

# **Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke: Grundlagen**

Entwurf zur externen Anhörung, Juni 2015 (mit Korrektur auf Seite 3)

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

**ENSI-G02/d, Teil 1**



# Inhalt

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

ENSI-G02/d, Teil 1

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Gegenstand und Geltungsbereich</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Rechtliche Grundlagen</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Grundsätze der nuklearen Sicherheit</b>	<b>2</b>
	4.1 Das Schutzzielkonzept	2
	4.2 Das Barrierenkonzept	3
	4.3 Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge	3
<b>5</b>	<b>Anforderungen an Schutzzielfunktionen</b>	<b>4</b>
	5.1 Grundlegende Anforderungen	4
	5.2 Spezifische Anforderungen	5
<b>6</b>	<b>Auslegungsanforderungen zum Schutz gegen Störfälle</b>	<b>9</b>
	6.1 Grundlegende Anforderungen	9
	6.2 Intern ausgelöste Ereignisse	9
	6.3 Extern ausgelöste Ereignisse	13
<b>Anhang 1:</b>	<b>Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)</b>	<b>18</b>
<b>Anhang 2:</b>	<b>Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge</b>	<b>19</b>



# 1 Einleitung

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) ist die Aufsichtsbehörde für die nukleare Sicherheit und Sicherung der Kernanlagen in der Schweiz. In seiner Eigenschaft als Aufsichtsbehörde oder gestützt auf einen Auftrag in einer Verordnung erlässt es Richtlinien. Richtlinien sind Vollzugshilfen, die rechtliche Anforderungen konkretisieren und eine einheitliche Vollzugspraxis erleichtern. Sie konkretisieren zudem den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Das ENSI kann im Einzelfall Abweichungen zulassen, wenn die vorgeschlagene Lösung in Bezug auf die nukleare Sicherheit und Sicherung mindestens gleichwertig ist.

## 2 Gegenstand und Geltungsbereich

Die übergeordneten Auslegungsgrundsätze für Kernkraftwerke sind in Art. 4 und 5 des Kernenergiegesetzes (KEG, SR 732.1) und in den Art. 7 bis 10 der Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) festgelegt. Für die in der Schweiz in Betrieb stehenden Kernkraftwerke sind diese Auslegungsgrundsätze unter Beachtung der Angemessenheit gemäss Art. 82 der KEV umzusetzen.

Die Richtlinie ENSI-G02 präzisiert diese Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke.

Die Richtlinie wird in zwei Teilen ausgeführt. Der Teil 1 der Richtlinie ist wie folgt gegliedert:

In Kapitel 3 werden die rechtlichen Grundlagen für diese Richtlinie dargestellt.

In Kapitel 4 werden die Grundsätze der nuklearen Sicherheit weiter präzisiert. Diese umfassen die grundlegenden Schutzziele, das Barrierenkonzept sowie das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge mit Zuordnung von Schutzziefunktionen zu den Sicherheitsebenen.

In Kapitel 5 werden Anforderungen an Schutzziefunktionen sowie die zugehörigen Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) auf den einzelnen Sicherheitsebenen festgelegt. Nicht Teil dieser Richtlinie sind Anforderungen an Ausrüstungen und Massnahmen auf der Sicherheitsebene 5, da diese Ebene den anlageexternen Notfallschutz umfasst. Die Anforderungen dazu sind in entsprechenden Verordnungen und Richtlinien festgelegt.

Kapitel 6 enthält die Auslegungsanforderungen und Massnahmen zur Beherrschung von Störfällen.

Im Teil 2 der Richtlinie ENSI-G02 werden spezifische Auslegungsanforderungen für ausgewählte Bereiche der nuklearen Sicherheit festgelegt.

### **3 Rechtliche Grundlagen**

Diese Richtlinie führt Art. 10 Abs. 2 KEV aus.

Im Weiteren stützt sich die vorliegende Richtlinie insbesondere auf folgende rechtliche Bestimmungen:

- a. Art. 4 und 5 KEG
- b. Art. 22 Abs. 2 Bst. g KEG
- c. Art. 7, 8 und 10 KEV
- d. Art. 82 KEV
- e. Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom 17. Juni 2009 (SR 732.112.2)

### **4 Grundsätze der nuklearen Sicherheit**

#### **4.1 Das Schutzzielkonzept**

- a. Ein Kernkraftwerk ist so auszulegen, dass im Normalbetrieb, bei Betriebsstörungen und bei Störfällen
  1. das übergeordnete Schutzziel S4 „Begrenzung der Strahlenexposition von Mensch und Umwelt“ sowie
  2. die technischen Schutzziele S1 „Kontrolle der Reaktivität“, S2 „Kühlung der Brennelemente“ und S3 „Einschluss radioaktiver Stoffe“ eingehalten werden.
- b. Die Einhaltung der Schutzziele S1 bis S4 ist auf den Sicherheitsebenen 1 bis 3 (vgl. Kap. 4.3) durch Schutzzielfunktionen oder durch schutzzielübergreifende Aufgaben und Prozesse zu gewährleisten.
- c. Die Einhaltung der technischen Schutzziele S1 bis S3 ist auf der Sicherheitsebene 4a durch Schutzzielfunktionen oder durch schutzzielübergreifende Aufgaben und Prozesse zu gewährleisten.
- d. Auf der Sicherheitsebene 4b ist die Freisetzung radioaktiver Stoffe sowohl bezüglich des Umfangs wie auch der Dauer soweit möglich und angemessen so zu begrenzen, dass
  1. ausreichend Zeit für Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung in der näheren Umgebung der Anlage besteht und

2. eine längerfristige Kontamination grösserer Flächen verhindert wird.

## 4.2 Das Barrierenkonzept

- a. Zur Einhaltung des Schutzziels S3 muss ein Kernkraftwerk mehrere Barrieren besitzen.
- b. Hinsichtlich Reaktorsicherheit bei geschlossenem Reaktor müssen dies folgende Barrieren sein:
  1. die Brennstoffmatrix und die Brennstabhüllen
  2. die druckführende Umschliessung des Reaktorkühlsystems
  3. das Containment
- c. Die zum Schutz der Barrieren erforderlichen Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) sind derart auszulegen, dass sie, soweit möglich und angemessen, so voneinander unabhängig sind, dass bei Störfällen eine Barriere nicht als Folge des Ausfalls einer anderen Barriere versagt.
- d. Falls im Nicht-Leistungsbetrieb einzelne Barrieren aufgehoben werden oder nicht zur Verfügung stehen, muss der sichere Einschluss der radioaktiven Stoffe mittels der verbleibenden Barrieren und weiterer Rückhaltefunktionen gewährleistet werden.

## 4.3 Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

- a. Zur Einhaltung der Schutzziele ist eine gestaffelte Sicherheitsvorsorge gemäss **Anhang 2** bestehend aus fünf hintereinander gestaffelten Ebenen von Vorkehrungen umzusetzen, von denen jeweils die nächste dazu dient, ein Versagen der Vorkehrungen der davor liegenden Ebenen aufzufangen, bzw. die Konsequenzen des Versagens zu begrenzen oder zu lindern.
- b. Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge ist für alle Anlagenzustände des Leistungs- und Nicht-Leistungsbetriebs umzusetzen.
- c. Schutzzielefunktionen sind durch spezifische Systeme, Ausrüstungen sowie aktive und passive Massnahmen auf den einzelnen Sicherheitsebenen umzusetzen (vgl. Anhang 2).
- d. Ergänzend sind schutzzielübergreifende Aufgaben und Prozesse festzulegen, die zur Einhaltung der Schutzziele notwendig sind. Dazu gehören insbesondere
  1. qualitätssichernde Massnahmen bei allen Tätigkeiten in einem Kernkraftwerk und bei Herstellern von Komponenten sowie

2. Massnahmen zur Gewährleistung einer guten Sicherheitskultur und eines hohen Ausbildungsstands der Mitarbeitenden.

## 5 Anforderungen an Schutzzielfunktionen

### 5.1 Grundlegende Anforderungen

- a. SSK für Schutzzielfunktionen, die auf mehreren Sicherheitsebenen wirksam sein müssen, haben alle Anforderungen der entsprechenden Sicherheitsebenen zu erfüllen. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- b. SSK für Schutzzielfunktionen sind auf den Sicherheitsebenen 1 bis 3 gegen die im Anforderungsfall herrschenden Umgebungsbedingungen am Aufstellungsort ausulegen. Dieses Prinzip gilt soweit technisch möglich und angemessen auch für die Sicherheitsebene 4.
- c. Bei Auslegung, Fertigung und Montage von SSK für Schutzzielfunktionen sind Grundsätze und Verfahren anzuwenden, die dem Stand der Technik und den besonderen Erfordernissen der Kerntechnik entsprechen.
- d. Durch geeignete Werkstoffwahl für SSK von Schutzzielfunktionen ist die Aktivierung von Materialien zu begrenzen. Dies betrifft insbesondere den Kobaltgehalt.
- e. Bei der Auslegung von SSK für Schutzzielfunktionen sind ausreichende Sicherheitszuschläge vorzusehen.
- f. Bei der Auslegung von SSK für Schutzzielfunktionen ist eine bedien- und instandhaltungsfreundliche Gestaltung zu berücksichtigen. Die menschlichen Fähigkeiten und deren Grenzen sind dabei zu berücksichtigen.
- g. Für Schutzzielfunktionen sind zuverlässige und betriebsbewährte oder umfassend geprüfte Komponenten einzusetzen, die eine Instandhaltung mit bewährten Mitteln zulassen.
- h. Für Mehrblockanlagen müssen die Schutzzielfunktionen für jeden einzelnen Kernkraftwerksblock soweit möglich und angemessen unabhängig von denjenigen der anderen Kraftwerksblöcke sein.



## 5.2 Spezifische Anforderungen

### 5.2.1 SE1- und SE2-Funktionen

- a. SE1- und SE2-Funktionen sind so vorzusehen und auszuführen, dass ein Ansprechen von Sicherheits- und/oder Notstandssystemen möglichst vermieden wird.
- b. SE2-Funktionen sind soweit möglich und angemessen nach dem Grundsatz der Redundanz auszuführen.
- c. SE2-Funktionen sind soweit möglich und angemessen derart zu automatisieren, dass bei Betriebsstörungen keine Eingriffe des Personals erforderlich sind.

### 5.2.2 SE3-Funktionen

- a. SE3-Funktionen sind grundsätzlich von Sicherheits- oder Notstandssystemen auszuführen. Der durch Sicherheits- oder Notstandssysteme auszuführende Funktionsumfang ist anlagenspezifisch festzulegen.
- b. SE3-Funktionen sind soweit möglich und angemessen funktional unabhängig und räumlich getrennt von den SE1- und SE2-Funktionen auszuführen.
- c. SE3-Funktionen sind so auszuführen, dass gegen deren Ausfall aufgrund einer gemeinsamen Ursache (Common Cause Failure) Vorsorge getroffen wird.
- d. Durch Notstandssysteme ausgeführte SE3-Funktionen müssen mindestens während 10 Stunden autonom funktionieren.
- e. SSK für SE3-Funktionen sind so auszulegen, dass die Anlage bei Auslegungsstörfällen in einen sicheren Zustand überführt und in diesem autark während mindestens 72 Stunden gehalten werden kann. Der Einsatz von SSK, welche nicht zu den Sicherheits- oder Notstandssystemen zählen, darf erst nach 10 Stunden erforderlich sein.
- f. SSK für SE3-Funktionen sind gegen die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von der Aufsichtsbehörde akzeptierten Gefährdungsannahmen durch naturbedingte und zivilisatorische Einwirkungen auszulegen oder zu schützen.
- g. Bei Verlust des Hauptkommandoraums müssen SE3-Funktionen von anderen Steuerstellen aus so gesteuert und überwacht werden können, dass die Anlage in einen sicheren Zustand überführt und dort gehalten werden kann.
- h. Werden bei Mehrblockanlagen mechanische oder elektrische Komponenten von SE3-Funktionen von mehreren Blöcken gemeinsam genutzt, ist dies zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.

- 5.2.2.1 Einzelfehler- und Instandhaltungskriterium (Art. 10 Abs. 1 Bst. a KEV)
- a. SE3-Funktionen müssen auch bei einem beliebigen vom auslösenden Ereignis unabhängigen Einzelfehler wirksam bleiben.
  - b. Bei passiven Komponenten kann auf die Annahme eines Einzelfehlers verzichtet werden, wenn diese nachweislich die geforderte hohe Qualität und Zuverlässigkeit besitzen.
  - c. Das Einzelfehlerkriterium gilt im Leistungsbetrieb auch dann, wenn ein Strang von Sicherheits- oder Notstandssystemen wegen Wartung oder Prüfung nicht verfügbar ist. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- 5.2.2.2 Redundanz und Diversität (Art. 10 Abs. 1 Bst. b KEV)
- a. Der Grundsatz der Diversität ist für SE3-Funktionen soweit möglich und angemessen umzusetzen.
  - b. Der Grundsatz der Redundanz ist für SE3-Funktionen soweit möglich und angemessen umzusetzen.
- 5.2.2.3 Funktionale Unabhängigkeit von redundanten Strängen (Art. 10 Abs. 1 Bst. c KEV)
- a. Redundanten Strängen gemeinsame mechanische Komponenten innerhalb eines Sicherheits- oder Notstandsystems sind soweit möglich und angemessen zu vermeiden.
  - b. Querverbindungen zwischen redundanten Strängen eines Sicherheits- oder Notstandsystems sind zulässig, sofern
    1. Rohrleitungen in jedem Strang zuverlässig abgesperrt und gegen Fehlbedienung abgesichert sind,
    2. bei elektrischen Querverbindungen die Ausrüstungen selbstüberwachend sind und die Querverbindungen rückwirkungsfrei ausgeführt werden.
  - c. Die zur Erfüllung einer SE3-Funktion eingesetzten Stränge von Sicherheits- und Notstandssystemen müssen soweit möglich und angemessen funktional voneinander unabhängig sein. Dies betrifft auch die unterstützenden Systeme wie Leittechnik und Versorgung mit Energie, Kühlung und Lüftung.

#### 5.2.2.4 Räumliche Trennung von redundanten Strängen (Art. 10 Abs. 1 Bst. d KEV)

Die zur Erfüllung einer SE3-Funktion eingesetzten Stränge von Sicherheits- und Notstandssystemen sind soweit möglich und angemessen durch geeignete Massnahmen räumlich voneinander zu trennen.

#### 5.2.2.5 Prüfbarkeit von redundanten Strängen (Art. 10 Abs. 1 Bst. e KEV)

- a. Die zur Erfüllung einer SE3-Funktion eingesetzten redundanten Stränge müssen integral oder sonst in möglichst umfassenden Abschnitten sowohl mit Handsteuerung als auch mit simulierter automatischer Anregung geprüft werden können. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- b. Im Anforderungsfall müssen auch während Prüfungen die SE3-Funktionen rechtzeitig wirksam sein.

#### 5.2.2.6 Automatisierung (Art. 10 Abs. 1 Bst. f KEV)

- a. SE3-Funktionen müssen derart automatisiert sein, dass bei Auslegungsstörfällen keine sicherheitsrelevanten Eingriffe des Personals innerhalb der ersten 30 Minuten nach dem auslösenden Ereignis erforderlich werden. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- b. Eine SE3-Funktion ist zu automatisieren, falls dem Personal für Diagnose und Durchführung dieser Funktion nicht ausreichend Zeit zur Verfügung steht.
- c. Eine manuelle Rücksetz- oder Überbrückungsmöglichkeit anstehender Auslösesignale von automatisierten SE3-Funktionen ist zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.

### 5.2.3 SE4-Funktionen

- a. Die zur Erfüllung einer SE4-Funktion eingesetzten Notfallsysteme und Notfallausrüstungen müssen geprüft werden können.
- b. SSK von SE4-Funktionen sind so auszulegen, dass diese keine nachteiligen Wechselwirkungen auf SE1- bis SE3-Funktionen haben.
- c. Sind zur Inbetriebnahme von Ausrüstungen für SE4-Funktionen Eingriffe des Personals vor Ort notwendig, ist der Zugang zu diesem Ort sicherzustellen.
- d. Festinstallierte SSK für SE4-Funktionen sind gegenüber mobilen zu bevorzugen.
- e. Notfallausrüstungen müssen durch das Eigenpersonal bedienbar sein.

- f. SSK für SE4a-Funktionen sind so auszulegen, dass die Anlage bei seltenen Ereignissen ohne schweren Kernschaden in einen sicheren Zustand überführt und in diesem autark während mindestens 72 Stunden gehalten werden kann.

#### 5.2.3.1 Fest installierte Notfallausrüstungen

- a. SSK für SE4-Funktionen sind entsprechend ihrem Verwendungszweck gegen naturbedingte und zivilisatorische Einwirkungen auszulegen oder zu schützen.
- b. Komponenten und Ausrüstungen, welche ausschliesslich zur Erfüllung von SE4a-Funktionen verwendet werden, sind soweit möglich und angemessen gegenüber denen für SE3-Funktionen diversitär und funktional unabhängig auszuführen.
- c. Notfallausrüstungen für SE4b-Funktionen sind soweit möglich und angemessen gegenüber Ausrüstungen für SE3- und SE4a-Funktionen diversitär und funktional unabhängig auszuführen.
- d. SE4b-Funktionen sind bevorzugt durch passiv funktionierende Einrichtungen umzusetzen.

#### 5.2.3.2 Mobile Notfallausrüstungen

- a. Mobile Notfallausrüstungen sind so zu lagern, dass diese
  1. innerhalb der verfügbaren Zeitfenster in Betrieb genommen werden können,
  2. vor den Folgen des Versagens anderer SSK geschützt sind sowie
  3. gegen Erdbeben und Überflutung geschützt sind.
- b. Es ist zusätzlich zu den bereits vor Ort vorhandenen Notfallausrüstungen ein externes Lager mit Notfallausrüstungen bereitzustellen. Diese müssen im Anforderungsfall auch per Helikopter zur Anlage geflogen werden können.
- c. Notfallausrüstungen müssen betriebserprobt sein.
- d. Es sind standardisierte Anschlüsse für Notfallausrüstungen zu verwenden, damit diese einfach und zuverlässig anzuschliessen oder auszutauschen sind und flexibel für verschiedene Systeme und – bei Mehrblockanlagen – für verschiedene Kraftwerksblöcke eingesetzt werden können.
- e. An ausgewählten Sicherheits- und Notstandssystemen sind redundante und räumlich voneinander getrennte Anschlüsse für Notfallausrüstungen anzubringen.

- f. Ausgewählte auf dem Kraftwerksgelände verfügbare robuste Wasservorräte (z. B. Flutbehälter und Notkühltürme) müssen über Anschlüsse verfügen, so dass diese mittels Notfallausrüstungen schnell verfügbar sind.
- g. Bei Mehrblockanlagen sind ausreichend Notfallausrüstungen für eine gleichzeitige Anforderung in allen Kernkraftwerksblöcken bereitzustellen.

## **6 Auslegungsanforderungen zum Schutz gegen Störfälle**

### **6.1 Grundlegende Anforderungen**

- a. Durch Vorsorgemassnahmen ist zu gewährleisten, dass Auswirkungen von Auslegungsstörfällen sowie ausgewählter sehr seltener Ereignisse so begrenzt werden, dass die Anlage in einen sicheren Zustand überführt und gehalten sowie der Zustand der Anlage überwacht werden kann.
- b. Bei der Umsetzung von Vorsorgemassnahme sind
  1. grundsätzlich Massnahmen zur Verhinderung von Störfällen oder zu deren Beherrschung denjenigen zur Linderung der Konsequenzen von Störfällen vorzuziehen und
  2. die Strahlenschutzvorgaben gemäss Art. 94 und 96 der Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) einzuhalten.
- c. Die Vorgaben von Art. 3 bis Art. 6 der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen sind bei der Bestimmung der störfallbedingten Belastungen auf SSK zu berücksichtigen.
- d. Bei der Festlegung des Spektrums der bei der Auslegung zu berücksichtigenden Störfälle sind die Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 zu beachten.
- e. Folgefehler an SSK aufgrund des auslösenden Ereignisses sind bei der Auslegung zu berücksichtigen.

### **6.2 Intern ausgelöste Ereignisse**

- a. Das zu betrachtende Spektrum der intern ausgelösten Ereignisse muss die in Art. 8 Abs. 2 KEV aufgeführten Störfälle abdecken.
- b. Die durch intern ausgelöste Störfälle bedingten Einwirkungen auf SSK sind bei deren Auslegung zu berücksichtigen. Insbesondere sind dabei die Vorgaben gemäss Art. 4 der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsan-

nahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen zu beachten.

- c. Für ausgewählte systemübergreifende, intern ausgelöste Ereignisse sind die in den Kapiteln 6.2.1 bis 6.2.4 aufgeführten Vorsorgemassnahmen umzusetzen.

### **6.2.1 Anlageinterne Brände**

- a. Durch geeignete Massnahmen und Einrichtungen ist sicherzustellen, dass Brände innerhalb und ausserhalb von Gebäuden die Sicherheit der Anlage nicht unzulässig beeinträchtigen. Brandeinwirkungen infolge Flammen, Wärme, Rauch und Funken sind dabei zu berücksichtigen.
- b. Bei der Auslegung der Anlage sind Brandlasten und mögliche Zündquellen auf das für den sicheren Betrieb erforderliche Mass zu begrenzen.
- c. Die Brandschutzmassnahmen sind so zu planen und auszuführen, dass eine gestaffelte Schutzwirkung realisiert wird:
  - 1. Die Entstehung von Bränden ist zu verhindern (Prävention).
  - 2. Entstandene Brände sind rasch zu erkennen und zu löschen (Detektion und Intervention).
  - 3. Die Ausbreitung eines nicht gelöschten Brandes ist zu begrenzen (Bildung von Brandabschnitten).
- d. Die Brandschutzmassnahmen sind so auszuführen, dass durch einen Brand nur die Ausrüstungen eines Stranges eines Sicherheits- oder Notstandsystems betroffen sein können. Abweichungen sind nur dann zulässig, wenn die Sicherheitsfunktionen bei einem Brand weiterhin gewährleistet sind.
- e. Bei der Auslegung elektrischer Ausrüstungen sind bevorzugt halogenarme Materialien, Flammwidrigkeit (schwere Entflammbarkeit) und geringe Brandfortleitung umzusetzen.
- f. Es ist ein Brandschutzkonzept zu erstellen, das die Ziele des Brandschutzes für die Anlage und die einzelnen Anlageteile (Gebäude, Brandabschnitte), die vorhandenen Gefährdungen und die Massnahmen zur Erreichung der Ziele des Brandschutzes festlegt. Die Massnahmen sind in bauliche, technische und organisatorische Massnahmen zu unterteilen.

### **6.2.2 Anlageninterne Überflutungen**

- a. Durch geeignete Massnahmen sind anlageninterne Überflutungen möglichst zu verhindern. Zu diesen Massnahmen gehören:

1. hochwertige Ausführung der Wasser und Dampf führenden Systeme und Komponenten (einschliesslich der Feuerlöschleitungen)
  2. präzise Vorgaben für Instandhaltungsmassnahmen an Wasser und Dampf führenden Systemen und Komponenten, insbesondere bei solchen mit Überflutungspotenzial
  3. hohe Zuverlässigkeit gegen Fehlauflösungen automatisch auszulösender ortsfester Löschanlagen
- b. Es müssen Massnahmen und Einrichtungen zur Verhinderung einer unzulässigen Beeinträchtigung der Sicherheits- und Notstandssysteme vorhanden sein. Hierbei sind insbesondere die folgenden Massnahmen und Einrichtungen entsprechend einem gestaffelten Vorgehen zu berücksichtigen:
1. Leckageüberwachungseinrichtungen
  2. Massnahmen zur Isolierung von Leckagen
  3. Bildung von Überflutungsabschnitten zur Verhinderung der Ausbreitung von Wasser, insbesondere in Räume benachbarter Systemstränge
  4. erhöhte Aufstellung von Komponenten
  5. bauliche Einfassungen um Komponenten (z. B. Auffangwannen und Abschottungen)
  6. Doppelrohrausführungen
  7. aktive oder passive Einrichtungen zur Entwässerung
  8. organisatorische Massnahmen
- c. Es ist ein Konzept zum Schutz gegen interne Überflutung zu erstellen, das die Ziele des Überflutungsschutzes für die Anlage und die einzelnen Gebäudebereiche, die vorhandenen Gefährdungen und die Massnahmen zur Erreichung der Ziele des Überflutungsschutzes festlegt. Die Massnahmen sind in bauliche, technische und organisatorische Massnahmen zu unterteilen.

### **6.2.3 Komponentenversagen mit potenziellen Auswirkungen auf sicherheitsrelevante Einrichtungen**

- a. Alle potenziellen Quellen umherfliegender (hochenergetischer) und fallender Bruchstücke (Trümmer) sind zu identifizieren.
- b. Die Parameter (insbesondere Geometrie, Masse und Trajektorie) der bei einem Versagen zu erwartenden Bruchstücke sind zu analysieren oder konservativ abzuschätzen.

- c. Als potenzielle Quellen für solche Bruchstücke sind insbesondere zu berücksichtigen:
  1. das Versagen von Behältern, Rohrleitungen und sonstigen Komponenten mit hohem Energieinhalt
  2. das Versagen beweglicher Armaturenteile
  3. der Auswurf eines Steuerelements oder Steuerstabs
  4. das Versagen rotierender Komponententeile (z. B. Schwungradversagen der Hauptkühlmittelpumpen, Turbinenschaufeln und der Turbinenwelle)
  
- d. Zur Vermeidung unzulässiger Auswirkungen auf sicherheitsrelevante Ausrüstungen sind geeignete Massnahmen vorzusehen. Dazu gehören beispielsweise:
  1. geeignete Orientierung und Positionierung der als potenzielle Quelle von Bruchstücken identifizierten Komponenten im Raum
  2. geeignete räumliche Anordnung der als potenzielle Ziele von Bruchstücken identifizierten sicherheitsrelevanter Ausrüstungen
  3. Wahl einer Gebäudeanordnung, bei der sicherheitsrelevante Einrichtungen nicht innerhalb der wahrscheinlichen Flugrichtung möglicher Bruchstücke des Turbosatzes liegen
  4. bauliche Einrichtungen zum Ablenken oder Zurückhalten von Trümmern
  5. Ausschlagsicherungen
  6. Doppelrohrkonstruktionen bei hochenergetischen Rohrleitungen
  7. Drehzahlbegrenzung und Schwingungsüberwachung bei rotierenden Komponenten

#### **6.2.4 Absturz und Anprall von Lasten mit potenzieller Gefährdung sicherheitsrelevanter Einrichtungen**

- a. Lasten, die mit Hebezeugen oder Transportmitteln gehandhabt werden und deren Absturz zum Ausfall von sicherheitsrelevanten Einrichtungen oder zur Freisetzung radioaktiver Stoffe führen kann, sind zu identifizieren.
- b. Zu identifizieren sind auch Einwirkungen auf sicherheitsrelevante Einrichtungen, die durch das Umkippen schwerer und das Anschlagen pendelnder Gegenstände, insbesondere auch von Transport- und Lagerbehältern, entstehen.



- c. Es sind Vorsorgemassnahmen zu treffen, die einen Absturz oder ein Umkippen von Lasten weitgehend verhindern. Vorsorgemassnahmen sind unter anderem:
  1. Ausschluss des Hebens unzulässiger Lasten durch geeignete technische und administrative Massnahmen
  2. konstruktive Massnahmen zum Ausschluss der Beschädigung sicherheitsrelevanter Ausrüstungen durch ein unbeabsichtigtes Herunterfallen oder Umkippen von Lasten
  3. erdbebensichere Auslegung der Hebezeuge, die Lasten in Bereichen verschieben, in denen bei einem Lastabsturz sicherheitsrelevante Ausrüstungen beschädigt oder ein Störfall ausgelöst werden könnten
  4. Massnahmen zur Sicherstellung, dass Hebezeuge nur in den dafür vorgesehenen Anlagenzuständen eingesetzt werden
  5. gesichertes Parken von nicht verwendeten Hebezeugen in Bereichen, in denen beim störfallbedingten Absturz einer Komponente des Hebezeuges kein Schaden an sicherheitsrelevanten Ausrüstungen möglich ist
- d. Hebezeuge müssen den allgemein anerkannten Regeln der Technik genügen.
- e. Hebezeuge müssen nach den allgemeinen Sicherheitsvorschriften der SUVA errichtet und betrieben werden.

## 6.3 Extern ausgelöste Ereignisse

- a. Das Spektrum der extern ausgelösten Ereignisse muss die in Art. 8 Abs. 3 der KEV aufgeführten Störfälle abdecken.
- b. Die durch extern ausgelöste Störfälle bedingten Einwirkungen auf SSK sind bei deren Auslegung zu berücksichtigen. Insbesondere sind dabei die Vorgaben gemäss Art. 5 der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen zu beachten.

### 6.3.1 Erdbeben

- a. EK-I klassierte Systeme und Komponenten sind gegen die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Belastungen durch das Sicherheitserdbeben (SSE) so auszulegen, dass die benötigte Funktion, Integrität oder Standsicherheit der Systeme und Komponenten gewährleistet bleibt.

- b. BK-I klassierte Bauwerke sind gegen die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Belastungen durch das SSE so auszulegen, dass deren Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit gewährleistet bleibt.
- c. EK-II klassierte Systeme und Komponenten sind gegen die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Belastungen durch das Betriebserdbeben (OBE) so auszulegen, dass die Integrität und Standsicherheit der Systeme und Komponenten gewährleistet bleibt.
- d. BK-II klassierte Bauwerke sind gegen die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Belastungen durch das OBE so auszulegen, dass deren Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit gewährleistet bleibt.
- e. Nicht zur Beherrschung eines SSE benötigte SSK dürfen keine unzulässigen Auswirkungen auf die zur Beherrschung des Erdbebens benötigten SSK haben. Ansonsten sind diese so auszulegen, dass deren Integrität und Standsicherheit beim SSE gewährleistet bleibt.
- f. Die Auslegung muss mögliche erdbebenbedingte Folgen wie interne Brände und interne Überflutungen berücksichtigen.

### **6.3.2 Externe Überflutung**

- a. SSK für SE3-Funktionen sind gegen die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von der Aufsichtsbehörde akzeptierten Gefährdungsannahmen auszulegen.
- b. Die Standsicherheit der Gebäude der Bauwerksklassen I und II muss gewährleistet sein.
- c. Sicherheitsrelevante Einrichtungen, die zur Beherrschung des Überflutungsereignisses notwendig sind, dürfen durch ins Gebäude eindringendes Wasser in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt werden
- d. Für bestehende Gebäude der Bauwerksklasse I und II sind soweit möglich und angemessen permanente oder temporäre Hochwasserschutzmassnahmen zu treffen, so dass
  - 1. die Gebäude bei Überflutung des Anlagengeländes zugänglich sind,
  - 2. ein Eindringen von Wasser vermieden wird und
  - 3. die in den Gebäuden aufgestellten sicherheitsrelevanten Einrichtungen mit Betriebsmitteln langfristig versorgt werden können.
- e. Für den Einsatz temporärer Hochwasserschutzmassnahmen sind entsprechende organisatorische und administrative Massnahmen vorzubereiten.

- f. Für neu zu errichtende Gebäude der Bauwerksklasse I und II sind permanente Hochwasserschutzmassnahmen zu treffen.
- g. Für die Nachwärmeabfuhr muss eine vom Fluss unabhängige, überflutungs- und erdbebenfeste diversitäre Kühlwasserversorgung vorhanden sein.
- h. Es ist ein Konzept zum Schutz gegen externe Überflutung zu erstellen, das die Ziele des Überflutungsschutzes, die vorhandenen Gefährdungen und die Massnahmen zur Erreichung der Ziele festlegt. Die Massnahmen sind in bauliche, technische und organisatorische Massnahmen zu unterteilen.

### **6.3.3 Extreme Wetterbedingungen**

- a. SSK für SE3-Funktionen sind gegen die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Gefährdungsannahmen infolge extremer Winde, Tornados, Schnee und lokalem Starkregen auszulegen.
- b. Für Gebäude der Bauwerksklassen I und II sind unter anderem folgende durch Winde, Tornados und Schneelasten bedingten Einflussfaktoren zu berücksichtigen:
  1. Windstärke
  2. Böigkeit
  3. Über- und Unterdruck
  4. Gesamtdauer der Einwirkung
  5. Wechselwirkung mit benachbarten Strukturen
  6. durch Wind induzierte Geschosse
- c. Es sind geeignete Massnahmen gegen lokale Starkregen zu treffen. Dazu gehören:
  1. ausreichend dimensionierte Entwässerungssysteme zur Aufnahme des anfallenden Regenwassers
  2. abgedichtete Gebäude gegen ein mögliches Eindringen von Wasser
  3. vorbereitete temporäre Schutzmassnahmen
- d. Es sind geeignete Massnahmen vorzusehen, damit die Anlage bei länger andauernden extremen Wetterbedingungen rechtzeitig in einen sicheren Zustand gebracht und in diesem gehalten werden kann.

## 6.3.4 Blitz

### 6.3.4.1 Grundlegende Vorgaben

- a. Die Anlage muss die Blitzschutzanforderungen für industrielle Anlagen gemäss Vorgaben der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) erfüllen.
- b. Zur Umsetzung der Blitzschutz-Vorgaben sind unter anderem folgende Vorsorgemassnahmen notwendig:
  1. Der äussere und innere Blitzschutz ist durch bauliche und technische Massnahmen zu erfüllen.
  2. Die klassierten Gebäude sind unter Anwendung des Prinzips eines faradayschen Käfigs zu schützen. Bei bestehenden Gebäuden sind gegebenenfalls Ersatzmassnahmen umzusetzen.
  3. Blitzschutzmassnahmen müssen Potenzialausgleich und elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) berücksichtigen.
- c. Blitzeinschläge sind überall auf der äusseren Hülle der Anlage zu unterstellen.
- d. Die Ziele des Blitzschutzes und die Massnahmen zur Erreichung der Ziele sind in einem Konzept festzulegen. Das Blitzschutzkonzept muss bauliche, technische und organisatorische Massnahmen umfassen.

### 6.3.4.2 Zusätzliche Vorgaben für speziell zu schützende Einrichtungen

- a. Die blitzschutztechnisch speziell zu schützenden 1E-Ausrüstungen sind gegen Blitze mit folgenden Blitzstromparametern auszulegen:

Blitzstromparameter	Auslegungsblitz 1	Auslegungsblitz 2	Auslegungsblitz 3
Stromscheitelwert $I_{\max}$	50 kA	100 kA	300 kA
Stromsteilheit Stirn	200 kA/ $\mu$ s	100 kA/ $\mu$ s	7,5 kA/ $\mu$ s
Halbwertszeit der Rückflanke	50 $\mu$ s	1 000 $\mu$ s	200 $\mu$ s

- b. Notstandssysteme sind gegen die Auslegungsblitze gemäss Bst. a auszulegen.
- c. Die zur Beherrschung der Auslegungsblitze gemäss Bst. a notwendigen Ausrüstungen sind so zu schützen, dass die Reaktoranlage in einen sicheren Zustand überführt und gehalten werden kann.

### 6.3.5 Anlagenexterne Explosionen und Brände

- a. SSK für SE3-Funktionen sind gegen die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung von den Aufsichtsbehörden akzeptierten Gefährdungsannahmen durch anlagenexterne Explosionen und Brände auszulegen.
- b. Geeignete Vorkehrungen zum Schutz gegen die Auswirkungen anlagenexterner Explosionen sind insbesondere durch robuste Auslegung von Gebäuden und baulichen Anlagenteilen sowie die Einhaltung von Sicherheitsabständen umzusetzen.
- c. Bei der baulichen Auslegung sind insbesondere die folgenden Einwirkungen zu berücksichtigen:
  1. direkte, reflektierte und fokussierte Druckwellen
  2. Zeitverlauf von Über- und Unterdruck
  3. Trümmer
  4. Boden- und Gebäudeschwingungen
  5. thermische Einwirkungen
- d. Lüftungsanlagen, welche sicherheitstechnisch wichtige Systeme und Komponenten versorgen, dürfen durch Explosionseinwirkungen nicht unzulässig beeinträchtigt werden.
- e. Als anlageexterne Brände sind insbesondere Waldbrände, Brände in nahegelegenen Industrieanlagen, in Fahrzeugen auf Strasse und Wasserwegen und der Flugzeugabsturz als Brandquellen zu berücksichtigen.
- f. Die Vorsorgemassnahmen gegen die Auswirkungen anlageninterner Brände (vgl. Kap. 6.2.1) gelten sinngemäss auch für anlagenexterne Brände.

Diese Richtlinie wurde am **Datum** vom ENSI verabschiedet.

Der Direktor des ENSI:        sig. H. Wanner

# Anhang 1: Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)

## **Autark**

Ein System funktioniert autark, wenn dessen Betrieb nur das Betriebspersonal und die Hilfsmittel voraussetzt, die auf dem Anlagengelände verfügbar sind.

## **Autonom**

Ein System funktioniert autonom, wenn dieses automatisch oder durch das Betriebspersonal gestartet wird und dann ohne Eingriffe im Betrieb verbleibt.

## **Abweichung vom Normalbetrieb**

Eine Abweichung vom Normalbetrieb ist ein störungsbedingtes Abweichen von der geplanten Betriebsweise der Anlage.

## **Begrenzungssystem**

Ein Begrenzungssystem ist ein System zur automatisierten Ausführung einer Begrenzungsfunktion. Eine Begrenzungsfunktion dient dazu, eine Abweichung vom Normalbetrieb zu erkennen und automatisch abzufangen, um einen Störfall und das Eingreifen eines Sicherheits- oder Notstandsystems zu vermeiden.

## **Betriebserdbeben (OBE)**

Ein Betriebserdbeben, englisch Operating Basis Earthquake, ist ein verglichen mit dem Sicherheitserdbeben schwächeres Erdbeben, das mit zum Zeitpunkt der Errichtung eines Bauwerks von der Aufsichtsbehörde akzeptierten Belastungen verbunden ist.

## **Hebezeuge**

Als Hebezeuge gelten Aufzüge, Krane, Laufkatzen, Lastaufnahmeeinrichtungen und Brennelementwechselmaschinen.

## **Sicherheitserdbeben (SSE)**

Das Sicherheitserdbeben, englisch Safe Shutdown Earthquake (SSE), ist ein Erdbeben mit einer Belastung, die mit einer Häufigkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr überschritten wird. Es handelt sich dabei also um ein 10 000-jährliches Erdbeben.

## **Versorgungssystem**

Ein Versorgungssystem ist ein System, das der Versorgung eines oder mehrerer Betriebssysteme, Begrenzungs-, Sicherheits- oder Notstandssysteme insbesondere mit Strom, Steuerluft, Schmieröl, Kühlwasser oder Sperrwasser dient.

## Anhang 2: Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Sicherheitsebene Anforderungsfall	Schutzziel- funktion	Systeme, Ausrüstungen und Massnahmen	Ziel
<b>Sicherheitsebene 1</b> Normalbetrieb	SE1-Funktion	Betriebssysteme einschliesslich der erforderlichen Versorgungssysteme und Leitanlagen	Vermeidung von Betriebsstörungen
<b>Sicherheitsebene 2</b> Betriebsstörungen	SE2-Funktion	Begrenzungs-systeme einschliesslich der erforderlichen Versorgungssysteme und Leitanlagen	Beherrschung von Betriebsstörungen
<b>Sicherheitsebene 3</b> Auslegungsstörfälle	SE3-Funktion <sup>1</sup>	Sicherheits- und Notstandssysteme einschliesslich der erforderlichen Versorgungssysteme und Leitanlagen	Beherrschung von Auslegungsstörfällen, so dass ein Kernschaden verhindert wird
<b>Sicherheitsebene 4a</b> sehr seltene Ereignisse mit Mehrfachversagen von Sicherheits- und Notstandssystemen	SE4a-Funktion	Notfallsysteme und -ausrüstungen <sup>2</sup> (präventive Notfallmassnahmen)	Beherrschung ausgewählter, sehr seltener Ereignisse, so dass ein schwerer Kernschaden verhindert wird
<b>Sicherheitsebene 4b</b> sehr seltene Ereignisse mit schwerem Kernschaden	SE4b-Funktion	Notfallausrüstungen (mitigative Notfallmassnahmen)	Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe
<b>Sicherheitsebene 5</b> schwere Unfälle mit grösserer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung	SE1-Funktion	Anlagenexterner Notfallschutz	Linderung der radiologischen Auswirkungen in der Umgebung

<sup>1</sup> In der KEV werden SE3-Funktionen als Sicherheitsfunktionen bezeichnet.

<sup>2</sup> Betriebs-, Sicherheits- und Notstandssysteme können auch als Notfallsysteme auf der Sicherheitsebene 4 eingesetzt werden, wenn sie entsprechend ausgelegt sind.