

	DIN IEC 63186 (VDE 0491-12)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 27.120.20

Einsprüche bis 2020-04-21

Entwurf

**Kernkraftwerke –
Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung –
Kriterien für seismische Abschaltsysteme
(IEC 45A/1282/CD:2019);
Text Deutsch und Englisch**

Nuclear power plants –
Instrumentation and control systems important to safety –
Criteria for seismic trip system
(IEC 45A/1282/CD:2019);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-02-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 39 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Abkürzungen	9
5 Allgemeine Betrachtungen	10
5.1 Aufgabe	10
5.2 Kriterien für die Umsetzung eines automatischen seismischen Abschaltsystems	10
5.3 Kategorisierung und Klassifizierung	11
5.4 Betrachtung einer Anlage mit mehreren Blöcken	11
6 Anforderungen an die Systemauslegung	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Anforderungen an die seismische Auslegung	11
6.3 Systemarchitektur	11
6.4 Einbauorte	12
6.5 Parameter für die Abschaltung	12
6.6 Grenzwert für die Abschaltung	12
6.7 Anforderungen an die Schnittstelle	13
6.8 Mensch-Maschine-Schnittstelle	13
6.9 Anforderungen für den Einsatz von digitaler Technologie	13
6.10 Umwelteinflüsse	13
6.11 Vorkehrungen der Auslegung für Wartung und Prüfung	13
6.12 Anforderungen an die Stromversorgung	14
7 Auslegungsanforderungen an die Komponenten	14
7.1 Allgemeines	14
7.2 Anforderungen an die Beschleunigungssensoren	14
7.2.1 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit	14
7.2.2 Überlegungen zum Einbau	14
7.3 Signalverarbeitungseinheit	15
7.4 Anforderungen an das Logikbauteil	15
8 Anforderungen an die Qualifizierung	15
8.1 Allgemeines	15
8.2 Qualifizierung für Umwelteinflüsse	15
8.3 EMV-Qualifizierung	16
8.4 Seismische Qualifizierung	16

Anhang A (informativ) Anwendungsfälle automatischer seismischer Abschaltssysteme	17
A.1 Auslegung des automatischen seismischen Abschaltsystems für den CAP1400	17
A.2 Das IAPS-System in einer VVER-Anlage	18
A.3 Das Erdbeben-Schnellabschaltssystem im französischen Versuchsreaktor	19
Literaturhinweise	20
Bilder	
Bild A.1 – Systembild des Erdbeben-Schnellabschaltsystems	18

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 45A/1282/CD:2019 „Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Criteria for seismic trip system“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 45A „Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 967.1 „Elektro- und Leittechnik für kerntechnische Anlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Einleitung

a) Technischer Hintergrund, Hauptinhalte und Organisation der Norm

Erdbeben stellen eine der größeren äußeren Gefährdungen für den sicheren Betrieb von Kernkraftwerken dar. Gebäude, Systeme und Komponenten, die für die Sicherheit eines Kernkraftwerks wichtig sind, werden allgemein für ein angenommenes Erdbeben der Bemessungsgrundlage ausgelegt. Um nachteilige Auswirkungen eines starken Erdbebens zu entschärfen und zusätzlich die Reaktorsicherheit zu erhöhen, wurde in einige Reaktorauslegungen ein automatisches seismisches Abschaltssystem (ASTS) eingebaut.

Dennoch fehlte lange Zeit eine betreffende IEC-Norm für die Auslegung solcher leittechnischer Systeme. Lehren aus dem Reaktorunglück von Fukushima haben die Bedeutung eines automatischen seismischen Abschaltsystems gezeigt, da es wertvolle Vorlaufzeit liefert und die Sicherheitsmarge für die Beherrschung von schwerwiegenden Störfällen erhöht. IEC 63186 ist der erste Ansatz in diesem Bereich und liefert eine technische Anleitung und Anforderungen für die Auslegung dieses Systems. Sie behandelt zunächst allgemeine Betrachtungen für automatische seismische Abschaltssysteme und erklärt die Gründe für die Systemauslegung. Sie enthält spezifische Anforderungen für die Systemauslegung und die Gerätespezifikation. Die Norm enthält auch Prüfanforderungen, die dazu verwendet werden, die Funktionalität der Systemauslegung zu zeigen.

b) Einordnung der vorliegenden Norm in die Struktur der Normen des IEC/SC 45A

IEC 63186 ist ein IEC/SC-45A-Dokument der dritten Ebene und behandelt die Auslegung des automatischen seismischen Abschaltsystems.

Sie basiert auf einer Reihe von IEC/SC-45A-Dokument der ersten und zweiten Ebene. Zum Beispiel bezieht sich IEC 63186 für allgemeine Anforderungen auf [IEC 61513](#), für die Klassifizierung auf [IEC 61226](#) und für Prüfanforderungen auf IEC/IEEE 60780-323.

Mehr Details über die Struktur der Normen des IEC/SC 45A sind in Punkt d) dieser Einleitung zu finden.

c) Empfehlungen und Einschränkungen für die Anwendung der Norm

Die Auslegung eines automatischen seismischen Abschaltsystems sollte mit der Gesamtauslegung der Anlage und den spezifischen seismischen Auslegungsanforderungen abgestimmt sein. Die Kernaufgaben, die koordiniert werden müssen, sind – jedoch nicht ausschließlich – Klassifizierung, Systemarchitektur, Einbauorte der Beschleunigungssensoren, Schnittstellen zu angesteuerten Geräten und Abschalt-Grenzwerte.

Diese Norm konzentriert sich auf die Auslegungsanforderungen für automatische seismische Abschaltssysteme. Andere Teile des Systemlebenszyklus, insbesondere die Anforderungen für Betrieb und Instandhaltung, sind nicht im Anwendungsbereich der IEC 63186.

d) Beschreibung der Struktur der Normen des IEC/SC 45A und der Beziehungen zu weiteren Dokumenten der IEC sowie anderer Organisationen (IAEA, ISO)

Die Eingangsdokumente der Normen des IEC/SC 45A sind [IEC 61513](#) und IEC 63046. [IEC 61513](#) enthält allgemeine Anforderungen an die leittechnischen Systeme und Geräte, die zur Ausführung sicherheitstechnisch wichtiger Funktionen in Kernkraftwerken genutzt werden. IEC 63046 enthält allgemeine Anforderungen für elektrische Systeme von Kernkraftwerken, sie umfasst Stromversorgungssysteme einschließlich der Versorgungssysteme für die Leittechnik. [IEC 61513](#) und IEC 63046 sind miteinander und gleichrangig zu berücksichtigen. Durch [IEC 61513](#) und IEC 63064 werden die Normen des IEC/SC 45A strukturiert und ein komplettes Rahmenwerk allgemeiner Anforderungen für leittechnische und elektrische Systeme von Kernkraftwerken aufgebaut.

In [IEC 61513](#) und IEC 63046 wird für allgemeine Themen direkt auf andere Normen des IEC/SC 45A verwiesen, dazu gehören die Kategorisierung von Funktionen und Klassifizierung von Systemen, Qualifizierung, Trennung, Maßnahmen gegen Versagen aufgrund gemeinsamer Ursache (CCF), Wartenauslegung, elektromagnetische Verträglichkeit, Cybersicherheit, Software- und Hardwareaspekte programmierbarer digitaler Systeme, Koordination von Maßnahmen zur Sicherheit und IT-Sicherheit sowie Alterungsmanagement. Die

Normen, auf die direkt verwiesen wird, bilden die zweite Ebene und sollten zusammen mit IEC 61513 und IEC 63046 als ein in sich konsistenter Satz von Dokumenten betrachtet werden.

Die dritte Ebene bilden Normen des IEC/SC 45A, auf die in IEC 61513 oder IEC 63046 nicht direkt verwiesen wird, dazu gehören Normen für spezielles Gerät, technische Verfahren oder spezifische Aktivitäten. Sie beziehen sich hinsichtlich der allgemeinen Themen auf die Dokumente der zweiten Ebene, können jedoch im Allgemeinen für sich allein benutzt werden.

Eine vierte Ebene erweitert die Normen des IEC/SC 45A um Technische Berichte, die nicht normativ sind.

In den Normen des IEC/SC 45A werden die Prinzipien und grundsätzlichen Aspekte der Sicherheit und IT-Sicherheit der IAEA-Sicherheitsstandards und der relevanten Dokumente der IAEA-Standards zur nuklearen IT-Sicherheit (NSS) umgesetzt. Dies betrifft insbesondere Anforderungen des IAEA Safety Standards SSR-2/1, in dem die Sicherheitsanforderungen für die Auslegung von Kernkraftwerken festgeschrieben werden, und der IAEA Safety Guides SSG-30 für die Sicherheitsklassifikation der Gebäude, Systeme und Komponenten in Kernkraftwerken, SSG-39 für die Auslegung der Leittechnik in Kernkraftwerken und SSG-34 für die Auslegung der Stromversorgung in Kernkraftwerken und des IAEA Implementing Guides NSS 17 für die IT-Sicherheit von Rechnern in kerntechnischen Anlagen. Terminologie und Definitionen in den Normen des IEC/SC 45A sind konsistent mit denen, die von der IAEA verwendet werden.

Für IEC 61513 und IEC 63046 wird ein Darstellungsformat verwendet, das dem der grundlegenden Sicherheitsnorm IEC 61508 ähnlich ist, mit einem Lebenszyklus als Gesamtrahmen und einem Systemlebenszyklus. Mit IEC 61513 und IEC 63046 werden die allgemeinen Anforderungen von IEC 61508-1, IEC 61508-2 und IEC 61508-4 für die Anwendung auf dem nuklearen Sektor umgesetzt. In diesem Rahmen entsprechen IEC 60880, IEC 62138 und IEC 62566 bezogen auf den nuklearen Sektor der IEC 61508-3. IEC 61513 und IEC 63046 beziehen sich bei den Themen der Qualitätssicherung (QS) sowohl auf ISO als auch auf IAEA GS-R-3, IAEA GS-G-3.1 und IAEA GS-G-3.5. Auf Ebene 2 ist IEC 62645 das Eingangsdokument für die Normen des IEC/SC 45A zur IT-Sicherheit. Es baut auf die übergeordneten Prinzipien und Hauptkonzepte der generischen IT-Sicherheitsstandards auf, insbesondere auf ISO/IEC 27001 und ISO/IEC 27002; wobei es jene für die Anwendung im nuklearen Kontext adaptiert und vervollständigt sowie mit IEC 62443 koordiniert. Auf Ebene 2 ist IEC 60964 das Eingangsdokument für die Normen des IEC/SC 45A zu Warten, und IEC 62342 das Eingangsdokument für die Normen des IEC/SC 45A zum Alterungsmanagement.

ANMERKUNG 1 Es wird angenommen, dass für die Auslegung von leittechnischen Systemen in Kernkraftwerken, die konventionelle Sicherheitsfunktionen enthalten (z. B. in Bezug auf Arbeitssicherheit, Schutz von Vermögenswerten, chemische und prozesstechnische Gefährdungen), internationale und nationale Normen angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Arbeitsbereich des IEC/SC 45A wurde 2013 erweitert, um auch elektrische Systeme abzudecken. In den Jahren 2014 und 2015 wurde in IEC/SC 45A diskutiert, wie und wo allgemeine Anforderungen für die Auslegung elektrischer Systeme behandelt werden sollten. Die Experten des IEC/SC 45A empfahlen, eine selbständige Norm auf derselben Ebene wie IEC 61513 zu entwickeln und allgemeine Anforderungen für elektrische Systeme aufzustellen. Dazu wurde jetzt das Projekt IEC 63046 gestartet. Sobald IEC 63046 veröffentlicht wird, verliert diese Anmerkung 2 der Einleitung der Normen des IEC/SC 45A ihre Gültigkeit.

**Kernkraftwerke –
Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung –
Kriterien für seismische Abschaltsysteme**

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Mindestanforderungen für die Auslegung des automatischen seismischen Abschaltsystems (ASTS) und dessen Bestandteile fest, die in einem Kernkraftwerk zur Entschärfung seismischer Auswirkungen verwendet werden. Dieses System ist dazu bestimmt, den in Betrieb befindlichen Reaktor automatisch abzuschalten, bevor er in größerem Maß von Bodenerschütterungen durch starke Erdstöße beschädigt wird. Diese Norm ist sowohl für Neubauten als auch auf die Verbesserung von in Betrieb befindlichen Anlagen verwendbar. Sie darf auch zur Auslegung anderer Typen nuklearer Anlagen verwendet werden, deren Normalbetrieb im Fall starker seismischer Bewegungen unterbrochen werden muss.

ANMERKUNG Außer automatischen seismischen Abschaltsystemen sind auch andere Bezeichnungen für das in dieser Norm beschriebene System möglich, z. B. seismisches SCRAM-System oder Erdbeben-SCRAM-Abschaltsystem.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 61513, *Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety – General requirements for systems*

IEC 61226, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Classification of instrumentation and control functions*

IEC/IEEE 60780-323, *Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification*

IEC/IEEE 60980-344, *Nuclear facilities – Equipment important to safety – Seismic qualification*

IEC 60987, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Hardware design requirements for computer-based systems.*

IEC 60880, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category A functions*

IEC 62138, *Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety – Software for computer-based I&C systems supporting category B and C functions*

IEC 62566, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits for systems performing category A functions.*

IEC 62645, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems – Requirements for security programmes for computer-based systems*

IEC 62003, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Requirements for electromagnetic compatibility testing.*

IEC 60529, *Degree of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60709, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Separation*

IEC 60671, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Surveillance testing*

3 Begriffe

3.1

Beschleunigungssensor

(en: acceleration sensor)

Instrument, das in der Lage ist, die absolute Beschleunigung zu erfassen und ein analoges oder digitales Signal zu erzeugen

3.2

kumulative absolute Geschwindigkeit

(en: cumulative absolute velocity)

Zeitintegral einer absoluten Beschleunigung über die Zeitdauer einer starken Erderschütterung

3.3

Freifläche

(en: free field)

Ort auf der Erdoberfläche oder in den Unterschichten der Anlage, der weit genug entfernt von den Anlagegebäuden ist, um von den Erschütterungen der Anlagegebäude im Wesentlichen nicht betroffen zu werden

3.4

Wartungsüberbrückung

Überbrückung bei der Wartung

(en: maintenance bypass)

genehmigte Handlung oder Einrichtung, die einen oder mehrere Teile des Sicherheitssystems für Instandhaltungs-, Prüf- oder Reparaturzwecke außer Betrieb nimmt

[IEC 60050-395, 395-07-75]

3.5

Erdbeben der Auslegungsbasis

Auslegungserdbeben

OBE/S1

(en: operating basis earthquake – OBE/S1)

Erdbeben, mit dessen Eintreten nach allgemeiner Erfahrung während der betrieblichen Lebensdauer der Anlage am Anlagenstandort unter Beachtung der regionalen und lokalen Geologie und Seismologie und spezifischen Eigenschaften der lokalen Untergrundbeschaffenheit gerechnet werden muss

Anmerkung 1 zum Begriff: Es ist das Erdbeben, das die schwingende Bodenbewegung hervorruft, für die solche Einrichtungen des Kernkraftwerks ausgelegt werden, um funktionstüchtig zu bleiben. Diese sind für den fortlaufenden Betrieb ohne übermäßige Risiken für Gesundheit und Sicherheit der Öffentlichkeit erforderlich.

[IEC/IEEE 60980-344]

3.6

Spitzenwert der Bodenbeschleunigung

PGA

(en: peak ground acceleration (PGA))

der absolute Spitzenwert der Beschleunigung über den Zeitverlauf.

3.7

Qualifizierung

(en: qualification)

Verfahren zur Feststellung, ob ein System oder eine Komponente für den betrieblichen Einsatz geeignet ist. Die Qualifizierung wird im Einklang mit einer bestimmten Klassifizierung eines leittechnischen Systems und einem spezifischen Satz von Anforderungen an die Qualifizierung durchgeführt.

[IEC 61513:2011]

3.8

Erdbeben, das ein sicheres Abfahren erfordert

SSE/S2

(en: safe shutdown earthquake – SSE/S2)

Erdbeben, das sich auf der Bewertung des maximalen Erdbebenpotenzials unter Berücksichtigung der regionalen und lokalen Geologie und Seismologie und spezifischen Eigenschaften der lokalen Untergrundbeschaffenheit gründet. Es ist das Erdbeben das die maximale schwingende Bodenbewegung hervorruft, für die solche Einrichtungen des Kernkraftwerks ausgelegt werden, um funktionstüchtig zu bleiben. Diese Gebäude, Systeme und Komponenten sind erforderlich, um erfahrungsgemäß Sicherheit für folgende Punkte zu bieten:

- a) Unversehrtheit der druckführenden Umschließung für das Reaktorkühlmittel,
- b) Fähigkeit, den Reaktor abzuschalten und ihn in einem sicheren Abschaltzustand zu halten,
- c) Fähigkeit, den Auswirkungen von Störfällen, die zu möglichen Freisetzungen in die Umgebung führen könnten, vorzubeugen oder sie zu verhindern, entsprechend den gültigen behördlichen Anforderungen.

[IEC/IEEE 60980-344]

3.9

Sicherheitsfunktion

(en: safety function)

spezielle Aufgabe, die für die Sicherheit durchgeführt werden muss

[IAEA Safety Glossary, Ausgabe 2007]

3.10

dreiaxial

(en: tri-axial)

Fähigkeit, eine Variable in zueinander orthogonalen Komponenten (Richtungen) zu messen, eine davon ist üblicherweise vertikal; bezieht sich auf die Funktion eines Instruments oder einer Gruppe von Instrumenten.

4 Abkürzungen

Abkürzung	Englisch	Deutsch
ALARA	As Low As Reasonably Achievable	so niedrig wie mit erträglichem Aufwand erreichbar
ASTS	Automatic Seismic Trip System	automatisches seismisches Abschaltssystem
CAV	Cumulative absolute velocity	gesamte Absolutgeschwindigkeit
CRDM	Control Rod Drive Mechanism	Antrieb der Steuerstäbe
DBE	Design Basis Event	Auslegungsstörfall
EMC	Electro Magnetic Compatibility	elektromagnetische Verträglichkeit
ESS	Earthquake Scram System	Schnellabschaltung bei Erdbeben
FPGA	Field Programmable Gate Array	programmierbarer Elektronikbaustein (Gatterfeld)
HMI	Human machine interface	Mensch-Maschine-Schnittstelle
IAPS	Industrial Anti-seismic Protecting System	industrielles Erdbebenschutzsystem
I&C	Instrumentation and Control	Leittechnik
NPP	Nuclear Power Plant	Kernkraftwerk
PGA	Peak Ground Acceleration	Spitzenwert der Bodenbeschleunigung
SSC	Structure, Systems and Components	Gebäude, Systeme und Komponenten
SOE	Sequence of Event	Ablauf des Ereignisses
V&V	Verification & Validation	Nachweis und Plausibilitätsprüfung

5 Allgemeine Betrachtungen

5.1 Aufgabe

Erdbeben stellen eine der größeren äußeren Gefährdungen für den sicheren Betrieb von Kernkraftwerken dar. Gebäude, Systeme und Komponenten, die für die Sicherheit eines Kernkraftwerks wichtig sind, werden allgemein für ein angenommenes Erdbeben der Bemessungsgrundlage ausgelegt, um möglichen Auswirkungen eines Erdbebens zu widerstehen. Um die nachteiligen Auswirkungen eines starken Erdbebens zu entschärfen und zusätzlich die Reaktorsicherheit zu erhöhen, wurde in einige Reaktorauslegungen ein automatisches seismisches Abschaltssystem eingebaut.

Das automatische seismische Abschaltssystem lässt sich für verschiedene Aufgaben einsetzen, z. B. als eine Vorsichtsmaßnahme bei unzulänglichen seismischen Auslegungen, die sich erst im Betrieb herausstellen. In Fällen, bei denen geologische Studien oder beobachtete Erdbeben in der Nähe des Geländes die Möglichkeit einer Erdbebengefährdung andeuten, lassen sich automatische seismische Abschaltssysteme als zusätzliche Maßnahmen einsetzen, um die Widerstandsfähigkeit eines bestehenden Kraftwerks gegen Erdbeben zu erhöhen.

In anderen Fällen, in denen sich das erwartete seismische Niveau infolge von Erdbeben der Auslegungsbasis eingrenzen lässt, werden Sicherheitssysteme in angemessener Weise entwickelt, um die gewünschten Sicherheitsfunktionen während und nach seismischen Bewegungen umzusetzen. In solchen Fällen lassen sich automatische seismische Abschaltssysteme einsetzen, um die Reaktorsicherheit gegen Erdbeben zusätzlich zu verbessern. Sowohl die Erfahrung als auch Studien haben belegt, dass sofortige seismische Abschaltungen während eines starken Erdbebens eine vorteilhafte Vorlaufzeit bewirken können, z. B. zwischen 5 s und 20 s, was hilft, die Last während des seismischen Ereignisses zu vermindern, und bei den Anlagensystemen tritt weniger Belastung auf. Solche automatischen Abschaltssysteme helfen auch dabei, die Wahrscheinlichkeit eines Störfalls durch Kühlmittelverlust oder eine ernstzunehmende Transiente nach einem seismischen Ereignis zu reduzieren. Eine frühere Auslösung kann beispielsweise die Drücke und Lasten von Transienten, wie auch den Anstieg der Energiefreisetzung im Reaktorkern, reduzieren. Bei einem Störfall mit Kühlmittelverlust wird eine frühere Auslösung die Transienten der Brennstäbe und den Druck des Druckbehälters vermindern.

Automatische seismische Abschaltssysteme tragen in positiver Weise zur Sicherheit des Betriebs von Kernkraftwerken bei, indem sie die seismischen Risiken vermindern, sie hängen dennoch von der Entscheidung der nationalen Behörden, Planer und Eigentümer der Energieversorgungsbetriebe ab. Die Zeitwahl für die Auslösung des automatischen seismischen Abschaltsystems dürfte wichtig für die Analyse der Ereignisse nach der Auslösung sein. Daher sollte der Abschaltstatus an ein System zur Ereignisüberwachung (SOE) gesendet werden.

5.2 Kriterien für die Umsetzung eines automatischen seismischen Abschaltsystems

Die Entscheidung hängt von den Anforderungen der nationalen Behörden, der Bewertung des Planers und den Erwägungen der Eigentümer der Energieversorgungsbetriebe ab. Eine wohlbegründete Entscheidung muss die folgenden Faktoren in Betracht ziehen:

- 1) Die Stärke, Häufigkeit und Dauer von Erbebenaktivitäten auf dem Anlagengelände.
- 2) Die Widerstandsfähigkeit der Systeme des Kernkraftwerks gegen seismische Stöße.
- 3) Überlegungen in Bezug auf Fehlabschaltungen.
- 4) Auswirkungen auf die Stabilität des nationalen oder regionalen elektrischen Netzes.
- 5) Zwingende Anforderungen, die in nationalen gesetzlichen Vorschriften verankert sind.
- 6) Weitere Faktoren, soweit anwendbar und geeignet.

Eine Entscheidung dürfte auf der Grundlage eines oder einer Kombination dieser Faktoren getroffen werden und die relative Bedeutung jedes Problems dürfte von Land zu Land unterschiedlich sein.

5.3 Kategorisierung und Klassifizierung

IEC 61226 fordert, dass eine Funktion zur Beobachtung und Einleitung von Maßnahmen nach einem natürlichen Ereignis, einschließlich seismischer Störungen, zumindest Kategorie C zugeordnet sein muss. Somit dürfte die Funktion einer automatischen Erdbebenabschaltung als Kategorie C eingeordnet werden. Dennoch ist dies die Mindestanforderung. Sofern dieser Funktion eine zusätzliche Sicherheitsrelevanz beigemessen wird oder es zwingende behördliche Anforderungen gibt, muss die Funktion der automatischen Erdbebenabschaltung je nach Zweckdienlichkeit Kategorie A oder B sein.

Die Erdbebenabschaltfunktion darf entweder in einem eigenständigen System oder in Verbindung mit weiteren leittechnischen Systemen umgesetzt werden. In beiden Fällen muss die Sicherheitsklasse des automatischen seismischen Abschaltsystems mit der Kategorisierung der Funktion, die ihm nach **IEC 61513** zugeordnet ist, zusammenpassen. Im Fall der Einbindung in weitere leittechnische Systeme muss das automatische seismische Abschaltssystem so ausgelegt werden, dass die Verbreitung von Fehlern von oder in die eingebundenen Systeme verhindert wird.

5.4 Betrachtung einer Anlage mit mehreren Blöcken

Wenn ein automatisches seismisches Abschaltssystem von mehreren Blöcken genutzt wird, die auf derselben Anlage liegen, so sollte die Anfälligkeit des Netzes für Störsignale aufgrund von fehlerhaften Schaltbefehlen betrachtet werden, insbesondere in Ländern mit schwachen nationalen Stromnetzen, da dies zum Zusammenbruch des nationalen Netzes führen dürfte.

Sofern es als angemessen erscheint, Abschaltsignale des automatischen seismischen Abschaltsystems zu verbreiten, müssen Anzeigen in jedem Block darauf hinweisen. Um ihre Betriebsfähigkeit während und nach S2-Erdbeben sicherzustellen, sollte die Aussendung der Abschaltsignale an die anderen Blöcke auf dem Gelände nur mit Umsicht durchgeführt werden.

6 Anforderungen an die Systemauslegung

6.1 Allgemeines

Ein automatisches seismisches Abschaltssystem überwacht fortlaufend die seismischen Aktivitäten auf dem Anlagengelände und erzeugt automatisch ein Abschaltsignal, wenn der überwachte Parameter den Grenzwert oder ein gesetztes Kriterium überschreitet. Das Abschaltsignal wird durch spezielle Vorrichtungen ausgelöst, um den Reaktor abzuschalten, z. B. durch Öffnen der Trennschalter, die den Stromfluss an die Antriebe der Steuerstäbe (CRDMs) überwachen.

Das Bestreben der Auslegung muss dem Stellenwert der Sicherheit und Klassifizierung entsprechen, die dem automatischen seismischen Abschaltssystem als Ergebnis der Überlegungen zur übergeordneten Auslegung der Anlage beigemessen wird. Besondere Sorgfalt sollte dem Vermeiden von Reaktor-Fehlabschaltungen gewidmet werden, soweit es technologisch möglich ist.

6.2 Anforderungen an die seismische Auslegung

Ein automatisches seismisches Abschaltssystem dient dazu, beim Auftreten eines starken Erdbebens eine automatische Reaktorabschaltung herbeizuführen. Folglich besteht eine zwingende Anforderung an das System und seine Komponenten darin, während und nach einem Erdbeben funktionstüchtig zu bleiben. Um derartige Fähigkeiten sicherzustellen, muss das automatische seismische Abschaltssystem gegen Erdbeben der Auslegungsgrundlage, die als S2 bekannt sind, ausgelegt, hergestellt und geprüft werden. Dies muss durch Qualifizierung nach IEC/ IEEE 60980-344 sichergestellt werden.

6.3 Systemarchitektur

Die ausgeführte Systemarchitektur des automatischen seismischen Abschaltsystems muss die gültigen Anforderungen nach **IEC 61513** erfüllen. Die Architektur des automatischen seismischen Abschaltsystems muss insbesondere zur Vermeidung von Reaktor-Fehlabschaltungen ausgelegt werden.

Um das Ziel einer hohen Systemverlässlichkeit und einer geringen Wahrscheinlichkeit für fehlerhafte Betätigung zu erreichen, muss das automatische seismische Abschaltssystem über eine redundante Struktur verfügen, um die Übereinstimmung zwischen redundanten Kanälen herbeizuführen und ein korrektes Abschaltsignal zu veranlassen. Geeignete Vorkehrungen, insbesondere physikalische Trennung nach **IEC 60709**, müssen zur Sicherstellung der Unabhängigkeit getroffen werden.

6.4 Einbauorte

Zur zuverlässigen Bestimmung der Überschreitung von Grenzwerten müssen dreiaxige Beschleunigungssensoren zur Nutzung durch das automatische seismische Abschaltssystem dort angebracht werden, wo die Geschoß- oder Bodenerschütterung aus dynamischen Berechnungen der Erdbebenreaktion der baulichen Strukturen infolge eines Erdbebens theoretisch ermittelt und nachgewiesen wurde. Die Beschleunigungssensoren sollten an Stellen der Gebäudestrukturen mit derselben Erdbebenreaktion angebracht werden, so dass die Übereinstimmung genau festgestellt werden kann.

Der bevorzugte Ort ist das Kellergeschoss des Nukleargebäudes, da dort die Erdbebenreaktion dem anrollenden Erdbeben auf dem Anlagengelände am nächsten ist. Es wird im Gegenteil nicht empfohlen, die Beschleunigungssensoren zum Zweck der Reaktorabschaltung auf der Freifläche anzuordnen, wodurch sie anfällig für schädliche Einflüsse sowie Kabelbruch werden.

Um zusätzlich fehlerhafte Betätigung aufgrund örtlicher Schwingungen zu vermeiden, müssen Beschleunigungssensoren verteilt angeordnet und fern von Einrichtungen liegen, die Schwingungen oder Einflüsse während des Betriebs erzeugen. Der Grundsatz von ALARA (so niedrig wie mit erträglichem Aufwand erreichbar) muss befolgt werden, um die Gefährdung des Betriebspersonals durch Strahlung während des Aufenthalts zu reduzieren.

6.5 Parameter für die Abschaltung

Die Bodenschwingungssignale lassen sich auf verschiedene Arten zum Zweck der Einleitung einer automatischen Auslösung verarbeiten. Dies beinhaltet den Spitzenwert der Bodenbeschleunigung (PGA), den Gesamtwert der Absolutgeschwindigkeit (CAV) und das Antwortspektrum usw. Um die angestrebte Vorlaufzeit einzuhalten, sollte PGA als der zu bevorzugende Abschaltparameter verwendet werden.

6.6 Grenzwert für die Abschaltung

In Übereinstimmung mit den seismischen Auslegungsmethoden kann der Grenzwert für die Abschaltung unter Bezug auf S1 oder S2 bestimmt werden. Beide Grenzwerte in der Nähe von S1 oder S2, bekannt als niedriger bzw. hoher Abschaltwert, lassen sich auf internationaler Ebene in praktischen Anwendungen finden.

Der niedrige Abschaltwert wird nahe an den S1-Wert für Erdbeben gelegt, der üblicherweise mit Betriebsgrenzen verbunden wird. Bei diesem Wert wird erwartet, dass sicherheitsrelevante Gebäude, Systeme und Komponenten noch betriebsfähig bleiben, und der Reaktor aufgrund der Aufsichtsbehörde für weitere Untersuchungen abgeschaltet werden muss. Von den niedrigen Werten für die automatische Abschaltung wird erwartet, dass sie zu einer früheren Reaktorabschaltung führen, bevor die maximalen Erschütterungen des Erdbebens erreicht werden, und sich größere Sicherheitsabstände erzielen lassen, wodurch sich Drücke und Lasten der Transienten und der Anstieg der Wärmeerzeugung im Reaktor verringern lassen.

Der hohe Abschaltwert wird mit dem S2-Wert für Erdbeben verbunden, ab dem erhebliche Schäden infolge starker seismischer Bewegungen auftreten. Ein hoher Abschaltwert kann die Wahrscheinlichkeit für Fehlabschaltungen, hervorgerufen durch Erdbeben von geringer Stärke, Schwingungen von Einrichtungen oder ungewolltem Einwirken verringern.

Der Grenzwert für eine spezifische Anwendung muss sorgfältig abgewogen werden. In Fällen, in denen das automatische seismische Abschaltssystem dazu dient, Befürchtungen zu entkräften, dass wirkliche Erdbeben die besagte Auslegungsbasis mit hoher Wahrscheinlichkeit übertreffen, sollte ein Abschaltpunkt nahe S2 bevorzugt werden. Sofern eine frühere Reaktorabschaltung vor der maximalen Erschütterung durch das Erdbeben der Anlass für die Einrichtung eines automatischen seismischen Abschaltsystems ist, wird der Abschaltwert nahe S1 bevorzugt. Sofern hauptsächlich Fehlauflösung befürchtet wird, darf im letzteren Fall ein höherer Abschaltwert eingestellt werden.