

# Dokumentationsunterlage zur Regeländerung

## KTA 2201.5

### Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen;

### Teil 5: Seismische Instrumentierung

Fassung 2015-11

- 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 KTA hat auf seiner 64. Sitzung am 10. November 2009 folgende Beschlüsse gefasst:

Der Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB) wird beauftragt, federführend den Entwurf zur Änderung der Regel

**KTA 2201.5** Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen;  
Teil 5: Seismische Instrumentierung  
(Fassung 1996-06)

mit einer Dokumentationsunterlage durch ein Arbeitsgremium erarbeiten zu lassen.

Der Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB) wird beauftragt, den Entwurfsvorschlag zur Änderung der Regel KTA 2201.5 zu prüfen und eine Beschlussvorlage für den KTA zu erarbeiten.

Die Geschäftsstelle wird beauftragt, diesen Beschluss zur Regel KTA 2201.5 dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Veröffentlichung im BAnz. zuzuleiten.

#### 2 Beteiligte Personen

##### 2.1 Arbeitsgremium

Dipl.-Ing. U. Becker	TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München
Dr. B. Elsche	E.ON Kernkraft GmbH, Hannover
Dr. M. Fabian	BMUB, Bonn
Dipl.-Ing. S. Hartenstein	E.ON Kernkraft GmbH, Brokdorf
D. Müller	WBI, Höchberg
Dipl.-Ing. D. Papandreou bis zur 8. Sitzung	AREVA GmbH, Offenbach
Dipl.-Ing. O. Schneider ab 9. Sitzung	AREVA GmbH, Offenbach
Dr.-Ing. T. Schmitt	SDA-engineering GmbH, Herzogenrath
Dipl.-Phys. M. Stein	EnBW Kernkraft, Neckarwestheim
Dr. P. Rangelow	AREVA GmbH, Offenbach
Dr. P. Sadegh-Azar	E.ON New Build & Technology GmbH, Gelsenkirchen

**2.2 KTA-Unterausschuss ANLAGEN- und BAUTECHNIK (Stand: September 2015)**

Obmann: Dr.-Ing. B. Elsche, E.ON Kernkraft GmbH, Hannover (ab November 2013)  
 Dr.-Ing. F. Sommer, E.ON Kernkraft GmbH, Hannover (bis November 2013)

Vertreter der Hersteller und Ersteller von Atomanlagen

Dipl.-Ing. A. Fila AREVA GmbH, Offenbach  
 (1. Stellvertreter: W. Roth, 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)

Vertreter der Betreiber von Atomanlagen

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

Dr.-Ing. B. Elsche E.ON Kernkraft GmbH, Hannover (ab November 2013)

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. Neundorf, Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH, Hamburg,  
 bis Nov. 2012)

Dr.-Ing. F. Sommer E.ON Kernkraft GmbH, Hannover bis November 2013  
 (Stellvertreter: Dr.-Ing. B. Elsche, E.ON Kernkraft GmbH, Hannover, ab Dezember 2012  
 bis November 2013)  
 (Stellvertreter: Dr.-Ing. R. Meiswinkel, E.ON Kernkraft GmbH, Hannover bis März 2012)

Vertreter des Bundes und der Länder

Dr. S. Borghoff Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit ab Nov. 2013  
 (1. Stellvertreter: Dr. M. Krauß, Bundesamt für Strahlenschutz, ab Dez. 2012)  
 (2. Stellvertreter: Dr. M. Fabian, BMUB, ab Dez. 2012)

Dipl.-Ing. H.-J. Fieselmann Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover  
 (1. Stellvertreter: MinR Dr. U. Hoffmann, Ministerium für Energiewende, Landwirt-  
 schaft, 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, Ener-  
 gie und Klimaschutz, Hannover, bis Nov. 2012)

S. Neveling Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit bis Nov. 2013  
 (1. Stellvertreter: Dr. M. Krauß, Bundesamt für Strahlenschutz, ab Dez. 2012)  
 (2. Stellvertreter: Dr. M. Fabian, BMUB, ab Dez. 2012)

(1. Stellvertreter: Dr. M. Fabian, BMUB, bis Nov. 2012)  
 (2. Stellvertreter: Dr. M. Krauß, Bundesamt für Strahlenschutz, bis Nov. 2012)

Vertreter der Gutachter und Beratungsorganisationen

Dipl.-Ing. S. Kirchner TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München, ab Dez. 2012

Dr.-Ing. F.-H. Schlüter (für: RSK) SMP-Ingenieure im Bauwesen, Karlsruhe, ab Nov. 2013

Dr. R. Stück Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln

Dipl.-Ing. G. Gerding (für: RSK) TÜV Nord EnSys Hannover GmbH & Co. KG, Hannover bis November 2013

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)

Vertreter sonst. Behörden, Organisationen und Stellen

F. Hennig (für: DGB)	E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Stade (Stellvertreter: W. Rhoden (für: DGB), E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Würgassen, ab Dez. 2012) (Stellvertreter: W. Pecher (für: DGB), E.ON Kernkraft GmbH, Kernkraftwerk Würgassen, bis Nov. 2012)
Dr.-Ing. J. Meyer (für: DIN)	HOCHTIEF Solutions AG, Frankfurt (Stellvertreter: Dr.-Ing. H. Sadegh-Azar (für: DIN), HOCHTIEF Solutions AG, Frankfurt)
BDir Dr.-Ing. H. Schneider (für: ARGEBAU)	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, ab Dez. 2012 (Stellvertreter: MinR Dr.-Ing. G. Scheuermann (für: ARGEBAU), Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, ab Dez. 2012 bis Nov. 2013)
MinR Dr.-Ing. G. Scheuermann (für: ARGEBAU)	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, bis Nov. 2012 (Stellvertreter: BDir Dr.-Ing. H. Schneider (für: ARGEBAU), Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, bis Nov. 2012)

**2.3 Weitere beteiligte Fachleute:**

Dipl.-Ing. S. Kirchner	TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Dr.-Ing. C. Liebing	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

**2.4 Zuständiger Mitarbeiter der KTA-Geschäftsstelle**

Dr.-Ing. R. Gersinska	KTA-GS beim BfS, Salzgitter
-----------------------	-----------------------------

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

(1) Zur Überarbeitung der Regel haben folgende Sitzungen stattgefunden:

1. Sitzung: 21.07.2010, E.ON, Hannover
2. Sitzung: 10.11.2010, AREVA, Offenbach
3. Sitzung: 17.-18.01.2011, GKN Neckarwestheim
4. Sitzung: 10.05.2011, E.ON Newbuild München
5. Sitzung: 26.07.2011, E.ON Hannover
6. Sitzung: 13.10.2011, E.ON Hannover
7. Sitzung: 20.12.2011, WBI Höchberg
8. Sitzung: 08.02.2012, AREVA Offenbach
9. Sitzung: 03.05.2012, E.ON Hannover
10. Sitzung: 11.07.2012, E.ON Hannover
11. Sitzung: 24.07.2012, AREVA Offenbach

(2) Es wurden Präsentationen und Kurzausarbeitungen zu folgenden Themen beraten:

- Seismische Instrumentierung für KKW
- Earthquake and Tsunami in Japan on March 11, 2011 and Consequences for Fukushima and other Nuclear Power Plants
- Einführung in die digitale Signalanalyse
- Aufstellorte der seismischen Instrumentierung im internationalen Vergleich
- Kurzausarbeitung zur seismischen Instrumentierung von Kernkraftwerken nach Kerntechnischem Regelprogramm, Regel 2201.5 Fassung 1996-06 und zur heutzutage notwendigen Anzahl seismischer Sensoren

- Anmerkung im Nachgang zur 9. Sitzung des Arbeitsgremiums am 3. Mai 2012 zum Regeländerungsentwurf zur KTA-Regel 2201.5 „Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 5: Seismische Instrumentierung“

(3) In der 11. Sitzung hat das AG den Regeländerungsentwurfsvorschlag KTA 2201.5, Fassung 2012-07 erarbeitet. Die Vorlage dieser Fassung bei der 107. Sitzung des UA-AB im September 2012 wurde von den anwesenden Mitgliedern einstimmig beschlossen. Im Nachgang an diese Sitzung wurden zur Vervollständigung die entschuldigten Mitglieder schriftlich zur Stimmabgabe aufgefordert. Im Ergebnis sind alle AG Mitglieder mit der Vorlage des Regeländerungsentwurfsvorschlages in der 107. Sitzung des UA-AB einverstanden, ein Mitglied jedoch nicht mit dem Inhalt.

(4) Der UA-AB hat auf seiner 107. Sitzung am 4. und 5. September 2012 den Regeländerungsentwurfsvorschlag geprüft und die Regeländerungsentwurfsvorlage KTA 2201.5 in der Fassung 2012-09 verabschiedet. Diese wurde mit der erforderlichen 5/6 Mehrheit (10 Ja-Stimmen und einer Gegenstimme bei 11 anwesenden Stimmen) für den Fraktionsumlauf freigegeben.

### 3.2 Erarbeitung des Regeländerungsentwurfs

(1) Die Regeländerungsentwurfsvorlage lag den Gruppen des KTA im Rahmen des Fraktionsumlaufs vom 1. Oktober 2012 bis 31. Dezember 2012 zur Kommentierung vor.

Es gab insgesamt 14 Einwendungen von folgenden 4 Einwendern:

1. Dr. Theodor Bloem, Westinghouse, Mannheim
  2. BMUB, Bonn
  3. GRS, Köln
  4. RSK-Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK
- (2) Das Arbeitsgremium KTA 2201.5 bearbeitete die eingegangenen Stellungnahmen auf seiner 12. Sitzung am 29. Januar 2013 bei E.ON in Hannover und 13. Sitzung am 6. August 2013 bei E.ON in Hannover

und beschloss mehrheitlich (mit 8 zu 1 Stimmen) die Verabschiedung des so erarbeiteten Regeländerungsentwurfsvorschlags zur Vorlage an den KTA Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB).

(3) Der UA-AB beriet auf seiner 109. Sitzung am 16. und 17. September 2013 über den neuen Regeländerungsentwurfsvorschlag und beschloss mit der erforderlichen Mehrheit von 12 zu 1 Stimmen dem KTA auf seiner 68. Sitzung am 19. November 2013 zu empfehlen, die in dieser Sitzung erarbeitete Regeländerungsentwurfsvorlage KTA-Dok.-Nr. 2201.5/13/1 (Fassung 2013-09) als Regeländerungsentwurf im verkürzten Verfahren gemäß § 7 Absatz 6 der Bekanntmachung über die Bildung eines Kerntechnischen Ausschusses in Verbindung mit Abschnitt 5.3 der Verfahrensordnung des KTA zu verabschieden.

(4) Der KTA beschloss auf seiner 68. Sitzung am 19. November 2013 mit der erforderlichen Mehrheit diese Regeländerungsentwurfsvorlage im verkürzten Verfahren gemäß § 7 Absatz 6 der Bekanntmachung über die Bildung eines Kerntechnischen Ausschusses in Verbindung mit Abschnitt 5.3 der Verfahrensordnung des KTA als Regeländerungsentwurf zu verabschieden. Die Bekanntmachung erfolgte im Bundesanzeiger am 19. Dezember 2013.

### 3.3 Erarbeitung der Regeländerung

(1) Im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung, die vom 1. Januar 2014 bis 31. März 2014 stattfand, sind insgesamt 19 Stellungnahmen zum Regeländerungsentwurf von folgenden Einwendern eingegangen:

- Dr. M. Fabian, BMUB, Bonn
- Dr. R. Zinn, Stangenberg und Partner Ingenieur GmbH, Bochum
- Dr. Weber, AREVA, Gilching

(2) Zur Klärung der Schnittstellen zwischen KTA 2201.5 und KTA 2201.6 wurde eine gemeinsame Sitzung der beiden AG am 25. Juni 2014 bei KKP in Philippsburg durchgeführt. In dieser Sitzung erfolgte auch ein Abgleich mit den SiAnf und Interpretationen.

(3) Das Arbeitsgremium bearbeitete die eingegangenen Stellungnahmen in seiner 14. Sitzung am 24. und 25. Juni 2014 bei KKP in Philippsburg und erarbeitete den Regeländerungsvorschlag KTA 2201.5 in der Fassung 2014-06. Das Arbeitsgremium beschloss einstimmig diesen Regeländerungsvorschlag dem KTA-Unterausschuss ANLAGEN- UND BAUTECHNIK (UA-AB) mit der Empfehlung vorzulegen, diese Fassung dem KTA zur Aufstellung als Regeländerung vorzuschlagen.

(4) Der Unterausschuss UA-AB hat in seiner 111. Sitzung am 16. und 17. September 2014 über den Regeländerungsvorschlag beraten und sah noch weiteren Beratungsbedarf hinsichtlich der Differenzierung zwischen Freifeld- und Gebäudeinstrumentierung. Das Arbeitsgremium beriet in seiner 15. Sitzung am 20. Januar 2015 bei E.ON in Hannover und am 10. März 2015 bei AREVA in Offenbach über die offenen Fragestellung des UA-AB und erarbeitete einen Regeländerungsvorschlag. Dieser wurde im Nachgang nochmals redaktionell überarbeitet und per E-Mail im Arbeitsgremium abgestimmt. Diese Vorgehensweise wurde in der 15. Sitzung des AG einstimmig beschlossen.

(5) Der UA-AB hat in seiner 113. Sitzung am 15. und 16. September 2015 einstimmig beschlossen, den Vorschlag des Arbeitsgremiums in der Fassung 2015-09 dem KTA als Regeländerungsvorlage KTA-Dok.-Nr. 2201.5/15/1 mit der Empfehlung vorzulegen, die Vorlage als Regeländerung zu verabschieden.

(6) Der KTA hat die Regeländerungsvorlage auf seiner 70. Sitzung am 10. November 2015 behandelt und einstimmig als Regeländerung in der Fassung 2015-11 beschlossen. Die Bekanntmachung dieses Beschlusses durch das BMUB erfolgte im Bundesanzeiger vom 26. November 2015. Der Volltext der Regel wurde durch das BMUB im Bundesanzeiger vom 8. Januar 2016 veröffentlicht.

#### 4 Berücksichtigte Regeln und Unterlagen

##### 4.1 Abgleich der KTA 2201.5 mit SiAnf (2012-12) und deren Interpretationen (2013-12)

Die Schnittstellen der KTA 2201.5 mit den SiAnf und deren Interpretationen wurden einander gegenüber gestellt und auf Umsetzung und Konsistenz geprüft. Eine ausführliche Darstellung des Abgleiches befindet sich in **Tabelle D-1** „Abgleich mit den SiAnf und deren Interpretationen“. Es wurden keine Widersprüche festgestellt.

Ebenso erfolgte ein Abgleich mit den geänderten SiAnf und Interpretationen vom März 2015, es wurden ebenfalls keine Widersprüche festgestellt.

Anforderungen gemäß SiAnf Anhang 3	Umsetzung in KTA 2201.5	Bewertung
<p>4.2.1.1 (8)</p> <p>Es ist eine seismische Instrumentierung zu installieren, anhand derer die ingenieurseismologischen Parameter relevanter Erdbeben festgestellt werden können.</p> <p>Die seismische Instrumentierung muss in der Lage sein, mehrere aufeinanderfolgende Beben aufzuzeichnen (Vor-, Haupt- und Nachbeben) und</p> <p>eine Überschreitung von Grenzwerten für das Inspektionsniveau der Anlage zuverlässig anzuzeigen.</p> <p>Anhand der Aufzeichnungen der seismischen Instrumentierung muss eine Aussage hinsichtlich aller Sicherheitseinrichtungen möglich sein.</p> <p>Die seismische Instrumentierung muss einen Vergleich zwischen dem Auslegungsspektrum und den Antwortspektren registrierter Erdbeben ermöglichen.</p>	<p>Die Regel KTA 2201.5 legt in ihrer Gesamtheit detaillierte Anforderungen an die seismische Instrumentierung von Kernkraftwerken fest.</p> <p>Die seismische Instrumentierung zeichnet den gesamten Beschleunigungszeitverlauf eines Erdbebens auf, damit können die ingenieurseismologischen Parameter berechnet werden.</p> <p>Aufgrund der Aufzeichnungsdauer von mindestens 30 Minuten können mehrere aufeinanderfolgende Beben aufgezeichnet werden.</p> <p>Mit der Messinstrumentierung wird direkt nach der Aufzeichnung das Antwortspektrum ermittelt und mit den Auslegungsspektren (z. B. Inspektionsniveau) verglichen. Die Zuverlässigkeit der Aufzeichnung wird durch die Charakteristik und Anzahl (vier) der Messinstrumente gewährleistet.</p> <p>Die Aussage wird ermöglicht auf Basis eines Gesamtkonzeptes von Auslegung, Messung und Kontrolle. Alle Sicherheitseinrichtungen sind rechnerisch gegen Erdbeben ausgelegt, das durch ein Bodenantwortspektrum im Freifeld definiert ist. An vier Orten sind Messungen vorgesehen. Weitere Maßnahmen sind in KTA 2201.6 beschrieben.</p> <p>Siehe oben.</p>	Erfüllt
<p>4.2.1.1 (9)</p> <p>In den Betriebsvorschriften sind Grenzwerte der seismischen Belastung festzulegen, bei deren Überschreitung Anlagenkontrollen und gegebenenfalls Maßnahmen (z. B. Abfahren der Anlage, Prüfung des Anlagenzustands) einzuleiten sind.</p> <p>Es ist sicherzustellen, dass dem Betriebspersonal die relevanten Werte aus der seismischen Instrumentierung zur Verfügung stehen und eine Alarmierung bei der Überschreitung festgelegter Grenzwerte erfolgt.</p>	<p>Nicht enthalten, da in SiAnf ausreichend geregelt.</p> <p>Unmittelbar nach Registrierung stehen dem Betriebspersonal die aufgezeichneten Beschleunigungszeitverläufe, die daraus abgeleiteten Antwortspektren und ein Vergleich der abgeleiteten Antwortspektren mit den rechnerischen Antwortspektren bezogen auf das Inspektionsniveau zur Verfügung. Bei Überschreitung der Grenzwerte erfolgt eine Alarmierung auf der Warte.</p>	Erfüllt

**Tabelle D-1:** Abgleich mit den SiAnf und deren Interpretationen

##### 4.2 Berücksichtigte nationale Regeln und Unterlagen

- KTA 2201.1 (Fassung 2011-11)

- KTA 2201.6 in der jeweils aktuellsten Überarbeitungsfassung
- Beschluss Kalkar I, Schneller Brüter, BVerfG 2. Senat, 2 BvL 8/77 vom 08.08.1978
- Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 20. November 2012

#### 4.3 Berücksichtigte internationale Regeln und Unterlagen

- U. S. Nuclear Regulatory Commission Reg. Guide RG 1.12, NUCLEAR POWER PLANT INSTRUMENTATION FOR EARTHQUAKES, March 1997
- U. S. Nuclear Regulatory Commission Reg. Guide RG 1.166, PRE\_EARTHQUAKE PLANING AND IMMEDIATE NUCLEAR POWER PLANT OPERATOR POSTEARTHQUAKE ACTIONS, March 1997
- EPRI Technical Report, Seismic Instrumentation in Nuclear Power Plants for Response to OBE Exceedance: Guideline for Implementation, EPRI TR-104239
- ENSI Richtlinie für schweizerische Kernanlagen, Seismische Anlageninstrumentierung, HSK-R-16/d, Februar 1980, Neudruck: Januar 1993
- U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, STANDARD REVIEW PLAN, NUREG-0800, Rev. 1, July 1981
- IAEA SAFETY GUIDE, Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, No. NS-G-1.6, Vienna 2003
- IAEA SAFETY GUIDE, Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants, No. NS-G-3.6, Dezember 2004
- IAEA SAFETY GUIDE, Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations, No. NS-G 2.13. May 2009
- ANSI/ANS-2.2-2002: Earthquake Instrumentation Criteria for Nuclear Power Plants Current Standard, Revision of ANSI/ANS-2.2-1988 (Erratum Issued) Item ID: 240246

## 5 Ausführungen zur Regeländerung

Das AG wurde vom UA-AB in der 101. Sitzung aufgefordert, eine Überarbeitung der Regel KTA 2201.5 vorzunehmen. In dieser sollen die Anforderungen der KTA 2201.1, Fassung 2011-11 umgesetzt sowie technische Neuerungen bei der Messtechnik berücksichtigt werden.

Dies führt im Wesentlichen zu Änderungen in den Abschnitten 3 und 4, siehe unten.

Im AG wurde darüber hinaus diskutiert, ob die Anzahl und Aufstellorte der Messinstrumente ausreichend sind, um eine Überschreitung des Inspektionsniveaus für die gesamte Anlage anzuzeigen. Ein AG Mitglied stellte den Umfang der hier beschriebenen und der bisherigen seismischen Instrumentierung in Frage und sah die Notwendigkeit, seismische Messinstrumente in weiteren Gebäuden aufzustellen. Für eine Klärung der Notwendigkeit, Nutzen und mögliche Nachteile wurde in mehreren Sitzungen über die Auslegungsphilosophie von Kernkraftwerken in Deutschland, den internationalen Stand bzgl. seismischer Instrumentierung und den ggf. vorhandenen Reserven bei Erdbeben diskutiert.

Mit der KTA 2201, insbesondere den Teilen 1-4, steht eine Regelreihe zur Verfügung, die eine anforderungsgerechte Auslegung sicherstellt. Der Teil 1 beschreibt die Einwirkung, Teil 2 den Baugrund, der Teil 3 die bauliche Auslegung und der Teil 4 die anlagentechnische Auslegung. Die Auslegung nach der Regelreihe 2201 erfolgt derart, dass die Einhaltung der Schutzziele mindestens bis zum Erreichen des Bemessungserdbebens gegeben ist.

Die Teile 5 und 6 regeln die Identifikation und Messung des Erdbebens sowie die Maßnahmen, die nach einem Erdbeben eingeleitet werden müssen. Bei einer Auslegung der Anlage gemäß den Teilen 1-4 ist, wie oben beschrieben, die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet. Unter Berücksichtigung der Regel KTA 2201.6 ist das Kraftwerk bei einem 0,6-fachen Bemessungserdbeben herunterzufahren. Darüber hinaus sind schon bei einem Erdbeben, welches dem 0,4-fachen des Bemessungserdbebens entspricht, Inspektionen durchzuführen und je nach Ergebnis ggf. das Kraftwerk abzufahren.

Für die Beantwortung der oben gestellten Frage, ob die Anzahl der Messinstrumente ausreichend ist, wurde ein Vergleich mit internationalen Vorschriften durchgeführt. Hierzu wurde Herr Dr. Henkel (Wölfel Beratende Ingenieure) als Experte hinzugezogen. Der Vergleich der Anzahl der Messinstrumente in den verschiedenen internationalen Normen und Vorschriften für Kernkraftwerke hat ein heterogenes Bild gezeigt. Des Weiteren sind unterschiedliche Anwendungskriterien bei der Auswertung der Messergebnisse sowie der durchzuführenden Maßnahmen vorgeschrieben. Eine isolierte Betrachtung der Anzahl der Messeinrichtungen ist daher nicht zielführend. Eher müssten durch ein schlüssiges und aufeinander abgestimmtes Gesamtkonzept die Schutzziele gewährleistet werden. Der IAEA SAFETY GUIDE NS-G-1.6 sieht eine sogenannte Basisinstrumentierung und eine erweiterte Instrumentierung vor. Bei der Basisinstrumentierung sind nur das Freifeld mit einer Messeinrichtung und das Reaktorgebäude mit zwei Messeinrichtungen zu versehen. Diese Instrumentierung ist bei einer maximalen Bodenbeschleunigung im Freifeld kleiner als 0,25 g vorzusehen. Bei größeren maximalen Bodenbeschleunigungen im Freifeld ist darüber hinaus auch in einem weiteren sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude eine Instrumentierung vorzusehen. Die unter 4.3 weiter aufgeführten Normen wurden ebenfalls diskutiert. In den US-amerikanischen Normen wird keine Unterscheidung zwischen einer niedrigen und einer hohen Seismizität getroffen. Das AG ging daher davon aus, dass primär Gebiete mit hoher Seismizität adressiert sind. Lediglich im zitierten IAEA Guide sind Unterscheidungen getroffen. Basierend hierauf sind die Anforderungen in der KTA Regel 2201.5 abgestimmt worden. Die schweizer Regelung fordert beispielsweise die Instrumentierung einer einzelnen Komponente, was nach Ansicht des AG eine andere Zielsetzung im Vergleich zu der KTA darstellt.

Unter Berücksichtigung der geringen seismischen Intensität, die in Deutschland vorhanden ist, und den entsprechenden Maßnahmen nach Überschreiten verschiedener Erdbenniveaus sah es das Gremium daher mehrheitlich als ausreichend an, die vorhandene Instrumentierung beizubehalten. Sicherheitsgerichtet wurde in Anlehnung an KTA 2201.1 und in Abstimmung mit der Regel KTA 2201.6 aber noch ergänzt, dass auch unterhalb des Inspektionsniveaus bei Erreichen der Triggerschwelle für die Datenaufzeichnung eine Anlagenkontrolle - mit dem Augenmerk den bestimmungsgemäßen Zustand der Anlage hinsichtlich Schäden infolge eines Erdbebens zu überprüfen - durchzuführen ist. Somit ist ein anforderungsgerechtes aufeinander abgestimmtes Konzept gewährleistet und bei Identifizierung eines Erdbebens durch eine Messeinrichtung mindestens eine Anlagenbegehung durchzuführen. Diese zusätzliche Vorsorgemaßnahme wird auch im Vergleich zu internationalen Normen als anforderungsgerecht bewertet.

Das AG sah diese Vorgehensweise mehrheitlich als einen gangbaren Weg an.

Die Konformität der KTA 2201.5 mit den Sicherheitsanforderungen wurde festgestellt.

### **Zu Abschnitt „Grundlagen“**

Der Abschnitt Grundlagen wurde an die KTA 2201.1 Fassung 2011-11 angepasst. Der Text wurde an die neue Philosophie der derzeit in Überarbeitung befindlichen KTA 2201.6 angepasst. Die Verweise auf die Sicherheitskriterien und Störfalleitlinien wurden durch Verweise auf die neuen Sicherheitsanforderungen und die Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen ersetzt.

### **Zu Abschnitt 1 „Anwendungsbereich“**

Dieser Abschnitt wurde ergänzt hinsichtlich einer Einschränkung auf das Bemessungserdbeben mit einer maximalen Bodenbeschleunigung kleiner 0,25 g, siehe hierzu auch IAEA SAFETY GUIDE NS-G-1.6. Die deutschen Kernkraftwerkstandorte weisen eine kleinere Starrkörperbeschleunigung als 0,25 g auf. Deshalb sieht das AG zur Zeit keinen Regelungsbedarf für Fälle größer als 0,25 g.

### **Zu Abschnitt 2 „Begriffe“**

Der Abschnitt wurde überarbeitet, notwendige Begriffe aufgenommen und im Regeltext nicht mehr vorkommende Begriffe entfernt.

### **Zu Abschnitt 3 „Anforderungen an die seismische Instrumentierung“**

#### **Zu Abschnitt 3.1 „Allgemeines“**

Der Text wurde zur Anpassung an die KTA 2201.1 und die SiAnf und Interpretationen überarbeitet. Eine seismische Instrumentierung wird für alle Anlagen unabhängig von der Starrkörperbeschleunigung, die am Standort vorliegt, gefordert. Der ursprüngliche Text wurde durch allgemeine Anforderungen ersetzt. Der Text wurde an die neue Philosophie der derzeit in Überarbeitung befindlichen KTA 2201.6 angepasst.

#### **Zu Abschnitt 3.2 „Aufstellorte“**

Der Abschnitt 3.2 ersetzt die Abschnitte 3.2 und 3.3 der ursprünglichen Regel. Es wird nicht mehr zwischen Trigger und Wächter unterschieden. Der Text wurde an die neuen Begrifflichkeiten angepasst.

Es wurden zwei Hinweise vor Absatz (1) ergänzt, um die Differenzierung zwischen der Freifeldinstrumentierung und der Gebäudeinstrumentierung zu verdeutlichen.

**Zu (1):** Wurde zur besseren Verständlichkeit ergänzt. Es wurde ein Hinweis aufgenommen, wie in den anderen Gebäuden die Einwirkungen ermittelt werden können.

**Zu (2):** Gibt die grundsätzliche Anforderung wider, wie die Instrumentierung aufgebaut sein muss (siehe auch Abschnitt 4 Instrumentencharakteristik).

**Zu (3):** Wurde zum besseren Verständnis umformuliert. Im AG wurde mit hinzugezogenen Experten diskutiert, welche Anforderungen an den Aufstellort zu stellen sind. Es bestand Einigkeit darüber, dass für die deutschen KKW-Standorte die Untergrundverhältnisse jeweils ähnlich sind und eine Freifeldmessung auf dem Gelände, die keinen Einfluss von Gebäuden hat, die Erdbebenanregung für den Standort repräsentativ wiedergibt. Der genaue Standort auf dem Gelände kann dann standortspezifisch unter den im Abschnitt 3.2 genannten Anforderungen gewählt werden. Ergänzt wurde, dass die Aufstellkonstruktion nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Messung des Freifeldspektrums haben darf.

**Zu (4):** Wurde ergänzt zur Berücksichtigung des Bezugshorizontes.

**Zu (5):** Entspricht im Wesentlichen dem alten (1). Zusätzlich wurde ergänzt, dass betriebsbedingte Beeinträchtigungen vernachlässigbar sein sollen.

**Zu (6):** Entspricht im Wesentlichen dem alten (4).

**Zu (7):** Entspricht im Wesentlichen dem alten (3).

**Zu (8):** Entspricht im Wesentlichen dem alten (5).

**Zu (9):** Bei Mehrblockanlagen ist das AG der Ansicht, dass grundsätzlich eine Freifeldinstrumentierung ausreichend ist. Bei dieser Überlegung wird von ähnlichen Untergrundverhältnissen ausgegangen. Sind die Untergrundverhältnisse nicht ähnlich, sind nach Meinung des AG weitere Freifeldinstrumentierungen erforderlich. Dies entspricht im Wesentlichen den Anforderungen der KTA 2201.5, Fassung 1996-06.

**Zu (10):** Dieser Absatz entspricht im Wesentlichen den Anforderungen der KTA 2201.5, Fassung 1996-06, Abschnitt 3.3. Die darin geregelte Abweichung, ein Reaktorgebäude mit einer seismischen Instrumentierung auszurüsten, wenn sich der Verlauf der Bauwerkantwortspektren der Reaktorgebäude im Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 30 Hz für keine Frequenz um mehr als  $\pm 10\%$  unterscheidet, war nur anwendbar bei nahezu baugleichen Anlagen, welche ohnehin nahezu gleiche Bauwerkantwortspektren aufweisen, sodass diese „10%-Regelung“ entfallen konnte. Dies wird im neuen Regeltext durch die Abweichung bei ähnlicher Gebäudestruktur und ähnlichen Untergrundverhältnissen ersetzt.

## **Zu Abschnitt 4 „Instrumentencharakteristik“**

### **Zu Abschnitt 4.1 „Allgemeines“**

Der erste Absatz wurde gestrichen, weil der Hinweis auf digitale Technik Stand 2011 überflüssig ist.

Die Unterscheidung zwischen Registrierbereitschaft und Systembetrieb ist nicht mehr relevant. Aktuelle Systeme sind immer in Betrieb. Zudem erlauben aktuelle Systeme einen Systembetrieb (eingeschlossen ist die Registrierbereitschaft von >24 Stunden).

### **Zu Abschnitt 4.2 „Beschleunigungsmesseinrichtung“**

Die Toleranzen werden nach dem Stand der Technik auf den Messbereichsendwert der verwendeten Messeinrichtung bezogen. Zum Einsatz kommen Sensoren mit einem Messbereichsendwert von 1 g.

Einzelangaben zur Dynamik sind bei den Komponenten zu finden.

### **Zu (2)**

Es werden Mindestanforderungen an die Messeinrichtungen definiert. Sinnvolle Ergänzungen die zur technischen Realisierung erforderlich sind, wie z. B. die Verwendung eines Hochpassfilters kleiner gleich 1 Hz beim Trigger zur Datenaufzeichnung, sind zulässig.

#### **Zu (2) a) aa):**

Eine Abweichung von 1 % entspricht dem Stand der Technik. Eine rechnerische Korrektur ist wie in der Vorgängerversion zulässig.

#### **Zu (2) a) ab):**

Toleranzangaben zum Phasenfrequenzgang in einem System zur Schwingungsmessung, dessen Zeitsignale zur Beurteilung herangezogen werden sind zwingend erforderlich (Überlagerung der einzelnen Frequenzanteile). Die Angabe von 2 % entspricht der Angabe vergleichbarer Normen (siehe DIN 45669, ISO 8041) und somit dem Stand der Technik.

Die Forderung zur Dämpfung nach der Fassung 1996-06 3 a) ab) ist bei heutigen Sensoren nicht mehr relevant.

#### **Zu (2) a) ac):**

Forderung entspricht dem Stand der Technik. Im AG wurde für das Beispiel Philippsburg die Dynamik bestimmt. Als untere Messgrenze wurde 50 % des Triggerschwellenwertes angesetzt. Als obere Grenze wurde die dreifache maximale Bodenbeschleunigung im Freifeld angesetzt. Dieses entspricht vereinfacht den Beschleunigungen auf der Beckenflurebene. Aus diesen Werten ergibt sich die erforderliche Dynamik unter Berücksichtigung eines Rauschabstandes von 20 dB.

$$\text{Erforderlich } D = 20 \log(6 \text{ m/s}^2 : 0,05 \text{ m/s}^2) + 20 \text{ dB} = 62 \text{ dB} \quad (\text{D-1})$$

Abdeckend wurde hier entsprechend dem Stand der Marktverfügbarkeit für zertifizierte Systeme 84 dB angegeben. Bei Nachweis einer geringeren erforderlichen Dynamik (siehe o.g. Formel) kann davon abgewichen werden und ein System mit geringerer Dynamik verwendet werden.

#### **Zu (2) a) ad):**

Die Angabe des Temperaturbereiches bei Messsystemen ist erforderlich. Die Werte orientieren sich an aktuell verfügbaren Sensorsystemen

#### **Zu (2) a) ae):**

Die Angabe ist erforderlich, um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch messsystembedingtes Rauschen zu vermeiden.

#### **Zu b) Registriergerät:**

##### **Zu (2) b) ba)**

Die Angabe zur Dynamik entspricht dem Stand der Technik. Formulierung zur Synchronisierung ist aktualisiert.

##### **Zu (2) b) bb)**

Formulierung eingefügt, Hinweis zur Auflösung siehe bc)

**Zu (2) b) bc)**

Hinweis zur Auflösung konkretisiert. Anmerkung: Um eine Frequenzauflösung von 0,1 Hz im FFT-Spektrum zu erreichen, wird eine Messzeit von min. 10 sec. benötigt. Unter „4“ wird eine Mindestmesszeit von 30 sec gefordert, daraus folgt eine Frequenzauflösung von 0,033 Hz (Auflösung = 1/Messzeit).

**Zu (2) b) bd)**

Der Hinweis auf „Aliasing“ ist zwingend erforderlich. Wird das Abtastkriterium verletzt (Abtastfrequenz zu klein), so entstehen falsche Frequenzlinien im Signalspektrum. Diese sind vom echten Frequenzinhalt des Signals nachträglich nicht zu unterscheiden.

**Zu (2) b) be)**

Hinweis hinzugefügt. Registrierung darf nicht erst mit dem Überschreiten der Triggerschwelle beginnen

**Zu (2) c) Trigger zur Datenaufzeichnung**

Die Absätze „Seismische Trigger und „Seismische Wächter“ wurden gestrichen und durch die neuen Absätze „c) Trigger zur Datenaufzeichnung“ und „d) Trigger zur Alarmgebung“ ersetzt. Sinnvolle Formulierungen aus den gestrichenen Absätzen wurden ggf. verändert übernommen. Die früher als „seism. Wächter“ und „seism. Trigger“ bezeichneten Eigenschaften sind beide integraler Bestandteil aktueller Systeme.

**Zu (2) c) ca)**

Neue Formulierung.

**Zu (2) c) cb)**

Formulierung aktualisiert.

**Zu (2) d) Trigger zur Alarmgebung**

Neu hinzugefügt.

**Zu (3)**

Formulierung grundlegend geändert, um nach den Erfahrungen aus den Erdbeben in Japan eine hinreichend lange Aufzeichnung zu gewährleisten. Zudem muss die Messung eine Aufzeichnung vor dem Überschreiten des Schwellenwertes sicherstellen.

**Zu (4)**

Eine Überprüfung im eingebauten Zustand ist elektrisch mittels Kipptischtest möglich. Die geforderten Prüfungen sind nur mit ausgebautem Sensor möglich. Der Sensor hat die Eigenschaft gegen Erdbeschleunigung, also statisch messen zu können. Dieser Effekt wird verwendet, um den Sensor auf einem Kipptisch zu kalibrieren. Hierzu wird der Sensor auf einer horizontalen Platte montiert und diese in vordefinierten Winkeln nach oben „gekippt“. Durch die Lageveränderung ergeben sich Änderungen der Istwerte des vertikal messenden Sensors. Diese werden mit Sollwerten verglichen.

**Zu (5) und (6)**

Um die permanente Funktionalität des Systems sicherzustellen, muss das System regelmäßige Selbsttests durchführen können. Hierzu gehören die autonome Spannungsversorgung, die Funktionalität des Speichers und der Test der Meldekette.

Zum alten 4.3 Trigger zur Alarmgebung.

Wurde gestrichen, siehe (3), c), d).

**Zu (7)**

Zur Anregung von außen kann z. B. ein Klopfest durchgeführt werden.

**Zu Abschnitt 5 „Auslösung und Meldung“****Zu (1) und (2)**

In den Absätzen (1) und (2) wurden keine inhaltlichen Änderungen vorgenommen, die Absätze entsprechen dem alten (1). Die Begriffe „seismischer Trigger“ und „seismischer Wächter“ wurden ersetzt.

**Zu (3)**

Entspricht im Wesentlichen altem (2).

**Zu (4)**

Entspricht altem (3). Es gibt keinen Blattschreiber mehr.

**Zu (4) der Fassung 1996-06:** Die Prüfung beim Auftreten der Sammelmeldung, ob sie durch ein Erdbeben ausgelöst wurde, entfällt, da diese Forderung in KTA 2201.6 geregelt ist.

**Zu (5)**

Aufgrund der verfügbaren Messtechnik ist es möglich, die Auswertung direkt nach Eintritt des Ereignisses vorzunehmen. Daher wurde hier ergänzt, dass die Auswertung (Vergleich der Spektren) unmittelbar nach Eintritt des Ereignisses vorliegt. Dies entspricht auch der Philosophie der KTA 2201.6.

**Zu (5) der Fassung 1996-06:** entfällt, da die Anforderungen in (4) bei Mehrblockanlagen für jeden Block gilt.

**Zu Abschnitt 6 „Dokumentation“**

Dieser Abschnitt blieb unverändert.