

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

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

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

ENSI-G02/d, Teil 2

Inhalt

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

ENSI-G02/d, Teil 2

1	Einleitung	1
2	Gegenstand und Geltungsbereich	1
3	Rechtliche Grundlagen	1
4	Spezifische Auslegungsanforderungen	2
4.1	Reaktorabschaltsystem	2
4.2	Reaktorkühlsystem	2
4.3	Wasser-Dampf-Kreislauf	3
4.4	Druckentlastung	4
4.5	Kernnotkühlung	5
4.6	Nachwärmeabfuhr	5
4.7	Containment	6
4.8	Baustrukturen	8
4.9	Steuerstellen	11
4.10	Leittechnik	13
4.11	Instrumentierung	15
4.12	Stromversorgung	20
4.13	Elektrische Ausrüstungen und Beleuchtung	24
4.14	Lüftungstechnische Anlagen	26
4.15	Brennstofflagerung und -handhabung	28
5	Liste der Verweisungen	30
Anhang 1:	Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)	33
Anhang 2:	Gefilterte Druckentlastung des Primärcontainments	37
Anhang 3:	Störfallübersichtsanzeigen	41

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 von Art. 82 KEV umzusetzen.

Die Richtlinie ENSI-G02 präzisiert diese Auslegungsgrundsätze für in Betrieb stehende Kernkraftwerke. Sie ist bei der sicherheitstechnischen Bewertung von Anlageänderungen und der Bewertung des Auslegungskonzeptes im Rahmen von Sicherheitsüberprüfungen zugrunde zu legen.

Die vorliegende Richtlinie gilt für die Betriebszustände Voll- und Teillastbetrieb, An- und Abfahren sowie die Revision eines Kernkraftwerks. Für die Nachbetriebs- und Stilllegungsphasen gelten die Forderungen der ENSI-G02 unter Berücksichtigung des sich ändernden Gefährdungspotenzials sinngemäss.

Die Richtlinie wird in zwei Teilen ausgeführt. In einem ersten Teil werden die grundlegenden nuklearen Sicherheitskonzepte und Vorsorgemassnahmen zur Beherrschung und Linderung von Störfällen dargelegt. Im vorliegenden zweiten Teil der ENSI-G02 werden spezifische Auslegungsanforderungen insbesondere für Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) der Bereiche Systemtechnik, Bautechnik und Elektrotechnik festgelegt.

3 Rechtliche Grundlagen

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

Im Weiteren stützt sich die vorliegende Richtlinie wesentlich 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 (SR 732.112.2) vom 17. Juni 2009
- f. Verordnung über sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen in Kernanlagen (SR 732.13)

4 Spezifische Auslegungsanforderungen

4.1 Reaktorabschaltsystem

- a. Das Steuerstabsystem muss die Reaktorschnellabschaltung auf den Sicherheitsebenen 1 bis 3 gewährleisten.
- b. Auf der Sicherheitsebene 4a muss die Reaktorabschaltung durch ein zum Steuerstabsystem diversitäres System gewährleistet sein, das den Reaktor im unterkritischen Zustand halten kann.
- c. Für die Reaktorabschaltung gelten zusätzlich die Anforderungen gemäss Richtlinie ENSI-G20.
- d. Die Kerneinbauten sind so auszulegen, dass bei einem Leck von an den Reaktordruckbehälter anschliessenden Leitungen die Kerngeometrie so erhalten bleibt, dass die Reaktorabschaltung und Kernkühlung gewährleistet bleibt. Die zu unterstellende Leckgrösse ist aufgrund bruchmechanischer Analysen abzuleiten.

4.2 Reaktorkühlsystem

- a. Die Auslegung und Herstellung von sicherheitstechnisch klassierten Behältern und Rohrleitungen des Reaktorkühlsystems richten sich nach der Verordnung über sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen in Kernanlagen sowie der Richtlinie ENSI-G11.
- b. Die an das Reaktorkühlsystem anbindenden Rohrleitungen sind mit Ausnahme von Messleitungen mit mindestens zwei Isolationsvorrichtungen auszuführen. Mindestens eine der Isolationsvorrichtungen muss innerhalb des Primärcontainments angeordnet sein. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.

- c. Das Reaktorkühlsystem ist so auszulegen, herzustellen und zu betreiben, dass dessen Integrität auf den Sicherheitsebenen 1 bis 3 zuverlässig sichergestellt ist. Insbesondere ist sicherzustellen, dass
 - 1. das Leck-vor-Bruch-Verhalten eingehalten wird und keine rasch fortschreitenden Risse oder Sprödbrüche auftreten sowie
 - 2. beim zu unterstellenden Integritätsverlust einer Komponente des Reaktorkühlsystems die zur Störfallbeherrschung erforderlichen SE3-Funktionen nicht gefährdet werden.
- d. Die Kriterien zum Schutz der druckführenden Umschliessung (insbesondere Druck und Temperatur) auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a sind in der Technischen Spezifikation oder im Sicherheitsbericht festzulegen.
- e. Zur Verhinderung der Überschreitung des zulässigen Druckes des Reaktorkühlsystems sind Einrichtungen zur Druckbegrenzung und zur Überdruckabsicherung vorzusehen.
- f. Die Druckbegrenzung muss so ausgelegt sein, dass auch bei einem ATWS-Störfall ein Versagen des Reaktordruckbehälters ausgeschlossen werden kann.
- g. Es sind geeignete Einrichtungen vorzusehen, um radioaktive und nicht radioaktive Substanzen aus dem Reaktorkühlmittel zu entfernen, einschliesslich aktivierte Korrosionsprodukte und Spaltprodukte aus dem Brennstoff.
- h. Eine Ansammlung von Radiolysegasen ist durch geeignete Massnahmen so zu begrenzen, dass die Integrität des Reaktorkühlsystems nicht durch zündfähige Gemische gefährdet wird.

4.3 Wasser-Dampf-Kreislauf

- a. Die Frischdampf-, Speisewasser- und Turbinensysteme sind so auszulegen, dass auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a Störungen in diesen Systemen die Integrität der druckführenden Umschliessung nicht gefährden.
- b. Zur Verhinderung der Überschreitung des zulässigen Druckes der Sekundärseite der Dampferzeuger bei Druckwasserreaktoren sind Einrichtungen zur Druckbegrenzung und zur Überdruckabsicherung vorzusehen.
- c. Die Frischdampf- und Speisewassersysteme sind mit zuverlässigen Isolationsarmaturen auszurüsten. Insbesondere müssen die Schliesszeiten auf die störfallspezifischen Randbedingungen abgestimmt werden.
- d. Die Turbinensysteme sind mit einem Schutzsystem auszurüsten, das Störungen begrenzt und einen Turbinenzerknall verhindert.

- e. Eine Ansammlung von Radiolysegasen ist durch geeignete Massnahmen so zu begrenzen, dass die Integrität des Wasser-Dampfkreislaufs nicht durch zündfähige Gemische gefährdet wird.

4.4 Druckentlastung

- a. Die Druckentlastungsfunktion des Reaktorkühlkreislaufs muss so ausgelegt sein, dass
 1. SE3- und SE4a-Störfälle beherrscht werden und
 2. ein SE4b-Störfall bei hohem Reaktordruck möglichst ausgeschlossen werden kann.
- b. Die Druckentlastungsfunktion hat bei Druckwasserreaktoren folgende Bedingungen zu erfüllen:
 1. Die sekundärseitige Druckentlastung ist auf den Sicherheitsebenen 3 und 4a zu gewährleisten.
 2. Das sekundärseitige Druckentlastungssystem ist so auszulegen, dass ein fehlerhaftes Offenbleiben der Druckentlastungsventile unterbunden werden kann.
 3. Das sekundärseitige Druckentlastungssystem ist so auszulegen, dass dessen Funktion auch bei Verlust der gesamten Wechsel- und Gleichstromversorgung eingeleitet werden kann.
 4. Die primärseitige Druckentlastung ist auf der Sicherheitsebene 4a zu gewährleisten.
 5. Die primärseitige Druckentlastung ist so auszulegen, dass der Inhalt der passiv wirkenden Druckspeicher in den Reaktordruckbehälter eingespeist werden kann. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- c. Die Druckentlastungsfunktion hat bei Siedewasserreaktoren folgende Bedingungen zu erfüllen:
 1. Das Druckentlastungssystem hat über diversitäre Druckentlastungsventile zu verfügen. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
 2. Das Druckentlastungssystem ist so auszulegen, dass dessen Funktion auch bei Verlust der Wechselstromversorgung aus der Notstromanlage und der Notstand-Notstromanlage und ohne Betreten des Primärcontainments eingeleitet werden kann.

4.5 Kernnotkühlung

- a. Die Kernnotkühlung muss auf den Sicherheitsebenen 3 und 4a gewährleistet sein. Sie muss auch bei Verlust der Wechselstromversorgung aus der Notstromanlage und der Notstand-Notstromanlage sichergestellt werden.
- b. Die Kernnotkühlung ist auf der Sicherheitsebene 3 so auszulegen, dass die Kernkühlung bei Leckquerschnitten in an den Reaktordruckbehälter anschließenden Leitungen bis zum vollständigen, doppelendigen Bruch sichergestellt ist.
- c. Die Systeme zur Kernnotkühlung sind auf der Sicherheitsebene 3 zu automatisieren und soweit möglich und angemessen aufgrund diversitärer Anregekriterien zu starten.
- d. Die Notkühlmittelvorräte sind bei erforderlicher Hochdruckeinspeisung auf der Sicherheitsebene 3 so zu bemessen, dass die Übernahme der Kühlmittelegänzung durch die Niederdruckeinspeisung sichergestellt ist.
- e. Zur Gewährleistung der Kernnotkühlung auf der Sicherheitsebene 4a müssen zusätzlich Notfalleinrichtungen verfügbar sein.

4.6 Nachwärmeabfuhr

- a. Die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkühlsystem, den Brennelementlagerbecken und dem Containment muss auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a gewährleistet sein.
- b. Die primärseitige Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkühlsystem sowie die Nachwärmeabfuhr aus den Brennelementlagerbecken und aus dem Containment müssen auf der Sicherheitsebene 3 über eine Nachkühlkette bestehend aus Nach-, Zwischen- und Nebenkühlwassersystemen sichergestellt sein. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- c. Die Nachwärmeabfuhr muss über zwei voneinander unabhängige und diversitäre Wärmesenken sichergestellt sein. Die Nachwärmeabfuhr über mindestens eine dieser Wärmesenken ist auch nach äusseren Einwirkungen zu gewährleisten.
- d. Durch geeignete Materialauswahl und konstruktive Massnahmen sind Verunreinigungen im Containment gering zu halten.
- e. Die Strömungswege zu den Ansaugöffnungen der primärseitigen Nachwärmeabfuhrsysteme sind so zu gestalten, dass sie bei einem SE3-Kühlmittelverluststörfall weder durch Bruchstücke beschädigt noch durch mitgerissene Materialien verstopft werden können. Für die Sicherstellung

der langfristigen Nachwärmeabfuhr sind Massnahmen zur Vermeidung einer Verstopfung der Ansaugöffnungen vorzusehen.

- f. Zur sekundärseitigen Nachwärmeabfuhr auf der Sicherheitsebene 3 müssen Druckwasserreaktoren über Not- und Notstandspeisewassersysteme zur Dampferzeugerbespeisung verfügen. Hierfür sind ausreichende Deionatvorräte für einen Zeitraum von mindestens 10 Stunden zur Verfügung zu stellen.
- g. Die Systeme zur Nachwärmeabfuhr sind so auszulegen, dass die Anlage in den kalt abgestellten Zustand überführt und in diesem gehalten werden kann.
- h. Zur Gewährleistung der Nachwärmeabfuhr auf der Sicherheitsebene 4a aus dem Reaktorkühlsystem, den Brennelementlagerbecken und dem Containment müssen zusätzlich Notfalleinrichtungen verfügbar sein.

4.7 Containment

- a. Kernkraftwerke benötigen ein Containment bestehend aus dem Primärcontainment und dem umgebenden Gebäude (Sekundärcontainment).
- b. Das Containment muss die folgenden Schutzzielfunktionen sicherstellen:
 - 1. Rückhaltung der radioaktiven Stoffe
 - 2. Schutz des Reaktors gegen externe Ereignisse und Einwirkungen Dritter
 - 3. Abschirmung der Strahlung
- c. Das Containment muss über Systeme zur Containment-Isolation, zur Rückhaltung der radioaktiven Stoffe, zur Lüftung und Unterdruckhaltung, zur Containment-Probeentnahme, zum Abbau zündfähiger Gase (sofern nicht inertisiert) und zur gefilterten Druckentlastung verfügen.
- d. Massnahmen zum Abbau zündfähiger Gase müssen vornehmlich auf passiv wirkenden Systemen und Komponenten beruhen.

4.7.1 Primärcontainment

- a. Das Primärcontainment muss die druckführende Umschliessung des Reaktorkühlsystems sowie grundsätzlich die unter hohem Druck stehenden, Reaktorkühlmittel führenden Komponenten beinhalten. Bei Letzteren sind Ausnahmen zulässig, sofern Leitungsbrüche oder Leckagen ausserhalb des Containments sicher abgesperrt werden können.

- b. Das Primärcontainment ist so auszulegen und zu schützen, dass dessen Integrität zuverlässig gewahrt bleibt. Insbesondere sind neben den betrieblichen Lasten auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 die aus den Störfällen der Sicherheitsebenen 3 und 4a resultierenden Temperatur- und Druckbelastungen zu berücksichtigen.
- c. Für das Primärcontainment ist eine maximal zulässige Leckrate für die unter Bst. b genannten Belastungen festzulegen.
- d. Die Anzahl der Durchführungen des Primärcontainments ist so gering wie möglich zu halten. Alle Durchführungen müssen die gleichen Anforderungen wie das Primärcontainment selbst erfüllen.
- e. Der Personenzugang zum Primärcontainment muss über Schleusen erfolgen, deren Schleusentüren im Leistungsbetrieb und bei Störfällen gegenseitig verriegelt sind.
- f. Die Isolationsfunktion des Primärcontainments muss so ausgelegt sein, dass sie in allen Betriebszuständen auf den Sicherheitsebenen 3 und 4a mit hoher Zuverlässigkeit gewährleistet ist. Dabei gilt:
 1. Alle Leitungen, die das Primärcontainment durchdringen, mit Ausnahme von Kleinleitungen und Messleitungen, sind mit Isolationsvorrichtungen auszurüsten. Die Isolationsvorrichtungen sind so nah wie möglich am Containment anzuordnen und müssen die Anforderungen für SE3- und SE4a-Funktionen erfüllen. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten,
 2. Alle Leitungen, die das Primärcontainment durchdringen und Teil der druckführenden Umschliessung des Reaktorkühlsystems sind oder offen im Containment enden, müssen mindestens über zwei Isolationsvorrichtungen in Reihe verfügen. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
 3. Die unter Ziff. 2 genannten Leitungen müssen auch bei Verlust der Wechselstromversorgung aus der Notstromanlage und der Notstand-Notstromanlage absperrbar sein. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- g. Für Ereignisse mit einer Umgehung des Containments (Containment-Bypass-Sequenzen) sind Vorkehrungen zu treffen, dass dabei ein Kernschmelzunfall mit hoher Zuverlässigkeit verhindert wird.
- h. Zum Schutz des Primärcontainments auf der Sicherheitsebene 4b ist eine gefilterte Druckentlastung vorzusehen. Ein Unterdruckversagen des Primärcontainments infolge der Druckentlastung ist zu verhindern. Die spezifischen Auslegungsvorgaben gemäss Anhang 2 sind zu berücksichtigen.

- i. Zum Schutz des Primärcontainments vor den Auswirkungen einer Beton-Schmelze-Wechselwirkung auf der Sicherheitsebene 4b sind Strategien und Notfallmassnahmen vorzubereiten, die dazu dienen, das Versagen des Reaktordruckbehälters nach Möglichkeit zu verhindern und eine möglicherweise eintretende Beton-Schmelze-Wechselwirkung nach einem Versagen des Reaktordruckbehälters zu begrenzen und langfristig zu stoppen.

4.7.2 Sekundärcontainment

- a. Das Sekundärcontainment muss das Primärcontainment sowie die darin befindlichen Einrichtungen gegen unzulässige Folgen bei den für die Anlage auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a zu unterstellenden Einwirkungen von ausserhalb des Primärcontainments schützen.
- b. Das Sekundärcontainment ist so auszulegen, dass aus dem Primärcontainment resp. aus aktivitätsführenden Systemen und Komponenten freigesetzte radioaktive Stoffe innerhalb des Sekundärcontainments entweder zurückgehalten, ins Primärcontainment zurückgepumpt oder kontrolliert an die Umgebung abgegeben werden.

4.8 Baustrukturen

4.8.1 Grundlegende Anforderungen

- a. Die Baustrukturen sind so auszulegen und in einem solchen Zustand zu halten, dass die in Abhängigkeit der sicherheitstechnischen Bedeutung spezifizierten Lasten auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a abgetragen werden.
- b. Die Auslegung der Baustrukturen muss
 - 1. die Anforderungen des Strahlenschutzes,
 - 2. die Anforderungen des Brand- und Blitzschutzes sowie
 - 3. die Anforderungen der Sicherungberücksichtigen.
- c. Zur Bestimmung der durch innere und äussere Einwirkungen und ihre Kombination bedingten Auswirkungen auf Bauwerke ist das Konzept der SIA-Norm 260 mit andauernden, vorübergehenden und aussergewöhnlichen Bemessungssituationen zu verwenden. Dabei sind generell die Lastbeiwerte nach SIA-Norm 260 zu berücksichtigen.
- d. Für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen sind die folgenden Einwirkungen zu betrachten:

1. Einwirkungen bei Betrieb auf der Sicherheitsebene 1
 2. Einwirkungen bei Abweichungen vom Normalbetrieb auf der Sicherheitsebene 2
 3. Einwirkungen bei Auslegungsstörfällen mit Ursprung innerhalb der Anlage auf der Sicherheitsebene 3 mit Ausnahme von Brand, Explosion und Absturz schwerer Lasten
- e. Für aussergewöhnliche Bemessungssituationen sind die folgenden Einwirkungen zu betrachten:
1. Einwirkungen bei Brand, Explosion und Absturz schwerer Lasten mit Ursprung innerhalb der Anlage auf der Sicherheitsebene 3
 2. Einwirkungen mit Ursprung ausserhalb der Anlage auf der Sicherheitsebene 3
 3. Einwirkungen auf der Sicherheitsebene 4a
- f. Einwirkungen, die nicht spezifisch für das Kernkraftwerk festgelegt wurden, sind der SIA-Norm 261 zu entnehmen.

4.8.2 Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit

- a. Für die der Auslegung entsprechenden Auswirkungen (u. a. Beanspruchungen und Verformungen) sind durch Tragsicherheitsnachweise folgende Kriterien nachzuweisen:
1. die Gesamtstabilität des Bauwerks (Kippen, Gleiten und Grundbruch, globales Bauwerksversagen)
 2. die Tragsicherheit der einzelnen tragenden Bauteile
- b. Für die der Auslegung entsprechenden Auswirkungen ist durch Gebrauchstauglichkeitsnachweise aufzuzeigen, dass die an das Bauwerk gestellten Anforderungen betreffend Gebrauchs- und Funktionstauglichkeit eingehalten werden. Kriterien für die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit sind insbesondere:
1. ausreichende Dichtheit von Bauteilen mit Barrierenfunktion
 2. Begeh- und Benutzbarkeit von Räumen, die für die Störfallbeherrschung erforderlich sind
 3. zulässige Rissbreiten in Verankerungszonen von sicherheitsrelevanten Systemen und Komponenten
 4. ausreichende Breite von Gebäudefugen
 5. zulässige Verschiebungen von Kompensatoren bei Gebäudedurchdringungen

6. zulässige Erschütterungen oder Verschiebungen von Systemen und Komponenten in Gebäuden
- c. Die Nachweise haben grundsätzlich gemäss den SIA-Normen 260 bis 267 zu erfolgen. Andere Normen dürfen verwendet werden, wenn deren Nachweiskonzept und deren Anforderungen mit den Normen des SIA kompatibel und vergleichbar sind.
- d. Für die Sicherheitsebenen 1 bis 4a sind die Kriterien betreffend Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit einzuhalten.
- e. In den Nachweisen der Befestigungen von Systemen und Komponenten ist die Reduktion des Tragwiderstands infolge Rissbildung im Beton zu berücksichtigen.

4.8.3 Erdbeben

- a. Der Einfluss der Interaktion zwischen Boden und Bauwerk ist zu erfassen. Dabei ist ein Bodenmodell mit mittleren Messwerten der Baugrundeigenschaften zu verwenden. Die Streuung und die Unsicherheit der Bodenkennwerte sind durch eine angemessene Variation der Parameter zu berücksichtigen.
- b. Die Bodenbewegung im Referenzpunkt muss den zum Zeitpunkt der Errichtung der Baustruktur von der Aufsichtsbehörde akzeptierten Gefährdungsannahmen entsprechen. Der Referenzpunkt für die Boden-Bauwerks-Interaktion ist auf der Geländeoberfläche oder auf dem Fundamentniveau zu wählen.
- c. Die Materialdämpfung und die dynamische Steifigkeit des Baugrunds müssen entsprechend der Stärke der betrachteten Erdbebeneinwirkung und den daraus folgenden Verformungen im Boden angenommen werden. Analog sind realistische, dem betrachteten Auswirkungsniveau entsprechende Annahmen für die Steifigkeit und die Dämpfung der Baustrukturen zu verwenden.
- d. Aus den durch Erdbeben verursachten Schwingungen des Bauwerks sind die Erdbebeneinwirkungen auf Systeme und Komponenten abzuleiten und entweder in Form von Zeitverläufen der Beschleunigung oder in Form von Etagenantwortspektren am Aufstellort zu bestimmen.
- e. Die Erdbebenberechnung hat in der Regel mit Hilfe des Antwortspektrenverfahrens oder mit einer linearen Zeitverlaufsrechnung zu erfolgen. Vorzugsweise sind die Auswirkungen anhand von 3D-Gebäudemodellen zu berechnen. In begründeten Fällen können vereinfachte 2D-Modelle verwendet werden.

- f. Die Erdbebeneinwirkungen sind in der Regel in drei orthogonalen Richtungen gleichzeitig wirkend anzunehmen. Die Richtungsüberlagerung und die modale Überlagerung haben mit anerkannten Methoden zu erfolgen. Die Schwingungsformen, die wesentlich zum globalen Schwingungsverhalten beitragen, sind zu berücksichtigen.
- g. Es ist grundsätzlich ein linear-elastisches Strukturverhalten im Bauwerk anzustreben. In begründeten Ausnahmefällen kann ein nichtlineares Strukturverhalten erforderlich sein. In diesem Fall sind dafür geeignete nichtlineare Berechnungsverfahren zu verwenden.
- h. Der Einfluss der Annahmen bei Modell- und Materialparametern auf die Variation der Berechnungsergebnisse ist zu berücksichtigen.

4.9 Steuerstellen

4.9.1 Technische Vorgaben

- a. Der Hauptkommandoraum muss als bevorzugte Steuerstelle über alle notwendigen Ausrüstungen für die Überwachung und die zentrale automatische und manuelle Steuerung der Anlage im Normalbetrieb, bei Betriebsstörungen und bei Störfällen verfügen.
- b. Es ist eine vom Hauptkommandoraum örtlich, funktionell und elektrisch getrennte Notsteuerstelle vorzusehen, die gegen externe Ereignisse und Einwirkungen Dritter besonders geschützt sein muss. Sie kann in mehrere voneinander örtlich getrennte Steuerstellen aufgeteilt sein.
- c. Von der Notsteuerstelle aus muss der Reaktor bei Notstandsfällen abgeschaltet, unterkritisch gehalten und die Nachwärme abgeführt werden können. Sie muss über eine ausreichende Instrumentierung für die Beurteilung des Anlagezustandes bei Störfällen verfügen.
- d. Der Hauptkommandoraum und die Notsteuerstelle sind sowohl gegen Direktstrahlung als auch gegen das Eindringen luftgetragener radioaktiver Stoffe sowie das Eindringen von Hitze und Rauch zu schützen.
- e. Mindestens die Reaktorschnellabschaltung, Containment-Isolation, das schnelle Abfahren der Anlage und die Notstromversorgung müssen unabhängig von den automatischen Auslösungen auch manuell vom Hauptkommandoraum und, soweit zur Störfallbeherrschung notwendig, auch von der Notsteuerstelle aus ausgelöst werden können.
- f. Es ist sicherzustellen, dass unbefugte Eingriffe und Fehlbedienungen im Hauptkommandoraum oder in anderen nicht besonders geschützten Anla-

genbereichen nicht zu einer unzulässigen Beeinträchtigung der Funktion von Notstandssystemen führen können.

4.9.2 Ergonomische Vorgaben

- a. Arbeitsplätze und Arbeitsabläufe für Bedienung und Unterhalt sowie für Funktions- und Wiederholungsprüfungen in den Steuerstellen sind unter Berücksichtigung ergonomischer Gesichtspunkte so zu gestalten, dass ein sicherheitsgerichtetes Verhalten der Beschäftigten erleichtert wird.
- b. Die Ausrüstungen der Steuerstellen haben die notwendige Information in visueller und wo angemessen in akustischer Form bereitzustellen. Die Ausrüstungen haben alle relevanten Betriebszustände abzubilden und alle sicherheitsrelevanten Abweichungen von den normalen Zuständen anzuzeigen und zu melden.
- c. Die Anzeigen der Steuerstellen sind so zu gestalten, dass eine rasche Übersicht über die notwendige Information sichergestellt ist. Die Auswahl der dafür notwendigen Anzeigen ist zu begründen.
- d. Werden von einer Steuerstelle Systeme oder Teilsysteme automatisch gestartet, so ist diese Steuerstelle mit den notwendigen Informationen zur Überwachung dieser Systeme und der Auswirkungen auf die Anlage auszustatten.
- e. Bei der Auslegung der Steuerstellen sind Massnahmen gegen Fehlbedienungen zu berücksichtigen.
- f. Die ergonomische Auslegung der Steuerstellen hat die menschlichen Fähigkeiten und deren Grenzen zu berücksichtigen. Dazu sind unter anderem die Beleuchtung, Akustik und Klimatisierung der Steuerstellen so auszulegen, dass ein optimales Arbeiten auch über längere Zeitperioden möglich ist. Folgende Aspekte sind zu beachten:
 1. Die Bedien- und Anzeigeelemente der Steuerstellen sind als Teil einer übersichtlichen grafischen Darstellung anzuordnen und zu beschriften. Die Darstellung soll sich auf Örtlichkeiten, verfahrenstechnische Prozesse, maschinentechnische und elektrische Strukturen sowie logische Abläufe beziehen.
 2. Bei Visualisierungssystemen, Bildschirmanzeigen und anderen anzeigenden Komponenten ist gleichartige Prozessinformation bevorzugt mit gleicher Symbolik und gleicher Farbgebung darzustellen.
 3. Die zur Bedienung und Überwachung der Anlage erforderlichen Unterlagen und Hilfsmittel sind an den Arbeitsplätzen der Steuerstellen so anzuordnen, dass dadurch die Arbeitsabläufe optimiert werden.

4.10 Leittechnik

4.10.1 Grundlegende Anforderungen an Leitanlagen

- a. Die Zuordnung der Leitanlagen zu den einzelnen Sicherheitsebenen muss sich nach den Systemen richten, die durch die Leitanlagen angesteuert werden.
- b. SE1- und SE2-Leitanlagen sind mit diversitärer Gerätetechnik zu SE3-Leitanlagen zu realisieren. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- c. Konzentrationen von Funktionen der Kategorie A gemäss Richtlinie ENSI-G01 auf zentrale Leittechnikkomponenten wie Prozessoren, Ein- und Ausgabemodule sind nur zulässig, wenn die funktionale Diversität gewährleistet bleibt. Zur Gewährleistung der funktionalen Diversität ist für diese zentralen Leittechnikkomponenten eine Aufteilung auf unabhängige Teilsysteme vorzunehmen.
- d. Für Regelungs- und Begrenzungsfunktionen, die den Kategorien B oder C zugeordnet sind, ist eine Konzentration auf zentrale Leittechnikkomponenten zu vermeiden. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- e. Die Zusammenlegung gestaffelter Funktionen auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 (insbesondere Begrenzungen als nachgelagerte Funktionen zu Regelungen) in einzelnen zentralen Leittechnikkomponenten ist zu vermeiden. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- f. Bei mehrkanaligem Aufbau von Funktionssträngen ist die Aufteilung auf physisch unterschiedliche Teilsysteme durchgängig beizubehalten. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- g. Die Leitanlagen der Notstandssysteme sind funktionell unabhängig von denen des Nicht-Notstandsbereichs auszuführen. Die funktionelle Unabhängigkeit betrifft auch die benötigten Hilfssysteme wie Stromversorgung und Lüftung.
- h. Beim ausschliesslichen Einsatz programmierbarer Leittechnik für die Sicherheitsebene 3 ist die Hardware und soweit möglich und angemessen die Software diversitär auszuführen.
- i. Bei Querverbindungen zwischen redundanten Strängen von SE3-Leitanlagen sind die Ausrüstungen selbstüberwachend und die Querverbindungen rückwirkungsfrei auszuführen.

- j. 1E-klassierte leittechnische Ausrüstungen müssen selbstüberwachend ausgeführt und während des Normalbetriebs ohne Einschränkung der Funktion prüfbar sein.
- k. 0E-klassierte leittechnische Ausrüstungen mit programmierbarer Leittechnik müssen selbstüberwachend ausgeführt und während des Normalbetriebs ohne Einschränkung der Funktion prüfbar sein. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.
- l. Für leittechnische Funktionen der Kategorie A und Begrenzungsfunktionen der Kategorie B ist die Prüfung der gesamten Funktionskette einer Redundanz zu ermöglichen vom Sensor bis zum Aktuator, gegebenenfalls aufgeteilt in einzelne Teilprüfungen.
- m. Die Stromversorgung der Leitanlagen für Funktionen der Kategorien A und B gemäss Richtlinie ENSI-G01 muss mit unterbrechungsfreien batteriegepufferten Stromversorgungen (USV) gemäss Kap. 4.12.4 ausgeführt sein.
- n. Die Stromversorgung der Leitanlagen für Funktionen der Kategorie C gemäss Richtlinie ENSI-G01 ist mit unterbrechungsfreien batteriegepufferten Stromversorgungen (USV) gemäss Kap. 4.12.4 auszuführen. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.

4.10.2 Vorrangbildung von Signalen

- a. Die Vorrangbildung von Auslöse- und sonstigen Steuerungssignalen von Leittechnik-Funktionen ist so auszulegen, dass sie insbesondere folgende Merkmale aufweist:
 1. Vorrang bestimmter Bedienorte gegenüber anderen Bedienorten (insbesondere bezüglich Hauptkommandoraum und Notsteuerstellen)
 2. Vorrang von SE3-Funktionen gegenüber sicherheitsbezogenen Funktionen
 3. Vorrang von sicherheitsbezogenen gegenüber den übrigen betrieblichen Funktionen
 4. Vorrang von automatisierten SE3-Funktionen gegenüber manuellen Funktionen

Abweichungen von Ziff. 4 sind zu begründen, sicherheitstechnisch zu bewerten und in die entsprechenden Vorschriften aufzunehmen.
- b. Dienen mehrere Leitanlagen der Ansteuerung derselben Systeme oder Komponenten oder zur Erfüllung derselben Schutzzielfunktionen, sind der Vorrang zur Auslösung und die Unterbindung nicht-vorrangiger Funktionen eindeutig festzulegen und zu begründen.

4.11 Instrumentierung

4.11.1 Allgemeine Anforderungen

- a. Es sind entsprechend dem Verwendungszweck eine Betriebsinstrumentierung (SE1 und SE2) und eine Störfallinstrumentierung (SE3 und SE4) vorzusehen.
- b. Die Instrumentierung ist entsprechend ihrem Verwendungszweck gegen die betrieblichen und störfallbedingten Einwirkungen auszulegen oder zu schützen.
- c. Alle für die Anlageüberwachung erforderlichen Signale sind mit demselben Zeitsignal zu synchronisieren.
- d. Die Messbereiche der Instrumentierung sind so zu wählen, dass die im Normalbetrieb auftretenden und die bei Störfällen aufgrund von Analysen ermittelten Parameterwerte mit ausreichendem Zuschlag erfasst werden.
- e. Die Messwerte sind als Momentanwerte und grundsätzlich mittels Verlaufsanzeigen darzustellen. Die Verlaufsanzeigen müssen eine für die Verlaufserkennung geeignete zeitliche Auflösung besitzen.
- f. Für die Anlagenüberwachung bei Störfällen sind zumindest die Messgrößen nach Anhang 3 im Hauptkommandoraum anzuzeigen. In der Notsteuerstelle müssen die Messgrößen angezeigt sein, die bei den von dort aus abzudeckenden Störfällen für die Gesamtübersicht über den Anlagezustand notwendig sind.
- g. Die Anforderungen an die radiologische Anlagenüberwachung für alle Betriebszustände sind in der Richtlinie ENSI-G13 festgelegt.

4.11.2 Betriebsinstrumentierung und Anlageinformationssystem

- a. Es sind Anzeige-, Überwachungs- und Meldeeinrichtungen vorzusehen, die auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 jederzeit einen ausreichenden Überblick über den Zustand der Anlage und die ablaufenden relevanten Prozesse ermöglichen und alle relevanten Betriebsparameter anzeigen und registrieren können.
- b. Die relevanten Informationen der Sicherheitsebenen 1 und 2 aus der Anlage sind sowohl in direkter als auch in verdichteter Form in einem Anlageinformationssystem (ANIS) darzustellen. Die Darstellung muss einen übersichtlichen Einblick in die Prozessabläufe ermöglichen.
- c. Bei der Auslegung des ANIS ist zu berücksichtigen, dass das System auch bei Störungen und bei Störfällen mit einer sehr hohen Datenmenge nicht überlastet wird.

4.11.3 Störfallinstrumentierung

- a. Es ist eine Störfallinstrumentierung vorzusehen, die auf den Sicherheits-ebenen 3 und 4a
 1. ausreichende Information über den Zustand der Anlage liefert, um die erforderlichen Schutzmassnahmen für Personal und Anlage ergreifen und deren Wirksamkeit feststellen zu können,
 2. die Verfolgung und Dokumentation des Störfallablaufes ermöglicht und
 3. eine Abschätzung der Auswirkungen auf die Umgebung gestattet.
- b. Auf der Sicherheitsebene 4b sind durch noch verfügbare Instrumente Aussagen zu den Zielen gemäss Bst. a soweit möglich und angemessen anzustreben.
- c. Es sind mindestens die im Anhang 3 aufgeführten Messgrössen als Teil der Störfallinstrumentierung zu erfassen.
- d. Die Störfallinstrumentierung und zugehörige Messwertaufzeichnung gemäss Anhang 3 ist mit redundanten, unterbrechungsfreien, batteriegepufferten Stromversorgungen (USV) gemäss den Forderungen von Kap. 4.12.4 auszuführen.
- e. Bei längerfristigem Verlust der Wechselstromversorgung aus der Notstromanlage und der Notstand-Notstromanlage muss die Stromversorgung der Störfallinstrumentierung gemäss Anhang 3 durch spezielle Notfallaggregate sichergestellt werden können.
- f. Es ist ein Störfallinstrumentierungskonzept zu erstellen, das für jedes Störfallinstrument zumindest folgende Angaben enthält:
 1. Zuordnung des Instruments zu Sicherheitsebenen SE3, SE4a und SE4b
 2. Messorte und Anzahl Messungen für jede sicherheitsrelevante Messgrösse
 3. Messbereich
 4. Stromversorgung
 5. Auslegungs- und Qualifizierungsdaten
 6. Anzeige- und Ableseort
 7. Alarm- und Auslösegrenzwerte (falls relevant)
 8. Angaben zu Redundanzgrad und alternativen Messmöglichkeiten bei Ausfall des Instruments

4.11.3.1 Störfallinstrumentierung auf der Sicherheitsebene 3

- a. Die Störfallanzeigen sind zu unterteilen in Störfallübersichtsanzeigen und Störfalldetailanzeigen, wobei
 1. die Störfallübersichtsanzeigen die wesentlichen, den Zustand der Anlage bei Störfällen beschreibenden Messgrößen anzeigen und
 2. die Störfalldetailanzeigen die Funktionsüberwachung der einzelnen SE3-Einrichtungen und der zugehörigen Hilfssysteme gewährleisten müssen.
- b. Die Anforderungen zur Auslegung und Qualifizierung der Störfalldetailanzeigen müssen zumindest denjenigen der von ihr überwachten Systeme und Einrichtungen entsprechen.
- c. Die Anzeigeeinrichtungen der Störfallinstrumentierung und die dazugehörigen Störfallaufzeichnungsgeräte sind eindeutig und gut sichtbar zu markieren.

4.11.3.2 Störfallinstrumentierung auf der Sicherheitsebene 4

- a. Die Vorgaben von Kap. 4.11.3.1 sind auf der Sicherheitsebene 4a störfallspezifisch soweit möglich und angemessen umzusetzen.
- b. Die Anforderungen an die bei schweren Unfällen (Sicherheitsebene 4b) verwendeten Messungen sind in der Richtlinie ENSI-B12 festgelegt.

4.11.4 Gefahrmeldeanlagen

- a. Die Gefahrmeldeanlagen (GMA) sind so auszulegen, dass folgende gestaffelte Alarm- und Auslösegrenzwerte angezeigt werden:
 1. Voralarmgrenzwerte bei Abweichungen vom Normalbetrieb
 2. Auslösegrenzwerte für automatisierte Begrenzungsfunktionen und Überwachungsfunktionen für vorgeschriebene Handeingriffe
 3. Alarmgrenzwerte für SE3-Systeme
 4. Auslösegrenzwerte für SE3-Systeme
- b. Die Alarm- und Auslösegrenzwerte der GMA sind im Hauptkommandoraum mittels optischer und akustischer Alarmsignale anzuzeigen.
- c. Die Alarmierung in anderen Steuerstellen ist im Rahmen des Gesamtkonzeptes der GMA darzulegen und zu begründen.
- d. Die GMA muss mindestens Sammelmeldungen und Einzelmeldungen bei Gefährdung von Schutzzielfunktionen signalisieren.

- e. Die Stromversorgung der elektrisch klassierten Ausrüstungen der GMA ist mit unterbrechungsfreien, batteriegepufferten Stromversorgungen (USV) gemäss Kap. 4.12.4 auszuführen.
- f. Die GMA ist mit einer gegenüber dem ANIS diversitären Leitanlage zu realisieren.
- g. Bei einem Ausfall der Gefahrmeldeanlage sind störfallspezifisch die entsprechenden Meldungen im Hauptkommandoraum durch eine Gefahrmeldeanwendung auf dem ANIS gewährleistet sein.
- h. Je nach den Einsatz- und Realisierungskonzepten der Notsteuerstellen und der Ausrüstungen für den örtlichen Steuerstellenbereich des Notstandsystems sind auch in diesen Steuerstellenbereichen Funktionen einer GMA zu realisieren.
- i. Es ist ein Gesamtkonzept der GMA zu erstellen, das mindestens die folgenden Angaben enthalten muss:
 1. Aufteilung der GMA-Anzeigen auf verschiedene örtlich und funktional gruppierte Leitanlagen
 2. Alarm- und Auslösegrenzwerte und die dazu verwendeten Instrumente
 3. Anzeigorte (Steuerstellen) für jeden Alarm- und Auslösegrenzwert
 4. alternative Möglichkeit bei Ausfall der GMA zur Feststellung eines Alarm- oder Auslösegrenzwertes und der Lokalisierung der alarmierenden Ausrüstung

4.11.5 Safety Parameter Display System

- a. Als Teil des ANIS ist für jedes Kernkraftwerk ein Safety Parameter Display System (SPDS) erforderlich, das die Beurteilung des Anlagezustands und der grundlegenden Schutzziele erlaubt sowie eine rasche Übersicht ermöglicht
 1. zur Wirksamkeit der Reaktorabschaltung (Unterkritikalitätskontrolle),
 2. zum Zustand der Kernkühlung und Nachwärmeabfuhr,
 3. zur Wirksamkeit der primär- und bei Druckwasserreaktoren auch der sekundärseitigen Druckbegrenzungs- und Druckentlastungsmassnahmen,
 4. zur Wirksamkeit der Containmentisolation sowie
 5. zu den Bedingungen im Primär- und Sekundärcontainment.

- b. Die Alarmindikationen bei Verletzung einer der in Bst. a aufgeführten Sicherheitsaspekte sowie die Indikation für einen Ausfall des SPDS müssen auf den Anzeigeeinheiten permanent darstellbar sein. Die zugehörigen Alarme sind anzuzeigen und im Zeitfolgemeldesystem aufzuzeichnen.
- c. Die Signale für die Beurteilung der Einhaltung der grundlegenden Schutzziele sind vorzugsweise von Signalen der Störfallinstrumentierung abzuleiten.
- d. Die Einrichtungen des SPDS sind auf die entsprechenden Umgebungsbedingungen auszulegen. Das SPDS muss mindestens die Anforderungen der Sicherheitsebene 2 erfüllen.
- e. Die Stromversorgung des SPDS ist mit unterbrechungsfreien, batteriegepufferten Stromversorgungen (USV) gemäss Kap. 4.12.4 auszuführen.
- f. Das SPDS muss auf separaten Anzeigen im Hauptkommandoraum aufgeschaltet sein. Bei Einzelausfällen von Anzeigeeinheiten im Hauptkommandoraum müssen andere Anzeigen zur Verfügung stehen.

4.11.6 Erdbebeninstrumentierung

- a. Es ist eine Erdbebeninstrumentierung vorzusehen, die folgende Anforderungen erfüllt:
 1. Erdbebenbedingte Boden- und Strukturerschütterungen sind an repräsentativen Punkten des Kernkraftwerks zu erfassen und zu archivieren und müssen eine Auswertung ermöglichen.
 2. Die erdbebenbedingten Boden- und Strukturerschütterungen einschliesslich Einschwingvorgang (pre-recording) sind kontinuierlich aufzuzeichnen und eine Überschreitung von festgelegten Grenzwerten an repräsentativen Messstandorten der Anlage ist zu alarmieren.
 3. Der Zeitverlauf der erdbebenbedingten Boden- und Strukturerschütterung ist in drei orthogonalen Richtungen zu messen. Der Messbereich muss Beschleunigungswerte umfassen, die die gültigen SSE-Auslegungswerte am Messort mit einem ausreichenden Reservefaktor abdecken.
- b. Die Standorte für die Messeinrichtungen sind so zu wählen, dass aus den Messergebnissen sowohl die Erdbebeneinwirkungen als auch die Erdbebenauswirkungen beurteilt werden können (Freifeld, Fundamentniveau des Reaktorgebäudes und allenfalls von anderen Bauten der Bauwerksklasse BK I, relevante Punkte der Tragstruktur). Die Wahl der instrumentierten Gebäudeteile ist zu begründen.

- c. Im Falle eines Erdbebens muss ein Vergleich zwischen dem Auslegungsspektrum und den Antwortspektren unmittelbar möglich sein.
- d. Die relevanten Ausrüstungsteile der Instrumentierung müssen für die am Aufstellort spezifizierten Umgebungsbedingungen (Normalbetriebs- und Störfallbedingungen) und das Sicherheitserdbeben (SSE) qualifiziert sein, einschliesslich der Ausrüstungen für die lokale Speicherung der Messwerte.
- e. Der Mindestumfang der lokalen oder zentralen Speicherkapazität muss für alle während 7 Tagen gemessenen Daten ausreichen.
- f. Bei Ausfall der Fremdstromversorgung der lokalen Instrumente sind eine minimale lokale Registrierbereitschaft über mindestens 48 Stunden und ein minimaler Systembetrieb zu gewährleisten. Die gespeicherten Daten müssen bei Stromausfall gespeichert bleiben. Die lokal gespeicherten Daten müssen jederzeit lokal ausgelesen und ausgewertet werden können.
- g. Die Stromversorgung der zentralen Instrumentierungsausrüstungen ist mit unterbrechungsfreien, batteriegepufferten Stromversorgungen (USV) gemäss Kap. 4.12.4 auszuführen.
- h. Die Instrumentierungsausrüstung muss in der Lage sein, erdbebenbedingte Erschütterungen eindeutig von Erschütterungen anderer Ursache zu unterscheiden. Nur die erdbebenbedingten Erschütterungen sollen beim Überschreiten der Grenzwerte zur Alarmierung der Schichtmannschaft führen.
- i. Ein Überschreiten der Grenzwerte gemäss Bst. a Ziff. 2 ist im Hauptkommandoraum mittels optischer und akustischer Alarmer anzuzeigen.
- j. Bei der Auslegung der Erdbebeninstrumentierung sind die für den Betrieb und die Instandhaltung relevanten Aspekte zu berücksichtigen, insbesondere Zugänglichkeit, Bedienbarkeit und Prüfbarkeit.

4.12 Stromversorgung

4.12.1 Grundlegende Anforderungen

- a. Die elektrische Energieversorgung des Kernkraftwerks muss so ausgelegt sein, dass SE1- bis SE4a-Funktionen sichergestellt sind.
- b. Es müssen mindestens zwei Netzanschlüsse (Hauptnetz und Reservenetz) für die elektrische Energieversorgung des Kernkraftwerks vorhanden sein. Diese Netzanschlüsse müssen voneinander funktional getrennt sowie schutztechnisch entkoppelt sein und dürfen nicht der gleichen Spannungsebene angehören.

- c. Die Eigenbedarfsversorgung muss im Normalbetrieb (SE1) aus dem oder den Blockgeneratoren der Turbogruppe oder Turbogruppen erfolgen. Für jeden Blockgenerator muss ein Generatorschalter vorhanden sein, so dass bei einem Turbogruppen-Ausfall die Eigenbedarfsversorgung aus dem Hauptnetz kontinuierlich gewährleistet ist.
- d. Zusätzlich zur elektrischen Energieversorgung aus Netzanschlüssen und Blockgeneratoren muss für Sicherheits- und Notstandssysteme eine Notstromversorgung durch Notstromanlagen mit Diesellaggregaten sowie Batterien, Gleichrichtergeräten und Umformern vorhanden sein, welche die elektrische Energieversorgung dieser Einrichtungen auch bei Ausfall der externen Stromversorgungen und Versagen des Abfangens auf Eigenbedarf (Notstromfall) gewährleisten.
- e. Die Notstromversorgung muss durch eine Notstromanlage für die Sicherheitssysteme und eine speziell geschützte Notstand-Notstromanlage für die Notstandssysteme sichergestellt werden.
- f. Zur Beherrschung der Auswirkungen auslegungsüberschreitender Störfälle müssen separate Notstromaggregate auf dem Kernkraftwerksgelände und in einem externen Lager vorhanden sein, die über vorbereitete Anschlüsse und Kabelausrüstungen die Versorgung der erforderlichen Verbraucher einschliesslich dem Aufladen von Batterien übernehmen können. Die Anzahl und die Auslegung dieser Ausrüstungen müssen geeignet sein, den gleichzeitigen Verlust der Netzeinspeisungen und der Wechselstromversorgung aus der Notstromanlage und Notstand-Notstromanlage zu beherrschen.
- g. Es muss eine Verbindung zu einem externen Netz durch provisorische Massnahmen innerhalb weniger Tage erstellt werden können.

4.12.2 Betriebliche Stromversorgung

- a. Bei Verlust des Hauptnetzanschlusses muss die Reduktion der Reaktor- und Turbinenleistung für den Übergang in den Inselbetrieb automatisch erfolgen (Lastabwurf auf Eigenbedarf).
- b. Die Umschaltung der Versorgung auf die Reservenetzeinspeisung muss automatisch erfolgen. Die dafür vorgesehene Umschaltelinrichtung muss so schnell reagieren, dass der ungestörte Weiterbetrieb der erforderlichen elektrischen Verbraucher gewährleistet ist.
- c. Die Versorgung durch das Reservenetz soll über längere Zeit eine hohe Verfügbarkeit aufweisen und mindestens den Leistungsbedarf zum Abfahren der Anlage und zur langfristigen Gewährleistung der Nachwärmeabfuhr abdecken.

- d. Es sind Handumschaltmöglichkeiten zwischen Haupt- und Reservenetz vorzusehen und gegen Fehlhandlungen abzusichern.
- e. Querverbindungen zwischen redundanten Strängen der betrieblichen Stromversorgung sind nur dann zulässig, wenn diese so gegen Fehlhandlungen abgesichert sind, dass die Funktion der Stränge nicht gefährdet wird.

4.12.3 Notstromversorgung

- a. Die Notstromanlage und die Notstand-Notstromanlage müssen sicherstellen, dass die Energieversorgung von SE3-Funktionen gewährleistet ist. Dies betrifft insbesondere die Verbraucher, die erforderlich sind,
 - 1. um den Reaktor sicher abzuschalten und im abgeschalteten Zustand zu halten,
 - 2. um die Nachwärme aus dem Reaktor und den Brennelementlagerbecken abzuführen und
 - 3. um eine unzulässige Freisetzung radioaktiver Stoffe zu verhindern oder zu begrenzen.
- b. Die Notstromanlage und die Notstand-Notstromanlage müssen so ausgelegt sein, dass der Notstromfall überlagert mit einem weiteren Auslegungstörfall beherrscht wird.
- c. Die Notstromanlage und die Notstand-Notstromanlage müssen bei den definierten Umgebungsbedingungen und den betriebs- und störfallbedingten Belastungen die Einhaltung der elektrischen Bedingungen der zugeordneten Verbraucher sicherstellen.
- d. Die Notstromanlage und die Notstand-Notstromanlage sind räumlich getrennt, grundsätzlich unvermascht und voneinander funktionell unabhängig aufzubauen.
- e. Die Notstromanlage und die Notstand-Notstromanlage sind gegen die zum Zeitpunkt der Errichtung von der Aufsichtsbehörde akzeptierten Gefährdungsannahmen auszulegen.
- f. Die Notstromanlage und die Notstand-Notstromanlage sind für eine Dauerbetriebsfähigkeit von mindestens 10 Tagen auszulegen. Die notwendigen Betriebsmittel für 24 Stunden Volllastbetrieb müssen vor Ort verfügbar sein. Auf dem Kernkraftwerksgelände sind zudem Betriebsmittelvorräte für weitere 6 Tage Betrieb für die nach einem Auslegungstörfall längerfristig benötigten Notstromanlagen zu lagern.
- g. Querverbindungen zwischen redundanten Strängen der Notstromanlage beziehungsweise der Notstand-Notstromanlage sind nur zulässig, wenn sie

in jedem Redundanzstrang sicher unterbrochen werden können und in diesem Zustand gesichert sind und während einer Störung nicht kurzfristig benötigt werden.

- h. Die Funktionsfähigkeit jedes Redundanzstrangs der Notstromanlage oder Notstand-Notstromanlage muss integral oder sonst in möglichst umfassenden Abschnitten sowohl mit Handsteuerung als auch mit simulierter automatischer Anregung, auch unter Notstrombedingungen mit der Zuschaltung von Lasten, geprüft werden können.
- i. Während wiederkehrender Prüfungen muss die betreffende Redundanz der Notstromversorgung im Anforderungsfall ihre sicherheitstechnische Aufgabe automatisch erfüllen.

4.12.4 Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)

- a. USV-Anlagen (Gleichstromanlagen und Anlagen für die unterbrechungsfreie Wechselstromversorgung) sind Sicherheitsebenen zuzuordnen. Die Zuordnung muss dabei mit der höchsten Einstufung der zu versorgenden Systeme und Komponenten übereinstimmen.
- b. 1E-klassierte leittechnische Ausrüstungen, kontinuierlich zu versorgende Antriebe und die Störfallinstrumentierung sowie die 0E-klassierten Ausrüstungen der Notfallkommunikationsmittel, GMA, SPDS und die für die Störfallbeherrschung erforderliche Notbeleuchtung müssen mit USV-Anlagen versorgt werden.
- c. Die Batteriekapazität der USV-Anlagen ist so auszulegen, dass eine Versorgungszeit von mindestens 4 Stunden pro Redundanz für die unter Bst. b genannten Ausrüstungen sichergestellt ist. Für die Berechnung der Versorgungszeit ist eine Best-Estimate-Analyse zulässig und zwar ohne dass Handmassnahmen zur Verlängerung der Versorgungszeit berücksichtigt werden. In jedem Fall muss gewährleistet sein, dass die Notstromaggregate gemäss Kap. 4.12.1 Bst. f die erforderlichen Verbraucher vor Erschöpfung der Batteriekapazität unterbruchsfrei versorgen können.
- d. Für die zur Beherrschung und Überwachung auslegungsüberschreitender Störfälle (SE4) notwendigen, USV-versorgten Komponenten muss eine höhere Versorgungszeit als gemäss Bst. c nachgewiesen werden, wenn dies für bestimmte Störfallabläufe notwendig ist.
- e. Die technologiebedingte Reduktion der Batteriekapazität wie beispielsweise durch höhere Strombelastung und fortschreitende Alterung ist zu berücksichtigen.

- f. Die Versorgung von Verbrauchern mit Gleichstrom aus mehreren Redundanzsträngen von USV-Anlagen muss mittels Entkopplungselementen erfolgen.

4.13 Elektrische Ausrüstungen und Beleuchtung

4.13.1 Spezifische Anforderungen an elektrische Ausrüstungen

- a. Die Auslegung der elektrischen Ausrüstungen muss unter Berücksichtigung der geltenden gesetzlichen Vorschriften und Anforderungen an elektrische Installationen und Erzeugnisse so erfolgen, dass
 - 1. Personen nicht gefährdet werden und
 - 2. Sachbeschädigungen verhindert werden oder diese zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes führen.
- b. Elektrische Ausrüstungen sind insbesondere gegen Überlast, Kurzschlüsse, Überspannungen und die zu erwartenden ungünstigsten Umgebungsbedingungen auszulegen.
- c. Bei den zur Störfallbeherrschung erforderlichen Ausrüstungen ist, wo sinnvoll, die Übersteuerung von Komponentenschutzkriterien vorzusehen.
- d. Bei der Auslegung der elektrischen Systeme und Ausrüstungen ist die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) über ihre räumliche Ausdehnung und über alle auftretenden Phänomene und Wechselwirkungen zu betrachten und ausreichende Störsicherheitsabstände vorzusehen. Wo erforderlich, sind die elektrischen und elektronischen Komponenten vor Beeinträchtigungen durch elektrostatische Entladungen zu schützen (ESD-Schutz).

4.13.2 Beleuchtung

- a. Es ist für alle Anlageräume eine Beleuchtung so vorzusehen, dass im Normalbetrieb und bei Störfällen gute Sichtverhältnisse für die in der Anlage tätigen Personen gegeben sind. Dies betrifft insbesondere auch die Arbeitsplätze, an denen sicherheitstechnisch erforderliche Tätigkeiten ausgeführt werden müssen.
- b. Bei Ausfall der normalen Beleuchtung muss eine Notbeleuchtung die für den sicheren Betrieb und die zur Störfallbeherrschung notwendigen Tätigkeiten und Bewegungen in den entsprechenden Anlageräumen sowie das sichere Verlassen von Räumlichkeiten über Fluchtwege ermöglichen.

- c. Die Notbeleuchtung muss eine Sicherheitsbeleuchtung und eine Ersatzbeleuchtung umfassen.
- d. Die Ausrüstungen der Notbeleuchtung müssen 0E-klassiert und für die zu unterstellenden Umgebungsbedingungen qualifiziert sein.
- e. Die Sicherheitsbeleuchtung muss bei Ausfall der Normalbeleuchtung
 - 1. die Flucht- und Rettungswege,
 - 2. Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung und
 - 3. die Sicherheitszeichen
 ausreichend beleuchten.
- f. Bei der Auslegung der Sicherheitsbeleuchtung sind die Anforderungen an den Brandschutz zu berücksichtigen.
- g. Die batteriegestützte Stromversorgung der Sicherheitsbeleuchtung muss getrennt und unabhängig von derjenigen der Ersatzbeleuchtung ausgelegt werden. Zudem ist die notwendige Beleuchtungszeit infolge störfallbedingter erschwelter Begehbarkeit der Zugangs- und Fluchtwege bei der Auslegung der Versorgungszeit der Sicherheitsbeleuchtung zu berücksichtigen.
- h. Mit der Ersatzbeleuchtung muss sichergestellt werden, dass sicherheitstechnisch notwendige Arbeiten auch bei Ausfall der Normalbeleuchtung unverändert fortgesetzt werden können.
- i. Die Erdbebentauglichkeit der Beleuchtungsanlagen muss folgende Anforderungen erfüllen:
 - 1. Die Normalbeleuchtung ist hinsichtlich mechanischer Integrität der Ausrüstungen so auszulegen, dass im Erdbebenfall sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen und Tätigkeiten nicht beeinträchtigt werden.
 - 2. Die Ersatzbeleuchtung einschliesslich deren elektrische Versorgung muss sich nach der Erdbebenauslegung des Anlagenraumes und dessen Komponenten richten.
 - 3. Für die Sicherheitsbeleuchtung sind die Anforderungen spezifisch für die bei Störfällen notwendigen Räumlichkeiten festzulegen und zu dokumentieren.
- j. Bei Ausfall der Notbeleuchtung ist eine minimale Beleuchtung vorzusehen durch den Einsatz mobiler Notstromaggregate, mobiler Beleuchtungen und tragbarer Notleuchten. Die Wahl der Mittel ist zu begründen.
- k. Es ist ein Beleuchtungskonzept zu erstellen, in dem für die einzelnen Anlagenräume die notwendige Beleuchtungsinstallationen darlegt und sicher-

heitstechnisch begründet werden. Das Konzept muss insbesondere folgende Inhalte abdecken:

1. die elektrische Versorgung der Beleuchtungsverbraucher und die ergonomischen Aspekte bei deren Anordnung
2. die Umsetzung der anwendbaren Beleuchtungsnormen, insbesondere der SN EN 1838
3. die Auswirkungen von Versorgungsunterbrüchen und Ausfällen von Beleuchtungsgruppen auf die Ausführung von sicherheitsrelevanten Tätigkeiten
4. Notfallmassnahmen zur Sicherstellung der Notbeleuchtung bei langfristigem Verlust der Wechselstromversorgungen aus der Notstromanlage und der Notstand-Notstromanlage
5. für die minimale Beleuchtung vorgesehene Mittel

4.14 Lüftungstechnische Anlagen

- a. Die Auslegung der Lüftungstechnischen Anlagen (Lüftungsanlagen) muss gewährleisten, dass die in den verschiedenen Räumen spezifizierten Umgebungsbedingungen bezüglich Temperatur, Feuchtigkeit und Schadstoffbelastung im Normalbetrieb und bei Störfällen eingehalten werden.
- b. Lüftungsanlagen sind für den Dauerbetrieb auszulegen.
- c. Lüftungsanlagen sind instandhaltungsfreundlich aufzubauen und strahlenschutztechnisch leicht zugänglich zu gestalten. Ein Austausch von zu wartenden Komponenten muss ohne wesentliche bauliche Änderungen und ohne Demontage von Komponenten sicherheitstechnisch notwendiger Anlagen möglich sein.
- d. Bei der Werkstoffwahl und Konstruktion der Lüftungskomponenten sind die beim Normalbetrieb und bei Störfällen auftretenden Belastungen, wie maximal zu erwartenden Drücke und Druckdifferenzen, relative Luftfeuchte sowie Temperatur-, Korrosions- und Strahlungsbedingungen, zu berücksichtigen.
- e. Lüftungsanlagen sind gegen die Einwirkungen bei Auslegungsstörfällen auszulegen, sofern
 1. diese zur Beherrschung der Störfälle notwendig sind oder
 2. bei deren Versagen Sekundärschäden an Einrichtungen auftreten können, welche zum sicheren Einschluss radioaktiver Stoffe oder

zum Überführen der Anlage in einen sicheren Anlagenzustand notwendig sind.

- f. Die einer Kontamination ausgesetzten Oberflächen sind so zu gestalten, dass eine Kontamination entweder hinreichend gering bleibt oder eine Dekontamination möglich ist.
- g. Bei der Auslegung der Lüftungsanlagen sind die Anforderungen an den Brandschutz zu berücksichtigen.
- h. Räume, die zur kontrollierten Zone gehören, sind an Lüftungsanlagen anzuschliessen. Dabei muss
 - 1. eine Raumluf-Druckstaffelung und eine Lüftungsführung von Bereichen geringerer zu Bereichen stärkerer Kontaminationsgefährdung gewährleistet sein und
 - 2. die Abgabe der Abluft auf den dafür vorgesehenen Wegen kontrolliert erfolgen.
- i. Lüftungsanlagen sind mit Filteranlagen zu versehen, wenn die Konzentration radioaktiver Stoffe in den angeschlossenen Räumen die jeweils zulässigen Werte gemäss Richtlinie HSK-R-07 überschreiten kann. Dabei ist es zulässig, Filteranlagen nur im Bedarfsfall einzusetzen.
- j. Abluft aus Räumen, in denen sich Primärkreiskomponenten befinden, ist kontinuierlich über Filteranlagen zu leiten.
- k. Filteranlagen, die während und nach Störfällen betrieben werden müssen, sind so auszulegen, dass die in ihnen enthaltenen Filterelemente und deren Material den Beanspruchungen derjenigen Auslegungsstörfällen standhalten, für deren Beherrschung sie erforderlich sind.
- l. In Abluftsträngen mit potenziell höherer Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe sind Rückhaltevorrichtungen (z. B. Adsorptionsfilter, Schwebstofffilter, Verzögerungsstrecken) vorzusehen.
- m. Bei hoher Aktivität in der Raumluf hat der Lüftungsabschluss automatisch zu erfolgen. Vorgelagert zum Grenzwert zur Auslösung des Lüftungsabschlusses sind Alarmwerte vorzusehen.
- n. Die radioaktiven Abgaben in der Fortluft müssen die Vorgaben der Richtlinie ENSI-G15 einhalten und sind darüber hinaus so gering wie möglich zu halten.

4.15 Brennstofflagerung und -handhabung

- a. Lager für Brennelemente sind so auszulegen, dass die Unterkritikalität der gelagerten Brennelemente auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a gewährleistet ist. Die Vorgaben der Richtlinie ENSI-G20 sind dabei zu berücksichtigen.
- b. Ein Störfall mit Brennstoffschmelzen (Sicherheitsebene 4b) soll zuverlässig ausgeschlossen werden können.

4.15.1 Trockenlagerung

- a. Es sind bauliche Schutzmassnahmen gegen eine Überflutung des Lagerraumes von aussen vorzusehen. Wasserführende Leitungen dürfen nicht durch den Lagerraum hindurchgeführt werden.
- b. Lagerräume müssen gegen den Zutritt Unbefugter gesichert sein.
- c. Lagerräume dürfen nicht Teil des Zugangs zu anderen Betriebsräumen sein.
- d. Betriebliche Arbeiten in anderen Betriebsräumen dürfen nicht das Betreten eines Lagerraumes erfordern.

4.15.2 Nasslagerung

- a. Die Beton- und Wasserabschirmung der Lagerbecken sind so zu bemessen, dass in den angrenzenden Räumen die Ortsdosisleistungen eingehalten werden, die aufgrund des Gebietstyps gemäss Richtlinie HSK-R-07 vorgegeben sind.
- b. Zur Bemessung der Abschirmung ist anzunehmen, dass alle für die Aufnahme von Brennelementen vorgesehenen Positionen mit Brennelementen belegt sind, die aufgrund charakteristischer Leistungsgeschichten die höchste zu erwartende Aktivität aufweisen und die geringstmögliche Abklingzeit haben.
- c. In den Lagerbecken sind Füllstand und Temperatur zu überwachen. Die Messgrössen sind im Hauptkommandoraum und der Notsteuerstelle anzuzeigen und bei Verletzung von Grenzwerten müssen Alarme ausgelöst werden.
- d. Die Systeme zur Nachwärmeabfuhr aus den Lagerbecken haben die Anforderungen gemäss Kap. 4.6 zu erfüllen.
- e. Es sind mindestens zwei unabhängige erdbebenfeste Einspeisemöglichkeiten vorzusehen, über die ohne Betreten der Lagerbereiche Wasser in die

Lagerbecken eingespeist werden kann. Die entsprechenden Anschlussstutzen sind gegen externe Überflutung zu schützen.

- f. Das Lagerbecken muss so wasserdicht sein, dass schädigende Einwirkungen des Lagerbeckenwassers auf die Tragkonstruktion des Beckens auszuschliessen sind.
- g. Das Lagerbecken ist mit einem geeigneten Leckageüberwachungssystem auszurüsten, das die gezielte Identifizierung von Lecks in der Beckenauskleidung ermöglicht.
- h. Lagerbeckeneinbauten sind so anzuordnen und zu befestigen, dass hieraus keine unzulässigen Kräfte auf die Beckenauskleidung übertragen werden können.
- i. An die Lagerbecken anbindende Leitungen sind so anzuordnen und an die Beckendurchführungen anzuschliessen, dass keine unzulässigen Kräfte auf die Beckenauskleidung ausgeübt werden können.
- j. An die Lagerbecken anbindende Leitungen sind so anzuordnen oder gegen Saughebewirkung zu schützen, dass bei einem Leitungsbruch eine Mindestüberdeckung der eingelagerten Brennelemente zur Einleitung von Notfallmassnahmen sichergestellt ist.
- k. Am Schütz vom Lagerbecken zu anderen Becken (z. B. Abstellbecken, Reaktorraum) sind Einrichtungen vorzusehen, mit denen Leckwasser festgestellt, aufgefangen und abgeführt werden kann.
- l. Es ist eine betriebliche Reinigungsanlage vorzusehen und so auszulegen, dass
 1. radioaktive, ionale und feste Verunreinigungen aus dem Kühlmittel, vor allem aus dem oberen Beckenbereich, entfernt werden können,
 2. festgelegte Grenzwerte für die Qualität des Beckenwassers eingehalten werden können und
 3. Schwebstoffe, die die Sichtverhältnisse beeinträchtigen, entfernt werden können.
- m. Lagergestelle für Brennelemente sind so anzuordnen und zu gestalten, dass
 1. die Kühlung der gelagerten Brennelemente gewährleistet wird,
 2. sich die räumliche Anordnung und die Funktion von neutronenabsorbierenden Bauteilen, die bei der Auslegung hinsichtlich Kritikalitätssicherheit berücksichtigt wurden, nicht unzulässig ändern können,
 3. die Brennelemente beim Ablassen in die Gestelle gegen Beschädigung geschützt sind, und

4. die Integrität über die gesamte Einsatzzeit unter Berücksichtigung des Langzeitverhaltens der verwendeten Werkstoffe gewährleistet bleibt.
- n. Der zum Abstellen des Transportbehälters vorzusehende Platz ist so anzuordnen und zu gestalten, dass
1. der Transportweg für den Behälter möglichst kurz ist und nicht über Gestelle für Brennelemente hinwegführt,
 2. notwendige Hebezeuge für den Behälter ungehindert montiert und demontiert werden können,
 3. beim Beladen des Transportbehälters eine ausreichende Abschirmung gegeben ist, und
 4. der Behälter bei zu unterstellenden induzierten Erschütterungen nicht durch Rutschen und Kippen das Lagerbecken oder Brennelemente beschädigen kann.
- o. Handhabungseinrichtungen für Brennelemente und zugehörige Einrichtungen sind dann gegen Einwirkungen als Folge von Auslegungsstörfällen auszulegen, wenn ihre Verfügbarkeit nach solchen Einwirkungen sicherheitstechnisch erforderlich ist oder wenn unzulässige Folgeschäden möglich sind.
- p. Beim Einsatz von Hebezeugen oder Werkzeugen ist durch konstruktive Massnahmen sicherzustellen, dass immer eine ausreichende Überdeckung mit Wasser zur Abschirmung gewährleistet ist.
- q. Geräte für die Instandsetzung und Prüfung von Brennelementen müssen so ausgelegt und ausgeführt sein, dass
1. bei korrektem Einsatz sowohl bei der notwendigen Brennelementehandhabung als auch beim Betrieb der Geräte eine unzulässige Strahlenbelastung oder Kontamination der beschäftigten Personen vermieden wird,
 2. eine versehentliche Beschädigung von Brennelementen verhindert wird, und
 3. die entsprechenden Vorgaben der Richtlinie ENSI-G20 eingehalten werden.

5 Liste der Verweisungen

SIA Norm 260: Grundlagen der Projektierung von Tragwerken

Schweizerische Norm SN EN 1838: Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung

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

Der Direktor des ENSI: sig. H. Wanner

Anhang 1: Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)

Anlageinformationssystem (ANIS)

Das betriebliche Anlageinformationssystem (ANIS) stellt sicherheitstechnisch wichtige Information aus der Anlage in direkter und in verdichteter Form rasch, zuverlässig und umfassend dar und ermöglicht einen übersichtlichen Einblick in die Prozessabläufe in der Anlage. Für die Bezeichnung ANIS wird in einigen Anlagen die Bezeichnung Prozessrechneranlage (PRA) verwendet.

Auslegung

Auslegung umfasst die Entwicklung und Gestaltung von Strukturen, Systemen und Komponenten (SSK), damit diese ihren definierten Zweck erfüllen. Gemäss Art. 7 KEV sind bei der Auslegung, beim Bau, bei der Inbetriebnahme und beim Betrieb bewährte oder nachweislich hochqualitative Verfahren, Werkstoffe, Techniken sowie Organisationsstrukturen und -abläufe einzusetzen. Hierbei gelten für SSK in Abhängigkeit der sicherheitstechnischen Bedeutung abgestufte Anforderungen. Für SSK der Sicherheitsebene 3 sind generell die in nuklearen Regelwerken und Bauvorschriften festgelegten Anforderungen an die Planung, Prüfung, Herstellung und Montage umzusetzen, durch die eine für den Einsatzzweck definierte technische Qualifikation sichergestellt ist. Hingegen können für SSK der Sicherheits-ebenen 1, 2 und 4 auch anerkannte Industriestandards und Verfahren verwendet werden, mit denen eine für den Einsatzzweck ausreichende technische Qualifikation erreicht wird.

Gefahrmeldeanlage (GMA)

Die Gefahrmeldeanlage signalisiert im Hauptkommandoraum, in der Notsteuerstelle und in weiteren Steuerstellen Sammelmeldungen und Einzelmeldungen von sicherheitstechnisch wichtigen Abweichungen der grundlegenden Schutzziel-funktionen und der betroffenen Aus-rüstungen. Dazu gehören insbesondere Voralarmgrenzwerte bei Abweichungen vom Nor-malbetrieb, Auslösegrenzwerte für automatisierte Begrenzungsfunktionen und Überwa-chungsfunktionen für vorgeschriebene Handeingriffe, Alarmgrenzwerte für SE3-Systeme, Auslösegrenzwerte für SE3-Systeme.

Integrität

Integrität ist der Zustand einer Komponente oder Barriere, bei dem die an sie gestellten si-cherheitstechnischen Kriterien hinsichtlich Festigkeit, Bruchsicherheit und Dichtheit erfüllt sind.

Leitanlage

Als Leitanlage wird die konkrete Implementierung eines leittechnischen Systems oder leit-technischer Einrichtungen in einer Anlage verstanden.

Leittechnik

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

Notstandsfall

Ein Notstandsfall ist ein Störfall, der erst mittels Notstandssystemen beherrscht wird. Dazu gehören beispielsweise ein Brand im Hauptkommandoraum oder bestimmte externe Ereignisse wie Erdbeben.

Primärcontainment

Das Primärcontainment umfasst das Reaktorkühlsystem und beinhaltet grundsätzlich die unter hohem Druck stehenden, Reaktorkühlmittel führenden Komponenten.

Reaktorkühlsystem

Das Reaktorkühlsystem (RKS) umfasst alle Systeme und Komponenten, die zur unmittelbaren Kühlung des Reaktorkerns notwendig sind. Es umfasst die druckführende Umschließung des Reaktorkühlmittels bei Druckwasser- und Siedewasserreaktoren sowie deren Einbauten und aktiven Komponenten sowie deren Stützkonstruktionen.

Sekundärcontainment (äusseres Containment)

Das Sekundärcontainment ist das Reaktorgebäude als äussere Sicherheitshülle, die das Stahlcontainment umschliesst. Die Gebäudehülle bietet Schutz gegen Einwirkungen von aussen und dient als zusätzliche Sicherheitsbarriere für Störfälle mit Freisetzung radioaktiver Stoffe im Stahlcontainment.

Sicherheitsrelevant

Strukturen, Systeme, Komponenten, Prozesse und Akteure sind sicherheitsrelevant, wenn sie einen Störfall auslösen können, wenn sie zusätzliche Personendosen verursachen können oder wenn sie für die Störfallbeherrschung vorgesehen sind.

SPDS

SPDS ist die Abkürzung für Safety Parameter Display System. Der Begriff bezeichnet ein Anzeigesystem für Störfallparameter, das als Ergänzung zur Störfallinstrumentierung und der weiteren Instrumentierung dient. Es wird hauptsächlich für die konzentrierte und schnelle Übersicht über den aktuellen Anlagezustand, den Zustandstrend und insbesondere über die übergeordneten nuklearen und radiologischen Schutzziele des KKW und die hierzu realisierten Sicherheitsfunktionen verwendet. Mit dem SPDS kann die Verletzung der Schutzziele unmittelbar erkannt werden.

Störfallinstrumentierung

Die Störfallinstrumentierung ist die Instrumentierung für die Übersicht über den Zustand der Anlage vor, während und nach Störfällen. Die damit angezeigten Messwerte umfassen die wesentliche Information, aus der die zu treffenden Massnahmen zum Schutz der Integrität

des Reaktorkerns und des Containments sowie über die Abschätzung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Rahmen des Accident Managements abgeleitet werden können. Die Instrumentierung umfasst die Einrichtungen für die Störfallanzeige und die Störfallaufzeichnung einschliesslich der Messwerterfassung, -übertragung und -verarbeitung.

Anhang 2: Gefilterte Druckentlastung des Primärcontainments

A2.1: Allgemeine Auslegungsvorgaben

- a. Das Druckentlastungssystem hat die relevanten Vorgaben der SE4-Funktionen zu erfüllen.
- b. Das Druckentlastungssystem darf die Containmentisolationfunktion auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a nicht beeinträchtigen. Das bedeutet insbesondere, dass
 1. das Druckentlastungssystem mit zwei in Reihe angeordneten Absperungen auszurüsten ist und
 2. ein fehlerhaftes Ansprechen des Druckentlastungssystems zu vermeiden ist.
- c. Das Druckentlastungssystem ist so auszulegen, dass Dampf und Gase beim vorgegebenen Abblasedruck sicher abgeführt werden können. Der Abblasedruck ist dabei so festzulegen, dass ein Überdruckversagen des Containments mit hoher Zuverlässigkeit vermieden wird.
- d. Für die Auslegung des Druckentlastungssystems sind Ereignisabläufe mit langsamem Druckaufbau im intakten Containment zu berücksichtigen:
 1. Bei Siedewasserreaktoren sind eine teilweise Umgehung des Kondensationsbeckens und eine Reaktorleistung von 1 % anzunehmen.
 2. Bei Druckwasserreaktoren ist eine Reaktorleistung von mindestens 0,5 % anzunehmen.
- e. Die mechanische Festigkeit des Druckentlastungssystems muss der Festigkeit des Containments entsprechen. Dies betrifft insbesondere die Erdbebenfestigkeit.
- f. Das Druckentlastungssystem ist so auszulegen, dass eine Wasserstoffzündung im System ausgeschlossen werden kann. Andernfalls ist nachzuweisen, dass die bei einer Wasserstoffdeflagration oder -detonation auftretenden Drücke das Druckentlastungssystem nicht beschädigen.
- g. Mögliche Kondensationsschläge bei der Inbetriebnahme des Druckentlastungssystems sind zu beherrschen.
- h. Instrumentierungen zur Überwachung des Entlastungsvorgangs sowie zur Überwachung und Registrierung der an die Umgebung abgegebenen radioaktiven Stoffe sind vorzusehen. Diese Instrumentierung ist für eine autarke Betriebsdauer von 100 Stunden auszulegen.

- i. Die Druckentlastung muss auch bei Verlust der Stromversorgung möglich sein. Die Öffnung der Absperrarmaturen muss dabei manuell von einer gegen Direktstrahlung und luftgetragenen Radioaktivität geschützten Stelle aus erfolgen.
- j. Der Dampf-/Gasdurchsatz durch das Druckentlastungssystem muss einstellbar sein. Das System muss auch bei variablem Druck im Containment und bei variablem Durchsatz funktionieren.
- k. Die Ableitung des gefilterten Dampf-/Gasgemisches hat über einen Kamin zu erfolgen.
- l. Die Möglichkeit des Nachfüllens resp. Auswechselns der Wasservorlage bei Verwendung von Nasswäscherfiltern ist vorzusehen. Die Bedienung soll dabei fernbedient von einer gegen Direktstrahlung und luftgetragenen Radioaktivität geschützten Steuerstelle und manuell vor Ort möglich sein.
- m. In Bezug auf die Filterbeladung mit radioaktiven Stoffen und inaktivem Material ist eine Aerosolmenge von 150 kg zugrunde zu legen, die von der Anlage verarbeitet werden muss.

A2.2: Rückhaltefaktoren für spezifische Nuklide

- a. Die Auslegung der gefilterten Druckentlastung hat so zu erfolgen, dass
 - 1. für Aerosole ein Rückhaltefaktor von 1000,
 - 2. für elementares Iod ein Rückhaltefaktor von 100 und
 - 3. für organisches Iod ein Rückhaltefaktor von 10
 eingehalten wird. Das anzunehmende Aerosol-Spektrum muss dem heutigen Stand des Wissens entsprechen.
- b. Die Rückhaltefaktoren der gewählten technischen Lösung sind mittels Experimenten oder Berechnungen auf der Basis von Experimenten in einem Bereich von 30 % bis 100 % des Auslegungsdurchsatzes zu demonstrieren.
- c. Es sind Massnahmen zu treffen oder vorzubereiten, um längerfristig eine Wiederfreisetzung der radioaktiven Stoffe aus dem Filter zu vermeiden.

A2.3: Spezielle Auslegungsvorgaben für die passive Entlastung

- a. Es ist eine zusätzliche passive Entlastung mittels Berstscheibe vorzusehen, welche unabhängig von aktiven Systemen oder Personalhandlungen funktioniert. Der Ansprechdruck ist so zu wählen, dass
 - 1. ein Überdruckversagen des Primärcontainments und
 - 2. ein zu frühes Abblasen vermieden werden.

- b. Bei der Auslegung der passiven Entlastung sind folgende Bedingungen zu beachten:
1. Die Vorkehrungen zur passiven Entlastung dürfen keine Rückwirkung auf die Sicherheitsebenen 1 bis 4a haben.
 2. Die Berstscheibe, deren Ansprechdruck genügend hoch über dem Auslegungsdruck des Containments liegen muss, kann als passiver Teil des Containments betrachtet werden und ist deshalb als Abschluss ausreichend.
 3. Die passive Entlastungsstrecke muss parallel zu den Absperrarmaturen der aktiven Entlastungsstrecke installiert werden und mit mindestens einer Armatur absperrbar sein, die in der Normalstellung offen ist.
 4. Die Bedienung der Absperrarmatur in der passiven Entlastungsstrecke soll von den gleichen Orten wie die Aktivierung der Druckentlastung sowohl fernbedienbar als auch manuell möglich sein.
 5. Die Absperrarmatur(en) der passiven Entlastungsstrecke müssen ohne Hilfsenergie (Strom, Druckluft) sowohl in offener als auch in geschlossener Stellung gehalten werden können.
 6. Eine Druckentlastung unterhalb des Ansprechdruckes der Berstscheibe muss nach wie vor möglich sein.
 7. Die Schluckfähigkeit der passiven Entlastungsstrecke bei Ansprechdruck muss der nominellen Abblasemenge entsprechen.
 8. Die dynamischen Belastungen der Rohrleitungen und des Filters beim Öffnen der passiven Entlastung müssen berücksichtigt werden.

Anhang 3: Störfallübersichtsanzeigen

Störfallübersichtsanzeigen für Druckwasserreaktoren		Messbereich (Richtwerte)
1	Neutronenfluss	mind. 10 ⁻⁶ PN bis 1.25 PN ¹
2	Reaktordruckbehälter-Kühlmittelin- und -austrittstemperatur je Loop	50 °C bis 400 °C
3	Kernaustrittstemperatur ²	100 °C bis 1000 °C
4	Füllstand im Druckhalter	zu spezifizieren gemäss Auslegung
5	Siedeabstand	mind. 50 K bis 0 K
6	Druck im Reaktorkühlsystem	mind. 1 bar bis 200 bar (bis mind. Auslegungsdruck plus 30 bar)
7	sekundärseitiger Füllstand je Dampferzeuger (Weitbereich)	zu spezifizieren gemäss Auslegung
8	sekundärseitiger Druck je Dampferzeuger	1 bar bis 100 bar
9	Temperatur des Wassers im Containmentsumpf	10 °C bis 150 °C
10	Füllstand im Containmentsumpf	zu spezifizieren gemäss Auslegung
11	Druck Containment (Differenzdruckmessung Nahbereich)	mind. -0,1 bis +5,5 bar (bis mind. Auslegungsdruck)
12	Druck Containment (Differenzdruckmessung Weitbereich)	bis mindestens 2-facher Auslegungsdruck
13	Wasserstoffkonzentration im Containment ³	mind. 0 bis 8 Volumen-% H ₂ zu spezifizieren
14	Lufttemperatur im Containment ³	20 °C bis 200 °C
15	Druck Sekundärcontainment (Differenzdruckmessung)	zu spezifizieren
16	Temperatur im Sekundärcontainment ³	20 °C bis 110 °C
17	Dosisleistung im Containment	vgl. Richtlinie ENSI-G13 ⁴
18	Emission radioaktiver Stoffe mit der Fortluft	vgl. Richtlinie ENSI-G13 ⁴
19	Emission radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser	vgl. Richtlinie ENSI-G13 ⁴
20	Borsäurekonzentration des Wassers im Containmentsumpf ⁵	50 ppm bis 2600 ppm

¹ PN: Nennleistung

² Mit dieser Messung muss insbesondere auch die Abdeckung des Kerns eindeutig festgestellt werden können. Andernfalls ist zusätzlich eine diversitäre Messung hierzu vorzusehen.

³ Messstellen an mehreren repräsentativen Stellen

⁴ Fassung gemäss Revision 1 vom 31. Oktober 2015

⁵ Laborauswertung zulässig

21	Messsysteme zur Überwachung der radioaktiven Stoffe in Nachwärmefuhrsystemen mit nur einer Sicherheitsbarriere	vgl. Richtlinie ENSI-G13 ⁴
22	Füllstand im Brennelementlagerbecken	werkspezifisch festzulegen
23	Temperatur im Brennelementlagerbecken	werkspezifisch festzulegen

Störfallübersichtsanzeigen für Siedewasserreaktoren		Messbereich (Richtwerte)
1	Neutronenfluss	10 ⁻⁶ PN bis 1.25 PN ⁶
2	Füllstand im Reaktordruckbehälter (Normalbereich)	zu spezifizieren gemäss Auslegung
3	Füllstand im Reaktordruckbehälter (Weitbereich)	zu spezifizieren gemäss Auslegung
4	Druck im Reaktordruckbehälter	mind. 1 bar bis 100 bar (bis mind. Auslegungsdruck plus 20 bar)
5	Füllstand in der Kondensationskammer des Containments (Normalbereich)	zu spezifizieren gemäss Auslegung
6	Füllstand in der Kondensationskammer des Containments (Weitbereich)	zu spezifizieren gemäss Auslegung
7	Temperatur des Wassers in der Kondensationskammer des Containments	10 °C bis 150 °C
8	Füllstand im Drywell (Druckkammer)	zu spezifizieren gemäss Auslegung
9	Druck Containment (Differenzdruckmessung Normalbereich)	mind. -0,1 bis +5,5 bar (bis mind. Auslegungsdruck)
10	Druck Containment (Differenzdruckmessung Weitbereich)	bis mindestens 2-facher Auslegungsdruck
11	Wasserstoffkonzentration im Containment ⁷	mind. 0 bis 8 Volumen-% H ₂ zu spezifizieren
12	Lufttemperatur im Containment ⁷	20 °C bis 200 °C
13	Druck Sekundärcontainment (Differenzdruckmessung)	zu spezifizieren
14	Temperatur im Sekundärcontainment ⁷	20 °C bis 110 °C
15	Dosisleistung im Containment	vgl. Richtlinie ENSI-G13 ⁸
16	Emission radioaktiver Stoffe mit der Fortluft	vgl. Richtlinie ENSI-G13 ⁸
17	Emission radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser	vgl. Richtlinie ENSI-G13 ⁸
18	Messsysteme zur Überwachung der radioaktiven Stoffe in Nachwärmeabfuhrsystemen mit nur einer Sicherheitsbarriere	vgl. Richtlinie ENSI-G13 ⁸
19	Füllstand im Brennelementlagerbecken	werkspezifisch festzulegen
20	Temperatur im Brennelementlagerbecken	werkspezifisch festzulegen

⁶ PN: Nennleistung

⁷ Messstellen an mehreren repräsentativen Stellen

⁸ Fassung gemäss Revision 1 vom 31. Oktober 2015