

Interpretation I-2: Anforderungen an die Ausführung der Druckführenden Umschließung, der Äußeren Systeme sowie des Sicherheitsbehälters

Inhalt

- 1 Geltungsbereich
- 2 Druckführende Umschließung und Äußere Systeme
 - 2.1 Geltungsbereich
 - 2.2 Grundsätze der Basissicherheit bei Auslegung und Herstellung
 - 2.3 Auslegung
 - 2.4 Herstellung
 - 2.5 Betrieb
- 3 Zusätzliche Anforderungen an Komponenten und Systeme zur Einschränkung von Bruchannahmen
 - 3.1 Grundsätze
 - 3.2 Bruchsicherheitsnachweis für den Reaktordruckbehälter
 - 3.3 Bruchausschluss für Rohrleitungen
 - 3.4 Bruchsicherheitsnachweis für Behälter
 - 3.5 Bruchsicherheitsnachweis für Gehäuse
 - 3.6 Vorsorgemaßnahmen zum Lecksicherheitsnachweis
 - 3.7 Bruchausschluss für niederenergetische, selten oder gering beanspruchte Komponenten
- 4 Komponenten kleiner Nennweiten
 - 4.1 Geltungsbereich
 - 4.2 Auslegung
 - 4.3 Werkstoffwahl und Herstellung
 - 4.4 Betrieb
- 5 Schutzrohre (Doppelrohre)
- 6 Sicherheitsbehälter

- 6.1 Geltungsbereich
- 6.2 Auslegung
- 6.3 Herstellung
- 6.4 Betrieb
- 7 Umgang mit Befunden an Komponenten und Rohrleitungen
- Anlage 1: Prinzipien der festigkeitsmäßigen Auslegung und Zuordnung von Beanspruchungsstufen zu Sicherheitsebenen
 - 1 Druckführende Umschließung und Äußere Systeme
 - 2 Sicherheitsbehälter
 - 3 Beanspruchungsgrenzen für Sicherheitssysteme

1 Geltungsbereich

Dieser Regeltext enthält Interpretationen zu sicherheitstechnischen Anforderungen an die Auslegung, die Herstellung und den Betrieb der Druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels, der drucktragenden Wandung von Komponenten der Äußeren Systeme und des Sicherheitsbehälters. Dieser Regeltext enthält auch Anforderungen an Komponenten kleiner Nennweiten und Schutzrohre für Rohrleitungen sowie zusätzliche Anforderungen an Komponenten mit eingeschränkten Bruchannahmen.

2 Druckführende Umschließung und Äußere Systeme

Interpretation zu Nummer 3.4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.1 Geltungsbereich

2.1 (1) Die folgenden Anforderungen sind anzuwenden auf die drucktragenden Wandungen von Komponenten aus metallischen Werkstoffen der Druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels und der Äußeren Systeme von Leichtwasserreaktoren.

Hinweis:

Für Komponenten (Behälter, Wärmetauscher, Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen), für die wegen des Einschusses radioaktiven Inventars spezifische Anforderungen gelten und die nicht dem hier genannten Geltungsbereich zugeordnet sind, gelten die Anforderungen aus den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“, I-5, Abschnitt 7. Dort finden sich auch Anforderungen im Hinblick auf die Funktion der hier angesprochenen Komponenten.

Interpretation zu Nummer 3.1 (4) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.1 (2) Für die Komponenten der Druckführenden Umschließung und der Äußeren Systeme gelten hinsichtlich der Auslegungsgrundsätze die gleichen Anforderungen. Der höheren sicherheitstechnischen Bedeutung der Druckführenden Umschließung als Bestandteil des Barrierenkonzeptes im Vergleich zu den Äußeren Systemen ist durch besondere Anforderungen an die Wahl der Werkstoffe, Nachweistiefe und Qualitätssicherung sowie durch erhöhte Umfänge an wiederkehrenden Prüfungen und betrieblicher Überwachung Rechnung zu tragen.

2.1 (3) Werden Komponenten aus nicht-metallischen Werkstoffen eingesetzt, so sind Anforderungen festzulegen, die eine gleichwertige Zuverlässigkeit sicherstellen.

Interpretation zu Nummer 3.4 (3) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.1 (4) Die nachfolgenden Anforderungen gelten nicht für Komponenten kleiner oder gleich Nennweite 50. Für solche Komponenten kleiner Nennweiten sind die Anforderungen gemäß Abschnitt 4 anzuwenden.

2.2 Grundsätze der Basissicherheit bei Auslegung und Herstellung Interpretation zu Nummer 3.4 (3) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.2 (1) Die Basissicherheit der Komponenten, welche deren katastrophales, aufgrund herstellungsbedingter Mängel eintretendes Versagen ausschließt, ist durch die Einhaltung nachfolgender Anforderungen unter Berücksichtigung des Betriebsmediums sicherzustellen:

- Einsatz hochwertiger Werkstoffe, insbesondere hinsichtlich Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit,
- konservative Begrenzung der Spannungen,
- Vermeidung von Spannungsspitzen durch optimierte Konstruktion und
- Gewährleistung der Anwendung optimierter Herstellungs- und Prüftechnologien.

Dazu gehören die Kenntnis und Beurteilung ggf. vorliegender Fehlerzustände.

Interpretation zu den Nummern 3.1 (12) und 3.4 (3) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.2 (2) Weiterhin sind alle Komponenten konstruktiv so zu gestalten, dass die Anforderungen für eine beanspruchungsgünstige, werkstoff-, fertigungs- und funktionsgerechte sowie wartungsfreundliche

Ausführung erfüllt sind und die zerstörungsfreien Prüfungen bei der Herstellung und am Aufstellungsort sowie die zerstörungsfreien wiederkehrenden Prüfungen im erforderlichen Umfang durchführbar sind. Dies gilt insbesondere für Schweißnähte und den Trägerwerkstoff plattierter Werkstoffbereiche.

2.3 Auslegung

Interpretation zu den Nummern 3.1 (1), 3.1 (2) und 3.4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.3.1 Grundsätze und Festigkeit

2.3.1 (1) Die Integritätsnachweise als Bestandteil der Auslegung sind so zu führen, dass für alle Einwirkungen, die aus dem bestimmungsgemäßen Betrieb (Sicherheitsebenen 1 und 2), Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen oder Notstandsfällen resultieren, über die gesamte vorgesehene Betriebsdauer die erforderlichen Sicherheitsabstände gegenüber dem Auftreten anzunehmender Versagensarten ausgewiesen werden. Die von den mechanischen und thermischen Einwirkungen in den Komponenten hervorgerufenen Beanspruchungen sind so zu begrenzen, dass für die jeweiligen Sicherheitsebenen gemäß den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ Nummer 3.1 (2) a) ein Sicherheitsabstand gegenüber dem Auftreten anzunehmender Versagensarten gegeben ist. Mögliche alterungsbedingte Schädigungsmechanismen und Veränderungen der Werkstoffeigenschaften durch Einwirkungen wie z.B. Temperatur und Bestrahlung, die während des Betriebs auftreten können, sind mit einzubeziehen. Bestehen zu Schädigungsmechanismen Unsicherheiten im Kenntnisstand, sind diese durch entsprechende Sicherheitszuschläge oder eine konservative Nachweisführung zu berücksichtigen.

Hinweis:

Siehe Anlage 1 zu I-2 „Prinzipien der festigkeitsmäßigen Auslegung und Zuordnung von Sicherheitsebenen zu Beanspruchungsstufen“.

2.3.1 (2) Bei der Auslegung der Komponenten sind, ausgehend von den Einwirkungen, Lastfälle zu Grunde zu legen. Die Lastfälle sollen sich insbesondere aus dem spezifizierten Betrieb der Anlage einschließlich der Prüfungen, aus der Betriebserfahrung und aus den unterstellten Ereignissen gemäß den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“, Anhang 2 und Anhang 3 ableiten und müssen die daraus resultierenden Einwirkungen abdecken. Die Lastfälle und deren Kombinationen sind zu spezifizieren und entsprechend ihrer Charakteristik und Häufigkeit vollständig zu beschreiben.

Lastfallkombinationen sind dann zu unterstellen, wenn die zu kombinierenden Ereignisse oder Betriebsphasen in einem kausalen Zusammenhang stehen können oder wenn ihr gleichzeitiges Eintreten auf Grund von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen unterstellt werden muss. Die sich aus diesen

Lastfällen ergebenden Einwirkungen sind komponentenbezogen unter Berücksichtigung der Systemtechnik auch angrenzender Systeme und des zeitlichen Verlaufs sowie der Lastabtragung der Stützkonstruktion zu beschreiben. Einwirkungen von Einbauteilen sind beim Integritätsnachweis zu berücksichtigen (z.B. im Hinblick auf Eigengewicht, Standsicherheit, mechanische Einwirkungen, thermohydraulische Bedingungen), soweit sie die Integrität der drucktragenden Wandungen beeinflussen können.

Interpretation zu Anhang 5, Nummer 4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.3.1 (3) Der Integritätsnachweis ist experimentell oder rechnerisch oder in Kombination dieser Methoden zu führen, wobei die Übertragbarkeit der Randbedingungen der rechnerischen Methode bzw. des Experiments auf die Randbedingungen der nachzuweisenden Komponente bzw. des nachzuweisenden Systems zu zeigen ist. Die Einhaltung entsprechender Nachweiskriterien ist mit validierten Methoden aufzuzeigen. Dabei ist ein Sicherheitsabstand gegenüber dem Versagen oder dem Einsetzen eines zu vermeidenden Zustandes auszuweisen.

Hinweis:

Zu Anforderungen an experimentelle Nachweise und die Validierung von Methoden siehe auch Anhang 5 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“.

2.3.1 (4) Für Ereignisse der Sicherheitsebene 3 und 4a sowie standortspezifisch zu unterstellende naturbedingte Einwirkungen von außen oder Notstandsfälle, zu deren Beherrschung die Funktion von Teilen der Druckführenden Umschließung oder der Äußeren Systeme erforderlich ist, sind für die hierbei in Anspruch genommenen aktiven Komponenten die Beanspruchungsgrenzen so festzulegen, dass die Funktionsfähigkeit dieser Komponenten (z.B. Pumpen, Armaturen) sichergestellt bleibt.

2.3.1 (5) Werden an die Druckführende Umschließung angrenzende Komponenten der Äußeren Systeme zur Beherrschung von Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a oder standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen oder Notstandsfällen in Betrieb genommen, so sind die in diesen Systemen auftretenden Beanspruchungen in den drucktragenden Wandungen so zu begrenzen, dass die erforderliche Zuverlässigkeit der Systeme für die spezifizierte Betriebszeit und Einsatzhäufigkeit sichergestellt ist.

Interpretation zu Nummer 3.1 (4) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.3.1 (6) Für die Komponenten der Äußeren Systeme ist unter Berücksichtigung unterschiedlicher Funktionsanforderungen die Wahl der Werkstoffe, Fertigungsverfahren und Nachweismethoden so aufeinander abzustimmen, dass eine gleichwertige Zuverlässigkeit der Komponenten erreicht wird.

Hinsichtlich der Vielfalt der Komponenten sind Maßnahmen festzulegen, die eine zuverlässige Qualitätssicherung sicherstellen.

Dies hat für die Komponenten über eine Einstufung in Prüf- und Werkstoffgruppen in Abhängigkeit von Auslegungsdaten und Abmessungen unter Beachtung der Werkstoffe und Spannungsgrenzen zu erfolgen. Dabei können sich für Komponenten innerhalb eines Systems, unter Umständen auch für Bauteile einer Komponente, unterschiedliche Prüf- und Werkstoffgruppen ergeben.

In Bezug auf die Prüfgruppen für Bauteile und Komponenten der Äußeren Systeme sind auch Festlegungen zur Nachweistiefe im Hinblick auf den Umfang der Spannungs- und Ermüdungsanalysen sowie auf den Umfang der Prüfungen (zerstörend und zerstörungsfrei) in Abhängigkeit von der Spannungsausnutzung und der Wahl der Werkstoffe zu treffen.

2.3.2 Werkstoffauswahl

Interpretation zu Nummer 3.1 (2) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.3.2 (1) Durch die Werkstoffauswahl und sachgerechte Formgebung, Schweißung und Wärmebehandlung ist für die Komponenten sicherzustellen, dass ein ausreichend fester und zäher Werkstoffzustand derart erreicht wird und während der vorgesehenen Betriebsdauer der Anlage erhalten bleibt, so dass die im bestimmungsgemäßen Betrieb (Sicherheitsebenen 1 und 2) und bei Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen oder Notstandsfällen auftretenden Belastungen sicher abgetragen werden können.

2.3.2 (2) Zum Nachweis der spezifizierten Festigkeit und Zähigkeit ist für alle Werkstoffe die spezifikationsgemäße Fertigung durch Zeugnisse zu belegen. Ferritische Stähle müssen ein ausreichend hohes Niveau der Zähigkeit im Bereich der Hochlage aufweisen.

Bei Komponenten der Druckführenden Umschließung muss bei Belastungen aus stationären Betriebszuständen der Sicherheitsebenen 1 und 2 die niedrigste Beanspruchungstemperatur so weit oberhalb der Sprödbruch-Übergangstemperatur liegen, dass eine definierte Mindest-Zähigkeit sichergestellt ist. Dies gilt für Grundwerkstoff, Schweißgut und Wärmeeinflusszone.

Komponenten der Äußeren Systeme müssen eine dem Auslegungskonzept genügende Werkstoffzähigkeit sowie ein ausgeprägtes Verfestigungsverhalten besitzen.

Hinweis:

Letzteres erfordert für ferritische Werkstoffe in der Regel den Einsatz nieder- oder mittelfester Werkstoffe mit in der Kerntechnik üblichen Wärmebehandlungszuständen. Austenitische Werkstoffe erfüllen die zuletzt genannten Kriterien ohne Einschränkungen.

2.3.2 (3) Die eingesetzten Werkstoffe müssen schweißgeeignet sein und in Verbindung mit der gewählten Konstruktion und den zum Einsatz kommenden Verarbeitungstechniken unter den Betriebsbedingungen eine ausreichende Beständigkeit gegen Korrosion und andere Alterungseffekte besitzen. Die für die Korrosionsbeständigkeit erforderlichen Wasserqualitäten im bestimmungsgemäßen Betrieb (Sicherheitsebenen 1 und 2) sind zu spezifizieren.

2.3.2 (4) Unter Beachtung der übrigen Anforderungen an die Werkstoffe hat die Auswahl der mit Reaktorkühlmittel beaufschlagten Werkstoffe so zu erfolgen, dass eine Aktivierung der Werkstoffe und ihrer Korrosionsprodukte möglichst gering bleibt. Insbesondere sollen Bauteile mit Dicht- oder Gleitfunktion unter den Bedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebes (Sicherheitsebenen 1 und 2) eine hinreichend hohe chemische, mechanische und physikalische Beständigkeit aufweisen, um radiologische Auswirkungen möglichst gering zu halten und Schädigungen der Komponenten durch Korrosion zu vermeiden.

2.3.3 Konstruktion und Gestaltung

Interpretation zu den Nummern 3.1 (2), 3.1 (12) und 3.4 (3) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.3.3 (1) Für alle drucktragenden Teile der Komponenten sind ausreichende Möglichkeiten für Inspektionen und wiederkehrende Prüfungen vorzusehen.

2.3.3 (2) Dichtverbindungen sind so auszuführen, dass die erforderliche Dichtheit zuverlässig erreicht wird. Ihre Ausführung ist zu qualifizieren bzw. ihre Eignung auf Grund technischer Erfahrung nachzuweisen. Sie sind auf geeignete Weise zu überwachen, so dass gegebenenfalls auftretende Undichtheiten so rechtzeitig erkannt werden, dass unzulässige Folgen vermieden werden.

2.3.3 (3) Bei abgehenden Rohrleitungen soll die Absperrarmatur möglichst nahe der Abzweigstelle angeordnet werden.

2.3.3 (4) Einbauteile von Absperrrichtungen sind so auszuführen, dass sie das zur Sicherstellung der Dichtfunktion erforderliche Tragvermögen aufweisen.

2.3.3 (5) Bei der Rohrleitungsverlegung und der Anordnung von Armaturen ist sicherzustellen, dass Ansammlungen von Kondensat in dampfführenden Anlagenteilen durch Entwässerung vermieden werden.

2.3.3 (6) Rohrleitungen der Äußeren Systeme, die an die Absperreinrichtungen der Druckführenden Umschließung anschließen und den Sicherheitsbehälter nicht durchdringen, müssen innerhalb des Sicherheitsbehälters eine weitere Absperreinrichtung aufweisen, sofern aus sicherheitstechnischen Gründen nicht eine Druckentlastung in geschlossene Behältnisse (z.B. Kondensationskammer, Abblasebehälter) vorgesehen ist.

2.3.3 (7) Komponenten der Äußeren Systeme, die durch Annahme eines Einzelfehlers an der Absperreinrichtung der angrenzenden Druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels mit höherem Druck oder höherer Temperatur beaufschlagt werden können, sind so auszuführen, dass ihre Integrität auch bei solchen Lastfällen sichergestellt ist.

2.3.3 (8) Durch geeignete Einrichtungen ist sicherzustellen, dass eine Überschreitung der dem Integritätsnachweis zugrunde liegenden Belastungen

- a) der Frischdampfleitung durch Überspeisung des Dampferzeugers,
- b) der Komponenten der Äußeren Systeme aufgrund von Kondensationsschlägen,
- c) der Komponenten der Äußeren Systeme aufgrund der Reaktion von Radiolysegasen,
- d) der Komponenten der Äußeren Systeme von an Hochdrucksystemen anschließenden Niederdrucksystemen aufgrund von Leckagen an Absperreinrichtungen des Systems mit höherem Druck und
- e) der Komponenten der Äußeren Systeme durch Wärmeeintrag in eingeschlossene Medien

für die Betriebszustände und Ereignisse der Sicherheitsebenen 1 bis 3, und aus Einwirkungen von innen oder standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen zuverlässig vermieden wird. Die Wirksamkeit der Einrichtungen ist zu überwachen.

2.3.3 (9) Druckentlastungsrohre und Ausstrahldüsen im Siedewasserreaktor sind hinsichtlich der ausströmenden Dampfmenigen so zu bemessen, dass für alle Ereignisse der Sicherheitsebenen 2 und 3 sowie aus Einwirkungen von innen oder standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen eine zuverlässige Ausströmung des Mediums (Dampf, Dampf/Wasser-Gemisch) in die Kondensationskammer unter Einhaltung der Auslegungswerte sichergestellt ist.

Es ist sicherzustellen, dass in der Gasphase der Kondensationskammer oberhalb der Wasservorlage keine Leckagen an den Druckentlastungsrohren auftreten, oder dass nicht ausschließbare Leckagen sicher abgeleitet werden (z.B. durch Installation eines äußeren Schutzrohres).

Eine Ansammlung von Radiolysegasen in den Druckentlastungsrohren aufgrund von Kondensation etwaiger Dampfleckagen ist durch geeignete Maßnahmen (z.B. Stickstoffspülung) so zu begrenzen, dass keine reaktionsfähigen Gemische entstehen können.

Hinweis:

Zu Vorsorgemaßnahmen gegen anlageninterne Explosionen siehe auch Anhang 3, Nummer 3.2.9 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“.

2.4 Herstellung

Interpretation zu den Nummern 3.1 (1), 3.1 (2), 3.4 (1) und 3.4 (3) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.4.1 Grundsätze

2.4.1 (1) Die zur Sicherstellung der Integrität einzuhaltenden Qualitätsmerkmale sind festzulegen und bei der Planung des Fertigungsablaufs zu berücksichtigen.

2.4.1 (2) Der Fertigungsablauf ist so zu überwachen und zu dokumentieren, dass Abweichungen von den vorgegebenen Qualitätsmerkmalen erkannt werden und eine Rückverfolgbarkeit der Abweichungen hinsichtlich deren Ursache möglich ist. Zusätzlich vorgenommene Maßnahmen zur Erreichung der Qualitätsmerkmale sind zu dokumentieren.

2.4.2 Begleitende zerstörende Prüfungen

2.4.2 (1) Durch Prüfungen an Erzeugnisformen ist nachzuweisen, dass die über die Wanddicke spezifizierten Eigenschaften der chemischen Zusammensetzung, der Zähigkeit, der Festigkeit, des Gefüges und der Korrosionsbeständigkeit vorliegen. Zu erfassen sind dabei:

- a) repräsentativ die verschiedenen Verformungsrichtungen an mehreren Probenahmestellen sowie
- b) alle während des Fertigungsprozesses stattfindenden Umform- und Wärmebehandlungen.

2.4.2 (2) Zur Qualifizierung der Schweißverfahren und zum Nachweis der Güteeigenschaften von Bauteilschweißungen sind Verfahrens- und Arbeitsprüfungen durchzuführen. Es ist zulässig, die Durchführung von Arbeitsprüfungen mit Verfahrensprüfungen zu kombinieren.

2.4.3 Begleitende zerstörungsfreie Prüfungen

2.4.3 (1) Bei allen für die Komponenten vorgesehenen Erzeugnisformen und Schweißverbindungen einschließlich Pufferungen sind das Volumen und die Oberflächen mit ausreichender Fehlererkennbarkeit zerstörungsfrei zu prüfen.

Die Prüftechniken und Prüfparameter sind so auszuwählen, dass alle Fehler deutlich unterhalb der Größe sicherheitstechnisch bedeutsamer Fehler gefunden werden können.

2.4.3 (2) Die zur Beurteilung des maßgeblichen Qualitätszustandes der Erzeugnisformen und Komponenten durchzuführenden Prüfungen haben nach der letzten Wärmebehandlung zu erfolgen.

2.4.3 (3) Alle Komponenten sind zum Abschluss der Herstellung einer Druckprüfung mit einem definierten Prüfdruck oberhalb des Auslegungsdrucks zu unterziehen (Erstdruckprüfung). Nach der Druckprüfung sind zerstörungsfreie Prüfungen in repräsentativem Umfang durchzuführen.

2.4.3 (4) Im Rahmen spezifizierter Dichtheitsanforderungen sind Dichtheitsprüfungen durchzuführen (z.B. Gesamtsystem, Dampferzeuger-Heizrohre).

2.4.3 (5) Die Ergebnisse der Prüfungen sind so zu dokumentieren, dass sie für den Vergleich mit wiederkehrenden Prüfungen herangezogen werden können.

2.5 Betrieb

Interpretation zu den Nummern 3.1 (1) und 3.1 (2) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

2.5.1 Grundsätze

2.5.1 (1) Es ist ein Überwachungs- und Prüfkonzept aufzustellen mit dem

- die Einhaltung der Auslegungsrandbedingungen und Auslegungsvoraussetzungen überprüft,
- die Änderungen in der Betriebsweise und der vorgesehenen Laufzeit der Anlage sowie
- die Rückführung der Erkenntnisse aus der Betriebserfahrung und deren Nutzung im Alterungsmanagement sichergestellt

werden können.

2.5.1 (2) Die bei der Auslegung der Komponenten zugrunde gelegten Randbedingungen hinsichtlich der räumlichen Anordnung, Verankerung, Funktion von Unterstützungen, Armaturen, Pumpen und

Einbauten sind zu dokumentieren (z.B. bei warmgehenden Systemen freie Weglängen, Verschiebungen, Auslenkungen, Spiele). Bei der Inbetriebnahme und soweit erforderlich nach Eingriffen (z.B. Instandhaltungsmaßnahmen) ist die Einhaltung dieser Randbedingungen zu überprüfen. Unzulässige Abweichungen von diesen Randbedingungen sind zu vermeiden oder sind so rechtzeitig zu erfassen, dass keine Auswirkungen auf die Integrität der drucktragenden Wandungen erfolgen.

2.5.1 (3) Betriebsparameter, die für die Integrität der Komponenten von Bedeutung sind, sind zu überwachen (z.B. mechanische und thermische Einwirkungen, Wasserqualität) und auf Plausibilität unter Berücksichtigung des unterstellten zugehörigen Systemzustandes zu bewerten.

2.5.1 (4) Die Betriebszustände in den Betriebsphasen des Nichtleistungsbetriebs (Betriebsphasen B bis F) und bei Funktionsprüfungen sind im Hinblick auf die die Integrität der Komponenten beeinflussenden Einwirkungen zu spezifizieren. Die Einhaltung dieser Vorgaben ist durch die betrieblichen Regelungen sicherzustellen (z.B. Temperatur, Wasserchemie). Abweichungen von diesen Vorgaben sind zu vermeiden oder so rechtzeitig zu erfassen, dass keine Auswirkungen auf die Integrität der drucktragenden Wandungen erfolgen.

2.5.1 (5) Das Prüfkonzept muss eine repräsentative Auswahl der Prüfstellen für wiederkehrende Prüfungen sicherstellen. Hierzu sind neben einer Anzahl zufällig ausgewählter Prüforte insbesondere Komponenten oder Bereiche von Komponenten, für die aus Analysen oder aus der Betriebserfahrung führende Beanspruchungen erwartet werden können, sowie Bereiche mit Auffälligkeiten aus der Fertigung in angemessener Weise einzubeziehen.

2.5.1 (6) Durch regelmäßige Begehungen ist der Allgemeinzustand der im Betrieb zugänglichen Systeme und Komponenten zu überwachen. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

2.5.1 (7) Ansammlungen von nicht kondensierbaren Gasen

- a) in Hochpunkten von Kühlkreisläufen und
- b) in nicht oder nur gering durchströmten Anlagenteilen

sind im Hinblick auf mögliche Einwirkungen auf die drucktragende Wand und mögliche Funktionsstörungen des Systems zu erfassen. Sie sind bezüglich ihrer sicherheitstechnischen Auswirkungen zu bewerten.

2.5.1 (8) Werden bei Prüfungen Befunde festgestellt, so ist nach Abschnitt 7 vorzugehen.

2.5.1 (9) Zur systematischen Erkennung, Verfolgung bzw. Vermeidung von Alterungseinflüssen auf die Integrität der Komponenten ist ein Alterungsmanagementsystem zu installieren.

2.5.1 (10) Die für Arbeiten an den druckführenden Komponenten (z.B. an Schraubverbindungen bei Prüfungen und Reinigung) eingesetzten technischen Einrichtungen und Hilfsmittel sowie Handhabungsprozeduren sind so festzulegen, dass nachteilige Auswirkungen auf die Komponenten vermieden bzw. so rechtzeitig erkannt werden, dass keine unzulässigen Auswirkungen auf die Integrität der drucktragenden Wandungen erfolgen.

2.5.2 Wiederkehrende Dichtheits- und Druckprüfungen

2.5.2 (1) Nach jedem Wiederverschließen eines druckführenden Systems ist bei einem definierten Referenzzustand eine integrale Prüfung auf Dichtheit durchzuführen.

2.5.2 (2) Wiederkehrende Druckprüfungen sollen eine vergleichbare sicherheitstechnische Aussage, wie bei der Druckprüfung der Errichtung ermöglichen.

2.5.2 (3) Im Anschluss an die wiederkehrende Druckprüfung sind zerstörungsfreie Prüfungen, z.B. mit Ultraschall, an repräsentativen Stellen des Reaktordruckbehälters und anderer Komponenten durchzuführen.

2.5.3 Zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen

2.5.3 (1) Die zerstörungsfreien wiederkehrenden Prüfungen sind hinsichtlich möglicher Schädigungsmechanismen in repräsentativer Art und Weise mit qualifizierten Verfahren durchzuführen, wobei alle Arten von Schweißverbindungen und Grundwerkstoff-Bereiche mit einzubeziehen sind. Die Auswahl der Prüfverfahren und -techniken ist unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts und des Prüfziels vorzunehmen. Die festgelegten Prüfintervalle sollen sich an der allgemeinen technischen Erfahrung orientieren und die Betriebserfahrung berücksichtigen.

2.5.3 (2) Prüfverfahren und -techniken sind so auszuwählen, dass betriebsbedingte Fehler (z.B. infolge Ermüdung, Korrosion) mit ihren möglichen Orientierungen erfasst und dokumentiert werden können. Aus der Herstellung dokumentierte und belassene Anzeigen sind zu erfassen und, soweit erforderlich, zu verfolgen.

2.5.3 (3) Für jedes Prüfverfahren sind Bewertungsgrenzen für die Feststellung von Befunden zu spezifizieren.

2.5.3 (4) Zur besseren Reproduzierbarkeit der Prüfparameter und der Randbedingungen der Prüfung und zur besseren Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse sowie zur Minimierung der Strahlenexposition des Personals soll, soweit möglich und angemessen, eine Mechanisierung der wiederkehrenden Prüfungen erfolgen.

3 Zusätzliche Anforderungen an Komponenten und Systeme zur Einschränkung von Bruchannahmen

Interpretation zu den Nummern 3.4 (1) und 3.4 (4) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

3.1 Grundsätze

3.1 (1) Werden für Rohrleitungssysteme und Komponenten der Druckführenden Umschließung oder der Äußeren Systeme im Sinne der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“, Nummer 3.4 (4), im Rahmen des Auslegungskonzeptes eingeschränkte Leck- und Bruchannahmen in Anspruch genommen, so sind diese Rohrleitungssysteme und Komponenten durch bauliche Einrichtungen oder Entkopplung so gegen standortspezifisch zu unterstellende naturbedingte oder aus Notstandsfällen resultierende Einwirkungen von außen zu schützen und, unter Berücksichtigung der durch diese Ereignisse induzierten Erschütterungen, derart auszulegen, dass deren Integrität erhalten bleibt.

3.1 (2) Zusätzlich zu den Anforderungen nach Abschnitt 2 ist eine Analyse durchzuführen, die alle möglichen Einwirkungen aus den Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a und der standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen unter Berücksichtigung des Antwortverhaltens des Systems einschließt. Mit daraus ermittelten abdeckenden Lastannahmen ist unter der Annahme von Fehlern bruchmechanisch nachzuweisen, dass diese Fehler nicht zu einem Leck oder Bruch der Komponenten führen können, die die in Anspruch genommenen Leck- und Bruchannahmen in Frage stellen. Die Fehler sind dabei so zu wählen, dass sie sich unter den ergebenden Beanspruchungen im Hinblick auf die Integrität der Komponente ungünstiger verhalten, als möglicherweise in der Komponente vorhandene und sicher feststellbare Fehler.

Hinweis:

Die zu unterstellenden Leckquerschnitte und Brüche an den Komponenten der Druckführenden Umschließung sowie der Äußeren Systeme sind in Anhang 2, Anlage 2 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ beschrieben.

3.1 (3) Die Größe der zu postulierenden Fehler ist dabei so festzulegen, dass diese mit den spezifizierten Prüfverfahren sicher auffindbar sind. Die postulierten Fehler sind an der Stelle der Oberfläche und in der Orientierung anzunehmen, für die sich das größte Risswachstumspotenzial ergibt.

Hinweis:

Spezifische Annahmen und Vorgehensweisen für verschiedene Komponentengruppen werden in den folgenden Nummern dieses Abschnitts 3 angegeben.

3.1 (4) Die betroffenen Komponenten müssen die Anforderungen nach Abschnitt 2 erfüllen. Dabei sind die Voraussetzungen für die Inanspruchnahme eingeschränkter Leck- und Bruchannahmen zu gewährleisten, d. h. durch Auslegung und Herstellung muss für den Betrieb sichergestellt sein, dass

- Schädigungsmechanismen wie Korrosions- und Erosionsvorgänge, Ermüdung durch Schwingungen bzw. dynamische Belastungen sowie betriebliche Werkstoffveränderungen so begrenzt und feststellbar sind, dass sie nicht zu einer unzulässigen Beeinträchtigung der Qualität führen können und
- die zulässigen Spannungen auch nicht durch Drucküberschreitungen, thermische und mechanische Zusatzlasten sowie Fehlfunktionen der Unterstützungen überschritten werden.

3.2 Bruchsicherheitsnachweis für den Reaktordruckbehälter

3.2 (1) Für den Reaktordruckbehälter, dessen Integrität für die Sicherstellung aller Schutzziele gemäß den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ erforderlich ist, sind für den Nachweis des Ausschlusses von Brüchen alle über die vorgesehene Betriebsdauer zu erwartenden Veränderungen der Werkstoffeigenschaften konservativ zu berücksichtigen.

3.2 (2) Für die der Neutronenstrahlung ausgesetzten Bereiche der Druckbehälterwand sind durch konstruktive Vorgaben die Fluenzen zu begrenzen sowie Anforderungen an die chemische Zusammensetzung von Grundwerkstoff und Schweißgut einzuhalten, so dass die Veränderung der Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften infolge der Bestrahlung innerhalb zulässiger Grenzen bleibt.

3.2 (3) Zur Charakterisierung der durch Bestrahlung veränderten Werkstoffeigenschaften ist in Abhängigkeit von der akkumulierten Neutronenfluenz ein abgestuftes Überwachungsprogramm mit voreilend bestrahlten Einhängeproben (Grundwerkstoffe, Schweißverbindungen) durchzuführen.

3.2 (4) Für postulierte Oberflächenfehler und ggf. für im Volumen festgestellte herstellungsbedingte Fehlergrößen ist für alle Beanspruchungen aus den relevanten Belastungen nachzuweisen, dass bei Verwendung bruchmechanischer Nachweismethoden

- bei Betriebszuständen der Sicherheitsebenen 1 und 2 keine Rissinitiierung und
- bei Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen kein instabiles Risswachstum in Wanddickenrichtung stattfindet.

Bei Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen ist nur ein begrenztes, in Bezug auf die Wanddicke nicht signifikantes, stabiles Risswachstum nur in der Hochlage der Zähigkeit zulässig.

Darüber hinaus ist rechnerisch nachzuweisen, dass aus Wechselbelastungen auf die betrachteten Fehlergrößen kein in Bezug auf die Wanddicke signifikantes Risswachstum auftritt.

3.3 Bruchausschluss für Rohrleitungen

Wird für Rohrleitungssysteme gemäß Abschnitt 3.1 Bruchausschluss in Anspruch genommen, so ist nachzuweisen, dass

- postulierte Fehler in der drucktragenden Wand bei den auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 zu unterstellenden Betriebszuständen und Ereignissen kein in Bezug auf die Wanddicke signifikantes Wachstum zeigen und
- weiterhin ein postulierter Durchriss der drucktragenden Wand bei Belastungen aus Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen stabil bleibt, d. h. ein Leck-vor-Bruch-Verhalten zeigt. Es ist nachzuweisen, dass unter Berücksichtigung der aus dem Leckfall resultierenden Belastungen und der Karenzzeiten für die Erkennung des Lecks bis zur Außerbetriebnahme des betroffenen Systems ein ausreichender Abstand zu kritischen Rissgrößen erhalten bleibt. Die Größe der postulierten Risse ist so zu wählen, dass eine rechtzeitige Erkennung der durch diese Risse verursachten Lecks im Betrieb sichergestellt ist. Die Leckerkennung ist mit hoher Zuverlässigkeit auszuführen. Dies ist insbesondere durch den Einsatz diversitärer Messmethoden sicherzustellen.

3.4 Bruchsicherheitsnachweis für Behälter

Wird für Behälter gemäß Abschnitt 3.1 Bruchausschluss in Anspruch genommen, so ist nachzuweisen, dass bei Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen Einwirkungen kein instabiles Risswachstum in Wanddickenrichtung stattfindet. Ein begrenztes, stabiles Risswachstum ist nur in der Hochlage der Zähigkeit zulässig, wobei ein Abstand zu kritischen Rissgrößen einzuhalten ist.

3.5 Bruchsicherheitsnachweis für Gehäuse

Wird für Gehäuse von Armaturen gemäß Abschnitt 3.1 Bruchausschluss in Anspruch genommen, so ist nachzuweisen, dass bei Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen kein instabiles

Risswachstum in Wanddickenrichtung stattfindet. Ein begrenztes, stabiles Risswachstum ist nur in der Hochlage der Zähigkeit zulässig, wobei ein Abstand zu kritischen Rissgrößen einzuhalten ist.

3.6 Vorsorgemaßnahmen zum Lecksicherheitsnachweis

Interpretation zu Anhang 3, Nummer 3.2.4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

Für Abschnitte hochenergetischer Rohrleitungen der Druckführenden Umschließung und der Äußeren Systeme zwischen Sicherheitsbehälter und äußerer Absperreinrichtung, die im Falle eines Lecks zu

- einem unzulässigen Druckaufbau im umgebenden Gebäude oder
- unzulässigen Einwirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen (z.B. Überflutung, Strahlkräfte, Temperatur, Feuchte) oder
- einer unzulässigen Freisetzung von Reaktorkühlmittel außerhalb des Gebäudes

führen könnten, für die im Sicherheitsnachweis aber keine Folgeschäden aus Lecks an ihnen untersucht werden, sind über den Nachweis des Bruchausschlusses gemäß Abschnitt 3.3 hinaus folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Zur Vermeidung von Spannungsspitzen sind insbesondere die konstruktiven Kriterien der Basissicherheit umzusetzen.
- Die räumliche Ausdehnung der betroffenen Bereiche ist eng zu begrenzen.
- Abzweigende Rohrleitungen oder Anschweißstellen sind nicht zulässig.
- Zur Absicherung des Integritätsnachweises sind sie so zu überwachen, dass die lokal auftretenden Einwirkungen bekannt sind.
- Für die anschließenden Gebäude- (bei Druckwasserreaktoren) bzw. Durchdringungs- (bei Siedewasserreaktoren) Abschlussarmaturen ist ein Bruchsicherheitsnachweis gemäß Abschnitt 3.5 zu führen.

3.7 Bruchausschluss für niederenergetische, selten oder gering beanspruchte Komponenten

Interpretation zu Anhang 2, Anlage 2 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

Werden für niederenergetische, selten oder gering beanspruchte Rohrleitungen, Behälter oder Gehäuse der Äußeren Systeme größer oder gleich DN 50, die in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“, Anhang 2, im Abschnitt 4.2 von Anlage 2 angesprochen sind, entsprechend den dort genannten Kriterien nur unterkritische Risse angenommen, so sind die Anforderungen gemäß Abschnitt 3.1 für die Inanspruchnahme von Bruchausschluss einzuhalten. Die bruchmechanischen Analysen nach 3.1 (2) und (3) können dabei entfallen.

4 Komponenten kleiner Nennweiten

Interpretation zu den Nummern 3.1 und 3.4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

4.1 Geltungsbereich

Die folgenden Anforderungen gelten für die drucktragende Wandung von Rohrleitungen und Armaturen mit Nennweiten kleiner oder gleich 50, die systemtechnisch der Druckführenden Umschließung oder den Äußeren Systemen zugeordnet sind.

Ausgenommen sind Dampferzeuger-Heizrohre und andere Wärmetauscherrohre.

Sonstige Komponenten kleiner Nennweiten (Tauchhülsen, Messlanzen, Druckhalter-Heizstäbe etc.) werden nicht explizit behandelt. Für diese ist durch Auslegung, Werkstoffwahl und Prüfungen eine gleichwertige Zuverlässigkeit nachzuweisen.

4.2 Auslegung

Dimensionierung, Verlegung und Halterung der Rohrleitungen und Armaturen müssen schriftlich festgelegten Vorgaben entsprechen und sind zu dokumentieren. Diese Vorgaben müssen sicherstellen, dass

- für die Betriebszustände und Ereignisse der Sicherheitsebenen 1 bis 3 sowie standortspezifisch zu unterstellende naturbedingte Einwirkungen von außen Beanspruchungsgrenzen eingehalten werden, um unzulässige Folgen zu vermeiden. Durch spezifische Vorgaben zur Integrität der Rohrleitungen unter dynamischen Anregungen, insbesondere aus den anschließenden Systemen und Komponenten, ist ein Einzelversagen zu vermeiden und ein systematisches Versagen (z.B. durch Ermüdung, Abriss, Knicken) auszuschließen.
- durch Einwirkungen von innen sowie durch Einwirkungen von außen aus Notstandsfällen kein Versagen eintritt, das die Wirksamkeit der für die Beherrschung des jeweiligen Ereignisses erforderlichen Maßnahmen und Einrichtungen in Frage stellt.

4.3 Werkstoffwahl und Herstellung

4.3 (1) Die Werkstoffwahl und die Fertigungsqualität müssen sicherstellen, dass mögliche Schädigungsmechanismen unter Berücksichtigung der Betriebsmedien und -bedingungen zu keinem systematischen Versagen führen.

4.3 (2) Die drucktragenden Wandungen der Rohrleitungen und Armaturen müssen vor der Inbetriebnahme einer Druckprüfung mit einem definierten Prüfdruck oberhalb des Auslegungsdrucks unterzogen werden (Erstdruckprüfung).

4.4 Betrieb

Die Verlegung, Lage und Funktion von Unterstützungen, sowie die Integrität der drucktragenden Wandungen sind zu überprüfen

- bei der Inbetriebnahme,
- soweit erforderlich nach Eingriffen (z.B. Instandhaltungsmaßnahmen), sowie
- in repräsentativem Umfang durch wiederkehrende Prüfungen, die auch Dichtheitsprüfungen mit einschließen.

Bei der Festlegung des repräsentativen Umfangs ist die sicherheitstechnische Bedeutung zu berücksichtigen. Unzulässige Abweichungen von den dokumentierten Randbedingungen müssen so rechtzeitig erkannt werden, dass systematische Auswirkungen auf die Integrität der drucktragenden Wandungen im langfristigen Betrieb vermieden werden können und damit die erforderliche Zuverlässigkeit für den störungsfreien Betrieb erhalten bleibt.

5 Schutzrohre (Doppelrohre)

Interpretation zu Anhang 3, Nummer 3.2.3 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

Für Abschnitte von Medium führenden Rohrleitungen, die zur Verhinderung unzulässiger Folgewirkungen aus an ihnen zu unterstellenden Lecks und Brüchen in einem Schutzrohr geführt werden, gelten folgende Anforderungen:

- Das Schutzrohr ist so auszulegen, dass die Einwirkungen aus den zu unterstellenden Lecks und Brüchen der Medium führenden Rohrleitung ohne globale plastische Verformungen abgetragen werden. Seine Funktion muss dabei erhalten bleiben.

- Die Auslegung von Schutzrohren, die im Anforderungsfall die Funktion des Sicherheitsbehälters übernehmen, muss mindestens den Auslegungsbedingungen des Sicherheitsbehälters entsprechen.

6 Sicherheitsbehälter

Interpretation zu Nummer 3.6 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

6.1 Geltungsbereich

Die folgenden Anforderungen sind anzuwenden auf Sicherheitsbehälter aus Stahl oder Stahlbeton und Spannbeton mit Stahlauskleidung einschließlich seiner Durchführungen, Schleusen und Komponenten zum Durchdringungsabschlusssystem sowie bei Siedewasserreaktoren einschließlich des Druckabbausystems mit den zugehörigen Komponenten zur Einleitung freigesetzten Reaktorkühlmittels in eine Wasservorlage.

6.2 Auslegung

6.2.1 Grundsätze

6.2.1 (1) Der Sicherheitsbehälter einschließlich seiner Durchführungen, Absperrarmaturen und Schleusen sowie bei Siedewasserreaktoren einschließlich des Druckabbausystems zur Druckbegrenzung ist so auszulegen, dass er unter Einhaltung der zugrunde gelegten Leckrate den statischen, dynamischen und thermischen Einwirkungen aus Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a sowie Folgewirkungen aus standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen standhält. Sicherheitsbehälter aus Stahl bzw. die Stahlauskleidung von Sicherheitsbehältern aus Stahlbeton und Spannbeton sind soweit erforderlich durch bauliche Einrichtungen so zu schützen, dass ihre Dichtfunktion bei Einwirkungen von innen nicht beeinträchtigt wird.

Hinweis:

Vorgaben für die Ermittlung der Differenzdrücke finden sich in Anhang 5, Anlage 2 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“. Vorgaben zur Ermittlung der Einwirkungen aus Strahl- u. Reaktionskräften sowie Bruchstücken finden sich in Anhang 5, Anlage 3 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“.

6.2.1 (2) Zur Gewährleistung der Druckstaffelung müssen die Sicherheitsbehälterdurchführungen während des bestimmungsgemäßen Betriebes (Sicherheitsebenen 1 und 2) der Betriebsphasen A und B

sowie bei Ereignissen der Sicherheitsebene 3, Einwirkungen von innen und standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen ausreichend dicht sein.

6.2.2 Werkstoffauswahl

Interpretation zu den Nummern 3.6 und 3.1 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

6.2.2 (1) Für Sicherheitsbehälter aus Stahl sowie für Stahlauskleidungen sind die metallischen Werkstoffe einschließlich der Schweißzusätze, tragenden Muttern und Schrauben so auszuwählen, dass sie den Funktionsanforderungen (Dichtheit) und den zu unterstellenden Beanspruchungen (z.B. mechanischer, thermischer, chemischer Art) genügen.

6.2.2 (2) Für Sicherheitsbehälter aus Stahl sowie für Stahlauskleidungen sind die Werkstoffeigenschaften, die vorgesehenen Fügeverfahren und die Qualitätssicherungsmaßnahmen so festzulegen, dass eine den Vorgaben gemäße Qualität und Prüfbarkeit zuverlässig erreicht wird.

6.2.2 (3) Für Sicherheitsbehälter aus Stahl müssen die Werkstoffeigenschaften sicherstellen, dass an allen Stellen ein ausreichend zäher Werkstoffzustand unter allen betriebs- und störfallbedingten Anlagenzuständen erhalten bleibt.

Hinweis:

Vorzugsweise sind für die Stahlschale mittelfeste, schweißgeeignete Feinkornbaustähle vorzusehen.

6.2.2 (4) Für Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton müssen die Werkstoffe (Beton, Betonstahl und Spannstahl) die zutreffenden technischen Normen erfüllen bzw. für die vorgesehene Anwendung bauaufsichtlich zugelassen sein.

6.2.3 Konstruktion und Gestaltung

Interpretation zu den Nummern 3.6 und 3.1 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

6.2.3 (1) Konstruktion und Oberflächenzustand des Sicherheitsbehälters aus Stahl und Stahlauskleidungen müssen ausreichende und aussagefähige zerstörungsfreie Prüfungen ermöglichen, insbesondere der Schweißnähte. Bereiche, die aufgrund der konstruktiven Anlagengestaltung für wiederkehrende Prüfungen nicht mehr zugänglich sind, sind so auszuführen, dass korrosive Einflüsse vermieden werden.

Hinweis:

Für Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton wird auf DIN 25449 (Fassung Februar 2008) verwiesen.

6.2.3 (2) Bei der Auslegung des Sicherheitsbehälters sind Vorrichtungen zur Durchführung von Druck- und Dichtheitsprüfungen und zur Installation der hierfür notwendigen Instrumentierung vorzusehen.

6.2.3 (3) Zum Ein- und Ausbringen von Material und Gegenständen in den und aus dem Sicherheitsbehälter sowie zum Ein- und Austritt von Personen sind Schleusen vorzusehen.

6.2.3 (4) Personenschleusen sind so anzuordnen, dass eine Flucht aus dem Sicherheitsbehälter möglichst rasch und unter möglichst geringer Strahlenbelastung der Personen erfolgen kann. Dabei ist neben Strahlenfeldern und Kontaminationen zu berücksichtigen, dass Fluchtwege z.B. durch ausströmende Medien wie Wasser, Dampf oder Gase blockiert sein können.

6.2.3 (5) Durch Verriegelung ist sicherzustellen, dass in den Betriebsphasen, in denen die Schleusen geschlossen sein sollen, eine Schleusentür nur dann geöffnet werden kann, wenn die Gegentür und ihre zugehörige Druckausgleichsrichtung geschlossen und abgedichtet sind. Eine Aufhebung der Verriegelung ist nur in Ausnahmefällen unter sicherheitstechnisch zulässigen Bedingungen erlaubt.

6.2.3 (6) Schleusen und die für den Sicherheitseinschluss notwendigen Lüftungsklappen sind an ein Leckabsaugsystem anzuschließen, mit dem Leckagen in den Sicherheitsbehälter zurückgepumpt werden können.

6.2.3 (7) Die Kammerungen der Durchführungen müssen bei Auslegungsdruck des Sicherheitsbehälters prüfbar sein.

6.2.3 (8) Die Anzahl der Durchführungen und deren Querschnitte sind so gering wie praktisch möglich zu halten.

6.2.3 (9) Sofern das Auftreten von unzulässigen Unterdrücken infolge von Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a, Einwirkungen von innen und standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen sowie Notstandsfällen nicht ausgeschlossen werden kann, sind zuverlässige Einrichtungen vorzusehen, die ein Unterdruckversagen verhindern.

6.2.3 (10) Rohrleitungen, die in Verbindung mit dem Reaktorkühlmittel oder der Innenatmosphäre des Sicherheitsbehälters stehen und diesen durchdringen, sind grundsätzlich mit zwei Absperrarmaturen zu versehen, von denen eine innerhalb und eine außerhalb möglichst nahe am Sicherheitsbehälter angeordnet ist. Ausnahmen hiervon sind zulässig, wenn dies wegen der technischen Eigenart oder Betriebsweise der betreffenden Rohrleitung notwendig ist (z.B. Armaturen, die zur Störfallbeherrschung geöffnet sein müssen) und die sicherheitstechnische Funktion des Sicherheitseinschlusses nicht

beeinträchtigt wird. Jede einzelne Abschlussarmatur muss die spezifizierten Dichtheitsbedingungen für sich allein erfüllen.

Rohrleitungen, die den Sicherheitsbehälter durchdringen, aber nicht in Verbindung mit dem Reaktorkühlmittel oder der Innenatmosphäre des Sicherheitsbehälters stehen, sind mit mindestens einer außerhalb des Sicherheitsbehälters liegenden Absperrarmatur auszurüsten.

6.2.3 (11) Alle Durchführungen durch die Wandung des Sicherheitsbehälters und die Schleusen im Sicherheitsbehälter müssen mindestens den Auslegungsanforderungen an den Sicherheitsbehälter selbst genügen.

Dies gilt auch für Rohrleitungen, die die Wandung des Sicherheitsbehälters durchdringen, bis zur äußeren Absperreinrichtung, die dazugehörigen Abschlusseinrichtungen und ggf. die Kammerung der Durchführung.

Bei Lüftungskanälen gilt dies auch für den Kanalbereich zwischen den Absperreinrichtungen und die dazugehörigen Absperreinrichtungen.

6.2.3 (12) Soweit erforderlich sind Einrichtungen zur Vermeidung von unzulässigen Drucküberschreitungen zwischen den Absperrungen vorzusehen.

6.2.3 (13) Die Durchführungen sind so auszulegen, dass sie alle Kräfte und Momente der durchgeführten Leitung während des bestimmungsgemäßen Betriebes (Sicherheitsebenen 1 und 2) und bei Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen abtragen können. Durchführungen, die aufgrund hoher Belastungen nicht starr an den Sicherheitsbehälterstützen angeschlossen werden können, sind mit Kompensatoren anzuschließen und gekammert auszuführen.

6.2.3 (14) Die Schließgeschwindigkeit der Sicherheitsbehälterabspernungen ist so zu begrenzen, dass keine unzulässigen Auswirkungen auftreten.

6.2.3 (15) Zwischen Abschlussarmaturen und dem Sicherheitsbehälter sind kurze Rohrlängen anzustreben. In diesen Bereichen sind Rohrabzweigungen grundsätzlich nicht zulässig. Ausnahmen sind sicherheitstechnisch zu begründen (z.B. Entwässerungsstützen, Prüfanschlüsse).

6.2.3 (16) Bei Rohrleitungen, die den Sicherheitsbehälter durchdringen, sind die Strukturen innerhalb des Sicherheitsbehälters von mechanischen Einwirkungen aus Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a außerhalb des Sicherheitsbehälters sowie aus standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen durch geeignete Konstruktionen so weit zu entkoppeln, dass ein Folgeversagen innerhalb des Sicherheitsbehälters nicht zu unterstellen ist.

6.2.4 Festigkeitsmäßige Auslegung

Interpretation zu den Nummern 3.6 und 3.1 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

6.2.4 (1) Zur Sicherstellung der Integrität und der spezifizierten Dichtheit sind die maximal auftretenden Drücke und Temperaturen sowie einwirkenden Lasten bei Ereignissen der Sicherheitsebene 3, Einwirkungen von innen und standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen sowie Notstandsfällen zugrunde zu legen. Bei Volldrucksicherheitsbehältern kann der Integritätsnachweis für Notstandsfälle auf die ungestörten Bereiche der Stahlschale begrenzt werden. Bei der Bestimmung des Auslegungsdrucks sind Zu- bzw. Abschlüge für

- Modellunsicherheiten und
- den ungünstigsten anfänglichen Betriebszustand

zu berücksichtigen.

Hinweise:

Siehe auch Anlage 1 zu I-2, „Prinzipien der festigkeitsmäßigen Auslegung und Zuordnung von Beanspruchungsstufen zu Sicherheitsebenen“.

Zu Auswirkungen von Lecks und Brüchen von hochenergetischen Rohrleitungen auf den Sicherheitsbehälter siehe Abschnitt 3.6 und auch Anhang 3, Nummer 3.2.4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“.

Zur Ermittlung von Differenzdrücken innerhalb des Sicherheitsbehälters sowie Strahl- und Reaktionskräften bei Lecks an druckführenden Systemen innerhalb des Sicherheitsbehälters siehe auch Anhang 5, Anlage 2 sowie 3 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“.

6.2.4 (2) Der Sicherheitsbehälter eines Druckwasserreaktors ist so auszulegen, dass die Masse und der Energieinhalt der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels und der Sekundärseite eines Dampferzeugers bis zur sekundärseitigen Absperrung aufgenommen werden können. Zusätzlich ist die Wärmeabgabe aller Dampferzeuger an das ausströmende Reaktorkühlmittel zu berücksichtigen.

6.2.4 (3) Der Sicherheitsbehälter eines Siedewasserreaktors mit Druckabbausystem ist so auszulegen, dass die Masse und der Energieinhalt der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels bis zur reaktorseitigen Absperrung aufgenommen werden können. Bei der Auslegung sind auch diejenigen Wasser- bzw. Dampfmengen zu berücksichtigen, die während des Schließens der Armatur in den

Frischdampf- bzw. Speisewasserleitungen in den Sicherheitsbehälter zurückfließen bzw. diesem zurückgeführt werden können.

Atmosphäre und Wasservorlage in der Kondensationskammer sind mit getrennten Energiebilanzen (Ungleichgewicht) zu behandeln. Die Kondensationswirkung der Wasservorlage ist beim Druckabbau zu berücksichtigen. Die Störfalllasten sind mit ihren Auswirkungen wie Druckaufbau, Druckentlastungs- und -Abbauvorgängen, erzeugten Schwingungen sowie Überlagerung solcher Vorgänge für die Einwirkung auf den Sicherheitsbehälter, das Druckabbau- und Entlastungssystem sowie weitere Systeme in ihren maximalen Auswirkungen zu berücksichtigen.

6.2.4 (4) Die Verankerungen und Halterungen der beim Siedewasserreaktor erforderlichen Sicherheits- und Entlastungsventile, Druckentlastungsrohre sowie Kondensationsrohre im Bereich der Kondensationskammer des Sicherheitsbehälters sind so zu gestalten, dass sie die Einwirkungen aus Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a, aus Einwirkungen von innen und aus standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen (fluiddynamische Lasten, Strahl- und Reaktionskräfte) sowie Notstandsfällen zuverlässig abtragen. Darüber hinaus sind konstruktive oder verfahrenstechnische Einrichtungen vorzusehen, so dass die Integrität der Sicherheitsbehälterstruktur durch Strahl- und Impulskräfte der Kondensationsrohre nicht beeinträchtigt wird.

6.2.4 (5) Zur Sicherstellung der Standsicherheit und der Integrität, insbesondere bezüglich der Dichtheit des Sicherheitsbehälters und seiner Komponenten, ist ein Absicherungskonzept anzuwenden, das folgende Grundzüge berücksichtigt:

- a) Die entsprechend den Ereignissen der jeweiligen Sicherheitsebene zuzuordnenden Lastfälle und ihre Kombinationen sind eindeutig zu spezifizieren (z.B. in einem Lastfallkatalog, der Art, Höhe, Häufigkeit, zeitlichen Verlauf der Einwirkungen enthält). Bei den Lastfallkombinationen sind Lastanteile, die zeitgleich wirken können, zu überlagern. Außerdem sind auch Einwirkungen aus der Montage zu berücksichtigen.
- b) Die sich aus diesen Lastfällen ergebenden Einwirkungen sind komponentenbezogen zu beschreiben (z.B. in Auslegungsdatenblättern).
- c) Die von den Lasten hervorgerufenen Beanspruchungen sind so zu begrenzen, dass für jede Sicherheitsebene und standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen ein ausreichender Sicherheitsabstand gegenüber den anzunehmenden Versagensarten sichergestellt ist.
- d) Zur Sicherstellung der Dichtfunktion im Anforderungsfall ist soweit zutreffend ein Nachweis der Formstabilität und der Verformungsbegrenzung zu führen.

6.2.4 (6) Für einen Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton ist eine Stahlauskleidung vorzusehen. Diese ist im Betontragwerk so zu verankern, dass ihre Dichtfunktion unter allen Belastungen aus Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a, Einwirkungen von innen sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen erhalten bleibt. Drucktragende Stahlteile der Durchdringungen und Anschlüsse an die Auskleidung sind so auszuführen und zu verankern, dass sie bei den oben genannten Einwirkungen die auftretenden Kräfte aus Druck- und Temperatureinwirkungen, Rohrleitungsreaktionen und sonstigen Lasten aufnehmen können.

Für den Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton sind die zutreffenden technischen Normen zu erfüllen.

Hinweis:

Für Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton wird auf DIN 25449 (Fassung Februar 2008) verwiesen.

6.3 Herstellung

Interpretation zu den Nummern 3.6, 3.1 (1) und 3.1 (2) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

6.3.1 Grundsätze

6.3.1 (1) Die zur Sicherstellung der Integrität des Sicherheitsbehälters einzuhaltenden Qualitätsmerkmale sind festzulegen und während des Fertigungsablaufs einzuhalten.

6.3.1 (2) Der Fertigungsablauf ist so zu überwachen und zu dokumentieren, dass Abweichungen von den vorgegebenen Qualitätsmerkmalen zuverlässig erkannt werden und eine Rückverfolgbarkeit von Abweichungen hinsichtlich deren Ursachen möglich ist. Zusätzlich vorgenommene Maßnahmen zur Erreichung der Qualitätsmerkmale sind zu dokumentieren.

6.3.1 (3) Zur Qualifizierung der Schweißverfahren und zum Nachweis der Güteeigenschaften von Bauteilschweißungen sind Verfahrens- und Arbeitsprüfungen durchzuführen. Es ist zulässig, die Durchführung von Arbeitsprüfungen mit Verfahrensprüfungen zu kombinieren.

6.3.2 Begleitende zerstörende Prüfungen für Bauteile aus Stahl

6.3.2 (1) Durch geeignete Prüfungen an Erzeugnisformen ist nachzuweisen, dass die über die Wanddicke spezifizierten Eigenschaften der Zähigkeit, Duktilität, Festigkeit und des Gefüges vorliegen.

6.3.2 (2) Vorgaben zu Art und Umfang der durchzuführenden Prüfungen sind unter Berücksichtigung der Beanspruchungen festzulegen. Die mechanisch-technologischen Eigenschaften sind an jeder Erzeugnisform (Stückprüfung) nachzuweisen. Zu erfassen sind dabei:

- a) repräsentativ die verschiedenen Verformungsrichtungen beim Herstellungsprozess an mehreren Probenahmestellen sowie
- b) alle während des Fertigungsprozesses stattfindenden Wärmebehandlungen.

6.3.3 Begleitende zerstörungsfreie Prüfungen, Druck- und Dichtheitsprüfungen

6.3.3 (1) Bei allen Erzeugnisformen und Schweißnähten einschließlich Pufferungen sind das Volumen und die Oberflächen mit ausreichender Fehlererkennbarkeit zerstörungsfrei zu prüfen.

Die Prüftechniken und Prüfparameter sind so auszuwählen, dass alle Fehler deutlich unterhalb der Größe sicherheitstechnisch bedeutsamer Fehler gefunden werden können.

6.3.3 (2) Der Sicherheitsbehälter und seine Durchführungen sowie ihre Kammerungen sind vor der Inbetriebnahme einer Druckprüfung zu unterziehen. Nach der Druckprüfung sind repräsentative zerstörungsfreie Prüfungen durchzuführen.

6.3.3 (3) Die Dichtheit des Sicherheitsbehälters ist vor Aufnahme des ersten Leistungsbetriebes mit einer integralen Dichtheitsprüfung nachzuweisen.

6.3.3 (4) Die erste Dichtheitsprüfung ist, ausgehend vom drucklosen Zustand des Sicherheitsbehälters, mit ansteigender Druckstufenfolge bei dem für die regelmäßig wiederkehrende Dichtheitsprüfung vorgesehenen Überdruck (siehe folgende Nummer 6.4.3 (1)) und bei Auslegungsdruck durchzuführen.

6.4 Betrieb

Interpretation zu den Nummern 3.6 und 3.1 (2) der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

6.4.1 Grundsätze

6.4.1 (1) Für die Funktion des Sicherheitsbehälters bedeutsame Betriebsdaten sind zu überwachen. Dies betrifft

- a) bei Volldrucksicherheitsbehältern die Unterdruckhaltung,

- b) bei Sicherheitsbehältern mit Druckabbausystem neben der Unterdruckhaltung in der Druckkammer auch die Wirksamkeit der Trennung zwischen Druckkammer und Kondensationskammer,
- c) für Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton geeignete Maßnahmen für eine Bewertung der Aufrechterhaltung der Vorspannung, und
- d) die Wirksamkeit der Inertisierung, sofern eine Inertisierung oder Teilinertisierung betrieblich vorgesehen ist.

Messungen, die dazu vorgesehen sind, eine Funktionsbeeinträchtigung des Sicherheitsbehälters anzuzeigen, sind entweder redundant auszuführen oder es sind Anzeigen aus diversitären Systemen zu verwenden.

6.4.1 (2) Bei der Verwendung von Dichtungen und Dichtelementen aus Werkstoffen, die auf Grund der einwirkenden Umgebungsbedingungen, der Belastungen oder der Beanspruchungshäufigkeit ihre Wirksamkeit verlieren können, ist Vorsorge zur Beherrschung der Alterung zu treffen.

6.4.1 (3) Für Arbeitsvorgänge im Sicherheitsbehälter sind Sauberkeitsbedingungen festzulegen. Insbesondere ist der Eintrag korrosionsfördernder Produkte in Bereichen des Sicherheitsbehälters, der für regelmäßige Prüfungen nicht zugänglich ist, zu vermeiden.

6.4.2 Zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen

6.4.2 (1) Die Wandung und die Komponenten des Sicherheitsbehälters sind an repräsentativen Stellen regelmäßig hinsichtlich ihres allgemeinen Zustandes sowie mechanischer und korrosiver Schädigungen zu inspizieren. Insbesondere die Übergänge zwischen der Stahlschale bzw. Stahlauskleidung zum Beton und die elastischen Abdichtungen dieser Übergänge sind dabei zu erfassen.

6.4.2 (2) Die zerstörungsfreien wiederkehrenden Prüfungen sind hinsichtlich möglicher Schädigungsmechanismen in repräsentativer Art und Weise mit qualifizierten Verfahren durchzuführen und zu bewerten, wobei alle Arten von Schweißverbindungen mit einzubeziehen sind.

Die festgelegten Prüfintervalle sollen sich an der allgemeinen technischen Erfahrung orientieren und die Betriebserfahrung berücksichtigen.

6.4.2 (3) Prüfverfahren und -techniken sind so auszuwählen, dass betriebsbedingte Fehler (z.B. infolge Ermüdung, Korrosion) mit ihren möglichen Orientierungen erfasst und dokumentiert werden können. Aus der Herstellung dokumentierte und belassene Anzeigen sind zu erfassen und, soweit erforderlich, zu verfolgen.

6.4.2 (4) Für jedes Prüfverfahren sind Bewertungsgrenzen für die Feststellung von Befunden zu spezifizieren.

6.4.3 Wiederkehrende Funktions- und Dichtheitsprüfungen

6.4.3 (1) Um die geforderte Dichtheit des Sicherheitsbehälters während der vorgesehenen Betriebsdauer der Anlage nachzuweisen, sind regelmäßig wiederkehrende Prüfungen der Dichtheit durchzuführen.

Die regelmäßig wiederkehrenden Dichtheitsprüfungen sind bei solchen Drücken durchzuführen, bei denen die gemessenen Leckraten reproduzierbar sind und bei denen ein ausreichender Rückschluss auf die Leckrate bei Auslegungsbedingungen möglich ist.

6.4.3 (2) Die wiederkehrenden Dichtheitsprüfungen sind am Ende einer Abschaltphase nach Abschluss aller Wartungs- und Reparaturarbeiten durchzuführen, die die Dichtheit des Sicherheitsbehälters verändern können.

6.4.3 (3) Die Dichtheit der an das Leckabsaugsystem angeschlossenen Komponenten sowie des Systems selbst sind in einer gemeinsamen Messung zu Beginn und am Ende einer Unterbrechung des Leistungsbetriebs (Betriebsphasen C, D und E) quantitativ zu bestimmen.

6.4.3 (4) Für die beim Kühlmittelverluststörfall mit dem höchsten Druckaufbau und den höchsten Temperaturen im Sicherheitsbehälter gegebenen Bedingungen ist die Zuverlässigkeit des Behälterabschlusses mit der dabei geforderten Dichtheit nachzuweisen.

6.4.3 (5) Die Funktionsfähigkeit und Dichtheit von Schleusen, Absperreinrichtungen und Rückschlagklappen sowie die Stellgeschwindigkeit von Armaturen zur Absperrung des Sicherheitsbehälters sind regelmäßig zu prüfen.

6.4.3 (6) Die Kammerungen der Rohrdurchführungen des Sicherheitsbehälters, die Schleusen, Kabeldurchführungen und Montagedeckel sind regelmäßig und nach Instandhaltungsmaßnahmen im Betrieb auf Dichtheit zu prüfen.

6.4.3 (7) Montageöffnungen und Reservedurchführungen sind nach Benutzung auf Dichtheit zu überprüfen.

6.4.3 (8) Im Siedewasserreaktor mit Druckabbausystem ist vor der Dichtheitsprüfung die zulässige Leckrate zwischen Druckkammer und Kondensationskammer festzulegen und durch Messung nachzuweisen.

7 Umgang mit Befunden an Komponenten und Rohrleitungen

Interpretation zu Nummer 3.4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

7 (1) Die folgenden Kriterien gelten für Komponenten und Rohrleitungen der Druckführenden Umschließung und der Äußeren Systeme, jedoch nicht für Wärmetauscherrohre.

7 (2) Wird bei wiederkehrenden oder anlassbezogenen Prüfungen eine Anzeige festgestellt und überschreitet sie die Bewertungsgrenze, so ist diese als Befund zu bezeichnen. Sind zu den geprüften Bereichen Ergebnisse aus vorangegangenen Prüfungen dokumentiert, sind diese zum Vergleich heranzuziehen.

7 (3) Tritt ein Befund zum ersten Mal auf oder kann auf der Basis des vorgenommenen Vergleichs mit den Ergebnissen vorangegangener Prüfungen eine Veränderung während des Betriebes nicht ausgeschlossen werden, so sind ergänzende Untersuchungen durchzuführen, um auf Art, Lage und Größe des Befundes schließen zu können. Dem so ermittelten Befund sind in Bezug auf das Nachweisziel in konservativer Weise ein Fehlertyp und eine entsprechende Abmessung zuzuordnen. Die dem Fehlertyp zu Grunde liegende Ursache und der Schädigungsmechanismus sind zu ermitteln. Dabei ist insbesondere auch der Möglichkeit einer systematischen Fehlerursache nachzugehen. Soweit notwendig, sind zur Ursachenermittlung zusätzliche Untersuchungsmethoden zum Einsatz zu bringen.

7 (4) In einer weitergehenden Analyse ist aufzuzeigen,

- inwieweit die Erfüllung der Vorgaben an die Auslegung durch den Fehler beeinträchtigt war und
- welche Möglichkeiten zur zukünftigen Vermeidung der Ursachen zur Verfügung stehen.

Zur Klärung, ob eine systematische Fehlerursache vorliegt, sind an vergleichbaren Komponenten bzw. Bereichen von Komponenten, an denen die festgestellte oder unterstellte Ursache für die Schädigung ebenfalls wirksam sein könnte, Kontrollprüfungen durchzuführen.

7 (5) Festgestellte Fehler, die die Erfüllung der Vorgaben des Auslegungskonzeptes unter den spezifizierten Einwirkungen aus Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a und aus standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen oder Notstandsfällen beeinträchtigen können, dürfen nicht belassen werden. Festgestellte Fehler, für die eine betriebsbedingte Ursache nicht ausgeschlossen werden kann, sind grundsätzlich nicht zu belassen.

7 (6) Im begründeten Ausnahmefall der Fehlerbelassung sind die Fehler zu bewerten. Eine mögliche Fehlerentwicklung ist für den festgelegten Betriebszeitraum konservativ zu bestimmen. Unter diesen Voraussetzungen ist nachzuweisen, dass unter Berücksichtigung aller Einwirkungen aus

Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a und aus standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen oder Notstandsfällen sicherheitstechnisch unzulässige Auswirkungen ausgeschlossen werden können. Zur Absicherung der prognostizierten Fehlerentwicklung sind Kontrollprüfungen durchzuführen. Umfang und Zeitpunkt sind entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung festzulegen.

7 (7) Es ist weiter nachzuweisen, dass

- so belassene Fehler in keinem Zusammenhang mit einer systematischen Fehlerursache stehen, die zu weiteren Fehlern führen kann und so eine Vielzahl von Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen erforderlich macht,
- es keine Häufung von Fehlern gibt, die, jeder für sich betrachtet oder aber im Zusammenwirken, zu einer sicherheitstechnisch unzulässigen Beeinträchtigung der Integrität der jeweils betroffenen Komponenten sowie der Zuverlässigkeit der betroffenen Systeme führen kann.

7 (8) Es ist zu überprüfen, ob Art und Größe, Umstand und Zeitpunkt der Entdeckung oder die Häufigkeit des Auftretens von Fehlern auf Lücken oder Unzulänglichkeiten in den system- und komponentenspezifischen Anforderungen (z.B. Spezifikationen, Prüfhandbuch) schließen lassen; gegebenenfalls sind die entsprechenden Lücken zu schließen und Unzulänglichkeiten zu beheben. Neue Erkenntnisse aus der Analyse der Ursachen sind in die technischen Unterlagen (z.B. hinsichtlich der spezifizierten Einwirkungen, Wasserchemie, Schwingungen) aufzunehmen und im Alterungsmanagement zu berücksichtigen. Soweit erforderlich sind auch entsprechende Maßnahmen an den betroffenen Komponenten oder in Bezug auf deren Betriebsweise zu ergreifen.

Anlage 1:

Prinzipien der festigkeitsmäßigen Auslegung und Zuordnung von Beanspruchungsstufen zu Sicherheitsebenen

Interpretation zu den Nummern 3.4 (1), (2) und 3.6 (1), Anhang 2, Anlage1 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“

Hinweis:

Die folgenden Ausführungen sind eine Erläuterung zu den in den Abschnitten 2.3.1 und 6.2.4 der Interpretation I-2 gestellten Anforderungen an die Integrität unter Berücksichtigung der Prinzipien, wie sie auch den technischen Regeln zugrunde liegen. Diesen Ausführungen ist die Matrix aus den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“, Anhang 2, Anlage 1 „Prinzipielle Zuordnung von Beanspruchungsstufen zu Sicherheitsebenen und übergreifenden Einwirkungen“ beizulegen. Diese

ordnet Beanspruchungsstufen, wie sie in den KTA-Regeln definiert sind, den in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ definierten Sicherheitsebenen sowie Einwirkungen von außen und Notstandsfällen zu.

1 Druckführende Umschließung und Äußere Systeme

(1) Für die Komponenten der Druckführenden Umschließung und der Äußeren Systeme ist Vorsorge gegen Versagen durch folgende Mechanismen zu treffen:

- a) plastische Instabilität,
- b) globale Verformung,
- c) fortschreitende Deformation,
- d) Ermüdung,
- e) instabile Rissausbreitung,
- f) elastische Instabilität.

(2) Die dabei erforderlichen Sicherheitsabstände für die sich aus den Einwirkungen ergebenden Beanspruchungen sind für die verschiedenen Sicherheitsebenen wie folgt festzulegen:

- a) Die Beanspruchungsgrenzen der Sicherheitsebenen 1 und 2 müssen sicherstellen, dass die Beanspruchungen das Gleichgewicht zu den Einwirkungen so herstellen, dass dabei keine globalen plastischen Verformungen, keine elastische Instabilität, kein Bruch, kein Versagen durch fortschreitende Deformation und kein Versagen durch Ermüdung auftreten.

Die Sicherheitsabstände sind dabei so zu wählen, dass bei Beanspruchungen aus Innendruck, Gewicht, Fluidodynamik und weiteren, quasistatischen Einwirkungen die tragenden Querschnitte bis auf lokal begrenzte Bereiche im Bereich elastischen Werkstoffverhaltens bleiben. Bei zusätzlich wirkenden stationären und veränderlichen Einwirkungen aus Betriebszuständen der Sicherheitsebenen 1 und 2 sind die Sicherheitsabstände so festzulegen, dass darüber hinaus auch ein Versagen infolge fortschreitender Deformation und Ermüdung nicht zu unterstellen ist.

- b) Die Beanspruchungsgrenzen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie für Einwirkungen von innen und standortspezifisch zu unterstellende naturbedingte Einwirkungen von außen und Notstandsfälle müssen sicherstellen, dass die Beanspruchungen das Gleichgewicht zu den Einwirkungen so herstellen, dass ein Versagen durch plastische oder elastische Instabilität oder

infolge instabiler Rissausbreitung ausgeschlossen ist.

Die Sicherheitsabstände sind dabei so zu wählen, dass bei Beanspruchungen aus Innendruck, Gewicht, Fluiddynamik und weiteren, in ihrer Charakteristik gleichartigen Zusatzlasten infolge äußerer Einwirkungen, die plastischen Verformungen begrenzt bleiben. Der Nachweis zum Ausschluss des Versagens infolge instabiler Rissausbreitung muss zusätzlich die Einwirkungen aus den Temperaturzwängungen enthalten.

Weiterhin sind die Beanspruchungsgrenzen so zu wählen, dass die plastischen Verformungen auf Bereiche geometrischer Diskontinuitäten beschränkt bleiben. Für geometrisch einfache Bauteile (z.B. Rohrleitungen) sind bei dynamischen Belastungen plastische Verformungen des gesamten Querschnitts nur dann zulässig, wenn die dabei auftretenden Dehnungen deutlich unter der Gleichmaßdehnung des Werkstoffs verbleiben. Dabei sind Einflüsse der Mehrachsigkeit, die zu einer Einschränkung der Verformbarkeit führen können, und anderer Effekte, die die auftretenden Dehnungen erhöhen können, zu berücksichtigen.

(3) Bei der Festlegung der Beanspruchungsgrenzen oder der Einwirkungen sind Sicherheitszuschläge gemäß den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ Nummer 3.4 (2) anzusetzen. Außerdem ist Anhang 5, „Anforderungen an die Nachweisführung und Dokumentation“ Nummer 3.2.1 zu berücksichtigen.

2 Sicherheitsbehälter

(1) Für den Sicherheitsbehälter aus Stahl und seine Komponenten ist Vorsorge gegen Versagen durch folgende Mechanismen zu treffen:

- a) elastisches und plastisches Beulen,
- b) globale Verformung,
- c) lokale Verformung bzw. fortschreitende Deformation,
- d) Ermüdung.

(2) Die dabei erforderlichen Sicherheitsabstände für die sich aus den Einwirkungen ergebenden Beanspruchungen sind für die verschiedenen Sicherheitsebenen wie folgt festzulegen:

- a) Die Beanspruchungsgrenzen für Betriebszustände und Ereignisse der Sicherheitsebenen 1 bis 4a und der standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen müssen sicherstellen, dass die Dichtheitsfunktion erhalten bleibt. Die Sicherheitsabstände sind

dabei so zu wählen, dass für alle statischen und dynamischen Belastungen elastisches oder plastisches Beulen nicht auftritt und dass bei allen statischen Belastungen die tragenden Querschnitte bis auf lokal begrenzte Bereiche im Bereich elastischen Werkstoffverhaltens bleiben. Bei zeitlich veränderlichen Belastungen (spezifiziertes Lastkollektiv) sind die Sicherheitsabstände so festzulegen, dass ein Versagen infolge Ermüdung nicht zu unterstellen ist.

b) Für lokale, einmalige Beanspruchungen (z.B. Druckprüfung) sind die Sicherheitsabstände so zu wählen, dass plastische Verformungen auf Teilbereiche des Querschnitts begrenzt bleiben. Die Höhe der zulässigen plastischen Verformungen ist komponenten- und werkstoffspezifisch festzulegen.

(3) Nach Auftreten von Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a oder Einwirkungen von außen sind Bereiche mit rechnerisch ausgewiesenen plastischen Verformungen durch eine qualifizierte Inspektion zu überprüfen. Für die Inspektion sind nachvollziehbare Bewertungsmerkmale festzulegen.

(4) Für einen Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton sind die Prinzipien der Auslegung, der zu verwendenden Sicherheitsbeiwerte sowie der Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit gemäß DIN 25449 Ausgabe 2008-02 zu befolgen.

3 Beanspruchungsgrenzen für Sicherheitssysteme

Für Sicherheitssysteme einschließlich des Sicherheitsbehälters müssen für die Einwirkungen aus den Ereignissen, für deren Beherrschung sie vorgesehen sind, die heranzuziehenden Beanspruchungsgrenzen mit den jeweiligen Anforderungen an deren Zuverlässigkeit und die Funktion aktiver Komponenten kompatibel sein.

Hinweis:

Entsprechende Hinweise sind in den Fußnoten der Tabelle in Anhang 2, Anlage 1 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ enthalten.