

**KTA 2201.5**  
**Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen**  
**Teil 5: Seismische Instrumentierung**  
**Fassung 2015-11**

Frühere Fassungen der Regel: 1977-06 (BAnz. Nr. 144 vom 5. August 1977)  
1990-06 (BAnz. Nr. 20a vom 30. Januar 1991)  
1996-06 (BAnz. Nr. 216a vom 19. November 1996)

Inhalt

	Seite
Grundlagen .....	2
1 Anwendungsbereich .....	2
2 Begriffe .....	2
3 Anforderungen an die seismische Instrumentierung .....	2
3.1 Allgemeines .....	2
3.2 Aufstellorte .....	2
4 Instrumentencharakteristik .....	3
4.1 Allgemeines .....	3
4.2 Beschleunigungsmesseinrichtung .....	3
5 Auslösung und Meldung .....	4
6 Dokumentation .....	4
Anhang: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird .....	5

## Grundlagen

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

(2) Zur Erreichung dieser Ziele behandelt die Regel KTA 2201.5 der Reihe KTA 2201 "Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen" die seismische Instrumentierung für Kernkraftwerke. Als weitere Teile gehören dazu:

Teil 1: Grundsätze

Teil 2: Baugrund

Teil 3: Bauliche Anlagen

Teil 4: Anlagenteile

Teil 6: Maßnahmen nach Erdbeben

(3) Ziel der seismischen Instrumentierung ist festzustellen, ob am Standort eines Kernkraftwerks ein seismisches Ereignis stattgefunden hat und welche Größe diese seismische Einwirkung im Vergleich zur Einwirkung, die der Auslegung zugrunde gelegt wurde, aufweist.

(4) Diese Regel gibt an, welche Anforderungen an eine seismische Instrumentierung zu stellen sind, damit einerseits festgestellt werden kann, ob die dem Anlagenbegehungsniveau und dem Inspektionsniveau zugrundegelegten Bemessungsgrößen überschritten worden sind und damit andererseits durch die Registrierung von Erdbebenzeitverläufen Eingabewerte für eine rechnerische Nachprüfung gewonnen werden können. Diese Anforderungen sind so definiert, dass unabhängig vom Erfassungssystem sowohl im Zeit- wie auch im Frequenzbereich gleiche Ergebnisse im Rahmen der Toleranzen ermittelt werden.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist auf Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren an Standorten mit einer maximalen Bodenbeschleunigung des Bemessungserdbebens von nicht größer als 0,25 g anzuwenden.

## 2 Begriffe

### (1) Beschleunigungsaufnehmer

Beschleunigungsaufnehmer erfassen die Beschleunigungen in drei orthogonalen Richtungen und wandeln die Beschleunigungen in übertragbare Signale um.

### (2) Beschleunigungsmesseinrichtung

Eine Beschleunigungsmesseinrichtung ist eine Einrichtung, welche die Messung und Aufzeichnung der Absolutbeschleunigung als Funktion der Zeit durchführt. Sie besteht im Wesentlichen aus Beschleunigungsaufnehmern, Registriergeräten und seismischen Triggern.

### (3) Registriergerät

Ein Registriergerät ist ein Gerät, das Messwerte als Funktion der Zeit aufzeichnet.

### (4) Trigger

Ein Trigger ist eine Einrichtung, die bei Überschreitung eines Schwellenwerts eine Aktion auslöst.

## 3 Anforderungen an die seismische Instrumentierung

### 3.1 Allgemeines

(1) Die seismische Instrumentierung ist vorzusehen, um

- a) seismische Einwirkungen für den Standort und die Anlage zu erkennen und zu quantifizieren,
- b) die Beschleunigungen zu messen, die Beschleunigungszeitverläufe aufzuzeichnen und zu speichern und
- c) einen Vergleich mit den der Auslegung der Anlage zugrunde gelegten Bemessungsgrößen zu ermöglichen.

(2) Es ist sicherzustellen, dass mittels der seismischen Instrumentierung eine Überschreitung der Triggerschwellen für die Datenaufzeichnung (Anlagenkontrollen nach KTA 2201.1) festgestellt und angezeigt wird.

**Hinweis:**

Anlagenkontrollen in Gebäuden, die sicherheitstechnisch wichtige Anlagenteile enthalten, sind in KTA 2201.6 geregelt.

(3) Es ist sicherzustellen, dass unmittelbar nach einem seismischen Ereignis festgestellt und angezeigt wird, ob die Kriterien für das Inspektionsniveau nach KTA 2201.1 überschritten oder maßgeblich überschritten (Abfahrniveau nach KTA 2201.6) sind. Dazu müssen die aufgezeichneten Beschleunigungszeitverläufe, die daraus abgeleiteten Antwortspektren und ein Vergleich der abgeleiteten Antwortspektren mit dem Bodenantwortspektrum (Freifeldantwortspektrum) oder den rechnerischen Bauwerksantwortspektren bezogen auf das Inspektionsniveau unmittelbar nach der Aufzeichnung zur Verfügung stehen.

(4) Die aufgezeichneten Beschleunigungszeitverläufe müssen für rechnerische Nachprüfungen geeignet sein.

**Hinweis:**

Rechnerische Nachprüfungen können z. B. dynamische Berechnungen oder Spektrenvergleiche von sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteilen und sicherheitstechnisch wichtigen baulichen Anlagen sein.

### 3.2 Aufstellorte

**Hinweise:**

(1) Grundlage für die Auslegung ist das Freifeldspektrum. Ein Vergleich des gemessenen Antwortspektrums im Freifeld mit dem zugehörigen standortspezifischen Freifeldspektrum ermöglicht eine Aussage für die gesamte Anlage, da auf Basis des standortspezifischen Freifeldantwortspektrums die Beanspruchungen der gesamten Anlage im Rahmen der Auslegung rechnerisch bestimmt wurden.

(2) Aufgrund der Berechnungsmethodik beinhalten die Bauwerksantwortspektren Konservativitäten. Daher ermöglicht ein Vergleich der gemessenen Antwortspektren im Gebäude mit den zugehörigen Bauwerksantwortspektren nur eine Aussage für den Aufstellort. Darüberhinaus können die gemessenen Daten im Gebäude zu Kontrollzwecken und zur Überprüfung der Rechenmodelle genutzt werden.

(1) Es sind Beschleunigungsmesseinrichtungen im Freifeld und im Reaktorgebäude vorzusehen.

**Hinweis:**

Beschleunigungswerte in den Gebäuden können im Falle eines Erdbebens auf Basis der Messwerte im Freifeld anhand von Berechnungen bestimmt werden. Dies entspricht auch der Vorgehensweise bei der Anlagenauslegung nach KTA 2201.1 bis KTA 2201.4.

(2) Für die Aufstellorte im Freifeld und Reaktorgebäude muss sichergestellt werden, dass die aus den gemessenen Beschleunigungszeitverläufen ermittelten Freifeldantwortspektren

und die Bauwerkantwortspektrn (jeweils drei orthogonale Richtungen) zur Bewertung nach KTA 2201.6 herangezogen werden können.

#### Hinweis:

Die Definition des Freifeldantwortspektrums und des Bauwerkantwortspektrums ist in der KTA 2201.1 gegeben.

(3) Die Aufstellkonstruktion und die lokale Topographie des Geländes sowie die Inhomogenität des Untergrundes dürfen nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Messung der Freifeldbeschleunigungen haben. Darüber hinaus ist im Freifeld die Beschleunigungsmesseinrichtung so aufzustellen, dass ein Einfluss von Gebäuden auf die zu messenden Werte ausgeschlossen werden kann. Für die Aufstellung der Beschleunigungsmesseinrichtung genügt eine Entfernung vom Reaktorgebäude, die mindestens der doppelten Länge der größten Fundamentabmessung des Reaktorgebäudes entspricht, sowie eine Entfernung von den anderen Bauwerken, die mindestens der größten Grundrissabmessung dieser Bauwerke entspricht.

(4) Sofern die Bezugshorizonte des Standortspektrums und des Aufstellortes der Freifeldinstrumentierung nicht übereinstimmen, ist eine entsprechende Transformation des Standortspektrums auf den Bezugshorizont des Aufstellortes vorzunehmen.

(5) Im Reaktorgebäude sind mindestens drei Beschleunigungsmesseinrichtungen aufzustellen: Zwei in der unteren Bauwerksebene und eine im oberen Teil des Reaktorgebäudes (z. B. auf der Beckenflurebene), wobei die horizontalen Abstände der unteren Beschleunigungsaufnehmer möglichst groß gewählt werden sollten. Die Aufstellorte sollten so gewählt werden, dass ein direkter Vergleich der gemessenen Werte mit den entsprechenden Bemessungsgrößen möglich ist. Am Aufstellort sollten betriebsbedingte Beeinträchtigungen der Messungen vernachlässigbar sein.

(6) Die Beschleunigungsaufnehmer der Beschleunigungsmesseinrichtungen sollen so ausgerichtet werden, dass ihre Achsen parallel zu den Achsen des in der seismischen Berechnung angenommenen Koordinatensystems des Reaktorgebäudes liegen.

(7) Die Beschleunigungsmesseinrichtung muss für die notwendige Bedienung und Wartung zugänglich sein. Die Beschleunigungsmesseinrichtung muss so ausgelegt und installiert sein, dass die Auswertbarkeit der Aufzeichnungen nicht z. B. durch eine Beschädigung durch Anlagenteile oder bauliche Anlagen, die bei einem Erdbeben versagen, oder die Überlagerung des gemessenen Erdbebensignals mit erdbebeninduzierten Schwingungen in der Nähe befindlicher Komponenten beeinträchtigt wird.

(8) Die Beschleunigungsaufnehmer der Beschleunigungsmesseinrichtung sind so zu befestigen, dass keine Relativbewegungen zur Auflagerung auftreten.

(9) Bei Mehrblockanlagen ist eine gemeinsame Beschleunigungsmesseinrichtung im Freifeld ausreichend, wenn ähnliche Untergrundverhältnisse für alle Blöcke und den Aufstellort der Messeinrichtung vorliegen.

(10) Bei Mehrblockanlagen ist jedes Reaktorgebäude mit einer seismischen Instrumentierung auszurüsten. Hiervon darf in begründeten Fällen, z. B. bei ähnlicher Gebäudestruktur und ähnlichen Untergrundverhältnissen, abgewichen werden.

## 4 Instrumentencharakteristik

### 4.1 Allgemeines

(1) Die seismische Instrumentierung muss in der Lage sein, an allen Aufstellorten einen zuverlässigen Vergleich zwischen

den Antwortspektrn des Inspektionsniveaus und des Bemessungserdbebens und den Antwortspektrn der aufgetretenen seismischen Einwirkung zu ermöglichen.

(2) Bei Ausfall der Fremdstromversorgung ist ein Systembetrieb von 24 Stunden zu gewährleisten.

(3) Die Instrumentenwartung und -prüfung sind gemäß den Herstellerempfehlungen durchzuführen.

(4) Das Prüfintervall darf ein Jahr nicht überschreiten.

### 4.2 Beschleunigungsmesseinrichtung

(1) Die Beschleunigungsmesseinrichtung muss so beschaffen sein und installiert werden, dass die Beschleunigungen im Messbereich mit einem auf den Messbereichsendwert bezogenen Fehler von nicht mehr als 1 % gemessen werden.

(2) Charakteristik der Messeinrichtung:

#### a) Beschleunigungsaufnehmer

aa) Die Abweichung des Amplitudenfrequenzganges vom Amplitudensollwert darf im Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 30 Hz nicht mehr als  $\pm 1$  % betragen. Im Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 30 Hz dürfen keine Resonanzen auftreten. Der Amplitudenfrequenzgang darf rechnerisch korrigiert werden.

ab) Die Abweichung des Phasenfrequenzganges vom Sollwert darf im Frequenzbereich von 1 Hz bis 30 Hz nicht mehr als  $\pm 2$  % betragen. Der Phasenfrequenzgang darf rechnerisch korrigiert werden.

ac) Die Dynamik soll 84 dB betragen. Bei Nachweis einer geringeren erforderlichen Dynamik darf davon abgewichen werden und ein System mit geringerer Dynamik verwendet werden. Die Querachsenempfindlichkeit gegenüber Beschleunigungskomponenten orthogonal zur Aufnehmerachse darf 3 % nicht überschreiten.

ad) Die Spezifikationen sind innerhalb eines Temperaturbereiches von  $-20$  °C bis  $60$  °C einzuhalten.

ae) Der Abstand des Grundrauschens zur unteren Messbereichsgrenze muss mindestens 20 dB betragen.

#### b) Registriergerät

ba) Die Dynamik muss mindestens 72 dB für die Aufzeichnung betragen. Die Messwerte aller Kanäle sind aufzuzeichnen. Der zeitliche Versatz zwischen den Kanälen muss kleiner oder gleich 5 ms sein.

bb) Der zu erfassende Frequenzbereich muss kleiner oder gleich 0,1 Hz bis mindestens 30 Hz betragen.

bc) Die aufgezeichnete Datenbasis muss sicherstellen, dass in der Nachbearbeitung eine Frequenzauflösung von 0,1 Hz erreicht wird.

bd) Aliasingeffekte müssen verhindert werden.

be) Das Registriergerät muss den Beschleunigungszeitverlauf mindestens 10 s vor der Triggerauslösung aufzeichnen.

#### c) Trigger zur Datenaufzeichnung

ca) Für die Datenaufzeichnung ist im Registriergerät ein entsprechender Schwellenwert für alle 3 Messrichtungen zu setzen.

cb) Zur Unterdrückung nicht erdbebenbedingter Störeinflüsse ist für das Triggersignal ein Tiefpassfilter mit einer Eckfrequenz von 10 Hz zu verwenden.

cc) Sowohl die vertikale als auch die horizontale seismische Erregung müssen eine Auslösung verursachen.

#### d) Trigger zur Alarmgebung

da) Als Schwellenwert zur Alarmgebung ist im Registriergerät ein entsprechender Schwellenwert für alle 3 Messrichtungen zu setzen.

db) Der Frequenzbereich von 0,1 Hz bis mindestens 30 Hz muss erfasst werden.

dc) Sowohl die vertikale als auch horizontale seismische Erregung müssen die Grenzwertmeldung auslösen.

(3) Beschleunigungsaufnehmer und Registriergerät müssen permanent in Betrieb sein. Die Datenaufzeichnung muss nach einer vom Trigger zur Datenaufzeichnung erfassten Grenzwertüberschreitung erfolgen und darf frühestens 30 Sekunden nach der letzten Grenzwertüberschreitung abgeschaltet werden. Eine entsprechende Vorlaufzeit zur Erfassung der Historie vor Schwellwertüberschreitung des Triggers zur Datenaufzeichnung ist gemäß Absatz (2) Aufzählung be) zu berücksichtigen. Nach Überschreiten des Schwellenwertes des Triggers zur Datenaufzeichnung und dem Beginn der Aufzeichnung muss die Größe des Datenspeichers für eine Aufzeichnungsdauer von mindestens 30 Minuten ausreichen.

**Hinweis:**

Durch diese Auslegung der seismischen Instrumentierung wird sichergestellt, dass neben dem Hauptbeben auch eventuelle Vor- und Nachbeben aufgezeichnet und gespeichert werden können.

(4) Zur periodischen Prüfung des Sensors muss dieser ausgebaut werden können. Mindestens das Übertragungsverhalten ist mechanisch z. B. durch einen Kipptischtest zu prüfen.

(5) Zur Überprüfung des Systems muss ein automatischer, periodischer Selbsttest aktiviert werden können, der mindestens folgende Punkte überprüft und das Ergebnis dokumentiert:

a) Triggertest auf jedem Kanal

b) Speichertest (lesen/schreiben)

c) Batteriespannungstest für alle eingebauten Batterien

(6) Ist während des Selbsttests eine aktive Messung systembedingt nicht möglich, so ist sicherzustellen, dass immer nur an einer der Messstellen ein Selbsttest durchgeführt wird.

(7) Die prinzipielle Funktionsfähigkeit des Sensors im eingebauten Zustand soll geprüft werden können (z. B. Anregung von Außen).

## 5 Auslösung und Meldung

(1) Die Schwellenwerte für die Trigger zur Datenaufzeichnung im Reaktorgebäude sind auf Beschleunigungsgrenzwerte von nicht mehr als 0,1 m/s<sup>2</sup> einzustellen. Der Schwellenwert für den Trigger zur Datenaufzeichnung im Freifeld ist auf einen Beschleunigungsgrenzwert von nicht mehr als 0,2 m/s<sup>2</sup> einzustellen. Durch schaltungstechnische Maßnahmen muss gewährleistet sein, dass bereits durch das Überschreiten einer Triggerschwelle durch die Beschleunigungen an einem Aufstellort die Datenerfassung auf allen Registriergeräten gestartet wird.

(2) Bei häufigen nicht erdbebenbedingten Auslösungen eines Triggerschwellenwertes sollte zum Beispiel dessen Aufstellungsort verändert werden. Eine Heraufsetzung des Beschleunigungsgrenzwertes darf nur dann vorgenommen werden, wenn keine anderen Maßnahmen zum Erfolg führen.

(3) Die Schwellenwerte für die Trigger zur Alarmgebung sind auf Beschleunigungsgrenzwerte einzustellen, die den an den Aufstellorten festgesetzten oder berechneten maximalen Beschleunigungen für das Inspektionsniveau entsprechen.

(4) Folgende Meldungen sind in der Warte oder in einem Wartennebenraum zu protokollieren:

a) Auslösung der Messwerterfassung und -aufzeichnung,

b) Auslösung eines jeden Triggers zur Alarmgebung,

c) Ausfall der Fremdstromversorgung für die in Abschnitt 3 geforderten Instrumentierung.

Diese Meldungen sind zu einer Sammelmeldung zusammenzufassen, die in der Warte optisch und akustisch zu melden ist.

(5) Es muss der Vergleich der Ereignisanantwortspektren mit den der Auslegung zugrunde gelegten Spektren und die Feststellung, ob das Inspektionsniveau überschritten oder maßgeblich überschritten wurde, in der Warte oder in einem Wartennebenraum unmittelbar nach dem Ereignis vorliegen.

## 6 Dokumentation

Die Ergebnisse von Messungen, Wartungen und Prüfungen der seismischen Instrumentierung sind zu dokumentieren.

## Anhang

### Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

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

AtG		Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Artikel 307 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I 2015, Nr. 35, S. 1474)
StrlSchV		Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010)
SiAnf	(2015-03)	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)
Interpretationen	(2015-03)	Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3)
KTA 2201.1	(2011-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 1: Grundsätze
KTA 2201.2	(2012-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 2: Baugrund
KTA 2201.3	(2013-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 3: Bauliche Anlagen
KTA 2201.4	(2012-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 4: Anlagenteile
KTA 2201.6	(2015-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 6: Maßnahmen nach Erdbeben