

RSK - EMPFEHLUNG

GESTAFFELTES SICHERHEITSKONZEPT

08.09.2005 (386. Sitzung)

1 Veranlassung

Im Rahmen des BMU-Vorhabens "Aktualisierung des kerntechnischen Regelwerkes" sollen im gültigen untergesetzlichen kerntechnischen Regelwerk vorhandene Abweichungen vom Stand von Wissenschaft und Technik oder Lücken identifiziert und dem BMU in Form von Modulen Vorschläge für die erforderlichen Aktualisierungen vorgelegt werden. Diese Module wurden mit der Bitte um Kommentierung bis zum 1. August 2005 veröffentlicht. Im Modul 3 "Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse, Stand 15.11.2004" werden die "Sicherheitstechnische Vorgaben und Nachweiskriterien der Sicherheitsebenen" definiert.

Von der RSK wurde auf der 379. Sitzung am 27.01.2005 der Beratungsgang zur Kommentierung der Module festgelegt. Auf der 380. Sitzung am 24.02.2005 beschloss die RSK eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe (AG) SICHERHEITSEBENEN einzurichten, die die Anforderungen auf den verschiedenen Sicherheitsebenen in einem "Gestaffelten Sicherheitskonzept" festlegen sollte.

2 Beratungsgang

Die Beratungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe SICHERHEITSEBENEN zum "Gestaffelten Sicherheitskonzept" fanden im Rahmen von vier Sitzungen am 15.03., 21.04., 31.05. und 19.07.2005 statt. In der 381. bis 384. Sitzung wurden der RSK von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Zwischenergebnisse vorgestellt und diskutiert.

Die vorliegende Empfehlung wurde von der RSK auf der 385. und 386. Sitzung beraten und auf der 386. Sitzung als Empfehlung verabschiedet.

3 Grundsätze des "Gestaffelten Sicherheitskonzeptes"

Die RSK hat sich im Rahmen ihrer Beratungen zur Überarbeitung des kerntechnischen Regelwerks mit Konzept, Strategie und Maßnahmen des gestaffelten Sicherheitskonzeptes befasst. Mit der vorliegenden Empfehlung ist beabsichtigt, die Diskussion und praktische Umsetzung des Sicherheitskonzeptes zu fördern, um somit die Sicherheit der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke weiter zu verbessern.

Das oberste Sicherheitsziel, den Schutz von Leben, Gesundheit und Sachgütern vor den Gefahren der

Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu gewährleisten, bestimmt die Auslegung und das Sicherheitskonzept der Kernkraftwerke.

Zweck des gestaffelten Sicherheitskonzeptes ist es, mögliche technische Ausfälle und menschliche Fehler in der Anlage zu kompensieren, die Wirksamkeit der Barrieren zum Rückhalt der im Kernkraftwerk vorhandenen radioaktiven Stoffe aufrecht zu erhalten und somit die Bevölkerung und die Umwelt vor Schäden zu schützen. Diese Ziele sollen dadurch erreicht werden,

- dass durch die Erfüllung hochwertiger Qualitätsanforderungen an Auslegung, Errichtung, Betrieb, Überwachung und Instandhaltung der Anlage Störungen sowie Störfälle vermieden und Unfälle verhindert werden,
- dass mehrere voneinander unabhängige Einrichtungen und vorbereitete Maßnahmen gemäß einem gestaffelten Konzept zur Verfügung stehen, um die Integrität der Barrieren zu schützen und, falls die Integrität verletzt ist, die nachfolgenden Auswirkungen zu begrenzen; wobei bei einem Ausfall von Einrichtungen und Maßnahmen auf einer Sicherheitsebene dieses gestaffelten Konzeptes die Auswirkungen dieses Ausfalls durch Einrichtungen und Maßnahmen auf der nächst höheren Ebene beherrscht bzw. begrenzt werden,
- dass Ereignisse, die zu einem übergreifenden Versagen der gestaffelten Sicherheitseinrichtungen führen könnten, durch zuverlässige Einrichtungen und vorbereitete Maßnahmen praktisch ausgeschlossen werden können,
- dass Freisetzungen radioaktiver Stoffe, die infolge eines Stör- oder eines Unfalls dennoch auftreten können, durch Einrichtungen und vorbereitete Maßnahmen gemindert werden.

Das gestaffelte Sicherheitskonzept sollte auf fünf Ebenen gemäß den nachfolgenden Tabellen umgesetzt werden. Dieses Konzept umfasst eine Kombination verschiedener technischer Systeme sowie administrativer Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Beherrschung von Störungen und Störfällen (Sicherheitsebenen 1, 2 und 3), zur Begrenzung der Auswirkungen von Unfällen (Sicherheitsebene 4) und Maßnahmen zur Unterstützung der für den Katastrophenschutz zuständigen Behörden (Ebene 5).

Hinweis:

Die in der Sicherheitsebene 1 aufgestellten Grundsätze zu Anforderungen an Komponenten gelten entsprechend für die Sicherheitsebenen 2 bis 4.

4 Gestaffeltes Sicherheitskonzept

<p>Sicherheitsebene 1</p> <p>Normalbetrieb (Bestimmungsgemäßer Betrieb)</p> <p>Dauerhafter Betrieb von Systemen und Anlagenteilen für deren vorgesehene Lebensdauer.</p> <p>Vermeidung von anomalem Betrieb, Störfällen und Unfällen</p>	<p>Hierunter ist der störungsfreie Betrieb der Anlage zu verstehen. Abweichungen in Betriebssystemen oder Betriebsweisen vom Normalzustand, die nicht zur Einschränkung der im Normalbetrieb gemäß BHB vorgesehenen Fahrweisen oder zur Einschränkung des Leistungsbetriebes führen, sind ebenfalls als Normalbetrieb einzustufen.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Einschluss radioaktiver Stoffe</p>	<p>Im Normalbetrieb sollen die Barrieren Brennstabhüllrohr, Druckführende Umschließung (DFU), Umschließungen radioaktiver Stoffe und Sicherheitsbehälter (SHB) einschließlich betrieblicher Rückhaltefunktionen den Einschluss gewährleisten. Der Umfang an betrieblich bedingten Hüllrohrschäden (ohne radiologische Signifikanz) oder auch betrieblich bedingten Leckagen über Stopfbuchsen, Flansche etc. ist so niedrig wie technisch möglich zu halten.</p> <p>(Nachweisziel der mechanischen Brennstabauslegung ist, dass statistisch nicht mehr als 1 Brennstab pro Zyklus als defekt zu erwarten ist.)</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Kontrolle der Reaktivität</p>	<p>Ist sicherzustellen durch die Regeleinrichtungen und deren Stellglieder wie z. B. Steuerstäbe, Boreinspeisung (DWR), Zwangsumwälzpumpen (SWR). Die Auslegung des Kerns und die Beladung sind so vorzusehen, dass insgesamt über die Reaktivitätsrückwirkungen ein inhärent stabilisierendes Verhalten vorliegt.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Kühlung der Brennelemente</p>	<p>Ist sicherzustellen durch die betrieblichen Speisewassersysteme und die Abfuhr der erzeugten Dampfmenge über die Hauptwärmesenke bzw. über die betrieblich vorgesehenen Nachkühlsysteme.</p>

Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung	StrlSchV § 47 Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe, Einhaltung von Genehmigungsgrenzwerten, Einhaltung betrieblicher Grenzwerte, Minimierungsgebot
Anforderungen an Systeme	Die Systeme sind so auszulegen, dass diese hinsichtlich der an sie im Normalbetrieb gestellten Anforderungen an Funktion und Integrität Reserven aufweisen, die die Unsicherheiten bei der Auslegung, Fertigung und hinsichtlich zu erwartender Alterungseffekte abdecken. Qualität und Instandhaltung sind so zu gestalten, dass die Häufigkeit von Störungen auf die gemäß „good practice“ zu erwartende Häufigkeit begrenzt bleibt.
Anforderungen an Komponenten	<p>Grundsätze:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berücksichtigung ausreichender Sicherheitszuschläge bei der Auslegung der Komponenten; - Verwendung geeigneter Werkstoffe; - Instandhaltungsfreundlichkeit von Komponenten unter besonderer Berücksichtigung der Strahlenexposition des Personals; - Sicherstellung und Erhalt der Qualitätsmerkmale bei Fertigung, Errichtung und Betrieb; - Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen in dem sicherheitstechnisch notwendigen Umfang; - zuverlässige Überwachung der Betriebszustände (einschließlich der Alterung); - Aufzeichnung, Auswertung und sicherheitsbezogene Verwertung von Betriebserfahrungen; - keine Rissinitiierung infolge Betriebslasten; - Überwachungskonzept/Überwachungseinrichtungen zur Erkennung betriebsbedingter Schäden; <p>Auslegungsstufe 0</p> <p>Absicherung der primären Spannungen für die Auslegungsdaten.</p> <p>SHB: Auslegungsstufe 0</p> <p>Beanspruchungsstufe A (Betriebslasten)</p> <p>Spannungsabsicherung aus der Summe der primären und sekundären Spannungen, Ermüdungsanalyse, Nachweis der Einhaltung der Funktionsanforderungen aktiver Komponenten</p> <p>Nachweis Komponentenunterstützungen gemäß Lastfall H (Hauptlasten)</p> <p>SHB: Beanspruchungsstufe 1</p>

	<p>Beanspruchungsstufe P (Prüflasten)</p> <p>Absicherung für primäre Spannungen</p>
Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik	<p>Die Systeme und Einrichtungen sind so auszulegen und zu dimensionieren, dass ein störungsfreier Betrieb gewährleistet werden kann. Betriebliche Steuer- und Regeleinrichtungen sollen betriebsbewährt sein. Elektrotechnische Einrichtungen mit betrieblicher Funktion, die in das Sicherheitssystem eingebunden sind, müssen den Anforderungen des Sicherheitssystems genügen.</p>
Anforderungen an Überwachungssysteme	<p>Alle Prozesse des bestimmungsgemäßen Betriebes müssen ihrer Bedeutung entsprechend überwacht und dokumentiert werden. Diese Überwachung ist so aufzubauen, dass spontane oder sich langsam entwickelnde Änderungen von Prozessgrößen, Auslegungsmerkmalen von Komponenten, Zuverlässigkeitsmerkmalen, Funktionen oder Funktionsbereitschaften zuverlässig erkannt werden. Das Überwachungssystem muss die Informationen so aufbereitet darstellen, dass das Betriebspersonal notwendige Eingriffe sicher durchführen kann.</p>
Anforderungen an Gebäude/Strukturen	<p>Bei der Auslegung sind Kombinationen von Einwirkungen, die zu den ständigen und vorübergehenden Belastungen gehören, zu berücksichtigen (Anforderungskategorie A1). Die Anforderungen an die Absicherung sollen den Grundsätzen der Auslegungsanforderungen an Komponenten entsprechen.</p>
Anforderungen an die Organisation	<p>Es ist ein Sicherheitsmanagement (Sicherheitsmanagementsystem, sicherheitsgerichtete Organisation und Betriebsführung, Förderung einer ausgeprägten Sicherheitskultur, Qualitätsmanagement, Qualifikation des Personals, Instandhaltungsmanagement, Alterungsmanagement, Arbeitssicherheitsmanagement und Umweltschutzmanagement) einzurichten, das einen sicheren Betrieb der Anlage gewährleistet.</p>

<p>Sicherheitsebene 2</p> <p>Anomaler Betrieb</p> <p>a) Betriebstransienten ohne RESA oder Ereignisse, bei denen ein Abfahren der Anlage aus betrieblichen Gründen erforderlich ist</p> <p>(Bestimmungsgemäßer Betrieb)</p> <p>Ereignisse, die bei Fehlfunktion von Anlagenteilen oder Systemen ablaufen und deren Eintreten aufgrund von Betriebserfahrungen über die Lebensdauer der betroffenen Anlage häufig zu erwarten sind und soweit hierbei einer (unverzöglichen) Fortführung des Betriebes sicherheitstechnische Gründe nicht entgegenstehen.</p> <p>Vermeidung von Ereignissen mit Anforderung von Sicherheitseinrichtungen</p>	<p>Hierunter zählen z. B. TUSA, Lastabwurf auf Eigenbedarf/null, Ausfall einer Hauptkühlmittelpumpe, Ausfall einer Hauptspeisewasserpumpe, Leckagen, die nicht zum Ansprechen von Sicherheitssystemen führen</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Einschluss radioaktiver Stoffe</p>	<p>Es sollen die Barrieren Brennstabhüllrohr, Druckführende Umschließung, Umschließungen radioaktiver Stoffe und Sicherheitsbehälter den Einschluss gewährleisten. Belastungen aus diesen Transienten dürfen zu keinen systematischen zusätzlichen Hüllrohrschäden oder betrieblich bedingten Leckagen über Stopfbuchsen, Flansche etc. führen.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Kontrolle der Reaktivität</p>	<p>Die kurzfristig und langfristig erforderliche Leistungsreduzierung bzw. Leistungsbegrenzung ist durch die Begrenzungseinrichtungen im Zusammenwirken mit den Stellgliedern sicherzustellen.</p> <p>Die Auslegung des Kerns und die Beladung sind so vorzusehen, dass das inhärente Verhalten (Reaktivitätsrückwirkungen) die Wirksamkeit der Stellglieder gewährleistet.</p> <p>Die Ausgangswerte für eine gesicherte Störfallbeherrschung sind einzuhalten.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Kühlung der Brennelemente</p>	<p>Die Einhaltung der Kriterien der Weiterverwendbarkeit der Brennelemente/-stäbe ist durch Begrenzungseinrichtungen im Zusammenwirken mit den</p>

	<p>betrieblichen Einrichtungen zur Wärmeabfuhr zu gewährleisten.</p> <p>Die Ausgangswerte für eine gesicherte Störfallbeherrschung sind einzuhalten.</p>
--	--

Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung	StrlSchV § 47 Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe, Einhaltung von Genehmigungsgrenzwerten.
Anforderungen an Systeme	Es sind Einrichtungen (Begrenzungssysteme) vorzusehen, die so ausgelegt und betrieben werden müssen, dass auch ohne Inanspruchnahme von Sicherheitseinrichtungen ein sicherer Betrieb der Anlage gewährleistet ist.
Anforderungen an Komponenten	<p>Beanspruchungsstufe B (transiente Betriebslasten)</p> <p>Spannungsabsicherung aus der Summe der primären und sekundären Spannungen, Ermüdungsanalyse, Nachweis der Einhaltung der Funktionsanforderungen aktiver Komponenten</p> <p>Keine Rissinitiierung infolge transienter Betriebslasten</p> <p>Nachweis Komponentenunterstützungen gemäß Lastfall HZ (Haupt- und Zusatzlasten)</p> <p>SHB: siehe 1</p>
Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik	<p>Die Systeme und Einrichtungen sind so auszulegen und zu dimensionieren, dass ein störfallfreier Betrieb gewährleistet werden kann. Begrenzungseinrichtungen sollen betriebsbewährt sein. Elektrotechnische Einrichtungen, die in das Sicherheitssystem eingebunden sind, müssen den Anforderungen des Sicherheitssystems genügen.</p> <p>Die Funktionsfähigkeit der Zustands- und Schutzbegrenzung ist auch unter Berücksichtigung eines Zufallsfehlers bei gleichzeitigem Instandhaltungsfall zu erhalten.</p>
Anforderungen an Überwachungssysteme	<p>Leckagen müssen so rechtzeitig erkannt werden, dass sie nicht zum Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen führen.</p> <p>Transienten sind hinsichtlich ihrer Einwirkungen dahingehend zu überwachen, dass unzulässige Beanspruchungen erkannt werden.</p> <p>Das Überwachungssystem muss die Informationen so aufbereitet darstellen, dass das Betriebspersonal notwendige Eingriffe sicher durchführen kann.</p>
Anforderungen an Gebäude/Strukturen	Bei der Auslegung sind Kombinationen von Einwirkungen, die zu den ständigen und vorübergehenden Belastungen gehören, zu

	berücksichtigen (Anforderungskategorie A1). Die Anforderungen an die Absicherung sollen den Grundsätzen der Auslegungsanforderungen an Komponenten entsprechen.
Anforderungen an die Organisation	Durch das Sicherheitsmanagement ist sicherzustellen, dass transiente Ereignisse hinsichtlich ihrer Ursache analysiert werden und wirksame Maßnahmen zur Vermeidung der Wiederholung ergriffen werden.

Sicherheitsebene 2 Anomaler Betrieb b) Ereignisse mit RESA (Bestimmungsgemäßer Betrieb) Ereignisse, die bei Fehlfunktion von Anlagenteilen oder Systemen ablaufen und deren Eintreten aufgrund von Betriebserfahrungen über die Lebensdauer der betroffenen Anlage zu erwarten sind und soweit hierbei nach Behebung der Ereignisursache einer Fortführung des Betriebes sicherheitstechnische Gründe nicht entgegenstehen. Vermeidung von Störfällen	Hierunter fallen z. B. Ausfall Hauptwärmesenke, Ausfall aller Hauptspeisewasserpumpen, Ausfall aller Hauptkühlmittelpumpen, Notstromfall.
Schutzziel Einschluss radioaktiver Stoffe	siehe 2a
Schutzziel Kontrolle der Reaktivität	Sicherstellung der Unterkritikalität: kurzfristig siehe 3a, langfristig siehe 2a
Schutzziel Kühlung der Brennelemente	Die Einhaltung der Kriterien der Weiterverwendbarkeit der Brennelemente/-stäbe ist durch die Wärmeabfuhr über betriebliche Systeme oder bei deren Unverfügbarkeit über Sicherheitssysteme sicherzustellen.
Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung	siehe 2a
Anforderungen an Systeme	siehe 2a für Betriebssysteme, siehe 3a für Sicherheitssysteme
Anforderungen an Komponenten	siehe 2a
Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik	siehe 3a
Anforderungen an Überwachungssysteme	siehe 3a
Anforderungen an Gebäude/Strukturen	siehe 2a
Anforderungen an die Organisation	siehe 2a

Sicherheitsebene 3 Störfälle a) Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann. Die Anlage ist gegen solche Ereignisabläufe auszulegen. Vermeidung von Unfällen	Hierunter fallen z. B. Dampferzeugerheizrohrleck, Lecks der DFU bis einschließlich 0,1F-Leckgröße, Brüche außerhalb des SHB, Transienten mit Ausfall der 1. Reaktorschnellabschaltanregung, BE-Handhabungsstörfall, Erdbeben, Brand mit Auswirkungen auf sicherheitsrelevante Einrichtungen. Hierunter fallen auch radiologisch oder systemtechnisch auslegungsbestimmende Ereignisabläufe.
Schutzziel Einschluss radioaktiver Stoffe	Soweit als einleitendes Ereignis nicht eine Barriere selbst verletzt ist, ist der Einschluss durch die Barrieren Brennstabhüllrohr, DFU und SHB zu gewährleisten. Bei KMV-Störfällen <ul style="list-style-type: none"> • ist der Einschluss radioaktiver Stoffe durch den Sicherheitsbehälter zu gewährleisten. • soll der Schadensumfang an Hüllrohren 1 % nicht überschreiten.
Schutzziel Kontrolle der Reaktivität	Die kurzfristig und langfristig erforderliche Erreichung und Einhaltung der Unterkritikalität ist durch die Einrichtungen des Sicherheitssystems im Zusammenwirken mit den Stellgliedern sicherzustellen. Die Auslegung des Kerns und die Beladung sind so vorzusehen, dass das inhärente Verhalten (Reaktivitätsrückwirkungen) die Wirksamkeit der Stellglieder gewährleistet. Bei Unterkühlungstransienten ist ein kurzzeitiges Wiederkritischeswerden zulässig, wenn dabei die Brennstabintegrität erhalten bleibt. Bei Ereignissen wie Fehlbeladung oder Absturz von BE im BE-Becken muss die Unterkritikalität gewährleistet bleiben.
Schutzziel Kühlung der Brennelemente	Die Einhaltung der Kriterien der Integrität der Brennstäbe ist durch die Sicherheitssysteme zur Wärmeabfuhr zu gewährleisten.
Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung	StrlSchV § 49 Sicherheitstechnische Auslegung für den Betrieb von Kernkraftwerken.

<p>Anforderungen an Systeme</p>	<p>Die Systeme sind so auszulegen und zu betreiben, dass die Anforderungen der Störfallbeherrschung sicher erfüllt werden. Zu den Merkmalen der Auslegung zählen die erforderlichen Redundanzen gemäß Einzelfehlerkonzept, Diversität zur Vermeidung von common mode, weitgehende Entmaschung von Teilsystemen, räumliche Trennung redundanter Teilsysteme; sicherheitsgerichtetes Systemverhalten bei Fehlfunktion von Teilsystemen; Bevorzugung passiver gegenüber aktiven Sicherheitsfunktionen.</p>
<p>Anforderungen an Komponenten</p>	<p>Lastabtragbarkeitsnachweis der primären Spannungen nach Beanspruchungsstufe C zur Begrenzung unzulässiger plastischer Verformungen und Ausschluss von instabilem Versagen. Für Komponenten ohne Funktionsanforderung nach Erdbeben und beim 0,1F-Leck: Absicherung nach Beanspruchungsstufe D.</p> <p>Für Systeme, die zur Störfallbeherrschung benötigt werden, Nachweis nach Beanspruchungsstufe B, für Komponentenunterstützung nach HS1</p> <p>Nachweis Komponentenunterstützungen gemäß Lastfall HS1 (Haupt- und Sonderlasten). Bei Erdbeben Nachweis nach HS2/HS3.</p> <p>Nachweis des Sicherheitsbehälters nach Beanspruchungsstufe 1, ST1. Bei Erdbeben Nachweis nach Beanspruchungsstufe 2, ST3. Bei Brüchen außerhalb SHB Beanspruchungsstufe 3.</p> <p>Störfalllasten dürfen nicht zu Folgeschäden an aktivitätsführenden Komponenten infolge instabilen Risswachstums führen. Reaktions- und Strahlkräfte auf Rohrleitungen, Komponenten, Komponenteneinbauten und Gebäudeteile sind beim Lastabtrag zu berücksichtigen und dürfen nicht zu unzulässigen Folgeschäden bzw. -brüchen führen.</p>
<p>Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik</p>	<p>Die leittechnischen Einrichtungen sind so auszulegen, anzuordnen und aufzubauen, dass eine zuverlässige Anregung der sicherheitstechnischen Einrichtungen und Systeme jederzeit gewährleistet werden kann. Die eingesetzten Geräte müssen für die zu erwartenden Störfallauswirkungen und Einsatzbedingungen qualifiziert sein, eingesetzte Software muss entsprechend den Grundsätzen sicherheitsrelevanter Programmierung generiert werden. Hinsichtlich der Anordnung, der Redundanz und der Verknüpfungen ist sicherzustellen, dass auch während eines Instandhaltungsfalles das Auftreten eines Einzelfehlers nicht zur Verhinderung der Auslösung von Schutzfunktionen führt. Zur Verhinderung redundanzübergreifender Auswirkungen oder systematischer Fehler sind geeignete Maßnahmen</p>

	<p>zu ergreifen. Die Auslegung muss sicherstellen, dass durch Störfallfolgeschäden z. B. fehlerhafte Signalbildung in der Sicherheitsleittechnik die Reaktoranlage nicht in einen nicht auslegungsgemäßen Zustand gebracht werden darf. Das verfahrenstechnische Konzept der Sicherheitsleittechnik muss so aufgebaut sein, dass keine Erfordernis für den Eingriff von Hand vor Ablauf von 30 Minuten besteht.</p>
<p>Anforderungen an Überwachungssysteme</p>	<p>Alle Prozesse und Parameter die im Rahmen von Störfällen für das Erkennen des Ereignisses, der Bewertung der Wirksamkeit des Sicherheitssystems und das Abschätzung der Auswirkungen bzw. zur Beurteilung erforderlicher ergänzender Maßnahmen benötigt werden, sind zu überwachen. Das Überwachungssystem muss die Informationen so aufbereitet darstellen, dass das Betriebspersonal notwendige Eingriffe sicher durchführen kann. Die erforderliche Instrumentierung muss so ausgelegt sein, dass diese den zu erwartenden Störfallauswirkungen (z. B. Druck, Temperatur, Beschleunigung) sicher stand hält. Die Informationen sind so aufzubereiten, dass auch bei zeitlich langen Ereignissen die Nachvollziehbarkeit gewährleistet ist.</p>
<p>Anforderungen an Gebäude/Strukturen</p>	<p>Bei dieser Kombination von Belastungen soll nach dem Auftreten der Lastfälle die weitere Nutzungsfähigkeit des Gebäudes gegeben sein.</p> <p>Bemessung für Erdbeben: siehe 3b.</p>
<p>Anforderungen an die Organisation</p>	<p>Es ist sicherzustellen, dass das verantwortliche Betriebspersonal über alle Kenntnisse, Mittel, Fähigkeiten und Befugnisse verfügt, die die Beherrschung von Störfällen erfordert. Es ist sicherzustellen, dass bei Störfällen jederzeit geschultes Personal zur Unterstützung herangeführt werden kann.</p>

<p>Sicherheitsebene 3</p> <p>Störfälle</p> <p>b) Postulierter Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann. Diese Lastfälle dienen unabhängig ihrer Eintrittswahrscheinlich zur Auslegung definierter Systeme und Komponenten.</p> <p>Vermeidung von Unfällen.</p>	<p>Hierunter fallen Leckquerschnitte einer Hauptkühlmittelleitung (DWR), bzw. beim SWR Frischdampf- und Speisewasserleitungen bis zur ersten äußeren Absperrarmatur, von > 0,1F bis zu 2F und das RDB-Bodenleck.</p> <p>Vorausgesetzt wird bei den Anforderungen, dass für die DFU die Voraussetzungen für eingeschränkte Bruchannahmen erfüllt sind.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Einschluss radioaktiver Stoffe</p>	<p>Der Einschluss radioaktiver Stoffe ist durch den Sicherheitsbehälter zu gewährleisten.</p> <p>Der Schadensumfang an Hüllrohren soll 10 % nicht überschreiten.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Kontrolle der Reaktivität</p>	<p>Die kurzfristig und langfristig erforderliche Erreichung und Einhaltung der Unterkritikalität ist durch die Einrichtungen des Sicherheitssystems im Zusammenwirken mit den Stellgliedern bzw. den inhärenten Eigenschaften des Reaktorkerns sicherzustellen.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Kühlung der Brennelemente</p>	<p>Durch Sicherheitssysteme zur Wärmeabfuhr ist der Schadensumfang so zu begrenzen, dass die Kühlbarkeit des Kerns gewährleistet bleibt.</p>
<p>Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung</p>	<p>siehe 3a</p>
<p>Anforderungen an Systeme</p>	<p>siehe 3a</p>
<p>Anforderungen an Komponenten</p>	<p>Lastabtragbarkeitsnachweis der primären Spannungen nach Beanspruchungsstufe D.</p> <p>Für Systeme, die zur Störfallbeherrschung benötigt werden: Nachweis nach Beanspruchungsstufe B.</p> <p>Nachweis Komponentenunterstützungen gemäß Lastfall HS2 und HS3 (Haupt- und Sonderlasten).</p> <p>Nachweis des SHB nach Beanspruchungsstufe 1, ST1.</p> <p>Störfalllasten dürfen nicht zu Folgeschäden an aktivitätsführenden Komponenten infolge instabiler</p>

	<p>Risswachstums führen.</p> <p>Die Standsicherheit der Komponenten Reaktordruckbehälter, Dampferzeuger, Hauptkühlmittelpumpen und Druckhalter muss für die statische Kraft P_{ax} ($2 \times P \times F$) gewährleistet sein.</p>
Anforderungen Leit- und Elektrotechnik	siehe 3a
Anforderungen an Überwachungssysteme	siehe 3a
Anforderungen an Gebäude/Strukturen	<p>Für globale Strukturen sind Rissbildungen und begrenzte bleibende Verformungen zugelassen, sofern sicherheitstechnische Belange dem nicht entgegenstehen. Aus Gründen der Standsicherheit oder Funktionsfähigkeit von Anlagenteilen sind gegebenenfalls zusätzliche Bedingungen an definierten Stellen (z. B. Verformungs- und Rissbreitenbegrenzungen) einzuhalten, die über die Mindestanforderungen der Tragfähigkeit hinausgehen.</p>
Anforderungen an die Organisation	siehe 3a

<p>Sicherheitsebene 4</p> <p>a) Sehr seltene Ereignisse</p> <p>Sehr seltene Ereignisse, gegen die die Anlage auszulegen ist.</p> <p>Vermeidung von erheblichen Freisetzungen in die Umgebung.</p>	<p>Absturz von Militärmaschinen (FLAB), Explosionsdruckwelle (EDW), giftige oder explosionsgefährliche Gase (GEG), Betriebstransienten mit Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (ATWS).</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Einschluss radioaktiver Stoffe</p>	<p>Der Einschluss radioaktiver Stoffe ist durch den Integritätserhalt der DFU und des SHB sicherzustellen.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Kontrolle der Reaktivität</p>	<p>Die kurzfristig und langfristig - bei ATWS nur langfristig - erforderliche Erreichung und Einhaltung der Unterkritikalität ist durch die Einrichtungen der Betriebs- und Sicherheitssysteme im Zusammenwirken mit den Stellgliedern sicherzustellen.</p> <p>Die Auslegung des Kerns und die Beladung sind so vorzusehen, dass das inhärente Verhalten (Reaktivitätsrückwirkungen) die Wirksamkeit der Stellglieder gewährleistet.</p>
<p>Schutzziel</p> <p>Kühlung der Brennelemente</p>	<p>Die Kühlbarkeit des Kerns ist durch Betriebs- oder Sicherheitssysteme zu gewährleisten.</p>
<p>Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung</p>	<p>Vermeidung von erheblichen Freisetzungen.</p>
<p>Anforderungen an Systeme</p>	<p>Für die kurzfristige Beherrschung der Ereignisabläufe sind Systeme mit hoher Zuverlässigkeit vorzuhalten, die gegen die ursächlichen Einwirkungen geschützt und ausgelegt sind. Für die mittel- und langfristige Beherrschung dieser Ereignisse können alle im Anforderungsfall verfügbaren Systeme berücksichtigt werden.</p> <p>Für FLAB, EDW, GEG müssen die erforderlichen Systeme so ausgelegt sein, dass für zehn Stunden ein Eingreifen des Personals nicht erforderlich ist.</p>

Anforderungen an Komponenten	<p>Absicherung der Komponenten beim ATWS nach Beanspruchungsstufe C.</p> <p>Durch induzierte Erschütterung für FLAB, EDW, GEG beaufschlagte Systeme: Nachweis nach Beanspruchungsstufe D.</p> <p>Für Komponenten zur aktiven Beherrschung der Ereignisse: Absicherung nach Beanspruchungsstufe B.</p> <p>Anforderungen an SHB: Beanspruchungsstufe 3, ST6.</p> <p>Komponentenunterstützung: Nachweis nach HS2/HS3.</p>
Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik	<p>ATWS (kurzfristige Maßnahmen) siehe 3a</p> <p>Es ist eine gegen FLAB, EDW, GEG ausgelegte Steuerstelle vorzuhalten, auf der alle für die Beherrschung der Ereignisse erforderlichen Informationen zur Verfügung stehen und von der die erforderlichen Eingriffe und Steuerungen im Anforderungsfall erfolgen können. Ein Eingriff durch das Personal darf erst nach zehn Stunden erforderlich sein. Alle erforderlichen Einrichtungen sind gegen Lasten aufgrund äußerer Einwirkungen zu schützen.</p>
Anforderungen an Überwachungssysteme	<p>siehe Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik</p>
Anforderungen an Gebäude/Strukturen	<p>siehe 3b</p> <p>Spezielle Anforderungen aus FLAB: Vermeidung Folgeschäden durch Betonbruchstücke, Vermeidung Treibstoffeintrag durch große Rissöffnungen.</p>
Anforderungen an die Organisation	<p>Die Organisation muss personell und örtlich so aufgebaut sein, dass auch der Ausfall der Hauptwarte abgedeckt wird. Es muss genügend qualifiziertes Personal bei FLAB, EDW, GEG innerhalb von zehn Stunden auf der Anlage verfügbar sein. Für diese Ereignisse sind geeignete Kommunikationseinrichtungen vorzusehen.</p>

Sicherheitsebene 4 b) Unfälle Ereignisse mit Mehrfachversagen von erforderlichen Sicherheitseinrichtungen Vermeidung von schweren Kernschäden.	Hierbei handelt es sich um Ereignisse in deren Verlauf Mehrfachversagen von erforderlichen Sicherheitseinrichtungen auftreten, bei denen Auslegungsgrenzen überschritten werden. Durch anlageninterne präventive Notfallmaßnahmen sollen schwere Kernschäden verhindert werden.
Schutzziel Einschluss radioaktiver Stoffe	Es sind Maßnahmen und Einrichtungen vorzusehen, die hinsichtlich des Aktivitätsinventars des Reaktorkerns und der bestrahlten gelagerten Brennelemente im BE-Becken die Erhaltung mindestens einer der noch vorhandenen Barrieren zum Ziel haben.
Schutzziel Kontrolle der Reaktivität	Die Unterkritikalität soll durch die entsprechenden Stellglieder erhalten oder wieder hergestellt werden.
Schutzziel Kühlung der Brennelemente	Es sind Maßnahmen und Einrichtungen vorzusehen, um die Kühlung der Brennelemente zu erhalten oder wieder herzustellen, um schwere Kernschäden zu vermeiden, sowie um die Anlage in einen Zustand zu überführen, bei dem langfristig die Schutzziele eingehalten werden.
Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung	siehe 4a

<p>Anforderungen an Systeme</p>	<p>Die Maßnahmen und Einrichtungen des anlageninternen Notfallschutzes sind so zu konzipieren, dass sie jeweils für ein weites Spektrum von Ereignissen und Ereignisabläufen sowie Phänomenen wirksam eingesetzt werden können. Diese Einrichtungen sollen diversitär zu den als ausgefallen unterstellten Sicherheitseinrichtungen sein.</p> <p>Die Verträglichkeit mit dem Sicherheitskonzept der Anlage ist zu belegen. Die Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes dürfen weder den bestimmungsgemäßen Betrieb, noch den auslegungsgemäßen Einsatz von Sicherheitssystemen zur Beherrschung von auslegungsbestimmenden Ereignissen unzulässig beeinträchtigen.</p> <p>Es bestehen keine Anforderungen an Redundanz, Diversität, Entmaschung und räumliche Trennung der eigens für Notfallmaßnahmen vorgesehenen technischen Einrichtungen.</p>
<p>Anforderungen an Komponenten</p>	<p>Für die für den anlageninternen Notfallschutz vorgesehenen Komponenten ist nachzuweisen, dass sie unter den im Ereignisablauf zu erwartenden Beanspruchungen und Umgebungsbedingungen wirksam betrieben werden können.</p> <p>Die entsprechenden Nachweise sind für diese erforderlichen Eigenschaften in Anlehnung an die Begrenzungen für Integrität und Funktion, wie diese in den Sicherheitsebenen 2 und 3 formuliert sind, zu orientieren.</p>
<p>Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik</p>	<p>Notfallmaßnahmen, die Eingriffe in die Leit- und Elektrotechnik erfordern, sind vorausplanend zu berücksichtigen und sollen durch qualifizierte Einrichtungen vorgenommen werden. Spezielle Einrichtungen für Notfallmaßnahmen müssen rückwirkungsfrei zum Sicherheitssystem sein.</p>

Anforderungen an Überwachungssysteme	<p>Die Instrumentierung muss ausreichende Informationen über den Zustand der Anlage liefern, um</p> <ul style="list-style-type: none"> • die erforderlichen Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes zu ergreifen und ihre Wirksamkeit feststellen zu können, • Hinweise auf den Verlauf des Ereignisses zu geben und • eine Abschätzung der Auswirkungen auf die Umgebung zu gestatten.
Anforderungen an Gebäude/Strukturen	<p>siehe 3b</p>
Anforderungen an die Organisation	<p>Für diese Ereignisse ist eine Krisenstaborganisation vorzuhalten, die intern und mit den externen Organisationen die Koordination der Maßnahmen durchführt. Für die Beschreibung der Organisation und der technischen Maßnahmen ist ein Notfallhandbuch zu erstellen.</p>

Sicherheitsebene 4 c) Unfälle mit schweren Kernschäden. Vermeidung erheblicher Freisetzungen in die Umgebung.	Hierbei handelt es sich um Ereignisse, bei denen es zu schweren Kernschäden gekommen ist. Durch spezielle Maßnahmen und Einrichtungen (mitigative Notfallmaßnahmen und –strategien) soll eine Begrenzung von Unfallfolgen erreicht werden.
Schutzziel Einschluss radioaktiver Stoffe	Maßnahmen und Einrichtungen sind vorzusehen, die hinsichtlich des Aktivitätsinventars des Reaktorkerns und der bestrahlten gelagerten Brennelemente die Erhaltung mindestens einer Barriere zum Ziel haben, um eine Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung zu erzielen. Dabei sollte die Integrität des Sicherheitsbehälters erhalten bleiben und ein langfristig kontrollierbarer Zustand erreicht werden. Es sind daher geeignete Strategien bzw. Einrichtungen <ul style="list-style-type: none"> • zur Vermeidung des Hochdruckkernschmelzens, • zur Vermeidung großräumiger H₂-Verbrennungen, die die SHB-Integrität gefährden können und • zur Vermeidung des Überdruckversagens und einer ungefilterten Freisetzung vorzusehen.
Schutzziel Kontrolle der Reaktivität	-
Schutzziel Kühlung der Brennelemente	Strategien zur Nutzung noch verfügbarer Systeme zur Wärmeabfuhr.
Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung	siehe 4a

Anforderungen an Systeme	<p>Die Maßnahmen und Einrichtungen sind so zu konzipieren, dass sie jeweils für ein weites Spektrum von Unfallabläufen sowie Phänomenen wirksam eingesetzt werden können.</p> <p>Die Verträglichkeit mit dem Sicherheitskonzept der Anlage ist zu belegen. Die Maßnahmen des anlagen-internen Notfallschutzes dürfen weder den bestimmungsgemäßen Betrieb, noch den auslegungsgemäßen Einsatz von Sicherheitssystemen zur Beherrschung von auslegungsbestimmenden Ereignissen unzulässig beeinträchtigen.</p> <p>Es bestehen keine Anforderungen an Redundanz, Diversität, Entmaschung und räumliche Trennung der hier eigens vorgesehenen technischen Einrichtungen.</p>
Anforderungen an Komponenten	<p>Es ist nachzuweisen, dass für den SHB ein hinreichender Abstand zur Versagenslast eingehalten wird.</p>
Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik	<p>siehe 4b</p>
Anforderungen an Überwachungssysteme	<p>Die für die Beurteilung des Anlagenzustandes erforderlichen Informationen sind durch eine geeignete Instrumentierung bereitzustellen.</p> <p>Es ist ein Probeentnahmesystem vorzusehen, um radioaktive Aerosole und Gase in der Sicherheitsbehälteratmosphäre analysieren zu können.</p>
Anforderungen an Gebäude/Strukturen	<p>Die Gebäudeteile und Strukturen, die zur Begrenzung der Unfallfolgen benötigt werden, müssen so beschaffen sein, dass die Standsicherheit der entsprechenden Gebäude oder Gebäudeteile noch gewährleistet werden kann.</p> <p>Es sind Maßnahmen vorzusehen, die einen längerfristigen Wartenaufenthalt für das Personal zulassen.</p>
Anforderungen an die Organisation	<p>Es sind Notfallstrategien zur Unterstützung des Krisenstabs vorzusehen.</p>

Sicherheitsebene 5 Unfälle mit erheblichen Freisetzungen in die Umgebung	<p>Hierunter sind Ereignisse zu verstehen, die zu erheblichen Freisetzungen in die Umgebung führen und die Schutzmaßnahmen innerhalb und außerhalb der Anlage erfordern.</p> <p>Es sind Maßnahmen zur Unterstützung der für den Katastrophenschutz zuständigen Behörden vorzusehen, wie zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informationsbereitstellung zur Freisetzung und zum Anlagenzustand, • Klassifizierung von Ereignissen und Empfehlung zur Auslösung von Alarmierungen, • Unterstützung zur Umgebungsüberwachung und Messprogramme und • Bereitstellung von fachkundigem Personal.
Schutzziel	-
Einschluss radioaktiver Stoffe	
Schutzziel	-
Kontrolle der Reaktivität	
Schutzziel	-
Kühlung der Brennelemente	
Auswirkungen auf die Umwelt und Bevölkerung	Begrenzung der Unfallfolgen
Anforderungen an Systeme	-
Anforderungen an Komponenten	-
Anforderungen an Leit- und Elektrotechnik	-
Anforderungen an Überwachungssysteme	-

Anforderungen an Gebäude/Strukturen	-
Anforderungen an die Organisation	<p>Für diese Ereignisse ist eine Krisenstaborganisation vorzuhalten, die intern und mit den externen Organisationen die Koordination der Maßnahmen durchführt. Diese Organisation hat sicherzustellen, dass eine sachgerechte Kommunikation mit den Katastrophenschutzbehörden erfolgt.</p> <p>Ferner sind unverzüglich alle Angaben zu übermitteln, die für die Beurteilung des Unfallgeschehens und zur Einleitung von Abwehrmaßnahmen von Bedeutung sein können.</p> <p>Die Wirksamkeit der Notfallorganisation sowie das Zusammenwirken mit den zuständigen Behörden sind in regelmäßig stattfindenden Notfallübungen zu überprüfen.</p> <p>Der Krisenstaborganisation sind technische Systeme, Kommunikationseinrichtungen, Hilfsmittel und Schutzausrüstungen im erforderlichen Maße zur Verfügung zu stellen, um ihre Aufgaben erfüllen zu können.</p>