



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN  
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN  
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI

# **Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke: Auslegungsanforderungen an bestimmte Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK)**

Ausgabe **Monat Jahr** (Entwurf zur externen Anhörung, Oktober 2017)

**Erläuterungsbericht zur Richtlinie**

**ENSI-G02/d, Teil 2**



# Inhalt

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

ENSI-G02/d, Teil 2

<b>1</b>	<b>Ausgangslage</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Harmonisierung mit internationalen Anforderungen</b>	<b>1</b>
2.1	IAEA	1
2.2	WENRA	2
<b>3</b>	<b>Aufbau der Richtlinie</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Grundsätzliche Erläuterungen</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Erläuterungen zu den einzelnen Kapiteln</b>	<b>3</b>
5.1	Kapitel 2 „Gegenstand und Geltungsbereich“	3
5.2	Kapitel 3 „Rechtliche Grundlagen“	3
5.3	Kapitel 4 „Spezifische Auslegungsanforderungen“	4
5.4	Anhang 2 „Gefilterte Druckentlastung des Primärcontainments“	17
	<b>Anhang 1: WENRA Safety Reference Levels</b>	<b>19</b>



# 1 Ausgangslage

Die Auslegung von Kernkraftwerken richtet sich nach den Grundsätzen der nuklearen Sicherheit wie sie im Kernenergiegesetz (KEG) festgelegt sind. Was unter den übergeordneten Auslegungskonzepten wie dem Schutzzielkonzept, dem Barrierenkonzept und dem Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zu verstehen ist und welche Massnahmen zu deren Erfüllung notwendig sind, wird im Teil 1 der Richtlinie ENSI-G02 festgelegt. Ebenso werden spezifische Schutzmassnahmen zur Beherrschung und Linderung der Konsequenzen von Störfällen verlangt.

Im Teil 2 der Richtlinie ENSI-G02 werden zu ausgewählten Bereichen der nuklearen Sicherheit spezifische Auslegungsanforderungen festgelegt. Da bereits eine Reihe von system- und komponentenspezifischen Richtlinien existiert, die für ihre Bereiche auch Auslegungsvorgaben enthalten, werden im Teil 2 nur Auslegungsanforderungen geregelt, die im bisherigen Regelwerk noch nicht umfassend festgelegt sind. Zudem werden Auslegungsvorgaben, die bisher in älteren Richtlinien (HSK-R-16, HSK-R-40, HSK-R-101 und HSK-R-103) festgeschrieben waren, in die Richtlinie ENSI-G02 übernommen sowie einige Anforderungen aus anderen Richtlinien zwecks besserer Abgrenzung der Auslegungsthematik (z. B. Auslegungsvorgaben aus der Richtlinie ENSI-B12). Im Bereich Strahlenschutz sind die Auslegungsanforderungen bereits in mehreren Verordnungen und Richtlinien geregelt, weshalb im vorliegenden Teil 2 der Richtlinie ENSI-G02 auf diesen Bereich nicht mehr speziell eingegangen wird.

Für einige Bereiche wurde bisher im Wesentlichen auf internationale Normen und Richtlinien verwiesen. Im Teil 2 der Richtlinie ENSI-G02 werden deshalb dazu Auslegungsanforderungen festgeschrieben. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Bautechnik, Systemtechnik und Elektrotechnik.

Die Richtlinie ENSI-G02 ist eine Auslegungsrichtlinie und legt die Anforderungen an den Bau und an Nachrüstungen fest. Diese können sich nur am zum Zeitpunkt des Baus oder der Nachrüstung gültigen Regelwerk (Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Verfügungen) orientieren. Die im Teil 2 der Richtlinie ENSI-G02 festgeschriebenen Auslegungsvorgaben gelten deshalb nur für Nachrüstungen, nicht aber für die bereits vorhandenen Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK). Für diese ist die Richtlinie ENSI-G02 eine wichtige Basis zur Bewertung des Auslegungskonzepts im Rahmen von Sicherheitsüberprüfungen.

## 2 Harmonisierung mit internationalen Anforderungen

### 2.1 IAEA

Der zentrale Standard für die Auslegung von Kernkraftwerken ist der IAEA Safety Standard SSR-2/1 „Safety of Nuclear Power Plants: Design“. Viele darin enthaltene Empfehlungen

sind bereits in schweizerischen Gesetzen, Verordnungen oder Richtlinien festgeschrieben. Inhaltlich orientiert sich der Teil 2 der Richtlinie ENSI-G02 an der Struktur des Kapitels 6 des IAEA Safety Standard SSR-2/1.

## **2.2 WENRA**

Die „Western European Nuclear Regulators‘ Association“ (WENRA) hat europaweit harmonisierte Sicherheitsanforderungen (sogenannte „Safety Reference Levels“, SRL) für Kernkraftwerke festgelegt. Das ENSI hat sich verpflichtet, die Anforderungen der WENRA umzusetzen. Der Detaillierungsgrad der WENRA-Anforderungen übersteigt meist diejenigen des KEG und der KEV, weshalb sich auch hier deren Umsetzung in ENSI-Richtlinie anbietet.

Insbesondere in den Issues E (Design Basis Envelope for Existing Reactors) und F (Design Extension of Existing Reactors) sind Anforderungen an die Auslegung für in Betrieb stehende Kernkraftwerke festgelegt. Die im September 2014 veröffentlichten SRLs berücksichtigen Erkenntnisse aus dem Unfall in Fukushima. Dabei wurden insbesondere für die Vorsorge auf der Sicherheitsebene 4 (Notfallmassnahmen) zusätzliche SRLs festgelegt.

Die WENRA SRLs der Issues E und F wurden bei der Erstellung der Richtlinie ENSI-G02 berücksichtigt, sowie weitere SRLs, die Auslegungsvorgaben beinhalten. Die für den Teil 2 der ENSI-G02 relevanten WENRA SRLs sind im Anhang 1 zusammen mit deren Abbildung im schweizerischen Regelwerk aufgeführt.

## **3 Aufbau der Richtlinie**

Die Richtlinie ENSI-G02 besteht aus zwei Teilen. Teil 1 umfasst Sicherheitskonzepte und grundlegende Auslegungsanforderungen, Teil 2 spezifische Auslegungsanforderungen an bestimmte Systeme, Strukturen und Komponenten.

Die ersten drei Kapitel im Teil 2 der Richtlinie ENSI-G02 bestehen aus der Einleitung, die für alle ENSI-Richtlinien einheitlich ist, aus der Darlegung des Gegenstands und Geltungsbereichs sowie aus den rechtlichen Grundlagen, auf die sich die Richtlinie ENSI-G02 abstützt. Der Geltungsbereich dieser Richtlinie umfasst die bestehenden Kernkraftwerke.

Kapitel 4 umfasst spezifische Auslegungsanforderungen für bestimmte Systeme, Strukturen und Komponenten (SSK). Berücksichtigt wurden vor allem Gebiete, für die bisher im schweizerischen Regelwerk nur übergeordnete Auslegungsgrundsätze festgelegt sind, spezifische Auslegungsvorgaben aber nicht in Richtlinien festgeschrieben wurden.

## **4 Grundsätzliche Erläuterungen**

Die Anforderungen des Teils 1 der Richtlinie ENSI-G02 gelten auch für die im Teil 2 behandelten spezifischen Bereiche der nuklearen Sicherheit, auch wenn nicht explizit darauf verwiesen wird. Gemäss Teil 1 der Richtlinie ENSI-G02 müssen SSK alle Auslegungsanforderungen derjenigen Sicherheitsebenen erfüllen, für die sie eingesetzt werden. Die entsprechende Zuordnung der SSK zu Sicherheitsebenen ist deshalb eine zentrale Aufgabe der Auslegung.

## **5 Erläuterungen zu den einzelnen Kapiteln**

### **5.1 Kapitel 2 „Gegenstand und Geltungsbereich“**

Wie bereits in Kapitel 4.1 des Erläuterungsberichts zum Teil 1 der Richtlinie ENSI-G02 ausgeführt, muss zwischen Auslegung und Nachweis klar unterschieden werden. Bei Änderungen der regulatorischen Vorgaben oder im Rahmen von Sicherheitsüberprüfungen ist zu zeigen, dass das Kernkraftwerk die aktuell gültigen regulatorischen Vorgaben erfüllt. Im Rahmen dieser Überprüfungen ist auch nachzuweisen, dass die Schutzziele unter Berücksichtigung der Vorgaben der Richtlinie ENSI-G02 eingehalten werden. Die Nachweisführung orientiert sich im Wesentlichen an den Vorgaben der Richtlinien ENSI-A01, ENSI-A05, ENSI-A06, ENSI-A08 und ENSI-G14. Bei dieser Nachweisführung werden dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechende Verfahren unter Berücksichtigung realistischer Randbedingungen verwendet.

### **5.2 Kapitel 3 „Rechtliche Grundlagen“**

In den in Kapitel 3 der Richtlinie aufgeführten rechtlichen Grundlagen werden folgende übergeordnete Grundsätze festgelegt:

Zu Bst. a: Art. 4 und 5 KEG legen übergeordnete Auslegungsgrundsätze zur nuklearen Sicherheit fest.

Zu Bst. b: Art. 22 Abs. 2 Bst. g KEG fordert, dass Anlagen soweit nachzurüsten sind, als dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüstungstechnik notwendig ist und darüber hinaus, soweit dies zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung beiträgt und angemessen ist.

Zu Bst. c: Art. 7, 8 und 10 KEV beinhalten Anforderungen an die nukleare Sicherheit und den Schutz gegen Störfälle sowie Grundsätze für die Auslegung von Kernkraftwerken.

Zu Bst. d: Art. 82 KEV verlangt, dass der Umfang von Nachrüstungen in Kernkraftwerken, die vor Inkraftsetzung des KEG in Betrieb waren, die Anforderungen gemäss Art. 7 bis 12 KEV nach Massgabe von Art. 22 Abs. 2 Bst. g KEG erfüllt.

Zu Bst. e: Die Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2) vom 17. Juni 2009 (Stand am 1. August 2009) enthält eine Reihe von Gefährdungsannahmen, gegen die Vorsorgemassnahmen zu ergreifen sind. Die Richtlinie ENSI-G02 konkretisiert diese Vorsorgemassnahmen für ausgewählte Störfälle.

Zu Bst. f: Die Verordnung über sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen in Kernanlagen (VBRK) vom 9. Juni 2006 (Stand am 1. Januar 2009) regelt die Planung, Herstellung, Montage, Inbetriebsetzung sowie den Betrieb von sicherheitstechnisch klassierten Behältern und Rohrleitungen, deren Abstützungen und druckhaltenden Ausrüstungsteilen für die Verwendung in Kernanlagen.

## **5.3 Kapitel 4 „Spezifische Auslegungsanforderungen“**

### **5.3.1 Kapitel 4.1 „Reaktorabschaltsystem“**

Zu Bst b: Die Forderung nach einem zur Reaktorschnellabschaltung diversitären Abschalt-system entspricht dem Stand der Technik und wurde bereits bei der Errichtung der schweizerischen Kernkraftwerke umgesetzt. Eine sichere langfristige Abschaltung der nuklearen Kettenreaktion ist eine Voraussetzung für die Erfüllung des technischen Schutzziels „Kontrolle der Reaktivität“.

Zu Bst. d: Die mechanische Auslegung der Kerneinbauten orientiert sich an den aufgrund bruchmechanischer Analysen zu postulierenden Leckagen und Brüchen an Leitungen der druckführenden Umschliessung. Die dynamischen Belastungen auf die Kerneinbauten resultieren primär aus den Entlastungsdruckwellen, die sich nach einem Bruch ergeben. Kann aufgrund bruchmechanischer Analysen, zum Beispiel aufgrund einer Leck-vor-Bruch-Analyse, oder aufgrund einer basissicheren Auslegung der Komponente ein Bruch ausgeschlossen werden, erübrigt sich eine detaillierte Belastungsanalyse für die Kerneinbauten.

### **5.3.2 Kapitel 4.2 „Reaktorkühlsystem“**

Zu Bst. c Ziff. 1: Leck-vor-Bruch bedeutet, dass ein wanddurchdringender Riss unter allen betrieblichen und SE3-Störfallbelastungen begrenzt bleibt und ein Leck aus diesem wanddurchdringenden Riss rechtzeitig erkannt wird, bevor ein globaler Integritätsverlust der Komponente eintreten kann.

Zu Bst. c Ziff. 2: Auch beim zu unterstellenden Integritätsverlust einer Komponente des Reaktorkühlsystems dürfen die zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen erforderlichen Si-

cherheitsfunktionen nicht gefährdet werden. Ein Integritätsverlust des Reaktordruckbehälters ist nicht zu unterstellen.

Zu Bst. d: Die Auslegungsvorgaben bezüglich der druckführenden Umschliessung orientieren sich an den Vorgaben des ASME-Codes. Es ist nachzuweisen, dass die maximal zulässigen Drücke und Temperaturen auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a eingehalten werden.

Zu Bst. e: Mit Druckbegrenzungsvorrichtungen wird der Druck im Reaktorkühlsystem auf einen vorbestimmten Druck eingestellt und gehalten. Überdruckabsicherungen stellen sicher, dass bei einem festgelegten maximal zulässigen Druck automatisch eine Druckentlastung eintritt und zwar solange, bis der Druck auf einen vorgegebenen Druck abgesunken ist. Dann schliesst die Druckabsicherung wieder automatisch.

Zu Bst. f: Damit wird sichergestellt, dass auch bei einem sogenannten ATWS-Störfall (Transiente mit Versagen der Reaktorschnellabschaltung) der Druck im Reaktorkühlsystem den maximal zulässigen Druck nicht erreicht.

Zu Bst. h: Durch geeignete Anordnung der Komponenten im Reaktorkühlsystem soll unter anderem verhindert werden, dass sich sogenannte „tote“ Bereiche ausbilden können, die kaum oder schlecht durchmischt werden, und sich dort zündfähiges Radiolysegas ansammeln kann.

### **5.3.3 Kapitel 4.3 „Wasser-Dampf-Kreislauf“**

Die Anforderungen von Kap. 6.2.3 der Richtlinie ENSI-G02 Teil 1, sind bei der Auslegung des Wassers-Dampf-Kreislaufes zu beachten.

Zu Bst. a: Mit dieser Anforderung soll sichergestellt werden, dass eine Beeinträchtigung der Integrität der druckführenden Umschliessung durch Rückwirkungen des Wasser-Dampf-Kreislaufs ausgeschlossen werden kann. Die Anforderung leitet sich aus Requirement 77 des IAEA Safety Standard SSR 2/1 ab.

### **5.3.4 Kapitel 4.4 „Druckentlastung“**

Die Druckentlastung des Primärkreises bei Druckwasserreaktoren erfolgt auslegungsgemäss durch die Druckentlastung des Sekundärkreislaufes. Dabei wird via Dampferzeuger der Druck im Primärkreis abgesenkt. Die direkte primärseitige Druckentlastung bei Druckwasserreaktoren ist nur für den Fall auslegungsüberschreitender Störfälle vorgesehen, sollte dabei die sekundärseitige Druckentlastung versagen.

Zu Bst. a Ziff. 2: Bei schweren Unfällen (4b-Störfälle) kann ein Versagen der Druckentlastungsfunktion nicht absolut ausgeschlossen werden. Das Versagen soll aber so unwahrscheinlich sein, dass ein sogenanntes Hochdruckversagen des Reaktordruckbehälters nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen werden kann.

Zu Bst. b Ziff. 3: Die sekundärseitige Druckentlastung muss bei Druckwasserreaktoren auch bei Verlust der Stromversorgung durch manuelles Öffnen der Druckentlastungsventile einge-

leitet werden können. Damit wird mittels Accident-Management-Massnahmen bei niederem Reaktordruck eine Kernkühlung ermöglicht.

Zu Bst. c Ziff. 2: Mit der Druckentlastung auch bei Ausfalls der Wechselstromversorgung aus der Notstromanlage und der Notstand-Notstromanlage wird das Ziel verfolgt, auch bei sogenannten Station-Blackout-Ereignissen die Druckentlastung zu gewährleisten, um bei niederem Reaktordruck mittels Accident-Management-Massnahmen die Kernkühlung zu ermöglichen.

### **5.3.5 Kapitel 4.5 „Kernnotkühlung“**

Zu Bst. a: Bei Verlust der Wechselstromversorgung aus der Notstromanlage und der Notstand-Notstromanlage (Station Blackout, Störfall auf der Sicherheitsebene 4a) kann die Kernnotkühlung zum Beispiel über dampfgetriebene Einspeisesysteme, fest installierte passive oder mobile (aktive) Einspeisemöglichkeiten sichergestellt werden.

Zu Bst. b: Der doppelendige Bruch (2F-Bruch) einer Hauptkühlmittelleitung (DWR) beziehungsweise Umwälzleitung (SWR) bestimmt die Dimensionierung der Not- und Nachkühlsysteme, die Druckauslegung des Sicherheitsbehälters und die Störfallfestigkeit aller zur Störfallbeherrschung erforderlichen sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten im Sicherheitsbehälter. Die durch die Notkühlsysteme zu fördernde Kühlwassermenge muss somit den Kühlwasserverlust bei einem doppelendigen Bruch jeder Leitung des Reaktorkühlsystems überspeisen können.

### **5.3.6 Kapitel 4.6 „Nachwärmeabfuhr“**

Zu Bst. c: Zwei voneinander diversitäre Wärmesenken sind beispielsweise Kühlwasser aus dem Fluss und dem Notstandbrunnen.

Zu Bst. d: Hierzu zählt beispielsweise der Einsatz von Kassettenisolierungen sowie die Verwendung von erosions- und korrosionsresistenten Materialien für die vom Kühlmittel langfristig berührten Containmentebauten.

Zu Bst. e: Falls langfristig für Auslegungsstörfälle zu hohe Druckverluste nicht ausgeschlossen werden können, sind Einrichtungen und Massnahmen vorzuhalten, die geeignet sind, die Druckverluste zu begrenzen oder zu reduzieren. Rückspülen wäre somit zulässig.

### **5.3.7 Kapitel 4.7 „Containment“**

Zu Bst. d: Massnahmen zum Abbau zündfähiger Gase sind beispielsweise die Durchmischung von Wasserstoff zur Verhinderung einer lokalen Aufkonzentration, die Verbrennung von Wasserstoff durch geeignete Zündsysteme oder der Abbau von Wasserstoff durch passiv funktionierende autokatalytische Rekombinatoren.

#### 5.3.7.1 Kapitel 4.7.1 „Primärcontainment“

Zu Bst. b: Die Druckauslegung ist sowohl gegen Über- als auch Unterdruck vorzunehmen.

Zu Bst. f: Während Revisionen kann das Materialtor offen sein. Durch Druckstaffelung (niedrigerer Druck im Primärcontainment als in den umgebenden Räumen) wird gewährleistet, dass radioaktive Stoffe nicht nach aussen dringen. Im Falle eines Ereignisses wird durch manuelle Massnahmen das Materialtor geschlossen und so die Integrität des Primärcontainments sichergestellt.

### **5.3.8 Kapitel 4.8 „Baustrukturen“**

#### 5.3.8.1 Kapitel 4.8.1 „Grundlegende Anforderungen“

Zu Bst. a: Die Gewährleistung der Abtragung der Lasten wird durch entsprechende Nachweise belegt, siehe Kapitel 4.8.3.

Zu Bst. b Ziff. 1: Gemeint sind zum Beispiel die Anforderungen an den biologischen Schild im Reaktorgebäude.

Zu Bst. f: Zu den spezifisch für die Kernkraftwerke festgelegten Einwirkungen gehören spezifische Nutzlasten und Erdbeben.

#### 5.3.8.2 Kapitel 4.8.2 „Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit“

Zu Bst. a bis c: Die Nachweise für Betonbauten sind nach Norm SIA 262 und diejenigen für Stahlstrukturen nach Norm SIA 263 zu führen. Die Themenbereiche, die in den SIA-Normen nicht oder nicht ausreichend detailliert geregelt sind, können unter Anwendung anderer Normen behandelt und nachgewiesen werden, falls dies mit vergleichbarem Anforderungsniveau und methodisch konsistent zu den SIA-Normen erfolgt (z. B. Berechnung von Rissbreiten nach Norm DIN EN 1045).

Zu Bst. c: Die durchzuführenden Nachweise werden grundsätzlich nach dem Konzept der Partialsicherheitsfaktoren gemäss SIA- oder entsprechenden Eurocode-Tragwerksnormen geführt. Dabei werden die Unsicherheiten bezüglich der Modellierung und die Streuung der Materialkennwerte (z. B. Festigkeit) durch Verwendung der Lastfaktoren (Erhöhung der Einwirkung) und Widerstandsbeiwerte (Reduktion des Widerstandes) berücksichtigt.

#### 5.3.8.3 Kapitel 4.8.3 „Erdbeben“

Zu Bst. a: Besonders für grosse, schwere und relativ steife im Boden eingebettete Bauwerke wie das Reaktorgebäude ist der Einfluss der Boden-Bauwerk-Interaktion von grosser Bedeutung.

Die Streuung der Bodenwerte wird in der Regel durch Verminderung und Erhöhung der mittleren Baugrundsteifigkeit um den Faktor 1,5 abgebildet. Somit werden mindestens 3 Bodenmodelle in den Berechnungen berücksichtigt. Pro Bodenmodell werden mindestens 3 Sets

mit jeweils 3 statistisch unabhängigen Erdbebenzeitverläufen verwendet. Die Ergebnisse aus den Berechnungsdurchgängen der einzelnen Sets pro Bodenmodell werden gemittelt. Die Ergebnisse der Berechnung mit unterer, mittlerer und oberer Baugrundsteifigkeit werden hingegen eingehüllt.

Alternativ zu dieser an der KTA-Regel 2201.1 angelehnten deterministischen Vorgehensweise können auch Sampling Methoden unter Verwendung einer statistisch ausreichenden Anzahl von Erdbebenszenarien und Beschleunigungszeitverläufen benutzt werden. Streuungen und Unsicherheiten in den Baugrund- und Bauwerkseigenschaften werden dabei durch entsprechende Parametervariation berücksichtigt.

Zu Bst. b: Die sogenannte Freifeld-Bodenerschütterung im Referenzpunkt muss den vom ENSI festgelegten zum Zeitpunkt der Errichtung gültigen Gefährdungsannahmen (Erdbebeneinwirkung) entsprechen. In welchem Punkt die Erdbebeneinwirkung in der Boden-Bauwerks-Interaktionsberechnung angesetzt wird, hängt von weiteren Faktoren (u. a. vom verwendeten Berechnungsprogramm) ab. Es sind zu den betrachteten Spektren kompatible Erdbebenzeitverläufe zu verwenden.

Zu Bst. c: Sowohl die Materialdämpfung als auch die dynamische Steifigkeit des Bodens hängen vom Wert der Schubverzerrung ab, was in der Boden-Bauwerks-Interaktion zu berücksichtigen ist.

Ein nichtlineares Bauwerksverhalten kann einen relevanten Einfluss auf die Steifigkeit und die Dämpfung der Baustrukturen haben. Es beeinflusst dadurch die Boden-Bauwerks-Interaktion, die resultierenden Etagenantwortspektren sowie die Auswirkungen der Baustruktur selber. Deshalb sind sowohl bei der Boden-Bauwerks-Interaktion als auch bei der Erdbebenberechnung der Baustrukturen dem betrachteten Auswirkungsniveau entsprechende Bauteilsteifigkeiten zu verwenden. Damit werden realistische Eigenfrequenzen und Verschiebungen ermittelt. Bei Anwendung von linear elastischen Berechnungsmethoden kann dies durch die Reduktion des E-Moduls des Betons erfolgen. Ohne genauere Betrachtung darf für die Dämpfung von Stahlbetonstrukturen 7 % der kritischen Dämpfung bei aktuell gültigem SSE und 4 % bei aktuell gültigem Auslegungserdbeben für BKII-Gebäude angesetzt werden.

Zu Bst. d: Aus den seismisch induzierten Bauwerksbewegungen werden die sogenannten Etagenantwortspektren abgeleitet, die als standortabhängige Erdbebeneinwirkung für Systeme und Komponenten dienen. Sie werden im Englischen auch Floor Response Spectra (FRS) oder In-Structure Response Spectra (ISRS) genannt. Etagenantwortspektren werden in massgebenden Punkten der Bauwerksstruktur in drei orthogonalen Richtungen für verschiedene Dämpfungswerte bestimmt. Aus den Etagenantwortspektren werden durch Umhüllung, Verbreitung und Glättung die Etagenbemessungsspektren konstruiert, siehe auch KTA 2201.3.

Probabilistische, unter Anwendung von Sampling-Methoden ermittelte Etagenantwortspektren können für die klassischen deterministischen Nachweise verwendet werden, falls aufge-

zeigt wird, dass sie gleichwertig zu den deterministisch ermittelten Etagenbemessungsspektren sind.

Zu Bst. f: Als anerkannte Methoden für die modale Überlagerung gelten die SRSS-Methode (Square Root of the Sums of the Squares) oder für den Fall, wenn Eigenfrequenzen nah beieinander liegen, die CQC-Methode (Complete Quadratic Combination). Für die Richtungsüberlagerung kommen ebenfalls die SRSS-, die CQC-Methode mit drei Komponenten (CQC3) oder alternativ – als in den meisten Fällen zulässige Vereinfachung – die 100-40-40-Regel zur Anwendung.

In der Regel gilt, dass die Summe der effektiven modalen Massen der berücksichtigten Schwingungsformen mindestens 90 % der Gesamtmasse des Tragwerks erreichen soll. Dadurch werden die Auswirkungen aus allen Schwingungsformen, die wesentlich zum Schwingungsverhalten beitragen, berücksichtigt.

Zu Bst. g: Ein linear-elastisches Strukturverhalten bei der Auslegung der Bauwerke bedeutet, dass die Verhaltensbeiwerte der Normen des SIA nicht anzuwenden sind und dass die Auslegung mit elastischen Antwortspektren erfolgt.

In begründeten Ausnahmefällen kann es erforderlich sein, nichtlineare Berechnungsverfahren zu verwenden, zum Beispiel das nichtlineare Zeitverlaufsverfahren und das verformungsbasierte Verfahren. Bei einer nichtlinearen Zeitverlaufsrechnung gilt die ausreichende Erdbebenkapazität als nachgewiesen, wenn die Versagenskriterien während der gesamten Zeitverläufe bei einer die Gefährdung abdeckenden Auswahl von Erdbeben nicht erreicht werden. Als Versagenskriterien gelten beispielsweise Grenzwerte für die Schubverzerrung oder für Rotationen in den plastischen Gelenken der Bauteile.

Bei einer verformungsbasierten Berechnung (z. B. Pushover-Berechnung) gilt der Nachweis als erbracht, wenn der ausgewiesene Verformungsbedarf geringer ist als der entsprechende Bemessungswert des Verformungsvermögens. Bei nichtlinearen Berechnungen ist der Anforderung von Bst. h besondere Beachtung zu schenken.

Zu Bst. h: Der Einfluss von Unsicherheiten und Modellierungsannahmen, die nicht durch die Partialsicherheitsfaktoren (Last- und Widerstandsbeiwerte) abgedeckt sind, wird durch Sensitivitätsanalysen und Grenzwertbetrachtungen erfasst.

### **5.3.9 Kapitel 4.9 „Steuerstellen“**

Zu Kap. 4.9.1 Bst. b: Die Aufteilung der Notsteuerstelle in mehrere örtlich voneinander getrennte Steuerstellen kann sich aus dem Grunddesign einer Anlage ergeben, beispielsweise aus dem Design einer systematischen Trennung von elektrischen Versorgungsredundanzen (Divisionen, Stränge), oder aus der grundsätzlichen Trennung von automatisierten Notstandfunktionen von anderen Funktionen (Nicht-Notstandfunktionen, manuelle Betätigungen).

Sind zur Beherrschung von Auslegungsfällen Notstandssysteme notwendig, sollen diese auch vom Hauptkommandoraum aus angesteuert werden können.

Zu Kap. 4.9.1 Bst. e: Die manuelle Auslösung von mehreren Steuerstellen aus wird nicht gefordert, ist aber je nach zu betrachtendem Störfallszenario zu berücksichtigen.

Zu Kap. 4.9.1 Bst. f: Ein unbefugter Eingriff in der Steuerstelle ist ein Eingriff einer Person, welche nicht berechtigt ist, diese Handlung in der Steuerstelle durchzuführen. Eine Fehlbedienung ist eine Handlung einer Person, welche zwar berechtigt ist eine spezifische Handlung durchzuführen, diese jedoch durch Fehlhandlung, Verwechslung, Fehlüberlegung, etc. falsch ausführt.

Zu Kap. 4.9.2 Bst. c: Die Anzeigen der Notsteuerstellen sollen auf die wesentlichen Anzeigen optimiert sein, die für die Störfallbeherrschung oder Linderung der Konsequenzen von Störfällen notwendig sind. Damit soll sichergestellt werden, dass die Operateure nicht durch zu viele und nicht relevante Anzeigen abgelenkt werden. Sie müssen aber über die notwendigen Anzeigen verfügen, um klare Entscheide fällen zu können. Deshalb ist die Auswahl der wesentlichen Anzeigen zu begründen.

### **5.3.10 Kapitel 4.10 „Leittechnik“**

Unter Leittechnik versteht man die grundlegende Technik für die Aufgaben Messen, Steuern und Regeln. Der Begriff Leittechnik ist hersteller- und systemneutral.

Unter Leitsystem wird die Gesamtheit aufeinander abgestimmter, zusammenarbeitender Komponenten/Geräte/Module verstanden. Das Leitsystem ist hersteller- und teilweise branchenspezifisch und besteht aus einer oder mehreren Gerätefamilien und wird vom Hersteller mit einem Markennamen benannt (Name der Leittechnikfamilie). Ein Leitsystem kann generisch, nicht jedoch anlagespezifisch qualifiziert sein.

Als Leitanlage wird die konkrete Implementierung eines leittechnischen Systems oder leittechnischer Einrichtungen in einer Anlage verstanden. Leitanlagen führen die entsprechenden anlagespezifischen leittechnischen Funktionen aus. Die konkret in einer Anlage implementierten sicherheitsrelevanten Leitanlagen einschliesslich der zugehörigen Bedienelemente und Anzeigen erfüllen somit die Aufgaben Messen, Steuern (einschliesslich Schutzauslösungen), Regeln, Schutz (Komponentenschutz), Überwachung, Visualisierung und Registrierung. Die durch Leitanlagen umgesetzten leittechnischen Funktionen sind Bestandteil der entsprechenden Schutzzielfunktionen während des Normalbetriebs (SE1-Funktionen), bei Betriebsstörungen (SE2-Funktionen), zur Beherrschung von Auslegungstörfällen (SE3-Funktionen) und in beschränktem Umfang auch bei auslegungsüberschreitenden Störfällen (Notfallmassnahmen, SE4-Funktionen).

SE1-Leitanlagen umfassen betriebliche Steuer- und Regeleinrichtungen, SE2-Leitanlagen umfassen leittechnischen Einrichtungen, die geeignet sind, bei Betriebsstörungen eine Anforderung an die Schutzaktionen der Sicherheitsebene 3 zu vermeiden. SE3-Leitanlagen steuern und regeln Sicherheitssysteme und lösen bei Erreichen festgelegter Ansprechwerte Schutzaktionen aus. Zu SE3-Leitanlagen gehört insbesondere das Reaktorschutzsystem.

Zu Kap. 4.10.1 Bst. a: Bei Ansteuerung mehrerer Systeme auf verschiedenen Sicherheitsebenen sind alle Anforderungen dieser Sicherheitsebenen gemäss Forderung von Kap. 5.1 Bst. a von Teil 1 der Richtlinie ENSI-G02 zu erfüllen. SE4a-Leitanlagen werden meistens durch SE3-Leitanlagen wahrgenommen.

Zu Kap. 4.10.1 Bst. b: Mit dieser Anforderung wird eine wesentliche Voraussetzung dafür geschaffen, dass SE3-Funktionen nicht gleichzeitig (systematisch) mit SE1- oder SE2-Funktionen ausfallen.

Zu Kap. 4.10.1 Bst. c: Das Prinzip der funktionalen Diversität ermöglicht eine diversitäre Realisierung einer beabsichtigten sicherheitsrelevanten Funktion. Dies kann beispielsweise durch die Nutzung unterschiedlicher verfahrenstechnischer Prozessgrössen (z. B. Neutronenfluss und Reaktordruck beim Siedewasserreaktor) erfolgen, begleitet durch die unterschiedliche Verarbeitung in der Leittechnik (Nutzung von unterschiedlichen Hardwarebaugruppen und Softwarebausteinen).

Zu Kap. 4.10.1 Bst. d: Falls eine Funktionskonzentration vorliegt, ist durch Ausfallanalysen unter anderem zu belegen, dass dadurch kein gleichzeitiger Ausfall mehrerer zentral wesentlicher Regelungsfunktionen für den sicheren Betrieb der Anlage entsteht.

Zu Kap. 4.10.1 Bst. e: Die Vermeidung der Zusammenlegung gestaffelter Funktionen auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 (z. B. Begrenzungen als nachgelagerte Funktionen zu Regelungen) auf einzelnen physikalischen Einheiten von zentralen Leittechnikkomponenten (z. B. Prozessoren, Ein-/Ausgabemodulen) dient der verbesserten Einhaltung der gestaffelten Sicherheitsvorsorge.

Zu Kap. 4.10.1 Bst. f: Bei mehrkanaligem Aufbau von Funktionssträngen ist die Aufteilung auf physisch unterschiedliche Teilsysteme durchgängig beizubehalten. Dies ist notwendig, um bei Einzelausfällen nicht mehrere Stränge gleichzeitig zu verlieren.

Zu Kap. 4.10.1 Bst. h: Bei der Gesamtbetrachtung der Hardware- und Software-Diversität innerhalb der SE3 ist es zulässig, das Notstandssystem mit einzubeziehen.

Zu Kap. 4.10.1 Bst. k: OE-klassierte leittechnische Ausrüstungen mit programmierbarer Leittechnik müssen selbstüberwachend ausgeführt und während des Normalbetriebs ohne Einschränkung der Funktion prüfbar sein. Bei Einsatz von neuen leittechnischen Ausrüstungen ist dies Stand der Technik.

Zu Kap. 4.10.2 Bst. a Ziff. 3: Gemäss der üblichen leittechnischen Einteilung gibt es SILT (Sicherheitsleittechnik) und BELT (Betriebliche Leittechnik). Die sicherheitsbezogenen Funktionen können Teil der SILT oder Teil der BELT sein. Die betrieblichen Funktionen der BELT teilen sich auf in sicherheitsbezogene betriebliche Funktionen und sonstige betriebliche Funktionen.

### 5.3.11 Kapitel 4.11 „Instrumentierung“

Zu Kap. 4.11.1 Bst. a: Gemäss KEV ist ein Störfall jeder vom Normalbetrieb abweichende Anlagezustand, der ein Eingreifen eines Sicherheitssystems erfordert. Entsprechend umfasst die Störfallinstrumentierung alle Instrumente, die zur Beherrschung oder Linderung von Störfällen notwendig sind, also für SE3- und SE4-Störfälle. In den schweizerischen Kernkraftwerken wird unter Störfallinstrumentierung im engeren Sinn oft nur die SE3-Störfallinstrumentierung verstanden. Die SE4-Instrumentierung wird als Notfallinstrumentierung bezeichnet. Dies ist zulässig, solange klar festgelegt ist, welches Instrument als Störfallinstrument im engeren Sinn und welches als Notfallinstrument verwendet wird, wobei die Verwendung desselben Instruments sowohl als Störfall- als auch als Notfallinstrument zulässig ist. Die Zuordnung ist im Instrumentierungskonzept für jedes Störfallinstrument und Notfallinstrument festzulegen (vgl. Anforderung von Bst. f von Kap. 4.11.3).

Zu Kap. 4.11.1 Bst. c: Als Zeitsignal ist beispielsweise das Signal des Langwellensenders DCF77 denkbar. Dieser Langwellensender steht in Mainflingen bei Frankfurt am Main und dient der Verbreitung der gesetzlichen Zeit für Deutschland, das heisst der mitteleuropäischen Zeit MEZ beziehungsweise der Mitteleuropäischen Sommerzeit MESZ. Der Empfang des Senders DCF77 ist nahezu überall in Deutschland und im angrenzenden Ausland möglich. Der Sender wird durch die Atomuhren der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig gesteuert. Die Zeitsynchronisierung ist für eine rasche und effektive Störfallanalyse zwingend notwendig.

Zu Kap. 4.11.2 Bst. b und c: Die Bezeichnung Anlageinformationssystem (ANIS) ist nicht einheitlich. In einigen Anlagen wird dafür der Name Prozessrechneranlage (PRA) verwendet. Andere Namen sind ebenfalls möglich. Die Anforderungen betreffend ANIS gelten dann selbstredend für die PRA beziehungsweise für das entsprechende System.

Zu Kap. 4.11.3 Bst. e: Der Verlust der Notstromanlage und gleichzeitig der Notstand-Notstromanlage bedeutet die strengste Anforderung betreffend Stromversorgung der Störfallübersichtsanzeige. Diese kann in diesem Fall mittels speziellen Notfallaggregaten sichergestellt werden. In der Praxis wird auch aufgezeigt, wie beim Einzelausfall der Notstromanlage resp. der Notstand-Notstromanlage die Stromversorgung der Störfallübersichtsanzeige sichergestellt wird.

Zu Kap. 4.11.4 Bst. e: Die GMA umfasst klassierte (1E, 0E) und unklassierte Anzeigen. Die Klassierung erfolgt entsprechend der Sicherheitsbedeutung ihrer Funktionen. So sind beispielsweise Anzeigen, die beim Sicherheitserdbeben SSE notwendig sind, als 1E zu klassieren und entsprechend gegen das SSE auszulegen.

Zu Kap. 4.11.4 Bst. i Ziff. 1: Die GMA-Anzeigen (Alarmer, üblicherweise realisiert mit Alarmkalotten) können in verschiedenen Steuerstellen und innerhalb der Steuerstellen auf verschiedenen Pulten und Tafeln oder Schränken angeordnet werden. Hat ein Alarm eine SE3-Funktion (Sicherheitsebene 3), muss dieser Alarm mit einer 1E-klassierten Ausrüstung (Leitanlage) und entsprechender Qualifizierung realisiert werden. Die weitere Aufteilung der Alarmer auf verschiedene GMA oder Teilsysteme einer GMA richtet sich nach den vorgese-

nenen Steuerstellen. Die Aufteilung der Alarme innerhalb einer Steuerstelle erfolgt üblicherweise entsprechend den zugeordneten Aufgaben oder Funktionen der Pulte, Tafeln oder Schränke (z. B. Reaktoroperateurpult, Turbinenoperateurpult, Sicherheitssysteme, Containment- und Lüftungssysteme, Radioaktivitätsüberwachung, Eigenbedarfsversorgung und Notstromsysteme, Brandschutz, Hilfs- und Nebenanlagen) nach ergonomischen und weiteren Aspekten (z. B. Pult- und Schrankaufteilung, Teilsysteme, Redundanzen).

Zu Kap. 4.11.5 Bst. f: Das SPDS ist heute in allen in Betrieb stehenden schweizerischen Kernkraftwerken auch in den Notsteuerstellen aufgeschaltet, muss deshalb aber nicht 1E-qualifiziert werden. Im Normalfall ist die SPDS-Anzeige festen Anzeigeeinheiten (Bildschirmen) zugeordnet. Bei Ausfall einer dieser fest zugeordneten Anzeigeeinheiten, muss das SPDS auch von anderen, nicht fest zugeordneten Bildschirmen aus benutzt werden können.

Zu Kap. 4.11.6 Bst. a Ziff. 2: Mit der Überschreitung von festgelegten Grenzwerten sind beispielsweise die Auslegungswerte für das Sicherheitserdbeben (SSE) gemeint.

## **5.3.12 Kapitel 4.12 „Stromversorgung“**

### **5.3.12.1 Kapitel 4.12.1 „Grundlegende Anforderungen“**

Die Stromversorgung eines Kernkraftwerks erfolgt durch externe und interne Stromquellen. Sie muss so zuverlässig sein, dass sie die Nichtverfügbarkeit der zu versorgenden Systeme nicht massgeblich beeinflusst. Diese Anforderung ist zentral wichtig, da der Verlust der Stromversorgung in Kernkraftwerken zu schweren Notfällen führt.

Die Stromversorgung der schweizerischen Kernkraftwerke kann in 7 hintereinander gestaffelten Ebenen unterteilt werden, sogenannte **elektrische Versorgungsebenen**. Diese lassen sich gemäss nachfolgender Tabelle den Sicherheitsebenen der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zuordnen.

<b>Sicherheitsebene</b> der gestaffelten Sicherheitsvorsorge	<b>elektrische Versorgungsebene</b>	<b>Stromquellen</b>	Behandlung in Richtlinie ENSI-G02 Teil 2
<b>Sicherheitsebenen 1 und 2</b> betriebliche Versorgung des Eigenbedarfs inklusive betriebliche Versorgung der Notstromanlage, der Notstand-Notstromanlage und der Sicherheitssysteme	<b>elektrische Versorgungsebene 1</b>	externer Hauptnetz-Anschluss, Versorgung ab Blockgenerator oder Hauptnetz	Kap. 4.12.1 Bst. b
	<b>elektrische Versorgungsebene 2</b>	Eigenbedarfsversorgung durch Blockgenerator im Inselbetrieb <sup>1</sup>	Kap. 4.12.1 Bst. b und c
	<b>elektrische Versorgungsebene 3</b>	zweiter externer Anschluss (z. B. Reserve-netz), Versorgung ab Reservenetz	Kap. 4.12.1 Bst. b
<b>Sicherheitsebene 3</b> Stromversorgungen von Sicherheits- und Notstands-systemen	<b>elektrische Versorgungsebene 4</b>	Notstromversorgung	Kap. 4.12.1 Bst. d
	<b>elektrische Versorgungsebene 5</b>	gebunkerte Notstand-versorgung	Kap. 4.12.1 Bst. e
<b>Sicherheitsebenen 4a und 4b</b> Stromversorgung notwendiger Verbraucher beim Totalverlust der elektrischen Versorgungsebenen 1 bis 5	<b>elektrische Versorgungsebene 6</b>	lokal vorhandene mobile AM-Notstromaggregate, Aufbau einer Verbindung zu einem externen Netz	Kap. 4.12.1 Bst. f und g
	<b>elektrische Versorgungsebene 7</b>	extern gelagerte AM-Notstromaggregate	Kap. 4.12.1 Bst. f

Zu Bst. g: Die Verbindung zu einem externen Netz soll es ermöglichen, dass langfristig die Stromversorgung durch die Notstromanlage und Notstand-Notstromanlage durch das externe Netz abgelöst werden kann. Die Verbindung zu einem externen Netz hat gegenüber den treibstoffversorgten Anlagen den Vorteil, dass sie vom Treibstoff und seinem Nachschub unabhängig ist.

#### 5.3.12.2 Kapitel 4.12.3 „Notstromversorgung“

Zu Bst. c: Die Notstromanlage und die Notstand-Notstromanlage müssen nicht nur die notwendige Leistung erbringen. Sie müssen diese auch unter Einhaltung der notwendigen elektrischen Bedingungen (z. B. geringe Frequenz- und Spannungsschwankungen) erbrin-

<sup>1</sup> Der Blockgenerator oder die Blockgeneratoren des Kraftwerks versorgen nach einem Lastabwurf auf Eigenbedarf via den oder die Eigenbedarfstransformatoren nur noch die eigenen elektrischen Verbraucher des Kraftwerks. Diese Betriebsart wird als Inselbetrieb bezeichnet.

gen, damit die Verbraucher nicht wegen ungenügender Qualität der Stromversorgung ausfallen.

Zu Bst. d: Die Notstromanlage und die Notstand-Notstromanlage sind jede für sich redundant aufzubauen, was heisst, dass jede für sich auch bei einem Einzelfehler verfügbar bleiben muss. Die Notstand-Notstromanlage ist aber nicht redundant zur Notstromanlage auszuliegen. Sie muss also nicht den gleichen Umfang an zu versorgenden SKK umfassen.

Zu Bst. i: Das Einzelfehlerprinzip muss in jedem Fall erfüllt sein. Das kann bedeuten, dass eine Strangrevision und gleichzeitig ein Test an einem anderen Strang nicht zulässig sind, falls der geprüfte Strang im Anforderungsfall nicht sofort seine volle Leistung erbringen kann.

#### 5.3.12.3 Kapitel 4.12.4 „USV-Anlagen (Gleichstromanlagen und unterbrechungsfreie Wechselstromversorgung)“

Zu Bst. c: Die Auslegung auf die geforderte Versorgungszeit bezieht sich auf die Versorgung des eigenen Redundanzstrangs und nicht auf die Versorgung von zwei oder mehreren Redundanzen. Die geforderte Versorgungszeit von 4 Stunden leitet sich aus folgenden Punkten ab:

- Im bisherigen Regelwerk (Richtlinie HSK-R-101) wurde ein uneingeschränkter Betrieb über mehrere Stunden bei Ausfall der internen Notstromversorgung gefordert.
- Für gewisse Ausfallszenarien soll dem Personal, auch für wesentliche 0E-klassierte Ausrüstungen, genügend Zeit zur Wiederherstellung der Batterienachladung zur Verfügung stehen.

Zu Bst. d: Beispielsweise wird für die Instrumentierungen zur Überwachung des Entlastungsvorgangs sowie zur Überwachung und Registrierung der an die Umgebung abgegebenen radioaktiven Stoffe bei einer Containmentdruckentlastung eine autarke Versorgungsdauer von 100 Stunden gefordert (siehe Anhang 2, Allgemeine Auslegungsvorgaben, Bst. h).

Zu Bst. f: Für die Entkopplung der Einspeisungen von Gleichstromverbrauchern sind Dioden zulässig.

### 5.3.13 Kapitel 4.13 „Elektrische Ausrüstungen und Beleuchtung“

#### 5.3.13.1 Kapitel 4.13.1 „Spezifische Anforderungen an elektrische Ausrüstungen“

Zu Bst. a: Diese Forderung entspricht den Vorgaben der Starkstromverordnung und nachgelagerten Verordnungen.

Zu Bst. c: Die nukleare Sicherheit und der Strahlenschutz haben bei der Funktionsausführung grundsätzlich Vorrang gegenüber dem Komponentenschutz (Aggregateschutz).

### 5.3.13.2 Kapitel 4.13.2 „Beleuchtung“

Zu Bst. a: Gute Sichtverhältnisse implizieren die Berücksichtigung ergonomischer Aspekte und die Optimierung der Lichtstärke.

Zu Bst. b und c: Die in der Richtlinie verwendeten Bezeichnungen für die verschiedenen Beleuchtungen (Normalbeleuchtung, Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung, usw.) richten sich nach der internationalen Norm SN EN 1838.

Zu Bst. b und e: Die grundlegenden Anforderungen an die Flucht- und Rettungswege sind in der Richtlinie ENSI-B12 festgelegt.

Zu Bst. g: Die elektrische Versorgung der Sicherheitsbeleuchtung muss unter anderem brandschutztechnisch getrennt (d. h. in separaten Räumen) von der elektrischen Versorgung der Ersatzbeleuchtung sein. Erschwerte Zugangs- und Fluchtwege können beispielsweise durch Schleusensysteme in der Kernanlage gegeben sein. Die Sicherheitsbeleuchtung ist für den Personenschutz und die zugehörigen Fluchtwege im Brandfall zeitlich auszulegen (gemäss VKF mindestens eine Stunde, um eine Flucht genügend lange zu ermöglichen). Diese Forderung bestimmt unter anderem die Versorgungszeit der autonomen Stromversorgung.

Zu Bst. h: Insbesondere das Erkennen und Lesen von wesentlichen Beschriftungen, Informationen und Meldungen muss mit der Ersatzbeleuchtung weiterhin möglich sein. Beispiele von Örtlichkeiten, die eine Ersatzbeleuchtung benötigen, sind die Steuerstellen und zu bedienende Leittechnik- und Starkstromräume. Die Ersatzbeleuchtung ist auch im Störfall da wichtig, wo Instandsetzungsarbeiten, beispielsweise zur Wiederinbetriebnahme ausgefallener Dieselgeneratoren, notwendig sein kann.

Zu Bst. i: Die Erdbebenauslegung der Notbeleuchtung und die mechanische Auslegung der Normalbeleuchtung richten sich nach der Erdbebenauslegung des Anlageraumes und dessen Komponenten. Ziel ist, die mechanische Sicherheit, mechanische Integrität und den Funktionserhalt der Beleuchtungsanlagen zu gewährleisten. Die Ausrüstungen der Notbeleuchtung und betroffene Ausrüstungen der Normalbeleuchtung sollen im Erdbebenfall nicht aus ihrer Befestigung herausfallen, um sicherheitstechnisch wichtige Ausrüstungen oder notwendige Tätigkeiten im Erdbebenfall nicht zu behindern.

Zu Bst. j: Der Einsatz mobiler Notstromaggregate dient der Speisung ausgewählter Notstromschienen, um zumindest zentral wichtige Teile der Notbeleuchtung wieder herzustellen.

Zu Bst. k Ziff. 3: Versorgungsunterbrüche von Beleuchtungsgruppen sind beispielsweise durch Umschaltzeiten von elektrischen Versorgungsquellen (einschliesslich verzögerter Zuschaltung von Verbrauchergruppen nach Anlauf von Dieselaggregaten) oder Instandhaltungstätigkeiten an der elektrischen Versorgung bedingt. Ausfälle von Beleuchtungsgruppen der Normalbeleuchtung können derart sein, dass die entsprechende Ersatzbeleuchtung nicht aktiviert wird. Ausfälle von Beleuchtungsgruppen der Ersatzbeleuchtung können derart sein, dass der Ausfall die Ausführung von kurzfristig notwendigen sicherheitsrelevanten Tätigkeiten entscheidend behindert. Deshalb sollen solche Unterbrüche und Ausfälle im Rahmen des Beleuchtungskonzeptes untersucht und bewertet werden, um gegebenenfalls die Auslegung

entsprechend zu verbessern (z. B. manuelle lokale Einschaltmöglichkeiten der Ersatzbeleuchtung, redundante Gruppen der Normalbeleuchtung oder redundante elektrische Versorgung der Gruppen in einem zugehörigen Raum, Platzierung und automatische Aktivierung von tragbaren Notleuchten).

### **5.3.14 Kapitel 4.14 „Lüftungstechnische Anlagen“**

Zu Bst. f: Es ist beispielsweise nachzuweisen, dass ein Brand eines Aktivkohlefilters nicht zu Folgeschäden in anderen sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten führt.

Zu Bst. k: Beanspruchungen sind beispielsweise Druck, Druckstösse, Feuchte, Temperatur, ionisierende Strahlung, Schwingungen und korrosive Stoffe.

Zu Bst. n: Diese Forderung entspricht dem ALARA-Prinzip.

### **5.3.15 Kapitel 4.15 „Brennstofflagerung und –handhabung“**

Zu Kap. 4.15.2 Bst. e: Anschlussstutzen im Aussenbereich werden zur Beherrschung oder Linderung schwerer Notfälle verlangt.

Zu Kap. 4.15.2 Bst. n: Diese Anforderung gilt sinngemäss auch für spezielle, zum Abstellen von Transportbehälter vorhandene Lagerbecken, falls diese ausserhalb des eigentlichen Brennelementlagerbeckens angeordnet sind.

## **5.4 Anhang 2 „Gefilterte Druckentlastung des Primärcontainers“**

Zu Kap. A2.1 Bst. h: Diese Anforderung geht über die entsprechenden Anforderungen für die Betriebsdauer der USV-Anlagen gemäss Kap. 4.12.4 hinaus. Die Druckentlastung des Containers bei einem schweren Kernschmelzunfall kann nach vielen Stunden notwendig sein. Aus diesem Grunde ist es wichtig, dass auch dann noch eine Instrumentierung vorhanden ist, um die Entlastung durchführen und verfolgen zu können.



## Anhang 1: WENRA Safety Reference Levels

Nr.	Anforderung	Abbildung im Schweizer Regelwerk
E7.3	Criteria for the protection of the primary coolant pressure boundary shall be specified, including maximum pressure, maximum temperature, thermal- and pressure transients and stresses	Anhang 1 Kap. 2.4 und 2.5 VBRK Kap. 6.3.2.1 ENSI-G09 Kap. 4.2 Bst. d ENSI-G02 Teil 2
E7.4	If applicable, criteria in E7.3 shall be specified as well for protection of the secondary coolant system.	Kap. 6.3.2.1 ENSI-G09 Kap. 4.2 Bst. e ENSI-G02 Teil 2
E7.5	Criteria shall be specified for protection of containment, including temperatures, pressures and leak rates.	Kap. 6.3.2.1 ENSI-G09 Kap. 4.7.1 Bst. b und c ENSI-G02 Teil 2
E9.6	The means for shutting down the reactor shall consist of at least two diverse systems.	Kap. 5.5.1 und 5.5.2 ENSI-G20 Kap. 4.1 Bst. b ENSI-G02 Teil 2
E9.10	<p>A containment system shall be provided in order to ensure that any release of radioactive material to the environment in a design basis accident would be below prescribed limits. This system shall include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leaktight structures covering all essential parts of the primary system;</li> <li>• associated systems for control of pressures and temperatures;</li> <li>• features for isolation;</li> <li>• features for the management and removal of fission products, hydrogen, oxygen and other substances that could be released into the containment atmosphere.</li> </ul>	Art. 5 Abs. 1 und 2 KEG Art. 7 Bst. c und d KEV Kap. 4.7 ENSI-G02 Teil 2
E9.11	Each line that penetrates the containment as part of the reactor coolant pressure boundary or that is connected directly to the containment atmosphere shall be automatically and reliably sealable in the event of a design basis accident. These lines shall be fitted with at least two containment isolation valves arranged in series. Isolation valves shall be located as close to the containment as is practicable.	Kap. 4.7.1 Bst. f Ziff. 2 ENSI-G02 Teil 2

E9.12	Each line that penetrates the containment and is neither part of the reactor coolant pressure boundary nor connected directly to the containment atmosphere shall have at least one containment isolation valve. This valve shall be outside the containment and located as close to the containment as practicable.	Kap. 4.7.1 Bst. f Ziff. 1 ENSI-G02 Teil 2
E10.1	Instrumentation shall be provided for measuring all the main variables that can affect the fission process, the integrity of the reactor core, the reactor cooling systems, the containment, and the state of the spent fuel storage. Instrumentation shall also be provided for obtaining any information on the plant necessary for its reliable and safe operation, and for determining the status of the plant in design basis accidents. Provision shall be made for automatic recording* of measurements of any derived parameters that are important to safety.  *By computer sampling and/or print outs.	Kap. 5.2 ENSI-B12 Kap. 5.4 ENSI-G20, ENSI-G13 Kap. 7 ENSI-G09 Kap. 4.11 ENSI-G02 Teil 2
E10.2	Instrumentation shall be adequate for measuring plant parameters and shall be environmentally qualified for the plant states concerned.	Kap. 5.2 Bst. e bis g ENSI-B12 Kap. 4.11 ENSI-G02 Teil 2 Zur Qualifizierung: Kap. 4.11.1 Bst. a und b ENSI-G02 Teil 2
E10.3	A main control room shall be provided from which the plant can be safely operated in all its operational states, and from which measures can be taken to maintain the plant in a safe state or to bring it back into such a state after the onset of anticipated operational occurrences and design basis accidents.	Kap. 5.1 ENSI-B12 Kap. 4.9. ENSI-G02 Teil 2
E10.4	Devices shall be provided to give in an efficient way visual and, if appropriate, also audible indications of operational states and processes that have deviated from normal and could affect safety. Ergonomic factors shall be taken into account in the design of the main control room. Appropriate information shall be available to the operator to monitor the effects of the automatic actions.	Kap. 4.9.2 ENSI-G02 Teil 2

E10.5	Special attention shall be given to identifying those events, both internal and external to the main control room, which may pose a direct threat to its continued operation, and the design shall provide for reasonably practicable measures to minimize the effects of such events.	Kap. 4.9.1 Bst. c und d ENSI-G02 Teil 2
E10.6	For times when the main control room is not available, there shall be sufficient monitoring and control equipment available, preferably at a single location that is physically, electrically and functionally separate from the main control room, so that, if the main control room is unavailable, the reactor can be placed and maintained in a shut-down state, residual heat can be removed from the reactor and spent fuel storage, and the essential plant parameters, including the conditions in the spent fuel storages, can be monitored.	Kap. 5.1 Bst. b ENSI-B12 Kap. 5.2 und 5.3 ENSI-B12 Kap. 4.9.1 Bst. b ENSI-G02 Teil 2 Kap. 4.11.1 Bst. f ENSI-G02 Teil 2
E10.8	The design shall permit all aspects of functionality of the protection system, from the sensor to the input signal to the final actuator, to be tested in operation. Exceptions shall be justified.	Art. 10 Abs. 1 Bst. e KEV Kap. 5.2.2.5 ENSI-G02 Teil 1 Kap. 4.10.1 Bst. j und k ENSI-G02 Teil 2
E10.9	The design of the reactor protection system shall minimize the likelihood that operator action could defeat the effectiveness of the protection system in normal operation and anticipated operational occurrences. Furthermore, the reactor protection system shall not prevent operators from taking correct actions if necessary in design basis accidents.	Kap. 5.2.2.6 ENSI-G02, Teil 1 Kap. 4.10.2 ENSI-G02, Teil 2 Kap. 5.1 HSK-R-46
E10.11	It shall be ensured that the emergency power supply is able to supply the necessary power to systems and components important to safety, in any operational state or in a design basis accident, on the assumption of a single failure and the coincidental loss of off-site power.	Kap. 4.12.3 Bst. a, b und d ENSI-G02 Teil 2
F4.7	There shall be sufficient independent and diverse means including necessary power supplies available to remove the residual heat from the core and the spent fuel. At least one of these means shall be effective after events involving external hazards more severe than design basis events.	Art. 7 Bst. d KEV Kap. 4.6 ENSI-G02 Teil 2 Kap. 4.12 ENSI-G02 Teil 2 Kap. 4 und 5 ENSI-B12

F4.8	Isolation of the containment shall be possible in DEC. For those shutdown states where this cannot be achieved in due time, severe core damage shall be prevented with a high degree of confidence.  If an event leads to bypass of the containment, severe core damage shall be prevented with a high degree of confidence.	Art. 7, Bst. d KEV Kap. 4.7.1 Bst. f und g ENSI-G02 Teil 2
F4.9	Pressure and temperature in the containment shall be managed.	Art. 7 Bst. d KEV Kap. 4.7.1 Bst. b ENSI-G02 Teil 2 Kap. 4.7.1 Bst. h ENSI-G02 Teil 2 Anhang 3 ENSI-G02 Teil 2 Kap. 4.4.5 ENSI-B12 Kap. 5.2 Bst. b ENSI-B12
F4.10	The threats due to combustible gases shall be managed.	Art. 7 Bst. d KEV Kap. 4.7 Bst. d ENSI-G02 Teil 2
F4.11	The containment shall be protected from overpressure.  If venting is to be used for managing the containment pressure, adequate filtration shall be provided.	Art. 7, Bst. d KEV Kap. 4.7.1 Bst. h mit Anhang 2 ENSI-G02 Teil 2
F4.12	High pressure core melt scenarios shall be prevented.	Art. 7, Bst. d KEV Kap. 4.4 Bst. a Ziff. 2 ENSI-G02 Teil 2
F4.13	Containment degradation by molten fuel shall be prevented or mitigated as far as reasonably practicable.	Art. 7, Bst. d KEV Kap. 4.7.1 Bst. i ENSI-G02 Teil 2
F4.15	Adequately qualified instrumentation shall be available for DEC for determining the status of plant (including spent fuel storage) and safety functions as far as required for making decisions.*  *This refers to decisions concerning measures on-site as well as, in case of DEC B, off-site.	Art. 7, Bst. d KEV Kap. 4.11 und Anhang 3 ENSI-G02 Teil 2, Kap. 5.2 und 5.4 ENSI-B12
F4.16	There shall be an operational and habitable control room (or another suitably equipped location) available during DEC in order to manage such situations.	Art. 7 Bst. d KEV Kap. 4.9.1 ENSI-G02 Teil 2 Kap. 5.1 ENSI-B12
F4.17	Adequate power supplies during DEC shall be ensured considering the necessary actions and the timeframes defined in the DEC analysis, taking into account external hazards.	Art. 7, Bst. d KEV Kap. 4.12 ENSI-G02 Teil 2 Kap. 5.2, Bst. h ENSI-B12 Kap. 5.3, Bst. e ENSI-B12

---

F4.18	Batteries shall have adequate capacity to provide the necessary DC power until recharging can be established or other means are in place.	Art. 7 Bst. d KEV Kap. 4.12.4 Bst. c, d und e ENSI-G02 Teil 2
-------	---	--

---