KTA 2201.1, Fassung 1990-06, genannte „etwa 200 km“ Entfernung bei der Umgebung des Standortes wurde auf „mindestens 200 km“ geändert. Damit sind auch - soweit relevant - Ereignisse in mehr als 200 km Entfernung zu berücksichtigen. Demnach steht diese Anforderung nicht im Widerspruch zu der in den IAEA-Regeln festgelegten 300 km Entfernung. In der 105. Sitzung des UA-AB erfolgte noch eine Präzisierung auf Wunsch der RSK (siehe 3.3 (24) dieser Dokumentationsunterlage).

##### Zu 3.1 (3) und (4)

Entsprechend dem internationalen Regelwerk (vgl. IAEA-Safety-Guide NS-G 1.2, Ziffer 4.68) sind bei der Auslegung der Anlage als Auslegungsstörfälle (Design Basis Accidents, DBA) Ereignisse (z. B. Leckstörfälle) zu berücksichtigen, für die eine Überschreitenswahrscheinlichkeit von  $10^{-2}/a$  bis  $10^{-5}/a$  angenommen wird. Auslegungsstörfälle mit dieser Überschreitenswahrscheinlichkeit sind entsprechend dem gestaffelten Sicherheitskonzept für deutsche KKW der Sicherheitsebene 3 zugeordnet, zu der auch das Bemessungserdbeben gehört. Im Gegensatz zu anderen Störfällen (z. B. Leckstörfälle) auf dieser Ebene, für die eine Überschreitenswahrscheinlichkeit statistisch bestimmt werden kann, können Erdbeben für verschiedene Überschreitenswahrscheinlichkeiten ermittelt werden. Als Bemessungserdbeben wird das Beben festgelegt, dass dem für Auslegungsstörfälle anzunehmenden untersten Bereich der Überschreitenswahrscheinlichkeit von  $10^{-4}/a$  bis  $10^{-5}/a$  zugeordnet ist.

Außerdem sollte im Sinne einer ausgewogenen sicherheitstechnischen Auslegung die Kernschadenshäufigkeit für den Lastfall Bemessungserdbeben höchstens bei  $10^{-6}/a$  liegen, um das im IAEA-Safety-Guide NS-G 1.2, Ziffer 4.226, genannte Ziel der Kernschadenshäufigkeit  $10^{-5}/a$  für alle Störfälle zu erreichen. Da beim Auftreten des Bemessungserdbebens unterstellt werden kann, dass die Sicherheitssysteme in der Lage sind, die sicherheitstechnischen Auswirkungen eines solchen Ereignisses zu begrenzen, ist ein Kernschaden im Falle des Bemessungserdbebens nur mit einer geringen bedingten Wahrscheinlichkeit zu unterstellen. Auch aus dieser Sichtweise heraus sollte die Überschreitenswahrscheinlichkeit des Bemessungserdbebens daher zu  $10^{-4}/a$  bis  $10^{-5}/a$  angenommen werden.

Es ist aus probabilistischen seismologischen Untersuchungen bekannt, dass die 50%-Bodenantwortspektren für die Überschreitenswahrscheinlichkeit  $10^{-5}/a$  ähnliche Beschleunigungen aufweisen wie jene für  $10^{-4}/a$ , in Verbindung mit 84%- Fraktilwerten, die in der Vergangenheit in Deutschland häufig der Auslegung zugrunde gelegt wurden. Beide Wege führen zu einem vergleichbaren Sicherheitsniveau.

Das AG KTA 2201.1 hat sich nach intensiver Diskussion entschieden, für ein Bemessungserdbeben die Überschreitenswahrscheinlichkeit  $10^{-5}/a$  in Verbindung mit 50%-Fraktil-Bodenantwortspektren zu verwenden. Diese Festlegung ist auch mit anderen neueren kerntechnischen Regelwerken (z. B. U.S. NRC, RG 1.208, und STUK, YVL 2.6) konsistent und erfüllt somit die Anforderungen, die nach dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik zu stellen sind.

### Zu 3.1 (5)

Für die Auslegung der Kernkraftwerke wird eine Mindestintensität von VI festgeschrieben.

Begründung:

In der bisher gültigen Fassung der KTA 2201.1 wird in den Absätzen 2(3)g) und 2(3)h) für Standorte mit besonders geringer Seismizität eine Mindestauslegung oberhalb des standortspezifisch ermittelten Gefährdungsniveaus festgelegt. Daher war im Rahmen der Überarbeitung zu entscheiden, ob diese Anforderung beibehalten, geändert oder fallen gelassen wird. Für die Entscheidungsfindung sind drei Fragen maßgebend:

1. Ist es erforderlich, eine Mindestauslegung vorzuschreiben?
2. Wenn ja, welcher Parameter ist hierfür als Maßstab heranzuziehen?
3. Welcher Wert des Einwirkungsparameters ist zu wählen?

Diese Fragen wurden im Arbeitsgremium und in speziellen Arbeitsgruppen intensiv diskutiert.

zu 1.

Da sich die Erdbebenauslegung nach KTA 2201.1 auf standortspezifische seismologische Gutachten stützt, besteht aus wissenschaftlicher Sicht eigentlich keine Notwendigkeit zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der seismischen Auslegung einzuführen. Für alle deutschen KKW-Standorte liegen neuere seismologische Gutachten vor, die eine zuverlässige Beurteilung der Standortgefährdung erlauben. Zudem gibt es auch keine Erfahrungen oder durch konkrete Ereignisse begründete Fakten, die es erforderlich machen würden, für die deutschen KKW-Standorte eine Mindestauslegung vorzuschreiben.

Da in der Kerntechnik jedoch besonders hohe Sicherheitsanforderungen gestellt werden, hat sich das Arbeitsgremium dennoch auf die Festlegung einer seismischen Mindestauslegung verständigt. Eine solche Mindestauslegung trägt einerseits der internationalen Vorgehensweise (z. B. dem IAEA Safety Guide NS-G-3.3 und dessen Überarbeitungsentwurf DS422) Rechnung und bietet zudem den Vorteil, dass durch die robuste Auslegung zusätzliche Sicherheitsmargen geschaffen werden.

zu 2.

Als Maßstab für die Mindestauslegung kommen im Wesentlichen die (Standort-) Intensität und die Bodenbeschleunigung (entweder als Starrkörperbeschleunigung oder als Antwortspektrum) in Frage. Der Vorteil bei der Vorgabe einer Beschleunigung wäre, dass der mit der Auslegung befasste Ingenieur eine unmittelbar verwendbare Größe an die Hand bekäme. Da das Ziel der Mindestauslegung jedoch ein Basisschutz gegen seismische Einwirkungen ist, sollte hierfür ein Parameter gewählt werden, der ein gutes Maß für die aufgrund eines Erdbebens zu erwartenden Einwirkungen darstellt. Diese Anforderung erfüllt die Bodenbeschleunigung nach aktuellem Kenntnisstand nicht. Der einzige Einzelparameter, der diese Anforderung erfüllt, ist die Intensität. Aus diesem Grund und aufgrund der Tatsache, dass sich die Kenntnis der Bebenitätigkeit und Schütterwirkungen (als Datenbasis) in Deutschland primär auf die Intensität beziehen, hat sich das Arbeitsgremium für die Festlegung einer Mindestintensität entschieden.

zu 3.

Durch die Mindestauslegung soll gewährleistet werden, dass keine nennenswerten Schäden in Kernkraftwerken auftreten. Nach der MSK/EMS-Skala sind erste Schäden (an normalen Gebäuden und in geringem Umfang auch in konventionellen Industrieanlagen) ab Intensität VI zu erwarten. Um bei Kernkraftwerken einen besseren Schutz zu gewährleisten, sollte daher gegen Erdbeben dieser Intensität entsprechend den in der Kerntechnik üblichen Maßstäben ausgelegt werden. Eine Auslegung gegen höhere Intensitäten wäre unangemessen, da die Mindestauslegung nur in Gebieten geringer Seismizität zum Tragen kommt, für die probabilistische seismische Gefährdungsanalysen zu sehr niedrigen Intensitätswerten führen würden.

### Zu „3.2 Deterministische Bestimmung des Bemessungserdbebens“

In 3.2 sind die Anforderungen bezüglich der deterministischen Bestimmung des Bemessungserdbebens unter Berücksichtigung der publizierten und fachlich anerkannten paläoseismologischen Befunde, geologischen und tektonischen Gegebenheiten und die Unsicherheiten aufgeführt.

### Zu 3.2 (1)

Alle für die seismische Gefährdung am Standort relevanten Erdbeben sind bei der Festlegung des Bemessungserdbebens zu berücksichtigen. Die Erdbeben mit der für den Standort größten Einwirkung müssen besonders überprüft werden. In Zweifelsfällen kann es notwendig werden, historische Quellen zu Erdbeben neu zu bewerten und / oder paläoseismologische Untersuchungen durchzuführen.

Zu 3.2 (2)

In mehreren Sitzungen des Arbeitsgremiums zur Neufassung der KTA 2201.1 wurde die Frage diskutiert, wo das Hypozentrum des Bemessungserdbebens (BE) anzunehmen sei, wenn es aus der Standortregion stammt. Ausgangspunkt war die Formulierung in 3.2 (2) a), in dem auf 3.2 (1) verwiesen wird:

*Be findet sich das Epizentrum eines Erdbebens entsprechend Absatz 1 in der gleichen seismotektonischen Einheit wie der Standort, so ist bei der Ermittlung der ingenieurseismologischen Kenngrößen anzunehmen, dass ein Erdbeben in der Nähe des Standorts eintritt.*

Zur Präzisierung des Begriffs „in der Nähe des Standorts“ wurden unterschiedliche Lösungen vorgeschlagen:

- unter dem Standort
- in der dem Standort nächstgelegenen aktiven Störzone, höchstens jedoch in (5 km) 10 km Epizentralentfernung vom Standort
- in der Nähe des Standortes, wobei es am Standort die Intensität des Bemessungserdbebens hervorruft.

„Unter dem Standort“, also in der Epizentralentfernung 0 km, ist bei der Berechnung von Antwortspektren auf der Basis empirischer Beziehungen sehr problematisch, da sich derart epizentralnah die größten Unterschiede aus den verschiedenen Beziehungen ergeben. In einem weiteren Vorschlag sollte der unbestimmte Begriff „dass ein Erdbeben in der Nähe des Standorts eintritt“ durch den folgenden Zusatz präzisiert werden:

Hinweis: Unter „in der Nähe des Standorts“ ist die nächstgelegene aktive Störzone, höchstens jedoch 10 km Epizentralentfernung zum Standort zu verstehen.

Diese Festlegung auf „10 km“ (oder auch 5 km) hat jedoch erhebliche Konsequenzen, einmal bei der deterministischen Bestimmung der Intensität des Bemessungserdbebens, und zum anderen für die Berechnung von theoretischen Antwortspektren auf der Basis empirischer Beziehungen.

Soll der Begriff „in der Nähe des Standortes“ Teil des Regeltextes sein, so bietet die nachfolgende und in der AG diskutierte Formulierung die Gewähr dafür, dass die gutachterlich festgelegte Stärke des Bemessungserdbebens am Standort erhalten bleibt, auch wenn der Erdbebenepizentrum in maximal 10 km Entfernung angenommen wird:

*Be findet sich das Epizentrum eines maßgebenden Erdbebens entsprechend Absatz 1 in der gleichen seismotektonischen Einheit wie der Standort, so ist anzunehmen, dass dieses Erdbeben in der Nähe des Standorts eintritt und am Standort die gleiche Intensität hervorruft.*

*Glossar*

*Nähe des Standortes: Epizentralentfernungsbereich bis höchstens 10 km vom Standort*

Bei Verwendung empirischer, dem Nahbereich angepasster Beziehungen zur Berechnung von Antwortspektren auf der Basis von Magnitude und Hypozentralentfernung ergibt sich aus diesem Regeltext folgende Vorgehensweise:

Zunächst ist für eine vorgegebene Epizentralentfernung (maximal 10 km) vom Standort und eine vorgegebene Herdtiefe die Epizentralintensität des dem BE adäquaten Erdbebens so zu bestimmen, dass am Standort die festgelegte Intensität des BE erreicht wird. Für diese Epizentralintensität und für diese Herdtiefe ist der zugehörige Magnitudenwert zu berechnen. Die Berechnung des Antwortspektrums für den Standort erfolgt nun unter Einsetzung des Magnitudenwertes für die festgelegte Herdtiefe und für die Epizentralentfernung oder Hypozentralentfernung zum Standort.

Dieses Vorgehen bietet eine hinreichend gute Möglichkeit, um für vorgegebene Herdtiefen und Epizentralentfernungen die dortigen Intensitätswerte in Magnitudenwerte umzusetzen und so das Bemessungserdbeben in seiner Stärke und seiner Einwirkung zu erhalten. Damit ist bei Aufnahme des Begriffs „in der Nähe des Standortes“ in den Regeltext eine gangbare und Lasten erhaltende Vorgehensweise aufgezeigt.

Zu 3.2 (3)

Bei der Festlegung des Bemessungserdbebens sind die Unsicherheiten in den Annahmen zu berücksichtigen und ihre Auswirkungen auf die Größe des Bemessungserdbebens darzustellen. Bei der endgültigen Festlegung der Stärke des Bemessungserdbebens ist im Regelfall ein Zuschlag zu berücksichtigen, der zum Beispiel die Unvollständigkeit und die zeitliche Begrenztheit des zu Grunde liegenden Erdbebenkatalogs sowie die Wahl des seismotektonischen Modells erfasst.

Zu 3.3

In 3.3 sind die Anforderungen bezüglich der probabilistischen Bestimmung des Bemessungserdbebens unter Berücksichtigung einer probabilistischen Gefährdungsanalyse, Unsicherheiten, Gefährdungskurven sowie Deaggregation aufgeführt.

Zu 3.4

In 3.4 wurden die Anforderungen bezüglich der Festlegung des Bemessungserdbebens durch Vergleich der Ergebnisse der deterministischen und probabilistischen Bestimmung des Bemessungserdbebens und deren Bewertung bezüglich der Plausibilität, Belastbarkeit und Aussagesicherheit festgelegt. In 3.4 (4) sind Anforderungen bezüglich der Bestimmung der ingenieurseismologischen Kenngrößen festgeschrieben. In der 105. Sitzung des UA-AB erfolgte noch eine Präzisierung von 3.4 auf Wunsch der RSK und des BMU (siehe 3.3 (24) dieser Dokumentationsunterlage).

Zu 3.5

In 3.5 sind weitere Anforderungen bezüglich der Bestimmung der ingenieurseismologischen Kenngrößen festgeschrieben.

Historische Erdbeben sind primär in Form der makroseismischen Intensität  $I_0$  oder  $I_{\max}$  stärke­mäßig skaliert. Moderne Dämpfungsrelationen der instrumentellen Starkbodenbewegungsparameter nutzen inzwischen generell die physikalisch begründete Moment­magnitude  $M_w$ . Standardmäßig findet dagegen in der seismologischen Praxis die Lokal­beben­magnitude  $M_L$  Anwendung.

Zu 3.5 (2)

Für die Bestimmung der ingenieurseismologischen Kenngrößen werden üblicherweise Magnituden- und Entfernungsbereiche für das Bemessungserdbeben festgelegt, für die dann aus Datenbanken geeignete Registrierungen herangezogen werden, die auch den Baugrundbedingungen am Standort entsprechen. Aus diesen Registrierungen werden Bodenantwortspektren und Starkbebendauer als Medianwerte abgeleitet. Alternativ zur statistischen Auswertung von Registrierungen dürfen auch empirische Beziehungen aus der Literatur zur Bestimmung der ingenieurseismologischen Kenngrößen herangezogen werden.

Zu 3.5 (3)

Unter „ausreichend“ steife Bodenschicht versteht das AG Böden mit Scherwellengeschwindigkeit ab ca. 300 m/s.

Zu 3.5 (4)

Begründung des Resultierendenfaktors 1,2:

Der Resultierendenfaktor wurde durch die Auswertung von 203<sup>1</sup> bzw. 462<sup>2</sup> Registrierungen (á 2-Horizontalkomponenten der Beschleunigung) aus der Europäischen Strong-Motion-Datenbank bestimmt.

Der Resultierendenfaktor wurde nach folgendem Auswertemodus berechnet:

Für je zwei zusammengehörige Horizontalkomponenten  $a_{xi}$  und  $a_{yi}$  wurden in gleichen Zeitschritten  $t_i$  die Resultierenden  $r_i = \sqrt{a_{xi}^2 + a_{yi}^2}$  berechnet und davon der Maximalwert  $r_{\max}$  bestimmt. Außerdem wurde aus allen  $a_{xi}$  bzw.  $a_{yi}$  der Maximalwert  $a_{x \max}$  bzw.  $a_{y \max}$  (= PGA-Wert der Komponente x bzw. y) und dann der Mittelwert  $a_{\max \text{ mittel}} = (a_{x \max} + a_{y \max})/2$  der beiden gebildet. Damit wurde der Resultierendenfaktor R berechnet zu  $R = r_{\max} / a_{\max \text{ mittel}}$ .

Die Dichte- und Verteilungsfunktionen der untersuchten Faktoren ähneln einer Normalverteilung. Für eine Fraktile von 50 % ergibt sich ein Resultierendenfaktor von gerundet **1,2**.

Zu 3.5 (6)

Für mehrere Standorte wurden zu spektrinkompatiblen Zeitverläufen die Antwortspektren für verschiedene Dämpfungen bestimmt. Die Spektren der verschiedenen Dämpfungen stimmten mit der Formel  $\sqrt{7/(2+D \cdot 100)}$  sehr gut überein, deshalb wurde dieser Formel der Vorrang gegenüber der z. B. im EC8 verwendeten Formel  $\sqrt{10/(5+D \cdot 100)}$  gegeben.

Zu 3.5 (8)

Im seismologischen Gutachten sind die Bezeichnungen der Zeitverläufe aus den Datenbanken mit registrierten Zeitverläufen anzugeben.

Zu 3.5 (9)

Aus der Vielzahl der herangezogenen registrierten Zeitverläufe zur Ermittlung des Medianspektrums sind mindestens 5 (siehe 4.3.3 (7)) anzugeben, deren Kenngrößen Antwortspektren, Starkbebendauer und Energieinhalt (nach Skalierung) dem des Bodenantwortspektrums des Bemessungserdbebens ähnlich sind.

Dabei dürfen die Zeitverläufe mit dem Faktor ca. 0,5 bis 2,0 skaliert werden, um eine bessere Übereinstimmung mit den Bodenantwortspektren des Bemessungserdbebens herbeizuführen. Diese Skalierung entspricht einer Magnitudenänderung von maximal 0,3, die aus seismologischer Sicht unbedenklich ist.

**Zu „4 Allgemeine Anforderungen an die Nachweisführung“**

Der Abschnitt 4 „Allgemeine Anforderungen an die Nachweisführung“ wurde neu aufgenommen. Hier wurden allgemeine Anforderungen an Anlagenteile und bauliche Anlagen bezüglich der Klassifizierung, Nachweis der Erdbebensicherheit, Einwirkungskombinationen, Nachweisverfahren (Allgemeines, Modellbildung, Beschleunigungsverfahren und Berechnungsverfahren) festgelegt. Einige Anforderungen aus den Abschnitten 2 bis 6 der Fassung 1990-06 wurden hier mit Änderungen aufgenommen.

<sup>1</sup> Untersuchungen von Holger Busche, Timo Schmitt & Günter Leydecker, BGR, Nov. 2006

<sup>2</sup> Bachelorarbeit von Konrad Smoczynski: Resultierende Erdbebeneinwirkung aus 2 Horizontalkomponenten. -- Lehrstuhl für Baustatik & Baudynamik der RWTH-Aachen (Univ.-Prof. Dr. K. Meskouris, Univ.-Prof. Dr. J. Hegger, Dipl.-Ing. T. Schmitt), Sept. 2010

Zu 4.1.1

Zur Erreichung der im Abschnitt 1 „Anwendungsbereich“ genannten Schutzziele bei Erdbeben wurden in 4.1.1 die Anforderungen bezüglich der Klassifizierung der Anlagenteile und baulichen Anlagen festgeschrieben. Die Anlagenteile und baulichen Anlagen wurden, im Gegensatz zu der Fassung 1990-06, in drei Klassen (Klasse I, Klasse IIa und Klasse IIb) unterteilt.

Zu 4.1.2

In 4.1.2 wurden die erforderlichen Nachweise der Erdbebensicherheit für die Anlagenteile und bauliche Anlagen der Klassen I, IIa und IIb festgehalten. Die Ausführungen aus Abschnitt 5 der Fassung 1990-06 sind mit Änderungen hier berücksichtigt.

Zu 4.2

In 4.2 wurden die zu betrachtenden Kombinationen der Erdbebeneinwirkungen mit anderen Einwirkungen, einschließlich der Folgewirkungen, festgeschrieben. Die Ausführungen aus Abschnitt 4 der Fassung 1990-06 sind mit Änderungen hier berücksichtigt.

Zu 4.2 (1)

Der Begriff „Lasten“ aus Abschnitt 4 der KTA 2201.1 1990-06 wurde durch den in der neuen Normengeneration im Bauwesen verwendeten Begriff „Einwirkungen“ ersetzt.

Die zum Nachweis der Erdbebensicherheit der Bauwerke und Anlagenteile in Kombination mit Erdbebeneinwirkungen zu berücksichtigenden ständigen und veränderlichen Einwirkungen ergeben sich aus den Annahmen zur Auslegung und den Festlegungen in den fachspezifischen Regeln (KTA, DIN). Auf die beispielhafte Aufzählung von Lasten wie in KTA 2201.1 (1990-06) wurde verzichtet.

Erdbebeneinwirkungen müssen mit veränderlichen Einwirkungen kombiniert werden, wenn die Kombination der Ereignisse eine Eintretenswahrscheinlichkeit ergibt, die noch den Auslegungsstörfällen der Sicherheitsebene 3 zuzurechnen ist und noch nicht in den Restrisikobereich fällt.

Beispiele:

Bei der nach 3.1 (3) zugrunde zu legenden Überschreitenswahrscheinlichkeit ( $w_{\bar{0}}$ ) für das Bemessungserdbeben von  $10^{-5}/a$  ergeben veränderliche Einwirkungen, die nicht länger als

- 30 Tage im Jahr auftreten, eine  $w_{\bar{0}}$  von  $30/365 \times 10^{-5} = 8,2 \cdot 10^{-7}/a$
- 20 Tage im Jahr auftreten, eine  $w_{\bar{0}}$  von  $20/365 \times 10^{-5} = 5,5 \cdot 10^{-7}/a$
- 10 Tage im Jahr auftreten, eine  $w_{\bar{0}}$  von  $10/365 \times 10^{-5} = 2,7 \cdot 10^{-7}/a$

Zu 4.2 (2)

Erdbebenbedingte Folgeeinwirkungen sind z. B. Versagen von Komponenten, die nicht gegen Erdbeben ausgelegt sind, Berstdruckwelle infolge Versagens von Behältern mit großem Energieinhalt im Maschinenhaus, Trümmerlasten von nicht erdbebensicher ausgelegten Bauwerken.

Bei der Kombination von Erdbebeneinwirkungen mit erdbebenbedingten Folgeeinwirkungen darf die zeitliche Abfolge der Ereignisse berücksichtigt werden.

Zu 4.2 (3)

Bei der Kombination von Erdbebeneinwirkungen mit anderen EVA-/EVI-Ereignissen sind die jeweiligen Annahmen in der Störfallanalyse und die Festlegungen in den Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke zu berücksichtigen. Bzgl. der Kombination mit Hochwasser vgl. KTA 2207, 5 (2).

Zu 4.3.1

In 4.3.1 „Nachweisverfahren, Allgemeines“ wurde die Anforderung festgeschrieben, dass zum Nachweis der Erdbebensicherheit von Anlagenteilen und baulichen Anlagen rechnerische Nachweise, experimentelle Nachweise, Analogienachweise oder Plausibilitätsnachweise durchzuführen sind.

Zu 4.3.2 bis 4.3.4

In 4.3.2 bis 4.3.4 sind die für die Nachweisführung erforderlichen Randbedingungen an Modellbildung, Beschleunigungszeitverläufe und Berechnungsverfahren festgeschrieben.

4.3.2 „Modellbildung“ und 4.3.3 „Beschleunigungszeitverläufe“ mit den hier aufgeführten Festlegungen sind neue Abschnitte.

6.1 bis 6.3 der Fassung 1990-06 wurden in folgender Weise berücksichtigt:

- 6.1 „Dynamische Berechnung“ wurde in geänderter und präziserer Form in 4.3.4 „Berechnungsverfahren“ der vorliegenden Fassung berücksichtigt.
- 6.2 „Vereinfachte Verfahren“ wurde hier nicht mehr berücksichtigt.
- 6.3 „Ohne Berechnung“ ist durch 4.3.1 (1) der vorliegenden Fassung abgedeckt.

Für Zeitverlaubberechnungen wurden alternativ zu künstlichen Beschleunigungszeitverläufen auch registrierte Beschleunigungszeitverläufe zugelassen.

#### Zu 4.3.2 (8)

Die Streubreite der Bodenkennwerte wird üblicherweise im Bodengutachten angegeben. Liegen keine Angaben vor, so bildet der Faktor 1,5 nach unten und oben um den Mittelwert der Bodensteifigkeiten ein international gebräuchliches Maß zur Abdeckung von Unsicherheiten, das näherungsweise auch andere Unsicherheiten der Modellierung mit abdeckt.

#### Zu 4.3.3 (1)

Neu aufgenommen in der ÄEV KTA 2201.1 wurde die Möglichkeit der Verwendung registrierter Zeitverläufe, um realistische Parameter des Erdbebens, z. B. den Energieinhalt in die Berechnung von Bau- und Anlagenteilen, einbeziehen zu können.

#### Zu 4.3.3 (3)

Die Vorgehensweise beschreibt die geübte Praxis mit 3 statistisch unabhängigen Zeitverläufen bei linearen Berechnungen.

#### Zu 4.3.3 (4)

Bei nichtlinearen Berechnungen, insbesondere bei geometrisch nichtlinearen Berechnungen, kann es auf die Phasenlage ankommen, die bei künstlichen Zeitverläufen in der Regel durch einen Zufallszahlengenerator erzeugt wird. Hier werden in der Regel mindestens 7 statistisch unabhängige künstliche Zeitverläufe als notwendig angesehen, um eine Mindeststreuung zu erreichen. Zudem ist über die Ergebnisse einzuhüllen, um auf der sicheren Seite zu sein.

#### Zu 4.3.3 (5)

Um die statistische Unabhängigkeit zahlenmäßig zu dokumentieren, wurden die Grenzen

- Betrag des Korrelationskoeffizienten für zwei Zeitverläufe  $< 0,3$  und
- der Mittelwert der Beträge aller Korrelationskoeffizienten  $< 0,2$

eingeführt und an bisherigen Zeitverläufen überprüft. Zwei Zeitverläufe gelten nicht als statistisch unabhängig, wenn sie sich lediglich durch ihre Ankunftszeit unterscheiden.

#### Zu 4.3.3 (6)

Die Möglichkeit der Verwendung von Antwortzeitverläufen aus der Bauwerksberechnung besteht auch nach der derzeitigen Regel KTA 2201.4 bereits, sie wurde – da es eine übergeordnete Regelung ist – jetzt in den ÄEV KTA 2201.1 aufgenommen.

#### Zu 4.3.3 (7)

In der Regel wird die Verwendung registrierter Zeitverläufe (3.5 (9)) zugelassen, da genügend registrierte Zeitverläufe in den Datenbanken zur Verfügung stehen. Dieser Weg steht alternativ zu den künstlichen Zeitverläufen zur Verfügung und wird insbesondere bei nichtlinearen Berechnungen in Frage kommen. Da die registrierten Zeitverläufe wirklichkeitsnäher sind und damit größeren Streuungen unterliegen, wird eine Anzahl von mindestens 5 als notwendig angesehen.

#### Zu 4.3.4 (3)

Nach einer Literaturrecherche und aus der geübten Praxis wurde die einfache Formel abgeleitet: Frequenzschritte ist 1/50 der Oktavenuntergrenze. Unter einer Oktave versteht man die Verdoppelung der Frequenz bezogen auf die Oktavenuntergrenze. Um im unteren Frequenzbereich unter 1 Hz die Schrittweite nicht zu fein werden zu lassen, wurde die Schrittweite auf minimal 0,02 Hz begrenzt.

### **Zu „5 Seismische Instrumentierung und Inspektionsniveau“ (Abschnitt 7 der Fassung 1990-06)**

Gegenüber der Fassung 1990-06 wurde hier gefordert, unabhängig von der Maximalbeschleunigung am Standort eine seismische Instrumentierung zu installieren, die in der Lage ist die Überschreitung von Beschleunigungsgrenzwerten für das Inspektionsniveau der Anlage anzuzeigen. Für das Inspektionsniveau wurden die 0,4fachen Beschleunigungen des Bemessungserdbebens beibehalten, da diese Festlegung noch dem Stand von W & T entspricht. Als Bezugsgrößen für das Inspektionsniveau der Anlage wurden die 0,4fache Starrkörperbeschleunigungen und die mit dem Reduktionsfaktor 0,4 skalierten Beschleunigungsantwortspektren des Bemessungserdbebens herangezogen.

Ein höheres Inspektionsniveau wurde zugelassen, wenn der Nachweis geführt wird, dass der Bestimmungsgemäße Betrieb der Anlage auch nach dem Auftreten eines Erdbebens dieser Höhe möglich ist.

### **Zu „6 Maßnahmen nach Erdbeben“**

In Hinführung auf KTA 2201.6 wurde ein neuer Abschnitt 6 zur Berücksichtigung der grundsätzlichen Anforderungen bezüglich der Maßnahmen nach Erdbeben aufgenommen.

### **Zu „7 Auswirkungen auf den Standort“ (Abschnitt 8 der Fassung 1990-06)**

8.1 „Baugrund“ und 8.2 „Umgebung“ der Fassung 1990-06 wurden hier zusammengefasst. Die Anforderungen wurden präzisiert.