



Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH



-Textmodul -

„Sicherheitsanforderungen für
Kernkraftwerke:

Anforderungen an die
Auslegung des Reaktorkerns"

ENTWURF

Revision B

SR 2475

Ergebnisse Team 2



Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH



- Textmodul -

„Sicherheitsanforderungen für
Kernkraftwerke:
Anforderungen an die Auslegung
des Reaktorkerns“

Revision B

ENTWURF

Dieser Bericht ist im Auftrag des
BMU im Rahmen des Vorhabens
SR 2475 erstellt worden. Die Arbei-
ten des Vorhabens SR 2475 wer-
den in Teams durchgeführt. Der
vorliegende Bericht gibt die gemein-
samen Arbeitsergebnisse des
Teams 2 „Kernauslegung“ wieder.

Die Mitglieder des Teams 2 sind:

R. Donderer, Teamleiter, PHB
Dr. H. Glaeser, GRS
Dr. S. Langenbuch, GRS
Dr. H.-G. Sonnenburg, GRS

Mitarbeit von:
M. Brettner, PHB
O. Schumacher, PHB

September 2006

Auftrags-Nr.: 813071

Anmerkung:

Der Auftraggeber behält sich alle
Rechte vor. Insbesondere darf die-
ser Bericht nur mit seiner Zu-
stimmung zitiert, ganz oder teilwei-
se vervielfältigt werden bzw. Dritten
zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und
Meinung des Auftragnehmers bzw.
der Unterauftragnehmer wieder und
muss nicht mit der Meinung des
Auftraggebers übereinstimmen.

Vorwort

Im Vorhaben SR 2475 werden zu bisher im kerntechnischen Regelwerk nicht verankerten oder erheblich überarbeitungsbedürftigen Sicherheitsaspekten modularisierte Sicherheitsanforderungen nach Stand von Wissenschaft und Technik als Regeltextmodule im Detaillierungsgrad der „BMI-Sicherheitskriterien“ und „RSK-Leitlinien“ zusammengestellt. Den Sicherheitsanforderungen sind insgesamt 11 Module zugeordnet. Das Zusammenwirken aller Regeltextmodule und der weiteren kerntechnischen Regelungen ist in einem Wegweiser dargestellt.

Zu folgenden Sicherheitsaspekten wurden Regeltextmodule erstellt:

- Modul 1: „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Grundlegende Sicherheitsanforderungen“
- Modul 2: „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an die Auslegung des Reaktorkerns“
- Modul 3: „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“
- Modul 4: „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an die Ausführung der Druckführenden Umschließung,
der drucktragenden Wandung der Äußeren Systeme sowie des Sicherheitseinschlusses“
- Modul 5: „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an Leittechnik (Modul 5, Teil 1)“
„Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an Elektrische Energieversorgung, Störfallinstrumentierung (Modul 5, Teil 2)“
- Modul 6: „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an Nachweisführungen und Dokumentation“
- Modul 7: „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an den anlageninternen Notfallschutz“

- Modul 8 „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an das Sicherheitsmanagement“
- Modul 9 „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an den Strahlenschutz“
- Modul 10 „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an die Auslegung und den sicheren Betrieb von baulichen Anlagenteilen, Systemen und Komponenten“
- Modul 11 „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke:
Anforderungen an die Handhabung und Lagerung der Brennelemente“

Die vorangegangenen Entwürfe der Regeltextmodule Rev. A sind seit September 2005 im Internet (<http://regelwerk.grs.de>) verfügbar und wurden u. a. in Workshops, die vom 23. Januar bis 3. Februar 2006 im BMU durchgeführt wurden, zur Diskussion gestellt.

Alle bis Ende Februar 2006 zur Rev. A der Regeltextmodule eingegangenen Kommentare sowie die Hinweise aus den Workshops wurden bei der Erstellung der Rev. B ausgewertet.

Die vorliegende Unterlage des Regeltextmoduls in der Fassung Rev. B enthält dementsprechend in synoptischer Darstellung die Ergebnisse der Auswertung aller zum Modul 2 „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an die Auslegung des Reaktorkerns“ übermittelten Kommentare und Hinweise aus den Workshops. Zur besseren Lesbarkeit ist Rev. B von Modul 2 in einen Fließtext umgesetzt worden. Rev. B von Modul 2 ist wiederum im Internet unter <http://regelwerk.grs.de> verfügbar.

Gliederung

1. Zielsetzung
2. **GeltungAnwendungsbereich**
3. **Anforderungen an die nukleare Auslegung
(inhärente Sicherheit, Leistung und Leistungsdichte, Reaktivitätsänderungen)**
 - 3.1 Sicherheitsebene 1
 - 3.2 Sicherheitsebene 2
 - 3.3 Sicherheitsebene 3
 - 3.4 Sicherheitsebene 4
4. **Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung**
 - 4.1 Sicherheitsebene 1
 - 4.2 Sicherheitsebene 2
 - 4.3 Sicherheitsebene 3
 - 4.4 Sicherheitsebene 4
5. **Anforderungen an die mechanische Auslegung**
 - 5.1 Sicherheitsebene 1
 - 5.2 Sicherheitsebene 2
 - 5.3 Sicherheitsebene 3
 - 5.4 Sicherheitsebene 4
6. **Anforderungen an die Auslegung der Überwachungs-, Regelungs-, Begren-
zungs- und Abschalteinrichtungen**
 - 6.1 Sicherheitsebene 1
 - 6.2 Sicherheitsebene 2
 - 6.3 Sicherheitsebene 3
 - 6.4 Sicherheitsebene 4
7. **Anforderungen an die Auslegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters**
 - 7.1 Sicherheitsebene 1
 - 7.2 Sicherheitsebene 2
 - 7.3 Sicherheitsebene 3
 - 7.4 Sicherheitsebene 4

Anhang 1 Auslegungsanforderungen für die Brennstabauslegung

Anhang 2 Auslegungsanforderungen für die Auslegung der Brennelement-Struktur

Anhang 3 Auslegungsanforderungen für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|--------------|------------------------|--------------|---|
| 1. | Zielsetzung | | | | 1. | Zielsetzung |
| | Zielsetzung dieses Regeltextes ist die Zusammenstellung der sicherheitstechnischen Anforderungen für die Auslegung und den sicheren Betrieb von Reaktorkernen in Kernkraftwerken. | | | | | Dieser Regeltext enthält die Zielsetzung dieses Regeltextes ist die Zusammenstellung der sicherheitstechnischen Anforderungen an für die Auslegung und den sicheren Betrieb des von Reaktorkernen in Kernkraftwerken. |
| Hinweis | Im Regeltext wird eine Gliederung gewählt, die den verschiedenen Auslegungsbereichen, der nuklearen, der thermohydraulischen und der mechanischen Auslegung, entspricht. Zusätzlich werden die Anforderungen für die Auslegung der Überwachungs-, Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sowie die Anforderungen für die Einbauten des Reaktordruckbehälters im Hinblick auf die Sicherstellung der Abschaltbarkeit und Kühlbarkeit des Reaktorkerns dargestellt. Die sicherheitstechnischen Anforderungen werden ausführungsunabhängig formuliert und den Sicherheitsebenen 1 bis 4 zugeordnet. | | | | Hinweis | Der Regeltext ist nach den Im Regeltext wird eine Gliederung gewählt, die den verschiedenen Auslegungsbereichen, der nuklearen, der thermohydraulischen und der mechanischen Auslegung gegliedert. -entspricht- Zusätzlich werden die Anforderungen für die Auslegung der Überwachungs-, Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sowie die Anforderungen für die Einbauten des Reaktordruckbehälters im Hinblick auf die Sicherstellung der Abschaltbarkeit und Kühlbarkeit des Reaktorkerns dargestellt. Die sicherheitstechnischen Anforderungen werden ausführungsunabhängig formuliert und den Sicherheitsebenen gemäß „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Anforderungen“ (Modul 1) Abschnitt 2.1 1 bis 4 zugeordnet. |
| 2. | Anwendungsbereich | | | | 2. | Geltung Anwendungsbereich |
| | Die im Folgenden dargestellten sicherheitstechnischen Anforderungen gelten für die Auslegung und den Betrieb der folgenden Bauteile von Reaktorkernen in Kernkraftwerken: a) Brennstäbe, b) Brennelemente, c) Einrichtungen zur Überwachung, Regelung, Begrenzung und Abschaltung. Auslegung und Betrieb der sonstigen Kernbauteile sind derart gestaltet, dass die Einhaltung der im Folgenden beschriebenen Anforderungen nicht unzu- | | | | | Die im Folgenden dargestellten sicherheitstechnischen Anforderungen gelten für die Auslegung und den Betrieb der folgenden Bauteile von Reaktorkernen in Kernkraftwerken: a) Brennstäbe, b) Brennelemente, c) Einrichtungen zur Überwachung, Regelung, Begrenzung und Abschaltung. Auslegung und Betrieb der sonstigen Kernbauteile sind derart gestaltet, dass die Einhaltung der im Folgenden dargestellten beschriebenen Anforderungen |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|----------|--|-----------|--------------|--|--------------|--|
| | lässig beeinträchtigt wird. Zudem werden übergeordnete Anforderungen an Einbauten im Reaktordruckbehälter formuliert, die im Hinblick auf die Sicherstellung der Kontrolle der Reaktivität sowie der Kühlung der Brennelemente im Reaktorkern zu beachten sind. | | Team 2 | Streichung, da bereits in obigem Hinweis angeführt. | | nicht unzulässig -beeinträchtigt wird. Zudem werden übergeordnete Anforderungen an Einbauten im Reaktordruckbehälter formuliert, die im Hinblick auf die Sicherstellung der Kontrolle der Reaktivität sowie der Kühlung der Brennelemente im Reaktorkern zu beachten sind. |
| Hinweise | Eine Zusammenstellung der u. a. bei der Kernausslegung zu berücksichtigenden Ereignisse auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a ist in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ enthalten. Die auf den Sicherheitsebenen jeweilig einzuhaltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien sind für die Sicherheitsebenen 2 bis 4a in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ aufgeführt. Anforderungen bezüglich der Handhabung und Lagerung von Kernbauteilen, einschließlich des Brennelementwechsels, sind in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderung an die Handhabung und Lagerung der Brennelemente“ zusammengestellt. | | | | Hinweise | Eine Zusammenstellung der u. a. -bei der Kernausslegung zu berücksichtigenden Ereignisse auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a sowie der jeweilig einzuhaltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien ist in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ (Modul 3) enthalten. Die auf den Sicherheitsebenen jeweilig einzuhaltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien sind für die Sicherheitsebenen 2 bis 4a in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ aufgeführt. Anforderungen bezüglich der Handhabung und Lagerung von Kernbauteilen, einschließlich des Brennelementwechsels, sind in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderung an die Handhabung und Lagerung der Brennelemente“ (Modul 11) zusammengestellt. |
| 3. | Anforderungen an die nukleare Auslegung (inhärente Sicherheit, Leistung und Leistungsdichte, Reaktivitätsänderungen) | | | | 3. | Anforderungen an die nukleare Auslegung (inhärente Sicherheit, Leistung und Leistungsdichte, Reaktivitätsänderungen) |
| 3.1 | Sicherheitsebene 1 | | | | 3.1 | Sicherheitsebene 1 |
| 3.1 (1) | Bei der nuklearen Kernausslegung sind alle Parameter berücksichtigt, die die Reaktivität bzw. Leistung des Kerns oder die lokale Leistungsdichte wesentlich | | Team 2 | Streichung „wesentlich“, da durch den folgenden Halbsatz präzisiert. | 3.1 (1) | Bei der nuklearen Kernausslegung sind alle Parameter berücksichtigt, die die Reaktivität bzw. Leistung des Kerns oder die lokale Leistungsdichte wesentlich |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|--------------|--|--------------|--|
| | beeinflussen, soweit dies zur Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien erforderlich ist. Die Abhängigkeiten dieser Parameter vom Zyklusverlauf sowie die Bandbreiten der im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Änderungen und Schwankungen in den Betriebsparametern sind berücksichtigt. | | | | | beeinflussen, soweit dies zur Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien erforderlich ist. Die Abhängigkeiten dieser Parameter vom Zyklusverlauf sowie die Bandbreiten der im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Änderungen und Schwankungen in den Betriebsparametern sind berücksichtigt. |
| 3.1 (2) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt, dass auf Grund inhärenter reaktorphysikalischer Rückkopplungseigenschaften im Normalbetrieb und bei den auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a betrachteten Ereignissen | | | | 3.1 (2) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt, dass auf Grund inhärenter reaktorphysikalischer Rückkopplungseigenschaften im Normalbetrieb und bei den auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a betrachteten Ereignissen |
| | a) schnelle Reaktivitätsanstiege so weit abgefangen werden, dass im Zusammenwirken mit den übrigen inhärenten Eigenschaften der Anlage und den Abschalteinrichtungen die auf den Sicherheitsebenen jeweils geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden; | | | | | a) schnelle Reaktivitätsanstiege so weit abgefangen werden, dass im Zusammenwirken mit den übrigen inhärenten Eigenschaften der Anlage und den Abschalteinrichtungen die auf den Sicherheitsebenen jeweils geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden; |
| | | | | | | Hinweis: Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffer 4 (3). |
| | b) bei Erhöhung der Brennstofftemperatur eine negative Reaktivitätsrückwirkung gegeben ist; | 510 | TÜV Nord | Bestimmtheit der Begriffe Reaktivität und Reaktivitätskoeffizient: Die Reaktivität ist ein Maß für die Abweichung vom Kritischen Zustand. Ein qualifizierbares Maß für die Reaktivität erst mit der Wahl eines physikalisch mathematischen Modells zum Neutronenhaushalt in einer Spaltstoffführenden Einheit (z.B. einem Reaktorkern (global) oder eines Teils des Reaktorkerns (lokal). Zur Feststellung des | | b) eine bei Erhöhung der Brennstofftemperatur im Reaktorkern eine negative Reaktivitätsrückwirkung hat gegeben ist ; |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|---|--------------|--------------------------------|
| | | | | <p>Vorzeichens für den isolierten Einfluss einer Zustandsgröße auf den Neutronenhaushalt einer Spaltstoffführenden Einheit ist bereits eine solche Modellbildung erforderlich. Der Reaktivitätskoeffizient eines Zustandsparameters ist im Rahmen dieser Modellbildung nichts anderes als der partielle Differentialkoeffizient der Reaktivität für diesen Zustandsparameter. Reaktivität und Reaktivitätskoeffizient sind somit von gleichem Bestimmtheitsgrad (NB: Eine eindeutige Bestimmtheit des Begriffs Reaktivität liegt nur für den hier nicht relevanten Fall $\rho=0$ vor. Die Art und Weise wie der Anwender zu vereinfachenden Modellen für die Reaktivität und die zugehörigen Reaktivitätskoeffizienten kommt, die er für die Überprüfung der Einhaltung einer sicherheitstechnischen Zielstellung einsetzt, sollt im Modul 6 behandelt werden, bzw. ist in den jeweils relevanten KTA-Regeln festgelegt. Ich gehe davon aus, dass hier die isolierte Wirkung einer wie auch immer definierten Zustandsgröße (z.B. reaktivitätsrelevante Brennstofftemperatur) auf eine wie auch immer definierte Reaktivität beschrieben werden soll. Eine derartige isolierte Wirkung ist im Leistungsreaktor deutscher Bauart z.B. für die Brennstofftemperatur grundsätzlich nicht möglich, insbesondere im Falle der vom Team 2 Angesprochenen schnellen „quasi-adiabatischen“ Änderung. Siehe: Steuerelementauswurf: Phase 1: Geometrie + Materialänderung + Neutronenflußänderung führt zu einer Brennstofftemperaturerhöhung verbunden mit einem Reaktivitätsanstieg; Phase 2: Brennstofftemperaturerhöhung</p> | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--|-----------|------------------|---|--------------|---|
| | | | | <p>+ Kühlmitteltemperaturerhöhung + Φ - Änderung (bei geänderter Geometrie) führt zu einer Reaktivitätsverringering; Phase 3: T_B – Absenkung + T_{KM}- Erhöhung + Φ - Änderung führt zu einer Reaktivitätsverringering</p> <p>Ich empfehle z.B. den Begriff „Erhöhung der Brennstofftemperatur“ durch den Begriff „<u>alleinige</u> Erhöhung der Brennstofftemperatur“ zu ersetzen oder eine adäquate Formulierung mit Bezug auf den Reaktivitätskoeffizienten der Brennstofftemperatur zu wählen.</p> <p>Team 2: Der Kommentar antwortet auf die Ausführungen von Team 2 im Zuge der Überarbeitung von Modul 2 zur Rev. A. Die vorgebrachten Argumente sind nachvollziehbar. Die Formulierung wird geändert, um der Argumentation des Kommentars Rechnung zu tragen und die gewünschte Anforderung präziser herauszuarbeiten. Die vorgeschlagene Formulierung „<u>alleinige</u> Erhöhung der Brennstofftemperatur“ wird nicht übernommen, da die Vorgehensweise bei der Kernausslegung aus der Aufzählung der isoliert zu betrachtenden Effekte u. E. deutlich genug wird.</p> | | |
| | c) bei Zunahme des Dampfblasengehaltes im Reaktorkern eine negative Reaktivitätsrückwirkung gegeben ist; | 530, 544 | VGB AK Regelwerk | In Kombination mit 3.1 (2d): Die neutronenphysikalischen Auswirkungen der Zunahme des Dampfblasengehalts bzw. die der Abnahme der Kühlmitteldichte sind gleich. Hierauf wurde im VGB-Kommentar bereits hingewiesen. Die Begründung für die Beibehaltung der unterschiedlichen Behandlung durch Team 2 ist nicht nachvollziehbar. Bei | | c) eine bei Zunahme des Dampfblasengehalts im Reaktorkern eine negative Reaktivitätsrückwirkung hatgegeben ist ; |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|----------|--|-----------|------------------|--|--------------|---|
| | | | | einer unterschiedlichen Behandlung wäre überall dort, wo ein positiver Dichtekoeffizient zulässig ist, paradoxerweise der damit zwangsläufig auch positive Dampfblasenkoeffizient unzulässig. Vorschlag: c) streichen Team 2: Dem Vorschlag wird nicht gefolgt. Auf Grund der großen Dichtenänderungen, die sich nach Erreichen des Sättigungszustandes des Kühlmittels und damit verbundener Dampfblasenbildung ergeben können, halten wir die gesonderte Betrachtung von Void Effekten weiterhin für gerechtfertigt (insbesondere im Hinblick auf den SWR). Einer mögliche Fehlinterpretation von Anforderung d) wird durch Neuformulierung von 3.1 (3a) entgegengewirkt. | | |
| | d) bei Erhöhung der Kühlmitteltemperatur und/ oder Abnahme der Kühlmitteldichte im Reaktorkern eine negative Reaktivitätsrückwirkung gegeben ist, - beim DWR spätestens bei Erreichen der Nennleistung mit Xenon-Gleichgewicht und - beim SWR spätestens bei Erreichen der Betriebstemperatur. | | | | | d) eine bei Erhöhung der Kühlmitteltemperatur und/ oder eine Abnahme der Kühlmitteldichte im Reaktorkern eine negative Reaktivitätsrückwirkung haben, gegeben ist, - beim DWR spätestens bei Erreichen der Nennleistung mit Xenon-Gleichgewicht und - beim SWR spätestens bei Erreichen der Betriebstemperatur. |
| 3.1 (3a) | Eine vorübergehende positive Reaktivitätsrückwirkung bei Erhöhung der Kühlmitteltemperatur bzw. Abnahme der Kühlmitteldichte vor Erreichen der in Ziffer 3.1 (2d) genannten Zustände ist zulässig, wenn nachgewiesen ist, 1) dass im Normalbetrieb dabei eine stabile Regelung der Reaktorleistung möglich ist und 2) dass bei Berücksichtigung der daraus | 530, 544 | VGB AK Regelwerk | Wenn bei Nennbetrieb eine negative Rückwirkung gewährleistet ist, ist eine positive Rückwirkung immer nur schwach und auf einen kurzen Zeitbereich (siehe 3.1(2d)) am Zyklusanfang (Anfahren) begrenzt. Die Forderung, die Beherrschung von ATWS- Fällen auch für diesen Zeitbereich nachzuweisen, ist unangemessen und international unüblich. ATWS- Fälle haben eine extrem geringe | 3.1 (3a) | Eine vorübergehende positive Reaktivitätsrückwirkung bei Erhöhung der Kühlmitteltemperatur bzw. Abnahme der Kühlmitteldichte (ohne bzw. mit nur geringfügiger Zunahme des Dampfblasengehalts) vor Erreichen der in Ziffer 3.1 (2d) genannten Zustände ist zulässig, wenn nachgewiesen ist, dass -4) dass im Normalbetrieb dabei eine stabile Regelung der Reaktorleistung |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|---|-----------|--------------|--|--------------|---|
| | resultierenden positiven Reaktivitätsrückwirkungen bei den auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a zu betrachtenden Ereignissen die jeweiligen Nachweiskriterien eingehalten werden. | | | <p>Eintrittswahrscheinlichkeit und werden daher aus dem Betriebszustand „Zyklusbeginn, Vollast, Xenon-Gleichgewicht“ heraus betrachtet. Dies entspricht der RSK-Formulierung in ihrer Stellungnahme vom 07.07.2005, nach der „als Anfangszustand ... vom quasistationären Leistungsbetrieb im ungünstigsten Zykluszeitpunkt auszugehen“ ist und fällt damit nicht unter den in 3.1(2d) bestimmten Zeitrahmen. Deshalb ist der Bezug zu Sicherheitsebene 4a im Abschnitt 3.1(3a) 2) zu streichen.</p> <p>Team 2: Die Bewertung, dass die Forderung nach Beherrschung des ATWS in diesem Zeitbereich „unangemessen“ sein soll, teilen wir nicht. Es ist unklar welcher Maßstab für die „Angemessenheit“ hier angelegt wird und woraus sich dieser ableitet. Ein international einheitliches Vorgehen ist bezüglich des ATWS nicht festzustellen. Daher wird der Bezug zur Sicherheitsebene 4a beibehalten. Die Formulierung der RSK Stellungnahme wonach „als Anfangszustand ... vom quasistationären Leistungsbetrieb im ungünstigsten Zykluszeitpunkt auszugehen“ ist, bedeutet nicht, dass das stationäre Xenon GG zu unterstellen wäre. Verständnis ist vielmehr, dass nur die Phase der Leistungserhöhung während des Anfahrens nicht betrachtet werden muss. Sobald die angestrebte Leistung erreicht ist, ist der Zustand des „quasistationären Leistungsbetriebs“ erreicht. Die Ergänzung „ohne bzw. mit nur geringfügiger Zunahme des Dampfblasengehalts“ wurde aus Konsistenzgründen im Hinblick auf die Anforderung 3.1 (2) d)</p> | | möglich ist und -2) dass -bei Berücksichtigung der daraus resultierenden positiven Reaktivitätsrückwirkungen bei den auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a zu betrachtenden Ereignissen die jeweiligen Nachweiskriterien eingehalten werden. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|----------|---|-----------|------------------|---|--------------|---|
| | | | | eingefügt. | | |
| 3.1 (3b) | Kernbereiche, in denen lokale Dampfblasenzunahmen oder lokale Temperaturerhöhungen bzw. Dichteabnahmen rechnerisch zu positiven Rückwirkungen führen, sind ausgewiesen. Die sicherheitstechnischen Bedeutung derartiger Rückwirkungen ist bewertet. | 530 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Diese Anforderung ist unverständlich. Welche Nachweise sollen geführt werden? Es ist sicher nicht sinnvoll, die Auswirkungen von fiktiven lokalen Änderungen von Temperatur oder Dichte auf die Reaktivität des Reaktors rechnerisch ohne Berücksichtigung der Ursache solcher Änderungen zu untersuchen. Lokale Änderungen der Temperatur und Dichte, die sich als Folge von Änderungen von Reaktorparametern wie Leistung oder Kühlmitteltemperatur ergeben, werden per se von stationären und transienten Reaktorrechnungen erfasst. Dadurch sind Auswirkungen solcher lokalen Änderungen bereits in den Nachweisen berücksichtigt. Vorschlag: ersatzlos streichen</p> <p>Team 2: Die Reaktivitätsrückwirkungen der in Ziffer 3.1 (2) c) und d) genannten Effekte müssen u. E. auch lokal bekannt und, sofern positiv, diesbezüglich bewertet werden. Dazu gehört auch eine Bewertung, welche Kenntnis über die räumliche Auflösung erforderlich ist. Dies gehört zu einer sachgerechten Auslegung. Als Ergebnis der Bewertung kann der „fiktive“ Charakter der lokalen Effekte festgestellt werden, ein genereller Verzicht auf diese Anforderung folgt daraus jedoch nicht. Auf die Aussage, dass lokale Änderungen „per se von den stationären und transienten Reaktorrechnungen erfasst“ und damit in den Nachweisen berücksichtigt sind, ist zu entgegnen, dass die stationären und insbesondere die transienten Rechnungen nur Reaktivitätsrückwirkungen für bestimmte vorge-</p> | 3.1 (3b) | Kernbereiche, in denen analytisch ermittelte lokale Dampfblasenzunahmen, oder lokale Kühlmittel Temperaturerhöhungen oder bzw. lokale Kühlmittel Dichteabnahmen rechnerisch zu positiven Rückwirkungen führen, sind ausgewiesen. Die sicherheitstechnische a Bedeutung derartiger Rückwirkungen ist bewertet. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|--|--------------|--------------------------------|
| | | | | gebene Betriebszustände oder Ereignisse erfassen. Die ermittelten Reaktivitätsänderungen sind somit an konkrete Ereignisse und die mit diesen Ereignissen jeweils verbundenen integralen Änderungen des Moderationsverhältnisses gekoppelt. In 3.1 (3b) wird jedoch ein anderer Ansatz gewählt: Reaktivitätseffekte lokaler Zustandsänderungen sollen zunächst ereignisunabhängig quantifiziert werden. Sofern sich Bereiche mit positiven Rückwirkungen ergeben, sollte dies dann Ausgangspunkt sein, um gezielt zu bewerten, ob Ereignisse bzw. spezifische Ereignisrandbedingungen möglich sind, bei denen entsprechende lokale Effekte in signifikanter Art und Weise zum Tragen kommen können. | | |
| | | 511 | TÜV Nord | Grundsätzlich wirken alle die hier angesprochenen Effekte wie Dampfblasenzunahme, Temperaturerhöhung, Dichteabnahme nicht nur direkt auf den Neutronenhaushalt und damit auf die lokale Reaktivität, in dem sie die elementaren Prozesse wie Thermalisierung, Neutroneneinfang etc. am Ort ihres Eintretens beeinflussen, sondern auch <u>indirekt</u> über die Änderung der Leistungsverteilung im <u>gesamten</u> Kern. Bei jedem dieser Prozesse wird es daher für fast alle Fälle Kernbereiche geben, die zu einer Erhöhung der diesen Bereich zugeordneten Reaktivität geben! Die Anforderung, dass alle Kernbereiche (rechnerisch ermittelt) mit erhöhter Reaktivität (lokal) auszuweisen sind und erst auf dieser Basis eine sicherheitstechnische Bedeutung bewertet wird, ist nicht an sicherheitstechnischen Anforderungen orientiert. Viele | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|--|--------------|--------------------------------|
| | | | | <p>Fälle sind ohne rechnerische Ausweisung von individuellem Kernbereichen (z.B. Steuerelementeinfall, abbrandbezogene Umverteilung etc. jeweils mit Temperaturänderungen verbunden) bereits vorab auszunehmen. Die Formulierung sollte daher überdacht werden. Vorschlag: Die sicherheitstechnische Bedeutung lokaler Reaktivitätseffekte infolge lokaler Dampfblasenzunahme oder lokaler Temperaturerhöhung bzw. Dichteabnahme ist zu bewerten.</p> <p>Team 2: Die Aussage „Bei jedem dieser Prozesse wird es daher für fast alle Fälle Kernbereiche geben, die zu einer Erhöhung der diesen Bereich zugeordneten Reaktivität geben“ ist nicht verständlich. Es ist u. E. unabhängig davon nicht zielführend, darüber zu spekulieren, ob es solche Kernbereiche geben wird oder nicht. Eine sachgerechte Auslegung muss lokale positive Effekte kennen und diese bewerten. Bei dieser Bewertung wird auch darauf Bezug zu nehmen sein, inwiefern ggf. identifizierte lokale Effekte „ereignisrelevant“ sein können. Dem Ansatz, wie er im Kommentar durchscheint, die Nachweise bei der inhärenten Kernausslegung ausschließlich auf die definierten zu betrachtenden Ereignisse zu verlagern, sollte u. E. nicht gefolgt werden. Ein solcher Ansatz verlagert die Absicherung hinsichtlich der inhärenten Kernausslegung ausschließlich auf die Ereignisliste, was u. E. nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Dem Textvorschlag wird nicht gefolgt. Eine Anforderung, generell die Bedeutung von lokalen Effekten zu bewerten, ohne</p> | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|-------------------|---|--------------|---|
| | | | | zu konkretisieren, dass solche Effekte, sofern überhaupt vorhanden, zunächst kernspezifisch zu bestimmen (hinsichtlich Raum und Wert) sind, ist nicht zielführend. | | |
| | | 623 | Lisdat E.ON KK | <p>Unsere Schwierigkeit war ganz schlicht: Welche lokalen Effekte stellt man sich hier vor? Sollen wir da in irgendeiner Berechnung künstlich irgendwo einen lokalen Void erzeugen durch Annahmen und die Reaktivitätsrückwirkungen untersuchen? Das wäre für mich ziemlicher Unsinn. Wo soll die lokale Dichteänderung herkommen? Das Wort „rechnerisch“ hat mich da auch ein bisschen gestört. Wenn wir natürlich einen gewissen Void bekommen wollen bei der Nachweisführung über den Kern, infolge der Leistungsentwicklung im Kern, dann berücksichtigen wir den natürlich, die Rückwirkung auf die Reaktivität, das tun wir heute schon. Und das war uns jetzt unklar. Welche Dichteänderungen sollen hier eigentlich unterstellt werden und wo kommen sie her? Das war das Problem, was wir nicht verstanden haben.</p> <p>Team 2: Siehe Antworten auf die vorhergehenden Kommentare.</p> | | |
| 3.1 (4) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors | | | | 3.1 (4) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors |
| | a) alle betrieblichen Parameter, die die Reaktivität, die Reaktorleistung oder die lokale Leistungsdichte hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, zuverlässig | | | | | a) alle betrieblichen Parameter, die die Reaktivität, die Reaktorleistung oder die lokale Leistungsdichte hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, zu- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|------------------|--|--------------|--|
| | überwacht werden können; | | | | | verlässig überwacht werden können; |
| | b) eine stabile Regelung der Leistung und der Leistungsdichteverteilung gegeben ist, auch im Hinblick auf die Auswirkungen von Xenon-Umverteilungen; | 544 | VGB AK Regelwerk | Siehe Kommentar zu 6.1(2); keine Forderung nach einer <u>Regelungseinrichtung</u> Team 2: Einrichtungen werden hier nicht gefordert, sondern eine stabile Regelung. Wie dieses zu bewerkstelligen ist, wird hier nicht gefordert. | | b) eine stabile Regelung der Leistung und eine stabile der Leistungsdichteverteilung gegeben sind ^{ist} , auch im Hinblick auf die Auswirkungen von Xenon-Umverteilungen; |
| | c) Änderungen in der Reaktivität, Leistung oder lokalen Leistungsdichte kontrolliert erfolgen; | | | | | c) Änderungen in der Reaktivität, Leistung oder lokalen Leistungsdichte kontrolliert erfolgen; |
| | d) die reaktorphysikalischen Randbedingungen eingehalten werden, die der thermohydraulischen und mechanischen Kerauslegung, der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sowie der Auslegung des Reaktordruckbehälters und seiner Einbauten zu Grunde gelegt sind; | | | | | d) die reaktorphysikalischen Randbedingungen eingehalten werden, die der thermohydraulischen und mechanischen Kerauslegung, der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sowie der Auslegung des Reaktordruckbehälters und seiner Einbauten zu Grunde gelegt sind; |
| | e) im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen diejenigen nuklearen Parameter, die Einfluss auf die Nachweisführungen auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a haben, innerhalb der Bandbreite bleiben, für die die Beherrschung der Ereignisse nachgewiesen wurde. | | | | | e) im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen diejenigen nuklearen Parameter, die Einfluss auf die Nachweisführungen auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a haben, innerhalb der Bandbreite bleiben, für die die Beherrschung der Ereignisse nachgewiesen wurde. |
| 3.1 (5) | Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass innerhalb des Normalbetriebskennfeldes keine ungedämpften Leistungsdichteschwingungen auftreten (siehe auch Ziffer 4.1 (3)). | 544 | VGB AK Regelwerk | Nach Team 2-Kommentar ist Reaktor im anomalen Betrieb, wenn ungedämpfte Schwingung auftritt. Team 2: Dies ist richtig. Ungedämpfte Schwingungen (Schwingungen mit einem Abklingverhältnis ≥ 1) des Neutronenflusses gehören nicht in den Normalbetrieb. Ansonsten bräuchte es keiner Begren- | 3.1 (5) | Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass innerhalb des Normalbetriebskennfeldes keine ungedämpften Leistungsdichteschwingungen auftreten (siehe auch Ziffer 4.1 (3)). |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|--|--------------|--|
| | | | | zungsmaßnahmen (wie bspw. Pulk- Ein-fahren. | | |
| 3.1 (6) | Die zyklusspezifischen Auslegungsrech-nungen zu den reaktorphysikalischen Eigenschaften des Kerns werden anhand von festzulegenden Messprogrammen sowie anhand von anfallenden Kernüber-wachungsdaten überprüft. Es ist spezifiziert, wie im Falle signifikan-ter Abweichungen von Rechnung und Messung zu verfahren ist. | 544 | VGB AK Regelwerk | Der Begriff „spezifizieren“ ist vorbesetzt. Vorschlag: „Es ist zu spezifizieren fest-zulegen , wie im Falle signifikanter Abwei-chungen von Rechnung und Messung zu verfahren ist.“ Team 2: Dem Vorschlag wird gefolgt. | 3.1 (6) | Die zyklusspezifischen Auslegungsrech-nungen zu den reaktorphysikalischen Eigenschaften des Kerns werden anhand von fest gelegten Messprogrammen sowie anhand von anfallenden Kernüber-wachungsdaten überprüft. Es ist festgelegt spezifiziert , wie im Falle signifikanter Abweichungen zwischen von Rechnung und Messung zu verfahren ist. |
| 3.1 (7) | Bei einer langfristigen Störung - der Überwachung der Leistungsdich-teverteilung oder - der Leistungsdichteverteilung oder - einer Beeinträchtigung der Wirksam-keit von Reaktivitätsstellgliedern sind die davon betroffenen sicherheitsre-levanten Festlegungen für den Normalbe-trieb (Sicherheitsebene 1) und für die Ansprechwerte von Begrenzungs- bzw. Schutzmaßnahmen (Sicherheitsebenen 2 bzw. 3) der gestörten Situation angepasst oder es sind andere Maßnahmen spezifi-ziert. | 544 | VGB AK Regelwerk | Der Begriff „spezifizieren“ ist vorbesetzt. Vorschlag: „... gestörten Situation anzu-passen oder es sind andere Maßnahmen zu spezifizieren festzulegen.“ Team 2: Dem Vorschlag wird gefolgt. | 3.1 (7) | Bei einer anhaltenden langfristigen Stö-rung - der Überwachung der Leistungsdich-teverteilung oder - der Leistungsdichteverteilung oder - einer Beeinträchtigung der Wirksam-keit von Reaktivitätsstellgliedern sind die davon betroffenen sicherheitsre-levanten Festlegungen für den Normalbe-trieb (Sicherheitsebene 1) und für die Ansprechwerte von Begrenzungs- bzw. Schutz einrichtungen maßnahmen (Si-cherheitsebenen 2 bzw. 3) der gestörten Situation angepasst oder es sind andere Maßnahmen festgelegt spezifiziert . |
| 3.2 | Sicherheitsebene 2 | | | | 3.2 | Sicherheitsebene 2 |
| | | 505 | FANP | Zuordnung von Inhalten/Anforderungen zu Modulen unlogisch, (z.B. EF- Konzept in M10 statt M1), z.T. fehlt roter Faden in Modulen (z.B. M2/3.2). Team 2: Ohne Konkretisierung ist dieser Kommentar nicht verständlich. | | |
| 3.2 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Si-cherheitsebene 2 betrachteten Ereignis- | | | | 3.2 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Si-cherheitsebene 2 betrachteten Ereignis- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|--|-----------|--------------------------|--|--------------|--|
| | sen | | | | | sen |
| | a) alle für die Ereignisbeherrschung relevanten Änderungen in der Reaktivität, Leistung oder lokalen Leistungsdichte mittels der sie bestimmenden betrieblichen Parameter ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können; | 624 | Mitglieder Ad-hoc AG AST | Diese Formulierung ist unverständlich, da sich diese Änderungen nicht über die Messung von Parametern feststellen lassen. Eine zutreffende Formulierung ist 3.1(4) a). Team 2: Kommentar berücksichtigt. | | a) alle für die Ereignisbeherrschung relevanten Änderungen der betrieblichen Parameter, die die in der Reaktivität, Leistung oder lokalen Leistungs- dichte beeinflussen, mittels der sie bestimmenden betrieblichen Parameter ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können, sofern dies für die Ereignisbeherrschung erforderlich ist; |
| | b) im Zusammenwirken mit den Kühlsystemen und den Maßnahmen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte die Anforderungen an die Auslegung der Kernbauteile gemäß Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) sowie die für die Sicherheitsebene 2 geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. | 544 | VGB AK Regelwerk | Siehe Kommentar zu 5.1 Team 2: Die Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) wurden beibehalten. Daher keine Textänderung. | | b) im Zusammenwirken mit den Kühlsystemen und den Einrichtungen Maß- nahmen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte die Anforderungen an die Auslegung der Kernbauteile gemäß Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) sowie die für die Sicherheitsebene 2 geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. |
| 3.2 (2) | Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass bei den auf der Sicherheitsebene 2 betrachteten Ereignissen ggf. auftretende ungedämpfte globale oder regionale Leistungsdichteschwingungen im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen soweit begrenzt werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 2 eingehalten werden. | | | | 3.2 (2) | Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass bei den auf der Sicherheitsebene 2 betrachteten Ereignissen ggf. auftretende ungedämpfte globale oder regionale Leistungsdichteschwingungen im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen soweit begrenzt werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 2 eingehalten werden. |
| 3.3 | Sicherheitsebene 3 | | | | 3.3 | Sicherheitsebene 3 |
| 3.3 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 betrachteten Ereignissen | | | | 3.3 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 betrachteten Ereignissen |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|---|-----------|--------------|--|--------------|--|
| | a) alle für die Störfallbeherrschung relevanten Änderungen in der Reaktivität, Leistung oder lokalen Leistungsdichte mittels der sie bestimmenden betrieblichen Parameter ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können; | | Team 2 | Redaktionelle Anpassung – siehe 3.2 (1) a). | | a) alle für die Ereignisbeherrschung relevanten Änderungen der betrieblichen Parameter, die die in der Reaktivität, Leistung oder lokale n Leistungsdichte beeinflussen, mittels der sie bestimmenden betrieblichen Parameter ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können, sofern dies für die Ereignisbeherrschung erforderlich ist ; |
| | b) die maximale Wirksamkeit von Steuerelementen bzw. Steuerstäben im Hinblick auf die störfallbedingt maximal zulässige Reaktivitätszufuhr begrenzt wird; | | Team 2 | Ziffer entbehrlich, da über die in Modul 3 definierten Ereignisse erfasst. | | b) die maximale Wirksamkeit von Steuerelementen bzw. Steuerstäben im Hinblick auf die störfallbedingt maximal zulässige Reaktivitätszufuhr begrenzt wird; |
| | c) die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. | | | | | b e) die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. |
| 3.3 (2) | Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns sichergestellt, dass bei Störfällen ggf. auftretende ungedämpfte globale oder regionale Leistungsdichteschwingungen im Zusammenwirken mit den Sicherheitseinrichtungen soweit beherrscht werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 3 eingehalten werden. | | | | 3.3 (2) | Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns sichergestellt, dass bei Störfällen ggf. auftretende ungedämpfte globale oder regionale Leistungsdichteschwingungen im Zusammenwirken mit den Sicherheitseinrichtungen soweit beherrscht werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 3 eingehalten werden. |
| 3.4 | Sicherheitsebene 4 | | | | 3.4 | Sicherheitsebene 4 |
| 3.4 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt, dass bei Ereignissen mit unterstelltem Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (Sicherheitsebene 4a) durch eine ausreichend negative Reaktivitätsrückwirkung die Leistung begrenzt bzw. ausreichend schnell abgesenkt wird, so dass die sicherheitstechnischen Nachweisziele | | | | 3.4 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt, dass bei Ereignissen mit unterstelltem Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (Sicherheitsebene 4a) durch eine ausreichend negative Reaktivitätsrückwirkung die Leistung begrenzt bzw. ausreichend schnell abgesenkt wird, so dass die sicherheitstechnischen Nachweisziele |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|--------------|------------------------|--------------------|---|
| | <p>a) Erhalt einer kühl- und abschaltbaren Geometrie des Reaktorkerns sowie</p> <p>b) Erhalt der Integrität der druckführenden Umschließung</p> <p>und die für diese Ereignisse geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden.</p> | | | | | <p>a) Erhaltung einer abschalt- und kühl- und abschaltbaren Geometrie des Reaktorkerns sowie</p> <p>b) Erhaltung der Integrität der druckführenden Umschließung</p> <p>und die für diese Ereignisse geltenden Nachweiskriterien gemäß den „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ (Modul 3) eingehalten werden.</p> |
| Hinweis | Im internationalen Sprachgebrauch als ATWS Ereignisse bezeichnet: Anticipated Transient without Scram. | | | | Hinweis | Im internationalen Sprachgebrauch als ATWS Ereignisse bezeichnet: Anticipated Transient without Scram. |
| 3.4 (2) | Die Anforderungen der Ziffer 3.4 (1) werden auch bei ggf. infolge von Ereignissen mit Ausfall der Reaktorschnellabschaltung auftretenden ungedämpften Leistungsdichteschwingungen (SWR) im Zusammenwirken mit den Einrichtungen zur Leistungsabsenkung eingehalten. | | | | 3.4 (2) | Die Anforderungen der Ziffer 3.4 (1) werden auch bei ggf. infolge von Ereignissen mit Ausfall der Reaktorschnellabschaltung auftretenden ungedämpften Leistungsdichteschwingungen (SWR) im Zusammenwirken mit den Einrichtungen zur Leistungsabsenkung eingehalten. |
| 4. | Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung | | | | 4. | Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung |
| 4.1 | Sicherheitsebene 1 | | | | 4.1 | Sicherheitsebene 1 |
| 4.1 (1) | <p>Bei der thermohydraulischen Kernausslegung sind alle Parameter berücksichtigt, die die Kühlung der Brennelemente wesentlich beeinflussen soweit dies zur Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien erforderlich ist.</p> <p>Die Abhängigkeiten dieser Parameter vom Zyklusverlauf sowie die Bandbreiten der im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Änderungen und Schwankun-</p> | | | | 4.1 (1) | <p>Bei der thermohydraulischen Kernausslegung sind alle Parameter berücksichtigt, die die Kühlung der Brennelemente wesentlich beeinflussen, soweit dies zur Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien erforderlich ist.</p> <p>Die Abhängigkeiten dieser Parameter vom Zyklusverlauf sowie die Bandbreiten der im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Änderungen und Schwankun-</p> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|--|--------------|---|
| | gen in den Betriebsparametern sind berücksichtigt. | | | | | gen in den Betriebsparametern sind berücksichtigt. |
| 4.1 (2) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors | | | | 4.1 (2) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors |
| | a) alle betrieblichen Parameter, die die Kühlung der Brennelemente hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, zuverlässig überwacht werden können; | | | | | a) alle betrieblichen Parameter, die die Kühlung der Brennelemente hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, zuverlässig überwacht werden können; |
| | b) Filmsieden (DWR) bzw. Siedeübergang (SWR) nicht auftritt; | | | | | b) Filmsieden (DWR) bzw. Siedeübergang (SWR) nicht auftritt; |
| | c) die thermohydraulischen Randbedingungen eingehalten werden, die der nuklearen und mechanischen Kernausslegung, der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteneinrichtungen, sowie der Auslegung des Reaktordruckbehälters und seiner Einbauten zu Grunde gelegt sind; | | | | | c) die thermohydraulischen Randbedingungen eingehalten werden, die der nuklearen und mechanischen Kernausslegung, der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteneinrichtungen, sowie der Auslegung des Reaktordruckbehälters und seiner Einbauten zu Grunde gelegt sind; |
| | d) im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen diejenigen thermohydraulischen Parameter, die Einfluss auf die Nachweisführungen auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a haben, innerhalb der Bandbreite bleiben, für die die Beherrschung der Ereignisse nachgewiesen wurde. | | | | | d) im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen diejenigen thermohydraulischen Parameter, die Einfluss auf die Nachweisführungen auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a haben, innerhalb der Bandbreite bleiben, für die die Beherrschung der Ereignisse nachgewiesen wurde. |
| 4.1 (3) | Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass innerhalb des Normalbetriebskennfeldes keine ungedämpften Leistungsdichteschwingungen auftreten (siehe auch Ziffer 3.1 | 544 | VGB AK Regelwerk | Nach Team 2-Kommentar ist Reaktor im anomalen Betrieb, wenn ungedämpfte Schwingung auftritt Team 2: Dies ist richtig. Ungedämpfte Schwingungen (Schwingungen mit einem | 4.1 (3) | Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass innerhalb des Normalbetriebskennfeldes keine ungedämpften Leistungsdichteschwingungen auftreten (siehe auch Ziffer 3.1 (5)). |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|---|--------------|---|
| | (5)). | | | Abklingverhältnis ≥ 1) des Neutronenflusses gehören nicht in den Normalbetrieb. Ansonsten bräuchte es keiner Begrenzungsmaßnahmen (wie bspw. Pulk-Einfahren. | | |
| 4.1 (4) | Die zyklusspezifischen Auslegungsrechnungen zu den thermohydraulischen Eigenschaften des Kerns werden anhand von festzulegenden Messprogrammen sowie anhand von anfallenden Kernüberwachungsdaten überprüft. Es ist spezifiziert, wie im Falle signifikanter Abweichungen von Rechnung und Messung zu verfahren ist. | 544 | VGB AK Regelwerk | Der Begriff „spezifizieren“ ist vorbesetzt. Vorschlag: „Es ist zu spezifizieren festzulegen, wie im Falle signifikanter Abweichungen von Rechnung und Messung zu verfahren ist.“ Team 2: Dem Vorschlag wird gefolgt. | 4.1 (4) | Die zyklusspezifischen Auslegungsrechnungen zu den thermohydraulischen Eigenschaften des Kerns werden anhand von festgelegten Messprogrammen sowie anhand von anfallenden Kernüberwachungsdaten überprüft. Es ist festgelegt spezifiziert, wie im Falle signifikanter Abweichungen zwischen von Rechnung und Messung zu verfahren ist. |
| 4.2 | Sicherheitsebene 2 | | | | 4.2 | Sicherheitsebene 2 |
| 4.2 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 2 betrachteten Ereignissen | | | | 4.2 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 2 betrachteten Ereignissen |
| | a) alle für die Ereignisbeherrschung relevanten Änderungen in der Kühlung der Brennelemente mittels der sie bestimmenden betrieblichen Parameter ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können; | | Team 2 | Redaktionelle Anpassung – siehe 3.2 (1) a). | | a) alle für die Ereignisbeherrschung relevanten Änderungen der betrieblichen Parameter, die die in der Kühlung der Brennelemente beeinflussen, mittels der sie bestimmenden betrieblichen Parameter ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können, sofern dies für die Ereignisbeherrschung erforderlich ist; |
| | b) im Zusammenwirken mit dem Kühlsystem und den Maßnahmen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte die Anforderungen an die Auslegung der Kernbauteile (siehe Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5)) sowie die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. | 544 | VGB AK Regelwerk | Siehe Kommentar zu 5.1 Team 2: Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) wurden beibehalten. Daher keine Textänderung | | b) im Zusammenwirken mit dem Kühlsystem und den Einrichtungen Maßnahmen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte die Anforderungen an die Auslegung der Kernbauteile (siehe Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5)) sowie die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweis- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|--|------------|---------------------|--|--------------|---|
| | | | | | | kriterien eingehalten werden. |
| 4.3 | Sicherheitsebene 3 | | | | 4.3 | Sicherheitsebene 3 |
| 4.3 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 betrachteten Ereignissen | | | | 4.3 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 betrachteten Ereignissen |
| | a) alle für die Störfallbeherrschung relevanten Änderungen in der Kühlung der Brennelemente mittels der sie bestimmenden betrieblichen Parameter ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können; | | Team 2 | Redaktionelle Anpassung – siehe 3.2 (1) a). | | a) alle für die Ereignisbeherrschung relevanten Änderungen der betrieblichen Parameter, die die in der Kühlung der Brennelemente beeinflussen, mittels der sie bestimmenden betrieblichen Parameter ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können, sofern dies für die Ereignisbeherrschung erforderlich ist ; |
| | b) die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. | | | | | b) die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. |
| 4.3 (2) | Es ist sichergestellt, dass im Sumpfbetrieb die Wärmeabfuhr aus dem Kern nicht durch Materialeintrag unzulässig beeinträchtigt wird. Es ist nachgewiesen, dass eine Dampfausströmung aus dem Kern nicht stattfindet. | 530 544 | VGB AK Regelwerk | Die Forderung, dass nachzuweisen ist, dass eine Dampfausströmung aus dem Kern nicht stattfindet, beruht offenbar, wie dem Kommentar von Team 2 zu entnehmen ist, auf einem logisch unzulässigen Umkehrschluss aus einer RSK- Stellungnahme. In dieser wird festgestellt, dass eine gesicherte Wärmeabfuhr gegeben ist, wenn es nicht zu einer Dampfausströmung aus dem Kern kommt. Dies heißt nicht, dass der Nachweis der gesicherten Wärmeabfuhr nicht auch auf anderem Weg erbracht werden kann. Dieses lediglich vorgelagerte Nachweisziel gehört nicht in das übergeordnete Regelwerk, führt zur Irritation und ist ersatzlos zu streichen. | 4.3 (2) | Es ist sichergestellt, dass im Sumpfbetrieb die Wärmeabfuhr aus dem Kern nicht durch Materialeintrag unzulässig beeinträchtigt wird. Es ist nachgewiesen, dass eine Dampfausströmung aus dem Kern nicht stattfindet. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|--|-----------|------------------|---|--------------------|--|
| | | | | Team 2: Dem Kommentar wird gefolgt, da an dieser Stelle nur das Nachweisziel vorgegeben werden muss. | | |
| | | 535 | UM BW | Auch gehen eine Reihe von Formulierungen über das Ziel hinaus und implizieren so unnötig hohe Anforderungen, z.B. Rekritikalität unter keinen Umständen auch nicht bei Reflux-Condenser oder das Verbot von Ausströmen von Dampf aus dem Kern bei KMV. Team 2: Siehe Antwort auf vorhergehenden Kommentar. Im übrigen lässt sich der Kommentar, wonach abseits der beiden genannten konkreten Beispiele „eine Reihe von Formulierungen“ über das Ziel hinaus gingen, mangels konkreter Spezifikation der entsprechenden Stellen nicht bearbeiten. | | |
| 4.4 | Sicherheitsebene 4 | | | | 4.4 | Sicherheitsebene 4 |
| Hinweis | Für die Sicherheitsebene 4 ergeben sich keine über die in den Ziffern 3.4 genannten hinausgehenden Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung des Reaktorkerns. | | | | Hinweis | Für die Sicherheitsebene 4 bestehen keine Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung des Reaktorkerns, die über die in Abschnitt 3.4 genannten Anforderungen hinausgehen. Für die Sicherheitsebene 4 ergeben sich keine über die in Abschnitt 3.4 genannten hinausgehenden Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung des Reaktorkerns. |
| 5. | Anforderungen an die mechanische Auslegung | | | | 5. | Anforderungen an die mechanische Auslegung |
| 5.1 | Sicherheitsebene 1 | | | | 5.1 | Sicherheitsebene 1 |
| | | 544 | VGB AK Regelwerk | Siehe Kommentar zu Ziffer 5.1(3) bis 5.1(5): Vorschlag: „Bei der mechanischen Auslegung der Kernbauteile sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufene“ | 5.1 (1) | Bei der mechanischen Auslegung der Kernbauteile sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen auf die Kernbauteile berücksichtigt, die |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|--------------|---|--------------|--|
| | | | | <p>nen Einwirkungen auf die Kernbauteile zu berücksichtigen, die hinsichtlich der Einhaltung der Auslegungsgrenzen gemäß Ziffern 5.1 (3) bis (5) <u>Nachweisziele</u> sowie der Nachweiskriterien wesentlich sind. Die Abhängigkeiten dieser Einwirkungen vom Zyklusverlauf sind zu berücksichtigen.“</p> <p>Team 2: Bei dem Textvorschlag würde aus Sicht des Teams nicht geregelt, welche Anforderungen an die mechanische Auslegung im Einzelnen auf der SE 1 gelten sollen (in Tabelle 2.1 von Modul 3 sind keine Nachweisziele für die SE 1 festgelegt !). Hierzu müssten u. E. neue Ziffern zur Spezifikation der einzelnen Anforderungen eingefügt werden. Diese müssten den Inhalt der Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) abdecken. Von einer derartigen Umarbeitung des Textes ist abgesehen worden, so dass die Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) beibehalten wurden. Die zugehörigen Anforderungen wurden allerdings in den Anhang verschoben, auf die dann Bezug genommen wird. Da nunmehr auch Defektwahrscheinlichkeiten zugelassen werden (siehe 5.1 (3b) der Rev. B), wird nicht mehr auf Auslegungsgrenzen sondern direkt auf die Anforderungen Bezug genommen. „Sicherheitstechnische Nachweisziele und Nachweiskriterien“ ist eine Standardformulierung, die wie in den Abschnitten 3.1 und 4.1 den Bezug zu Tabelle 2.1 des Moduls 3 herstellt. Der Text wurde entsprechend ergänzt. Ansonsten siehe die Antwort unter Ziffer 5.1 (3).</p> | | <p>hinsichtlich der Einhaltung der <u>Anforderungen</u> uslegungsgrenzen gemäß <u>Anhang 1 bis Anhang 3</u> Ziffern 5.1 (3) bis (5) sowie der <u>sicherheitstechnischen Nachweisziele und</u> Nachweiskriterien wesentlich sind. Die Abhängigkeiten dieser Einwirkungen vom Zyklusverlauf sind berücksichtigt.</p> |
| 5.1 (2) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird | 544 | VGB AK | Unklare Formulierung. Vorschlag: „Der | 5.1 (2) | <u>Die Kernbauteile und der aus diesen</u> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|------------|---------------------|---|--------------|--|
| | <p>so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors die anforderungsgerechte Funktionsfähigkeit der Kernbauteile bis zum Ende ihrer Einsatzzeit gegeben ist.</p> <p>Die Kompatibilität der Kernbauteile untereinander ist gegeben.</p> <p>Insbesondere ist sichergestellt, dass keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuer-elementen bzw. Steuerstäben entstehen, die die Kühlbarkeit oder mechanische Abschaltbarkeit des Kerns gefährden.</p> | | Regelwerk | <p>Reaktorkern muss so ausgelegt und betrieben werden, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors die <u>der mechanischen Auslegung der Kernbauteile zugrunde liegenden Randbedingungen eingehalten werden</u>. Die Kompatibilität...“</p> <p>Team 2: Die im Kommentar vorgeschlagene Formulierung definiert eine Anforderung, die explizit bereits durch die Ziffern 3.1 (4) d) und 4.1 (2) c) geregelt ist. In 5.1 (2) wird etwas anderes gefordert, nämlich, dass die Kernbauteile und die damit zusammengesetzten Reaktorkerne so ausgelegt (und betrieben) werden, dass die Kernbauteile bis ans Ende der jeweils für sie vorgesehenen Einsatzzeit intakt und funktionsfähig bleiben. Die eigentliche Anforderung ist hier also die „anforderungsgerechte Funktionsfähigkeit der Kernbauteile bis zum Ende ihrer Einsatzzeit“. Daraus resultiert dann z.B. die konkrete Auslegungsanforderung, dass der Brennstabauslegung Leistungsgeschichten (LG) zu Grunde gelegt werden, die die Belastungen während der Einsatzzeit abdecken und diese der Auslegung zu Grunde gelegten LG durch die einzelnen Kernbeladungen mittels einem geeigneten Aufbau und Betrieb des Kerns eingehalten werden müssen. Die Textergänzung dient der Präzisierung der Anforderung.</p> | | <p>Bauteilen jeweils aufgebaute Der Reaktorkern sind ist so ausgelegt und werden wird so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors die <u>Integrität und die</u> anforderungsgerechte Funktionsfähigkeit der Kernbauteile bis zum Ende ihrer Einsatzzeit gegeben ist. Die Kompatibilität der Kernbauteile untereinander ist gegeben.</p> <p>Insbesondere ist sichergestellt, dass keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuer-elementen bzw. Steuerstäben entstehen, die die Kühlbarkeit oder mechanische Abschaltbarkeit <u>und/oder die Kühlbarkeit</u> des Kerns gefährden.</p> |
| 5.1 (3) | <p>Für die Brennstäbe sind zu folgenden Anforderungen Auslegungsgrenzen, die brennstoff- bzw. werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten:</p> <p>a) Vermeidung von Brennstoffschmel-</p> | 530 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Zu 5.1 (3-5): Der Detaillierungsgrad dieser Anforderungen ist für ein übergeordnetes Regelwerk nicht angemessen. Welche Auslegungsgrenzen definiert werden müssen, ist abhängig von Konstruktionsmerkmalen und Nachweism-</p> | 5.1 (3a) | <p>Für die Brennstäbe sind <u>Sofern der Nachweis der Brennstabintegrität mittels deterministischer Methoden geführt wird, sind zu den in Anhang 1 aufgeführten folgenden</u> Anforderungen Auslegungsgrenzen, die brennstoff- bzw. werkstoff-</p> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|---|-----------|--------------|--|--------------|---|
| | zen, b) Begrenzung der tangentialen Hüllrohr-Gesamtdehnung infolge schneller positiver Leistungsänderung, c) Begrenzung der Wechsellastspannung bei dynamischer Beanspruchung, d) Begrenzung der Druckdifferenz über das Hüllrohr als Folge äußeren Überdrucks, e) Begrenzung der Spannungen im freistehenden Hüllrohr, f) Begrenzung des Brennstab-Innendrucks zur Vermeidung einer unzulässigen thermischen Rückkopplung, g) Begrenzung der plastischen Hüllrohr-Vergleichsdehnung im Zugbereich, h) Begrenzung der Hüllrohr-Oxidschichtdicke bzw. des Defektwahrscheinlichkeitsintegral für die Oxidschichtdicke, i) Begrenzung der Wasserstoff-Aufnahme ins Hüllrohr (unter Beachtung der Verteilung des aufgenommenen Wasserstoffs im Hüllrohr), j) Begrenzung der Tangentialspannung im Hüllrohr (unter Beachtung der Hydrid-Ausrichtung), k) Begrenzung von Abrieb (Fretting), l) Begrenzung der Ablagerung von Korrosionsprodukten (CRUD sowie insbesondere auch reaktivitätsrelevante borhaltige Ablagerungen), m) Begrenzung der Wechselwirkungen zwischen Brennstoff und Hüllrohr zur Vermeidung von PCI/SCC, n) Begrenzungen für weitere Lasten, die sich auf-grund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen ergeben können. | | | <p>thoden. Daher können für verschiedene Brennelementtypen durchaus Unterschiede vorhanden sein. Weiterhin können für einige der genannten Punkte keine Auslegungsgrenzen festgelegt werden wie z. B. Fretting, CRUD, PCI. Im Übrigen ist die Festlegung von Auslegungsgrenzen nur bei der deterministischen Nachweismethode nötig. Wird dagegen der Nachweis mit statistischen Methoden geführt, so kann für den betroffenen Parameter auch eine experimentell ermittelte Defektwahrscheinlichkeit verwendet werden. Diese Vorgehensweise wird z.B. für die Hüllrohrkorrosion bereits seit vielen Jahren erfolgreich praktiziert, wie Team 2 in einem Kommentar selbst feststellt.</p> <p>Team 2: Es ist richtig, dass hier in Modul 2 ein Detaillierungsgrad formuliert wird, wie er üblicherweise in einer KTA Regel vorzufinden ist. Es ist u. E jedoch zweitrangig, auf welcher Ebene des Regelwerks notwendige Anforderungen formuliert werden. Solange es keine KTA Regel zu regelungsbedürftigen Sachverhalten (wie hier trotz seit Jahren bestehenden Beschlusses des KTA zur Erstellung einer KTA 3101.3 der Fall) gibt, ist es daher sachgerecht diese Regelungen an anderer Stelle zu formulieren. Um jedoch die damit verbundene „Schnittstelle“ deutlich zu machen, wird die Aufzählung der einzelnen Anforderungen in Anhang 1 verschoben. Dort wird auch zu den Themen Fretting, CRUD und PCI Stellung genommen (siehe auch die neuen Ziffern 5.1 (8) und 5.1 (12)). Dem Kommentar, wonach die Auslegungsgrenzen abhängig</p> | | spezifisch sein können, festgelegt und eingehalten.: a) Vermeidung von Brennstoffschmelzen; b) Begrenzung der tangentialen Hüllrohr-Gesamtdehnung infolge schneller positiver Leistungsänderung; c) Begrenzung der Wechsellastspannung bei dynamischer Beanspruchung; d) Begrenzung der Druckdifferenz über das Hüllrohr als Folge äußeren Überdrucks; e) Begrenzung der Spannungen im freistehenden Hüllrohr; f) Begrenzung des Brennstab-Innendrucks zur Vermeidung einer unzulässigen thermischen Rückkopplung; g) Begrenzung der plastischen Hüllrohr-Vergleichsdehnung im Zugbereich; h) Begrenzung der Hüllrohr-Oxidschichtdicke bzw. des Defektwahrscheinlichkeitsintegral für die Oxidschichtdicke; i) Begrenzung der Wasserstoff-Aufnahme ins Hüllrohr (unter Beachtung der Verteilung des aufgenommenen Wasserstoffs im Hüllrohr); j) Begrenzung der Tangentialspannung im Hüllrohr (unter Beachtung der Hydrid-Ausrichtung); k) Begrenzung von Abrieb (Fretting); l) Begrenzung der Ablagerung von Korrosionsprodukten (CRUD sowie insbesondere auch reaktivitätsrelevante borhaltige Ablagerungen); m) Begrenzung der Wechselwirkungen zwischen Brennstoff und Hüllrohr zur Vermeidung von PCI/SCC; n) Begrenzungen für weitere Lasten, die |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|--|--------------|--|
| | | | | von Konstruktionsmerkmalen und Nachweismethoden sind, wird durch eine Ergänzung in Anhang 1 Rechnung getragen. | | sich auf grund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen ergeben können. |
| | | 535 | UM BW | Beide Module [2 und 11] weisen einen stark variierenden Detaillierungsgrad auf. So sind z.B. die Punkte 5.1(3-5) des Moduls 2 oder 5.1 und 6.1 des Moduls 11 für ein übergeordnetes Regelwerk, das erst in nachgeordneten Regeln präzisiert wird, zu detailliert. Die Anforderungen sollten sich auf primäre Sicherheitsanforderungen beschränken. Die Tatsache, dass es zu bestimmten Auslegungsmerkmalen noch keine KTA-Regel gibt, kann kein Grund sein, im übergeordneten Regelwerk alle Details zu regeln. Insbesondere wenn diese sich an derzeitiger Methodik oder Design orientieren, stünden solche Festlegungen einer Weiterentwicklung der Sicherheitstechnik entgegen. Auch das Vorhaben das übergeordnete Regelwerk, an den Stellen, an denen die nachgeordneten Regeln nicht ausreichen, als Merkliste zu gebrauchen bis nachgeordnete Regeln erstellt werden, ist für ein übergeordnetes Regelwerk nicht angemessen. Des weiteren orientiert sich der Detaillierungsgrad offensichtlich an aktuellen Problemen oder Vorkommnissen (Beispiele: Brennelement-Fehlbeladung, Verstopfung von Sumpfsieben). Die Module enthalten Anforderungen, die nicht begründet sind und zudem nicht erfüllbar sind. Beispiele hierfür sind die geforderte Begrenzung des Frettings und der Ablagerung von Crud. | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|------------------|---|--------------|--------------------------------|
| | | | | <p>Team 2: Siehe Antwort auf vorhergehenden Kommentar sowie folgende Ergänzungen: Die Aussage, dass zu detaillierte Anforderungen, „wenn diese sich an derzeitiger Methodik oder Design orientieren“, „einer Weiterentwicklung der Sicherheitstechnik entgegenstünden“, ist hinsichtlich Modul 2 nicht konkretisiert. Auch von BE Herstellern sind konkrete Aussagen, dass der in den Raum gestellte Zusammenhang der Fall wäre, zumindest bisher nicht vorgebracht worden. Wie bereits in der Antwort zu Kommentar 530 ausgeführt, ist es aus sicherheitstechnischer Sicht zweitrangig, an welcher Stelle Anforderungen platziert sind, wesentlich ist, dass erforderliche Anforderungen überhaupt formuliert werden. Da der KTA hierzu seit nunmehr über 10 Jahren die beschlossene KTA 3101.3 nicht formuliert hat, ist es u. E. sehr wohl „angemessen“ hier in Modul 2 tätig zu werden. Sofern aktuelle Probleme oder Vorkommnisse Anlass geben, daraus zu ziehende Erkenntnisse in Form von Anforderungen im Regelwerk zu formulieren, ist dieses u. E. nicht nur „angemessen“ sondern auch erforderlich.</p> | | |
| | | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Außerdem muss möglich sein, die bestimmungsgemäße Funktion von Kernkomponenten auch über Prüfungen nachzuweisen (siehe z.B. Beratungsergebnis aus RSK-Stellungnahme 384. Sitzung, WS-Befunde an Steuerelementen).</p> <p>Team 2: Es ist zunächst durch eine geeignete Auslegung sicherzustellen, dass eine anforderungsgerechte Funktion der Kernbauteile gegeben ist (z.B. keine</p> | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|-------------------|---|--------------|--------------------------------|
| | | | | Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuerelementen bzw. Steuerstäben, die die Kühlbarkeit oder mechanische Abschaltbarkeit des Kerns gefährden). Sofern sich im Betrieb Hinweise auf Effekte ergeben, die die anforderungsgerechte Funktion der Kernbauteile gefährden könnten, können ggf. Prüfungen herangezogen werden, um die anforderungsgerechte Funktion nachzuweisen. Entsprechende Vorschriften (z.B. WKPs) werden in Modul 2 jedoch nicht geregelt. Ausschließlicher Gegenstand von Kapitel 5 ist der Nachweisweg über die <u>Auslegung</u> von Kernbauteilen und einen auf die Auslegung abgestimmter Betrieb (z.B. Einhaltung von Leistungsgeschichten und zulässigen Druckdifferenzen). | | |
| | | 623 | Lisdat E.ON KK | <p>Hinzu kommt, dass hier gewisse Ziele verfolgt werden, dass aber viele dieser Auslegungsgrenzen sehr von jedem Hersteller oder die eigentlichen Sicherheitsziele von jedem Hersteller über etwas andere Auslegungen und Auslegungsnachweise gemacht werden. Sie haben hier im Wesentlichen die des deutschen Lieferanten für Brennelemente aufgelistet. Im Wesentlichen. Aber es gibt auch durchaus andere Methoden, wie man auslegen kann. Die im Ausland üblich sind und die andere eben anders machen. Darauf bezieht sich auch die Aussage: Wir sind hier zu detailliert für ein übergeordnetes Regelwerk.</p> <p>Team 2: Hinsichtlich des Detaillierungsgrades siehe oben. „Methoden“ werden in Modul 2 nicht vorgeschrieben, sondern</p> | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|---|--------------|---|
| | | | | die Einhaltung von technischen Größen. Dem im Kommentar durchscheinenden Aspekt, auch zukünftig nicht durch ein Regelwerk in der Flexibilität bei der BE Auslegung eingeschränkt zu werden, ist u. E. durch den Hinweis (siehe Anhang 1) Rechnung getragen. | | |
| | | | Team 2 | Durch Aufteilung von 5.1 (3) in 5.1 (3a) und (3b) wird die Möglichkeit für unterschiedliche Nachweismethoden bei der Brennstabauslegung eröffnet. | 5.1 (3b) | Sofern der Nachweis der Brennstabintegrität mittels statistischer Methoden geführt wird, können alternativ zu den in 5.1 (3a) genannten Auslegungsgrenzen für in Anhang 1 aufgeführte Anforderungen Defektwahrscheinlichkeiten herangezogen werden. In diesem Fall sind Defektgrenzen und Defektwahrscheinlichkeiten bestimmt und die im Zuge von Ereignissen der Sicherheitsebene 2 auftretenden Einwirkungen geeignet berücksichtigt. |
| 5.1 (4) | <p>Für die Brennelement-Struktur sind zu folgenden Anforderungen Auslegungsgrenzen, die werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten:</p> <p>a) Vermeidung des Abhebens des Brennelements vom unteren Rost durch ausreichende Niederhaltekraft am Brennelement (DWR),</p> <p>b) Begrenzung der Steuerelement-Führungsrohr-Spannungen zur Vermeidung unzulässiger Verformungen (DWR),</p> <p>c) Begrenzung der Steuerelement-Führungsrohr-Druckspannungen zur Vermeidung von Knicken (DWR),</p> <p>d) Begrenzung der Vergleichsspannungen in den Brennelement-Strukturteilen,</p> <p>e) Begrenzung der Wechsellastspannung an der Brennelement-Struktur zur Vermeidung von Ermüdung,</p> <p>f) Begrenzung des Abriebs an Kontakt-</p> | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Kommentar zu 5.1(3) gilt hier sinngemäß</p> <p>Team 2: Siehe Antworten zu den Kommentaren dort. Eine Umsetzung des Kommentarteils zu 5.1 (3), wonach die Festlegung von Auslegungsgrenzen nur bei der deterministischen Nachweismethode nötig sei und auch statistische Nachweise unter Anwendung von Defektwahrscheinlichkeiten zulässig sein sollten, wird an dieser Stelle abgelehnt, da Defekte an diesen Kernbauteilen ggf. die sichere Abschaltbarkeit beeinträchtigen.</p> | 5.1 (4) | <p>Für die Brennelement-Struktur sind zu den in Anhang 2 aufgeführtenfolgenden Anforderungen Auslegungsgrenzen, die konstruktions- und werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten.:</p> <p>a) Vermeidung des Abhebens des Brennelements vom unteren Rost durch ausreichende Niederhaltekraft am Brennelement (DWR),</p> <p>b) Begrenzung der Steuerelement-Führungsrohr-Spannungen zur Vermeidung unzulässiger Verformungen (DWR),</p> <p>c) Begrenzung der Steuerelement-Führungsrohr-Druckspannungen zur Vermeidung von Knicken (DWR),</p> <p>d) Begrenzung der Vergleichsspannungen in den Brennelement-Strukturteilen,</p> <p>e) Begrenzung der Wechsellastspannung an</p> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|------------------|---|--------------|---|
| | <p>punkten der Brennelement-Struktur mit verschieblichen Konstruktionsteilen (Fretting),</p> <p>g) Begrenzung der Druckspannungen, die durch Reibkräfte vom Abstandshalter auf den Brennstab ausgehen,</p> <p>h) Vermeidung bzw. Begrenzung von Druckspannungen, die durch Brennstab-Längenwachstum bei Ausfüllung des Brennstab- Freiraums entstehen (DWR: Vermeidung durch ausreichenden axialen Freiraum, SWR: Vermeidung des Drückens der axialen Feder auf Block),</p> <p>i) Vermeidung von Brennelement-Druckspannungen, die durch Brennelement- Längenwachstum bei Ausfüllung des Brennelement-Freiraums entstehen (Vermeidung durch ausreichenden axialen Freiraum),</p> <p>j) Begrenzung der Duktilitätsminderung durch Wasserstoff- Aufnahme in die Brennelement-Struktur,</p> <p>k) Begrenzung der Federrelaxation,</p> <p>l) Begrenzung des differentiellen Wachstums der verschiedenen Brennelementteile,</p> <p>m) Begrenzung der maximale Druckdifferenz über die Brennelementkastenwand (SWR),</p> <p>n) Begrenzung der Spannungen in der Brennelementkastenstruktur (SWR),</p> <p>o) Begrenzung der Verformungen des Brennelementkastens (SWR).</p> | | | | | <p>der Brennelement-Struktur zur Vermeidung von Ermüdung,</p> <p>f) Begrenzung des Abriebs an Kontaktpunkten der Brennelement-Struktur mit verschieblichen Konstruktionsteilen (Fretting),</p> <p>g) Begrenzung der Druckspannungen, die durch Reibkräfte vom Abstandshalter auf den Brennstab ausgehen,</p> <p>h) Vermeidung bzw. Begrenzung von Druckspannungen, die durch Brennstab-Längenwachstum bei Ausfüllung des Brennstab- Freiraums entstehen (DWR: Vermeidung durch ausreichenden axialen Freiraum, SWR: Vermeidung des Drückens der axialen Feder auf Block),</p> <p>i) Vermeidung von Brennelement-Druckspannungen, die durch Brennelement- Längenwachstum bei Ausfüllung des Brennelement-Freiraums entstehen (Vermeidung durch ausreichenden axialen Freiraum),</p> <p>j) Begrenzung der Duktilitätsminderung durch Wasserstoff- Aufnahme in die Brennelement-Struktur,</p> <p>k) Begrenzung der Federrelaxation,</p> <p>l) Begrenzung des differentiellen Wachstums der verschiedenen Brennelementteile,</p> <p>m) Begrenzung der maximale Druckdifferenz über die Brennelementkastenwand (SWR),</p> <p>n) Begrenzung der Spannungen in der Brennelementkastenstruktur (SWR),</p> <p>o) Begrenzung der Verformungen des Brennelementkastens (SWR).</p> |
| Hinweis | Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich weitere Auslegungsanforderungen | 544 | VGB AK Regelwerk | Aufgrund von Konstruktionsmerkmalen können auch Anforderungen entfallen | Hinweis | Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich weitere Auslegungsanforderungen |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|------------------|--|--------------------|---|
| | ergeben. | | | oder sich ändern. Vorschlag: Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich <u>andere</u> Auslegungsanforderungen ergeben. Team 2: Dem Vorschlag wird zugestimmt (siehe Anhang 2). | | ergeben. |
| 5.1 (5) | Für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe sind zu folgenden Anforderungen Auslegungsgrenzen, die konstruktions- und werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten: a) Begrenzung der maximalen Druckbelastung, b) Begrenzung der (Ver-gleichs)Spannungen in der Absorber-Umschließung sowie in den sonstigen Strukturteilen, c) Begrenzung der Temperatur des Absorber-Materials, d) Begrenzung der Ermüdung der Absorber- Umschließung sowie in sonstigen Strukturteilen bei Lastwechsel, e) Begrenzung der plastischen Ver-gleichsdehnung der Absorber-Umschließung sowie in den sonstigen Strukturteilen. f) Bereitstellung ausreichender Absorptionswirkung für die vorgesehene Einsatzzeit. | 544 | VGB AK Regelwerk | Kommentar zu 5.1(3) gilt hier sinngemäß Team 2: Siehe Antworten zu den Kommentaren dort. Eine Umsetzung des Kommentarteils zu 5.1 (3), wonach die Festlegung von Auslegungsgrenzen nur bei der deterministischen Nachweismethode nötig sei und auch statistische Nachweise unter Anwendung von Defektwahrscheinlichkeiten zulässig sein sollten, wird an dieser Stelle abgelehnt, da Defekte an diesen Kernbauteilen ggf. die sichere Abschaltbarkeit beeinträchtigen. | 5.1 (5) | Für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe sind zu den in Anhang 3 aufgeführten fol-genden Anforderungen Auslegungsgrenzen, die konstruktions- und werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten.: a) Begrenzung der maximalen Druckbelastung; b) Begrenzung der (Ver-gleichs)Spannungen in der Absorber-Umschließung sowie in den sonstigen Strukturteilen; c) Begrenzung der Temperatur des Absorber Materials; d) Begrenzung der Ermüdung der Absorber-Umschließung sowie in sonstigen Strukturteilen bei Lastwechsel; e) Begrenzung der plastischen Ver-gleichsdehnung der Absorber-Umschließung sowie in den sonstigen Strukturteilen; f) Bereitstellung ausreichender Absorptionswirkung für die vorgesehene Einsatzzeit. |
| Hinweis | Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmale oder Änderungen der Betriebsweisen können sich weitere Auslegungsanforderungen ergeben. | 544 | VGB AK Regelwerk | Aufgrund von Konstruktionsmerkmalen können auch Anforderungen entfallen oder sich ändern. Vorschlag: Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich <u>andere</u> Auslegungsanforde- | Hinweis | Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkma-le oder Änderungen der Betriebsweisen kön-nen sich weitere Auslegungsanforderungen ergeben. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|--|--------------|---|
| | | | | rungen ergeben. Team 2: Dem Vorschlag wird zugestimmt (siehe Anhang 3). | | |
| 5.1 (6) | Die Auslegungsgrenzen gemäß Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) sind unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in der experimentellen Datenbasis so gewählt, dass bei Einhaltung der Auslegungsgrenze Defekte an den Brennstäben, Brennelement-Strukturen oder Steuerelementen bzw. Steuerstäben sowie der zugehörigen Strukturteile nicht zu unterstellen sind. | | Team 2 | Textänderung, um die Aufspaltung von 5.1 (3) in zwei Anforderungen für die deterministische Brennstabauslegung sowie die statistische Brennstabauslegung zu berücksichtigen. | 5.1 (6) | Die Auslegungsgrenzen gemäß Ziffern 5.1 (3a), 5.1 (4) und bis 5.1 (5) sind unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in der experimentellen Datenbasis so festgelegt, gewählt , dass bei Einhaltung der Auslegungsgrenze Defekte an den Brennstäben, Brennelement-Strukturen oder Steuerelementen bzw. Steuerstäben sowie der zugehörigen Strukturteile nicht zu unterstellen sind. |
| 5.1 (7) | Bei der Nachweisführung der Einhaltung der Auslegungsgrenzen gemäß Ziffer 5.1 (3) ist gezeigt, a) dass, sofern der Nachweis mittels deterministischer Methoden geführt wird, kein Brennstab die Auslegungsgrenzen während seiner Einsatzzeit überschreitet. b) dass, sofern der Nachweis mittels statistischer Methoden geführt wird, der statistische Erwartungswert für die Zahl der Brennstäbe, die pro Zyklus im gesamten Kern über der Auslegungsgrenze liegen werden, den Wert 1 nicht überschreitet. | | Team 2 | Textänderung, um die Aufspaltung von 5.1 (3) in zwei Anforderungen für die deterministische Brennstabauslegung sowie die statistische Brennstabauslegung zu berücksichtigen. | 5.1 (7) | Bei der Nachweisführung für die Brennstabintegrität der Einhaltung der Auslegungsgrenzen gemäß Ziffer 5.1 (3) ist gezeigt, a) dass, sofern der Nachweis mittels deterministischer Methoden geführt wird, kein Brennstab die Auslegungsgrenzen gemäß Ziffer 5.1 (3a) während seiner Einsatzzeit überschreitet. b) dass, sofern der Nachweis mittels statistischer Methoden geführt wird, der statistische Erwartungswert für die Zahl der Brennstäbe, die pro Zyklus im gesamten Kern als defekt zu erwarten sind über der Auslegungsgrenze liegen werden , den Wert 1 nicht überschreitet. |
| | | 530, 544 | VGB AK Regelwerk | Die Forderung, dass bei Nachweisen mittels statistischer Methoden der Erwartungswert für die „Anzahl der Stäbe, die pro Zyklus über der <u>Auslegungsgrenze</u> liegen werden, den Wert 1 nicht überschreiten darf“, ist sachlich nicht gerechtfertigt. Wie zu den vorherigen Punkten bereits festgestellt, ist bei Verwendung von statistischen Methoden die Festlegung von <u>Auslegungsgrenzen</u> nicht erforderlich. Wie von Team 2 bereits selbst am Beispiel der Defektwahrscheinlichkeit für die Hüllrohrkorrosion festgestellt wurde, sind auch andere Vorgehensweisen mög- | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|------------------|--|--------------|---|
| | | | | <p>lich. Diese Vorgehensweise wäre allerdings durch die jetzige Formulierung nicht mehr zulässig. Die von Team 2 erwähnte Tatsache, dass für die meisten Parameter entsprechende Defektwahrscheinlichkeiten derzeit nicht vorliegen, liegt daran, dass statistische Methoden der Nachweisführung erst kürzlich eingeführt wurden. Dies kann jedoch kein Grund sein, solche Nachweise nicht zuzulassen und damit die weitere Entwicklung von aussagekräftigeren Methoden zu verhindern. Es wird daher vorgeschlagen, die Formulierung an die RSK Anforderung aus der Stellungnahme vom 18.09.2003 (Leistungserhöhung KKG) anzupassen. Vorschlag: dass, sofern der Nachweis mittels statistischer Methoden geführt wird, der statistische Erwartungswert für die Zahl der Brennstäbe, die pro Zyklus im gesamten Kern <u>als defekt zu erwarten sind</u>, den Wert 1 nicht überschreitet.</p> <p>Team 2: Kommentar wurde durch wörtliche Übernahme der RSK Formulierung in Verbindung mit der neu hinzugenommenen Ziffer 5.1 (3b) umgesetzt.</p> | | |
| | | | Team 2 | Die Anforderung zu PCI/SCC wurde aus der Aufzählung in Anhang 1 entfernt und wird nunmehr separat geregelt. | 5.1 (8) | Brennstabschäden infolge mechanisch-chemischer Wechselwirkungen zwischen Brennstoff und Hüllrohr (PCI/SCC) werden durch die Brennstabauslegung und durch einen geeigneten Betrieb des Reaktorkerns vermieden. |
| 5.1 (8) | Die Brennelemente sind so ausgelegt, dass Inspektionen an Brennstäben und der Brennelement-Struktur und der Austausch defekter Brennstäbe sowie Reparaturen an der Brennelementstruktur ohne negative Auswirkungen auf die übrigen | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Keine Forderung für übergeordnetes Regelwerk, sollte gestrichen werden.</p> <p>Team 2: Die Anforderung nach Inspektionsfähigkeit ist u. E. übergeordneter Natur, wohingegen die Reparaturanforde-</p> | 5.1 (98) | Die Brennelemente sind so ausgelegt, dass Inspektionen an Brennstäben und der Brennelement-Struktur und der Austausch defekter Brennstäbe sowie Reparaturen an der Brennelementstruktur ohne negative Auswirkungen auf die übrigen |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|--|-----------|------------------|--|------------------------|---|
| | Brennstäbe und Strukturteile möglich sind. | | | rungen in der Tat in Modul 2 gestrichen werden können. | | Brennstäbe und Strukturteile möglich sind. |
| 5.1 (9) | Es sind geeignete Prüfungen der Brennelemente sowie der Steuerelemente (DWR) bzw. Steuerstäbe (SWR) im Hinblick auf das Auftreten von Schäden und die Einhaltung von Auslegungsanforderungen vorgesehen. | 544 | VGB AK Regelwerk | Die Einhaltung von Auslegungsanforderungen kann in der Regel nicht überprüft werden. Hier muss die Formulierung auf „sicherheitstechnische Anforderungen“ gewählt werden. Vorschlag: Es sind geeignete Prüfungen der Brennelemente sowie der Steuerelemente (DWR) bzw. Steuerstäbe (SWR) im Hinblick auf das Auftreten von Schäden und die Einhaltung von <u>sicherheitstechnischen Anforderungen</u> vorzusehen. Team 2: Primäres Ziel der Auslegung ist die anforderungsgerechte Funktionsfähigkeit der Kernbauteile (siehe 5.1 (2)). Hierauf wird nunmehr Bezug genommen. Die Art der Prüfungen ist dann untergeordnet bzw. anlagenspezifisch zu regeln. | 5.1 (10 ⁹) | Es sind geeignete Prüfungen der Brennelemente sowie der Steuerelemente (DWR) bzw. Steuerstäbe (SWR) im Hinblick auf <u>ihre anforderungsgerechte Funktionsfähigkeit</u> und das Auftreten von Schäden die Einhaltung von Auslegungsanforderungen vorgesehen. |
| 5.1 (10) | Die konstruktive Ausführung der Brennelemente stellt sicher, dass eine Beeinträchtigung der Brennelementkühlung und der Abschaltbarkeit des Kerns durch Verunreinigungen oder lose Teile im Kühlmittel vermieden werden (siehe auch Ziffer 7.1 (3)). | | | | 5.1 (11 ⁹) | Die konstruktive Ausführung der Brennelemente stellt sicher, dass eine Beeinträchtigung der <u>Abschaltbarkeit des Kerns</u> und der Brennelementkühlung und der Abschaltbarkeit des Kerns durch Verunreinigungen oder lose Teile im Kühlmittel vermieden wirden (siehe auch Ziffer 7.1 (3)). |
| | | | Team 2 | Die Ablagerung von Korrosionsprodukten wurde aus der Aufzählung in Anhang 1 entfernt und wird nunmehr separat geregelt. | 5.1 (12) | <u>Der Reaktorkern und die Kühlsysteme werden so betrieben, dass unzulässige Ablagerungen von Partikeln und Korrosionsprodukten (bspw. Crud oder reaktivitätsrelevante borhaltige Ablagerungen) auf den Brennelementen und anderen freien Oberflächen vermieden werden.</u> |
| 5.2 | Sicherheitsebene 2 | | | | 5.2 | Sicherheitsebene 2 |
| 5.2 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird | 470 | RSK | PCI-Schäden sind seit etwa 10 Jahren | 5.2 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|---|-----------|------------------|--|--------------|--|
| | <p>so betrieben, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 2 die uneingeschränkte Weiterverwendbarkeit und Handhabbarkeit der Brennelemente sowie der Steuerelemente (DWR) bzw. Steuerstäbe (SWR) bis zum Ende ihrer Einsatzzeit erhalten bleibt. Die Auslegungsgrenzen gemäß den Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (6) sowie die für die Sicherheitsebene 2 geltenden Nachweiskriterien sind eingehalten.</p> <p>Insbesondere ist sichergestellt, dass infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 2 keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuerelementen bzw. Steuerstäben entstehen, die die Kühlbarkeit oder die mechanische Abschaltbarkeit des Kerns gefährden.</p> | | | <p>nicht mehr aufgetreten; sie werden durch entsprechende administrative Regelungen verhindert. Entsprechend der oben stehenden Formulierung sind PCI- Schäden auszuschließen. Dies ist bei länger anstehenden Transienten unter Umständen nicht zu gewährleisten. (K2)</p> <p>Team 2: In DWR Anlagen können PCI Defekte durch Begrenzungseinrichtungen verhindert werden. Diese erlauben in Abhängigkeit von der aktuellen linearen Stabileistung nur begrenzte Erhöhungen derselben.</p> <p>Hinsichtlich SWR ist festzustellen: Das Nicht-Auftreten von PCI Schäden in deutschen bzw. europäischen SWR Anlagen in den letzten Jahren ist u.E. nicht bzw. nicht nur auf das Einhalten von Fahrregeln zurückzuführen. U.E. stellen der Übergang auf 10x10 Brennelementauslegungen und insbesondere der Einsatz von Liner Brennstoff wesentliche Ursachen für das Verschwinden von PCI Schäden dar. Bei den gegenwärtigen Kernausslegungen kann auf Grund des Einsatzes von Liner Brennstoff auf Fahrregeln zumindest bei einzelnen Anlagen ganz verzichtet werden. Das von der RSK angesprochene Problem stellt sich für Liner Brennstoff somit nicht bzw. nur in geringerem Ausmaß. Falls Betriebsrestriktionen erforderlich sind, kann die Einhaltung der Anforderung 5.2 (1) u.E. durch geeignete Maßnahmen wie z.B. eine PCI Überwachung erreicht werden.</p> | | <p>so betrieben, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 2 die uneingeschränkte Weiterverwendbarkeit und Handhabbarkeit der Brennelemente sowie der Steuerelemente (DWR) bzw. Steuerstäbe (SWR) bis zum Ende ihrer geplanten Einsatzzeit erhalten bleibt. Die Auslegungsgrenzen gemäß den Ziffern 5.1 (3a), 5.1 (4) bis 5.1 (6) sowie die für die Sicherheitsebene 2 geltenden Nachweiskriterien werdensind eingehalten. Insbesondere ist sichergestellt, dass infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 2 keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuerelementen bzw. -Steuerstäben entstehen, die die mechanische Abschaltbarkeit und/oder die Kühlbarkeit oder die mechanische Abschaltbarkeit des Kerns gefährden.</p> |
| | | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Kommentar zu 5.1(2) gilt hier sinngemäß.</p> <p>Team 2: Kommentar nicht nachvollzieh-</p> | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|---|------------|---------------------|--|--------------------|--|
| | | | | bar | | |
| 5.3 | Sicherheitsebene 3 | | | | 5.3 | Sicherheitsebene 3 |
| 5.3 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 betrachteten Ereignissen die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. Insbesondere ist sichergestellt, dass infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 3 keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuerelementen bzw. Steuerstäben entstehen, die die Kühlbarkeit oder die mechanische Abschaltbarkeit des Kerns gefährden. | 470 | RSK | Sollte für $KMV > 0,1F$ „die mechanische Abschaltbarkeit“ gestrichen werden. (K2). Team 2: Kommentar wird berücksichtigt. | 5.3 (1) | Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 zu betrachteten Ereignissen die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden. |
| | | 530 544 | VGB AK Regelwerk | In der Antwort von Team 2 zu den Einwänden wird gesagt, dass die Anforderung nach mechanischer Abschaltbarkeit in Sicherheitsebene 3 gestrichen sei. Im neu formulierten Text ist sie dennoch enthalten. Was ist richtig? Team 2: Kommentar wird berücksichtigt. | | Insbesondere ist sichergestellt, dass infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 3 keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuerelementen bzw. - Steuerstäben entstehen, die — die Kühlbarkeit oder - die mechanische Abschaltbarkeit (beim großen Leckstörfall beim DWR die dauerhafte Abschaltbarkeit) und/oder - die Kühlbarkeit des Kerns gefährden. |
| 5.3 (2) | Die Auswirkungen der im Laufe des bestimmungsgemäßen Betriebs auftretenden Eigenschaftsänderungen der Brennstäbe und der Brennelementstruktur sowie der Steuerelemente bzw. Steuerstäbe auf das Störfallverhalten sind berücksichtigt. | | | | 5.3 (2) | Die Auswirkungen der im Laufe des bestimmungsgemäßen Betriebs auftretenden Eigenschaftsänderungen der Brennstäbe und der Brennelementstruktur sowie der Steuerelemente bzw. Steuerstäbe auf das Störfallverhalten sind berücksichtigt. |
| 5.4 | Sicherheitsebene 4 | | | | 5.4 | Sicherheitsebene 4 |
| Hinweis | Für die Sicherheitsebene 4 ergeben sich keine über die in den Ziffern 3.4 genannten hinausgehenden Anforderungen an die mechanische Auslegung des Reaktorkerns. | | | | Hinweis | Für die Sicherheitsebene 4 bestehen keine Anforderungen an die mechanische Auslegung des Reaktorkerns, die über die in Abschnitt 3.4 genannten Anforderungen hinausgehen. Für die Sicherheitsebene 4 ergeben sich keine über die in den Ziffern 3.4 genannten hinausgehenden Anforderungen an |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|------------|---------------------|---|--------------|--|
| | | | | | | die mechanische Auslegung des Reaktorkerns. |
| 6. | Anforderungen an die Auslegung der Überwachungs-, Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen | | | | 6. | Anforderungen an die Auslegung der Überwachungs-, Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen |
| 6.1 | Sicherheitsebene 1 | | | | 6.1 | Sicherheitsebene 1 |
| 6.1 (1) | Der Betrieb des Reaktorkerns wird wie folgt überwacht: | | | | 6.1 (1) | Der Betrieb des Reaktorkerns wird wie folgt überwacht: |
| | a) alle betrieblichen Parameter, die die Reaktivität, die Reaktorleistung, die lokale Leistungsdichte und die Kühlung der Brennelemente hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, werden, in Abhängigkeit vom Betriebszustand und von der Parameteränderungsgeschwindigkeiten, kontinuierlich, periodisch oder zustandsbezogen in ausreichender räumlicher Auflösung zuverlässig überwacht; | | | | | a) A alle betrieblichen Parameter, die die Reaktivität, die Reaktorleistung, die lokale Leistungsdichte und die Kühlung der Brennelemente hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, werden, in Abhängigkeit vom Betriebszustand und von der Parameteränderungsgeschwindigkeiten en , kontinuierlich, periodisch oder zustandsbezogen in ausreichender räumlicher Auflösung zuverlässig überwacht.; |
| | b) die räumliche Auflösung der Überwachung, sowie die Empfindlichkeit und konstruktive Ausführung der Überwachungseinrichtungen ermöglicht, dass bei jedem Betriebszustand der Anlage sowie bei den Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a die jeweils erforderlichen Funktionen der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen sichergestellt sind; | 530 544 | VGB AK Regelwerk | Die Formulierung, dass bei Ereignissen der Sicherheitsebene 2 bis 4a die jeweils erforderliche Funktion der <u>Regelungseinrichtungen</u> sicherzustellen ist, kann zu Missverständnissen führen. Wir entnehmen dieser Formulierung, dass zukünftig von solchen Regelungseinrichtungen, deren Funktion sichergestellt ist, in der Nachweisführung Kredit genommen werden darf. Team 2: In Modul 1 Kapitel 2 – insbesondere in den Ziffern 2.1 (3) und 2.1 (5) – ist geregelt, welche Maßnahmen und Einrichtungen auf den jeweiligen SE in Kredit genommen werden dürfen. Zudem ist in | | b) Die räumliche Auflösung der Überwachung, sowie die Empfindlichkeit und konstruktive Ausführung der Überwachungseinrichtungen gewährleisten ermöglicht, dass bei jedem Betriebszustand der Anlage sowie bei den Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a die jeweils erforderlichen Funktionen der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen sicher- gestellt sind. ; |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|---|-----------|------------------|--|--------------|---|
| | | | | Ziffer 6.1 (1b) mit Bedacht „die jeweils erforderlichen“ formuliert worden. Sofern erforderlich, bspw. zur Störfallbeherrschung, sind Einrichtungen entsprechend auszulegen (leittechnische Einrichtungen für die Ausführung von Leittechnik-Funktionen der Kategorie A (siehe: Modul 5, 2. Kategorisierung)). Dann können sie im Rahmen der Nachweisführung in Kredit genommen werden. Insofern sollte die Textpassage in Modul 2 nicht zu Missverständnissen führen. Ein Änderungsbedarf wird nicht gesehen. | | |
| | c) es ist sichergestellt, dass alle Ansprechwerte der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen unter Berücksichtigung des jeweiligen Betriebszustandes und der Kernausslegung festgelegt werden, so dass die zuverlässige Funktion der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen gegeben ist; | 544 | VGB AK Regelwerk | Für Regelungseinrichtungen trifft der Begriff Ansprechwerte nicht zu. Vorschlag: „es ist sicherzustellen, dass alle <u>Einstellwerte</u> der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen ...“ Team 2: Kommentar wird umgesetzt. | | c) E es ist sichergestellt, dass alle E in-stell A nsprechwerte der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen unter Berücksichtigung des jeweiligen Betriebszustandes und der Kernausslegung festgelegt und einge- stellt werden, so dass die auslegungs- gemäß zuverlässige -Funktion der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen zuverlässig gegeben ist.; |
| | d) es ist sichergestellt, dass mittels der direkt gemessenen Größen auch die abgeleiteten sicherheitsrelevanten Parameter zuverlässig bestimmt werden können; | | | | | d) E es ist sichergestellt, dass mittels der direkt gemessenen Größen auch die abgeleiteten sicherheitsrelevanten Parameter zuverlässig bestimmt werden können.; |
| | e) bei der Auslegung der Überwachungseinrichtungen sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen berücksichtigt, die während des Betriebs der Anlage bzw. bei Überwachungseinrichtungen, deren Funktion zur Ereignisbeherrschung auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a erforderlich ist, auch | | Team 2 | Ist durch Modul 5, Teil 1, Abschnitt 3 abgedeckt | | e) Bei der Auslegung der Überwachungseinrichtungen sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen berücksichtigt, die während des Betriebs der Anlage bzw. bei Überwachungseinrichtungen, deren Funktion zur Ereignisbeherrschung auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a erforder- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|------------|---------------------|--|--------------|---|
| | unter den jeweiligen Ereignisbedingungen auftreten können. Die einzelnen Komponenten sind wartungs- und inspektionsfreundlich ausgelegt. | | | | | derlich ist, auch unter den jeweiligen Ereignisbedingungen auftreten können. Die einzelnen Komponenten sind wartungs- und inspektionsfreundlich ausgelegt. |
| | | | | | Hinweis | Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an Leittechnik (Teil 1)“ (Modul 5) Abschnitt 3. |
| 6.1 (2) | Es ist eine zuverlässige und stabile Leistungs- und Leistungsdichte-Regelung vorhanden, mit der die im Normalbetrieb möglichen Änderungen in den reaktivitätswirksamen Parametern so beeinflusst werden können, dass die nuklearen, thermohydraulischen und mechanischen Auslegungsanforderungen (gemäß Ziffern 3.1, 4.1 und 5.1) erfüllt werden. | 530 544 | VGB AK Regelwerk | Die Forderung nach einer Regelungseinrichtung für die Leistungsdichte ist sicherheitstechnisch nicht begründet. Eine solche Regelungseinrichtung ist international nicht üblich. Die in deutschen DWR-Anlagen vorhandene Leistungsverteilungsregelung ist eine betriebsunterstützende Einrichtung. Diese regelt die axiale Leistungsdichteverteilung und dämpft bzw. verhindert etwa auftretende axiale Xenonschwingungen. Diese Aufgabe kann ohne weiteres auch vom Schichtpersonal wahrgenommen werden, da dies ein sehr langsamer Vorgang ist. Folgerichtig ist diese Regelung auch vom Schichtpersonal abschaltbar. Team 2: Eine spezielle Einrichtung zur Regelung der Leistungsdichte sollte mit 6.1 (2) nicht gefordert werden. Da ein Betrieb mit stabiler Leistungsdichteverteilung bereits in 3.1 (4) b) gefordert ist, kann zur Vermeidung von Missverständnissen auf die separate Erwähnung der Leistungsdichte in Ziffer 6.1 (2) verzichtet werden. | 6.1 (2) | Es ist eine zuverlässige und stabile Leistungs- und Leistungsdichte- Regelung vorhanden, mit der die im Normalbetrieb möglichen Änderungen in den reaktivitätswirksamen Parametern so beeinflusst werden können, dass die nuklearen, thermohydraulischen und mechanischen Auslegungsanforderungen (gemäß Ziffern Abschnitten 3.1, 4.1 und 5.1) erfüllt werden. |
| 6.1 (3) | Bei der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sind alle mechanischen, thermischen, | 544 | VGB AK Regelwerk | Siehe auch Kommentar zu 6.1(1)b). Team 2: Siehe Antwort zu 6.1(1)b) | 6.1 (3) | Bei der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sind alle mechanischen, thermischen, |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|--|--------------|---|
| | chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen berücksichtigt, die die während des Betriebs der Anlage bzw. bei Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen, deren Funktion zur Ereignisbeherrschung auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a erforderlich ist, auch unter den jeweiligen Ereignisbedingungen auftreten können. Die einzelnen Komponenten sind wartungs- und inspektionsfreundlich ausgelegt. | | | Streichung des letzten Satzes, da durch Modul 5, Teil 1, Abschnitt 3 abgedeckt. | | chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen berücksichtigt, die die während des Betriebs der Anlage bzw. bei Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen, deren Funktion zur Ereignisbeherrschung auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a erforderlich ist, auch unter den jeweiligen Ereignisbedingungen auftreten können. Die einzelnen Komponenten sind wartungs- und inspektionsfreundlich ausgelegt. |
| 6.1 (4) | Bei der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sind alle Parameter berücksichtigt, die die Wirksamkeit dieser Einrichtungen beeinflussen. Dabei sind insbesondere beachtet: a) die im bestimmungsgemäßen Betrieb zu unterstellenden abdeckenden Ausgangszustände, einschließlich der Einflüsse von Fertigungs- und Einbautoleranzen, b) die im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Schwankungen in den Betriebsparametern, einschließlich der Unsicherheiten in der messtechnischen Überwachung von Parametern mit Einfluss auf die Abschaltreaktivität, c) die Abhängigkeiten der Parameter vom Zyklusverlauf, einschließlich dem Abbrand des Absorbers. | 544 | VGB AK Regelwerk | Die Empfehlung zum Verzicht auf die Punkte a) bis c) besteht weiterhin Team 2: Im Rahmen der Kommentierung für die Erstellung der Rev. A war seitens VGB kritisiert worden, dass die unter a)-c) angegebene Auflistung wenig strukturiert und teilweise inkonsistent sei. Der Vorschlag, die Aufzählung zu streichen, wurde nicht gemacht. Seitens Team 2 war seinerzeit geantwortet worden, dass der Kommentar ohne eine Präzisierung nicht beantwortbar ist. Diese Aussage besteht auch weiterhin. Dessen ungeachtet wurde die Anforderung b) geringfügig überarbeitet. Dem Vorschlag der Streichung wird nicht gefolgt, da die angegebenen Punkte wesentliche Hinweise auf abzudeckende Größen geben. | 6.1 (4) | Bei der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sind alle Parameter berücksichtigt, die die Wirksamkeit dieser Einrichtungen beeinflussen. Dabei sind insbesondere berücksichtigt achtet : a) die im bestimmungsgemäßen Betrieb zu unterstellenden abdeckenden Ausgangszustände, einschließlich der Einflüsse von Fertigungs- und Einbautoleranzen, b) die im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Schwankungen in den Betriebsparametern; sowie zusätzlich die einschließlich der Unsicherheiten bei in der messtechnischen Überwachung der jeweiligen von Parametern mit Einfluss auf die Abschaltreaktivität, c) die Abhängigkeiten der Parameter vom Zyklusverlauf, einschließlich des Abbrands des Absorbers. |
| 6.1 (5) | Der Reaktor besitzt mindestens zwei voneinander unabhängige und verschiedenartige Abschalteinrichtungen. | | Team 2 | Textangleichung an Modul 1 Ziffer 4 (5) | 6.1 (5) | Der Reaktor besitzt mindestens zwei voneinander unabhängige und diversitäre verschiedenartige Abschalteinrichtungen. |
| | | | | | Hinweis | Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1) Ziffer 4 (5). |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|------------------|---|--------------|--|
| 6.1 (6) | <p>Mindestens eine Abschaltseinrichtung ist als Schnellabschaltsystem gemäß den Anforderungen aus Ziffer 4 (6) der „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ ausgelegt sowie derart,</p> <p>a) dass es von Anregungen automatisch ausgelöst wird, die gemäß den „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Ziffer 3.2 (8)) von verschiedenen Prozessvariablen abgeleitet und in sich redundant sind;</p> <p>b) dass, wenn das Schnellabschaltsystem gemeinsame Komponenten mit den Regelungs- bzw. Begrenzungseinrichtungen hat, sichergestellt ist, dass keine Funktion der Regelungs- bzw. Begrenzungseinrichtungen (auch nicht eine durch Fehler in diesen Einrichtungen erzeugte Funktion) das bestimmungsgemäße Funktionieren des Schnellabschaltsystems verhindert oder ungünstig beeinflusst;</p> <p>c) dass die Schnellabschaltung auch manuell möglich ist.</p> | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>6.1 (6) aus 6.1 (8) -> in Synopse falsch wiedergegeben.</p> <p>Team 2: Kommentar nicht verständlich.</p> <p>Herstellung des Bezugs zu Modul 5.</p> | 6.1 (6) | <p>Mindestens eine Abschaltseinrichtung ist als Schnellabschaltsystem gemäß den Anforderungen aus Ziffer 4 (6) der „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1) ausgelegt sowie derart,</p> <p>a) dass siees von Anregungen automatisch ausgelöst wird, die aus verschiedenen Prozessvariablen gemäß den Anforderungen für Leittechnik- Funktionen der Kategorie A (siehe „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an Leittechnik (Teil 1)“ (Modul 5) Ziffer 5 (2)) gebildet werden; gemäß den „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Ziffer 3.2 (8)) von verschiedenen Prozessvariablen abgeleitet und in sich redundant sind;</p> <p>b) dass, wenn das Schnellabschaltsystem gemeinsame Komponenten mit den Regelungs- bzw. Begrenzungseinrichtungen hat, sichergestellt ist, dass keine Funktion der Regelungs- bzw. Begrenzungseinrichtungen (auch nicht eine durch Fehler in diesen Einrichtungen erzeugte Funktion) das bestimmungsgemäße Funktionieren des Schnellabschaltsystems verhindert oder ungünstig beeinflusst;</p> <p>c) dass die Schnellabschaltung auch manuell ausgelöst werden kann. möglich ist.</p> |
| | | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Klarstellung: Vorschlag: „dass die Schnellabschaltung auch manuell <u>ausgelöst werden kann.</u>“</p> <p>Team 2: Vorschlag wird umgesetzt</p> | | |
| 6.1 (7) | Mindestens eine Abschaltseinrichtung ist gemäß den Anforderungen aus Ziffer 4 | | | | 6.1 (7) | Mindestens eine Abschaltseinrichtung ist gemäß den Anforderungen aus Ziffer 4 |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|---|--------------|--|
| | (7) der „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ ausgelegt sowie derart, dass der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag zur Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten wird. | | | | | (7) der „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1) ausgelegt sowie derart, dass der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag zur Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten wird. |
| 6.1 (8) | Die Zuverlässigkeit und Wirksamkeit der für die Abschaltung relevanten Systeme und Komponenten sind durch Auslegung und regelmäßige Prüfungen sowie durch geeignete Instandhaltungsmaßnahmen über die gesamte Dauer der Einsatzzeit sichergestellt. Hierbei gilt insbesondere: | | | | 6.1 (8) | Die Zuverlässigkeit und Wirksamkeit der für die Abschaltung relevanten Systeme und Komponenten sind durch Auslegung und regelmäßige Prüfungen sowie durch geeignete Instandhaltungsmaßnahmen über die gesamte Dauer der Einsatzzeit sichergestellt. Hierbei gilt insbesondere: |
| | a) In regelmäßigen Zeitabständen (zumindest einmal pro Zyklus) werden alle Steuerelemente bzw. -stäbe auf Leichtgängigkeit geprüft und die Stabfallzeiten (DWR) und Stabeinschießzeiten (SWR) registriert. | 530, 544 | VGB AK Regelwerk | Im übergeordneten Regelwerk reicht die Forderung nach Überprüfung des Schnellabschaltsystems. Die reaktortypspezifische Festschreibung der Prüfdurchführung und der Prüfintervalle sollte in den technischen Fachregeln erfolgen. Die Prüfung ist beim DWR möglich, da der Ausgangszustand für die Messung (steuerstabfreier Kern) durch Aufborieren eingestellt werden kann. So können z.B. zu Zyklusbeginn oder Zyklusende Fallzeiten gemessen werden. Die Funktionsfähigkeit der RESA wird beim SWR in jedem Zyklus geprüft, wobei die Einschießzeiten der ausgefahrenen Steuerstäbe gemessen werden. Hier könnte die Ermittlung der Einschießzeiten aller Steuerstäbe aus steuerstabfreiem Kern nur am Ende des Zyklus bei maximaler Leistung erfolgen. Die geforderte Messung der Einschießzeiten aller Steuerstäbe rechtfertigt keine RESA aus Leistungsbetrieb mit den damit verbundenen Belastungen | | a) In regelmäßigen Zeitabständen (zumindest einmal pro Zyklus) werden alle Steuerelemente bzw. Steuerstäbe auf Leichtgängigkeit geprüft und wird die ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit des Schnellabschaltsystems überprüft. Stabfallzeiten (DWR) und Stabeinschießzeiten (SWR) registriert. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--|------------|------------------|--|--------------|---|
| | | | | der Komponenten. Vorschlag: „In regelmäßigen Zeitabständen (zumindest einmal pro Zyklus) sind alle Steuerelemente <u>bzw. -stäbe auf Leichtgängigkeit zu prüfen. Die Funktionsfähigkeit des Schnellabschaltsystems ist in regelmäßigen Abständen zu überprüfen.</u> “ Team 2: Textvorschlag wird übernommen. Der Begriff „ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit“ umfasst auch die erforderliche Zeitcharakteristik der RESA, für die die Registrierung der Fall- bzw. Einschießzeiten relevant ist. | | |
| | | | Team 2 | Die Anforderung wurde eingefügt im Hinblick auf die Streichung der Ziffer 6.1 (17) in Modul 11 Rev. A. | | b) Vor Kritischmachen des Reaktors nach einem Brennelementwechsel wird beim DWR die Freigängigkeit der Steuerelemente und beim SWR die ordnungsgemäße Verfahrbarkeit der Steuerstäbe geprüft. |
| | b) Lässt sich ein Steuerelement bzw. -stab nicht mehr bzw. nur schwergängig verfahren, wird die Ursache unverzüglich ermittelt. Wenn eine systematische Ursache nicht ausgeschlossen werden kann oder wenn Ungewissheit über die Ursache besteht, so wird der Reaktor unterkritisch gemacht. Vor einem Wiederkritischmachen wird nachgewiesen, dass keine systematische Ursache und die anforderungsgemäße weitere Betriebsfähigkeit vorliegt. Schwergängige Steuerelemente bzw. Steuerstäbe werden ausgetauscht oder in auslegungsgemäßen Zustand gebracht. | 530 544 | VGB AK Regelwerk | Das Ausfahren von Steuerelementen bzw. Steuerstäben unterscheidet sich grundlegend vom Einfahren / Einfallen (DWR) bzw. Einfahren / Einschießen (SWR). Diese technischen Unterschiede bedeuten, dass Probleme beim Ausfahren grundsätzlich nicht auf die Schnellabschaltung übertragbar sind. Dies ist bei der Formulierung der Regelwerksanforderungen zu berücksichtigen. Schwergängigkeiten von Steuerstäben beim Ausfahren haben weder für den DWR, noch für den SWR eine sicherheitstechnische Relevanz. Forderungen nach dem Abfahren der Anlage sind auf sicherheitstechnisch relevante Situationen zu begrenzen. Die Regelwerksforderungen sind deshalb zumindest auf das Einfahren zu beschränken. Wenn die Abschaltbarkeit des | | cb) Lässt sich ein Steuerelement bzw. Steuerstab nicht mehr oder bzw. nur schwergängig verfahren, wird unverzüglich die Ursache unverzüglich ermittelt und der Sachverhalt sicherheitstechnisch (Sicherstellung der erforderlichen Begrenzungs- und Abschaltfunktionen, Erhalt der Abschaltreaktivität) bewertet. Ist ein sicherer Weiterbetrieb nicht mehr zweifelsfrei sichergestellt, wird der Reaktor unterkritisch gemacht. Sind Schäden an Steuerelementen bzw. Steuerstäben Ursache der Schwergängigkeit, so werden diese Komponenten ausgetauscht oder ertüchtigt. Wenn eine systematische Ursache nicht ausgeschlossen werden kann oder wenn Ungewissheit über die Ursache be- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|--|--------------|--|
| | | | | <p>Kerns durch Einwerfen bzw. Einschießen sichergestellt ist, ist die Forderung nach Abfahren der Anlage unverhältnismäßig.</p> <p>Vorschlag: Lässt sich ein Steuerelement bzw. –stab nicht mehr bzw. nur schwergängig einfahren, so ist dieser Sachverhalt unverzüglich sicherheitstechnisch (Abschaltreaktivität) und betrieblich (Einfahren anderer Steuerelemente bzw. –stäbe) zu bewerten. Ist ein sicherer Weiterbetrieb nicht mehr zweifelsfrei gewährleistet, so ist der Reaktor unterkritisch zu machen. Sind Schäden an Steuerelementen bzw. Steuerstäben Ursache der Schwergängigkeit, so sind diese auszutauschen bzw. zu ertüchtigen.</p> <p>Team 2: Der Formulierungsvorschlag wird mit Ergänzungen weitgehend übernommen. Die Beschränkung auf schwergängiges Einfahren (statt Verfahren) wird nicht übernommen, da die sicherheitstechnische Bedeutung der Störung ohnehin zu klären und die Anforderung diesbezüglich somit ergebnisoffen ist. Die Ergänzungen des Textvorschlags wurden im Hinblick darauf aufgenommen, dass auch Begrenzungsfunktionen (wie das Pulkeinfahren) sowie das Sammeleinfahren beim ATWS (beides SWR) durch die Störung nicht beeinträchtigt werden dürfen.</p> | | <p>steht, so wird der Reaktor unterkritisch gemacht. Vor einem Wiederkritisch-machen wird nachgewiesen, dass keine systematische Ursache und die anforderungsgemäße weitere Betriebsfähigkeit vorliegt. Schwergängige Steuerelemente bzw. Steuerstäbe werden ausgetauscht oder in auslegungsgemäßen Zustand gebracht.</p> |
| | | 535 | UM BW | Die Formulierungen in den Modulen lassen für Einzelfälle keinen Spielraum. Eine solche mangelnde Flexibilität zeigt sich auch unter 6.1(8)b. Hier wird gefordert, im Fall einer Schwergängigkeit eines Steuerstabes, bei dem ein systematischer Fehler nicht ausgeschlossen werden | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--|-----------|--------------|---|--------------|---|
| | | | | <p>kann, den Reaktor unterkritisch zu machen und vor dem Wiederanfahren nachzuweisen, dass kein systematischer Fehler vorliegt. Lässt sich z.B. ein Steuerstab nicht ausfahren, so gibt es nicht zwangsläufig einen Grund, auch das Versagen der Schnellabschaltung und des Stabeinwurfs zu unterstellen. Überhaupt gehört eine detaillierte Festlegung, was bei einer bestimmten Störung zu tun ist, nicht ins übergeordnete Regelwerk.</p> <p>Team 2: Siehe die vorgenommene Textänderung und die zugehörige Begründung. Im Übrigen ist aus Sicht von Team 2 festzustellen, dass die genannten Anforderungen im Hinblick auf Störungen, die die sichere Funktion der (Schnell-) Abschalteinrichtung gefährden können, von übergeordnetem Charakter sind, so wie dies übrigens bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Fall ist: es gilt die Anforderung 3.1.2 (14) der RSK LL, die ein Unterkritischmachen der Anlage im Falle einer fehlenden Verfahrbarkeit von Steuerelementen fordert. Der Vorhalt, dass die Formulierungen in den Modulen abseits der konkret genannten Ziffer 6.1 (8) b) für Einzelfälle keinen Spielraum lassen, lässt sich ohne weitere Spezifizierung der entsprechenden Ziffern nicht beantworten.</p> | | |
| | c) Die Antriebe der Steuerelemente bzw. -stäbe, einschließlich aller dazugehörigen Hilfssysteme, haben nur insoweit gemeinsame Komponenten, als sichergestellt ist, dass ein Einzelfehler die zuverlässige und wirksame Abschaltung des Reaktors nicht beeinträchtigt. | | | | | de) Die Antriebe der Steuerelemente bzw. Steuerstäbe, einschließlich aller dazugehörigen Hilfssysteme, haben nur insoweit gemeinsame Komponenten, als sichergestellt ist, dass ein Einzelfehler die zuverlässige und wirksame Abschaltung des Reaktors nicht beein- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|---|-----------|--------------|------------------------|--------------|---|
| | | | | | | trächtigt. |
| | d) Gegen das unkontrollierte Ausfahren von Steuerelementen bzw. –stäben sind Maßnahmen vorgesehen. | | | | | ed) Gegen das unkontrollierte Ausfahren von Steuerelementen bzw. Steuerstäben sind Vorkehrungen Maßnahmen vorhanden. gesehen . |
| | e) Für mit Boreinspeisung arbeitende Abschalteneinrichtungen ist eine periodische sowie anlassbezogene Überwachung der Borkonzentration und des Füllstandes in den für die Sicherheit wichtigen Vorratsbehältern derart vorgesehen, dass eine anforderungsgerechte Einspeisung des Bors sichergestellt ist. | | | | | fe) Für mit Boreinspeisung arbeitende Abschalteneinrichtungen ist eine periodische sowie anlassbezogene Überwachung der Borkonzentration und des Füllstandes in den für die Sicherheit wichtigen Vorratsbehältern derart vorgesehen, dass eine anforderungsgerechte Einspeisung des Bors sichergestellt ist. |
| | f) Auch beim Eintreten mehrerer voneinander nicht unabhängiger Ereignisse (z.B. Brände, Wassereinbruch) ist die Abschaltung des Reaktors sichergestellt. | | | | | gf) Auch beim Eintreten mehrerer voneinander nicht unabhängiger Ereignisse (z.B. Brände , Wassereinbruch) ist die Abschaltung des Reaktors sichergestellt. |
| 6.2 | Sicherheitsebene 2 | | | | 6.2 | Sicherheitsebene 2 |
| 6.2 (1) | Es sind automatisch wirkende Maßnahmen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte vorgesehen, die, im Zusammenwirken mit der nuklearen, thermohydraulischen und mechanischen Auslegung des Reaktorkerns, sicherstellen, dass mögliche Reaktivitätszufuhren infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 2 und dadurch mögliche Erhöhungen der Reaktorleistung oder der Leistungsdichte so beschränkt bleiben, dass die Nachweiskriterien dieser Sicherheitsebene eingehalten werden. | | | | 6.2 (1) | Es sind automatisch wirkende Einrichtungen Maßnahmen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte vorhanden gesehen , die, im Zusammenwirken mit der nuklearen, thermohydraulischen und mechanischen Auslegung des Reaktorkerns, sicherstellen, dass mögliche Reaktivitätszufuhren infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 2 und dadurch mögliche Erhöhungen der Reaktorleistung oder der Leistungsdichte so beschränkt bleiben, dass die Nachweiskriterien dieser Sicherheitsebene eingehalten werden. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|--------------|------------------------|--------------|--|
| 6.2 (2) | Das Schnellabschaltssystem (siehe Ziffer 6.1 (6)) ist derart ausgelegt, dass bei Transienten, mit deren Eintreten während der Reaktorlebensdauer zu rechnen ist und in deren Ablauf so große Änderungen der Betriebsparameter erzeugt werden, dass eine Reaktorschnellabschaltung erfolgt, der geforderte Betrag der Abschaltreaktivität so schnell erreicht wird, dass die Auslegungsgrenzen gemäß den Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) sowie die auf der Sicherheitsebene 2 geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden. Diese Anforderung ist auch bei unterstelltem Nichteinfall des reaktivitätswirksamsten Steuerelements (DWR) bzw. Nichteinschießen des reaktivitätswirksamsten Steuerstabs (SWR) erfüllt. | | | | 6.2 (2) | Das Schnellabschaltssystem (siehe Ziffer 6.1 (6)) ist derart ausgelegt, dass bei Transienten, mit deren Eintreten während der Reaktorlebensdauer zu rechnen ist und in deren Ablauf so große Änderungen der Betriebsparameter erzeugt werden, dass eine Reaktorschnellabschaltung erfolgt, der geforderte Betrag der Abschaltreaktivität so schnell erreicht wird, dass die Auslegungsgrenzen gemäß den Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) sowie die auf der Sicherheitsebene 2 geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden. Diese Anforderung ist auch bei unterstelltem Nichteinfall des reaktivitätswirksamsten Steuerelements (DWR) bzw. Nichteinschießen des reaktivitätswirksamsten Steuerstabs (SWR) erfüllt. |
| | | | | | Hinweis | Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffer 4 (6). |
| 6.2 (3) | Durch die Funktion der Schnellabschaltung wird der Reaktor bei den zu betrachtenden Ereignissen so lange unterkritisch gehalten, bis die dauerhafte Abschaltung sichergestellt ist. | | | | 6.2 (3) | Durch die Funktion der Schnellabschaltung wird der Reaktor bei den zu betrachtenden Ereignissen so lange unterkritisch gehalten, bis die dauerhafte Abschaltung sichergestellt ist. |
| 6.2 (4) | Mindestens eine Abschalteinrichtung ist derart ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 2 der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten werden kann. Bei Aufrechterhaltung der dauerhaften Abschaltung mittels Steuerstäben ist bei der rechnerischen Nachweisführung das Nichteinfahren des wirksamsten Steuer- | | | | 6.2 (4) | Mindestens eine Abschalteinrichtung ist derart ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 2 der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten werden kann. Bei Aufrechterhaltung der dauerhaften Abschaltung mittels Steuerstäben ist bei der rechnerischen Nachweisführung das Nichteinfahren bzw. Nichteinschießen des |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|--------------|--|-----------------------|--|
| | stabs unterstellt. | | | | | wirksamsten Steuerstabs unterstellt. |
| | | | | | Hinweis | Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffer 4 (7). |
| 6.2 (5) | Beim DWR ist durch zuverlässige technische Maßnahmen sichergestellt, dass Leckagen in Nachkühlern oder Dampferzeugern die zum Unterkritischhalten des Reaktors benötigte Borkonzentration im Primärkühlmittel nicht in unzulässigem Maße vermindern. | | Team 2 | Ist durch Ziffer 2.5.1 in Modul 10 erfasst und wird daher hier gestrichen. | 6.2 (5) | Beim DWR ist durch zuverlässige technische Maßnahmen sichergestellt, dass Leckagen in Nachkühlern oder Dampferzeugern die zum Unterkritischhalten des Reaktors benötigte Borkonzentration im Primärkühlmittel nicht in unzulässigem Maße vermindern. |
| 6.2 (6) | Die Wirksamkeit und Fahrgeschwindigkeit sowohl von einzeln als auch von gemeinsam fahrenden Steuerelementen bzw. -stäben sowie anderer reaktivitätswirksamer Einrichtungen sind so begrenzt, dass bei fehlerhafter Funktion die Nachweiskriterien eingehalten werden. | | | | 6.2 (5 6) | Die Wirksamkeit und Fahrgeschwindigkeit sowohl von einzeln als auch von gemeinsam fahrenden Steuerelementen bzw. Steu erstäben sowie anderer reaktivitätswirksamer Einrichtungen sind so begrenzt, dass bei fehlerhafter Funktion die Nachweiskriterien eingehalten werden. |
| 6.2 (7) | Sofern ein störungsbedingter Anstieg der lokalen Leistungsdichte durch Umverteilungen des Neutronenflusses nicht ausgeschlossen werden kann, sind Einrichtungen zur wirksamen Begrenzung des Anstiegs vorgesehen. | | | | 6.2 (6 7) | Sofern ein störungsbedingter Anstieg der lokalen Leistungsdichte durch Umverteilungen des Neutronenflusses nicht ausgeschlossen werden kann, sind Einrichtungen zur wirksamen Begrenzung des Anstiegs vorgesehen. |
| 6.2 (8) | Beim SWR ist durch wirksame und zuverlässige automatische Maßnahmen sichergestellt, dass bei einem störungsbedingten Verlassen des bezüglich Leistungsdichteschwingungen stabilen Bereichs des Betriebskennfeldes das Auftreten von ungedämpften Schwingungen verhindert wird bzw. diese so rechtzeitig beendet werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 2 eingehalten werden. | | | | 6.2 (7 8) | Beim SWR ist durch wirksame und zuverlässige automatische Einrichtungen Maß- nahmen sichergestellt, dass bei einem störungsbedingten Verlassen des bezüglich Leistungsdichteschwingungen stabilen Bereichs des Betriebskennfeldes das Auftreten von ungedämpften Schwingungen verhindert wird bzw. diese so rechtzeitig beendet werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 2 eingehalten werden. |
| 6.3 | Sicherheitsebene 3 | | | | 6.3 | Sicherheitsebene 3 |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|------------------|--|--------------|--|
| 6.3 (1) | <p>Das Schnellabschaltsystem (siehe Ziffer 6.1 (6)) ist derart ausgelegt, dass bei den betroffenen Ereignissen der Sicherheitsebene 3 der geforderte Betrag der Abschaltreaktivität so schnell erreicht wird, dass im Zusammenwirken mit anderen Sicherheitseinrichtungen die auf der Sicherheitsebene 3 geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden. Diese Anforderung ist auch erfüllt, wenn unterstellt wird, dass</p> <ul style="list-style-type: none"> - das reaktivitätswirksamste Steuerelement (DWR) bzw. der reaktivitätswirksamste Steuerstab (SWR) nicht einfällt bzw. nicht einschießt und - die zuerst anstehende Anregung für die Schnellabschaltung ausfällt. | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Die geforderte Überlagerung des Konzepts „Einzelfehler plus Reparaturfall“ mit dem Postulat „stuck rod“ (Module 2 und 3) geht sowohl über die deutsche als auch die internationale Praxis weit hinaus. Sie widerspricht den geltenden Interpretationen zu den Sicherheitskriterien. Gemäß BMI-Sicherheitskriterien ist für die Summe der Abschalteinrichtungen <u>ein</u> Fehler zu unterstellen: <i>Kriterium 5.3 Einrichtungen zur Steuerung und Abschaltung des Kernreaktors: Die Einrichtungen zur Steuerung und Abschaltung des Kernreaktors müssen alle im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen möglichen Reaktivitätsänderungen beherrschen, so dass die jeweils spezifizierten Grenzwerte für das Reaktorsystem bei den in Betrachtung zu ziehenden Transienten nicht überschritten werden. ...Die sich aus der Reaktivitätsbilanz ergebende Abschaltreaktivität muss auch für den Fall, dass Steuerelemente – mindestens das reaktivitätswirksamste Steuerelement – voll ausgefallen sind, eine ausreichende Abschaltreserve enthalten.</i> Diese Kriterien sind entsprechend der gültigen Interpretation zum Einzelfehlerkonzept (Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz) eindeutig definiert: (2) Anwendungsbereich des Einzelfehlerkriteriums ...</p> <p><i>Ein Einzelfehler ist auch bei der Auslegung der- Sicherheitseinrichtungen zur Reaktorabschaltung ...zu unterstellen. (6) Einzelfehler in mehreren zur Beherrschung des Anforderungsfalles erforderlichen Sicherheitseinrichtungen: Müssen zur Beherrschung eines zu unterstellenden Anforderungsfalles mehrere der im</i></p> | 6.3 (1) | <p>Das Schnellabschaltsystem (siehe Ziffer 6.1 (6)) ist derart ausgelegt, dass bei den maßgeblichen betroffenen Ereignissen der Sicherheitsebene 3 der geforderte Betrag der Abschaltreaktivität so schnell erreicht wird, dass im Zusammenwirken mit anderen Sicherheitseinrichtungen die auf der Sicherheitsebene 3 geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden. Diese Anforderung ist auch erfüllt, wenn unterstellt wird, dass</p> <ul style="list-style-type: none"> - das reaktivitätswirksamste Steuerelement (DWR) bzw. der reaktivitätswirksamste Steuerstab (SWR) nicht einfällt bzw. nicht einschießt und - die zuerst anstehende Anregung für die Schnellabschaltung ausfällt. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|--|--------------|--------------------------------|
| | | | | <p>Anwendungsbereich genannten Sicherheitseinrichtungen gleichzeitig oder auch zeitlich nacheinander ihre Funktion erfüllen, so ist das Auftreten eines Einzelfehlers für die Summe der Sicherheitseinrichtungen nach Maßgabe der Grundsätze des Einzelfehlerkonzeptes zu unterstellen, nicht aber für mehrere der benötigten Sicherheitseinrichtungen gleichzeitig. Der in den Modulen 2 und 3 gewählte Ansatz, wonach der stuck rod, also der Fehler im Schnellabschaltsystem, zusätzlich zum Einzelfehler immer zu unterstellen ist, widerspricht den BMI-Sicherheitskriterien und der aktuellen Nachweispraxis im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren. Vorschlag: „Das Schnellabschaltsystem (siehe Ziffer 6.1 (6)) muss derart ausgelegt sein, dass bei den betroffenen Ereignissen der Sicherheitsebene 3 der geforderte Betrag der Abschaltreaktivität so schnell erreicht wird, dass im Zusammenwirken mit anderen Sicherheitseinrichtungen die auf der Sicherheitsebene 3 geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden. Diese Anforderung muss auch erfüllt sein, wenn <u>als Einzelfehler</u> unterstellt wird, dass</p> <ul style="list-style-type: none"> - das reaktivitätswirksamste Steuerelement (DWR) bzw. der reaktivitätswirksamste Steuerstab (SWR) nicht einfällt bzw. nicht einschießt, <u>oder</u> - die zuerst anstehende Anregung für die Schnellabschaltung ausfällt.“ <p>Team 2: Die Anforderung „stuck rod“ wird in Modul 1 geregelt. Die Beantwortung des Kommentars zum „stuck rod“ erfolgt dort, ebenso wie die erfolgte Präzisierung der Anforderungen hinsichtlich des</p> | | |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------|---|
| | | | | Zusammenwirkens „stuck rod“ mit dem Einzelfehler. Eine Ergänzung des Textes in Modul 2 ist von daher nicht erforderlich. Dies gilt auch hinsichtlich des Postulats „Ausfall der 1. RESA Anregung“ (siehe Modul 1 Ziffer 3.1 (6) Revision B). Die Frage, ob „entweder `stuck rod` oder der `Ausfall der 1. RESA Anregung` zu unterstellen ist, ist ebenfalls ein übergeordnetes Thema von Modul 1 und dort derart geregelt, dass beide Postulate bei Störfällen unabhängig voneinander gestellt werden. Das Postulat „stuck rod“ zielt auf das Nachweisziel Betrag der Abschaltreaktivität, wohingegen der Ausfall der 1. RESA Anregung auf die Nachweisziele der Kühlung der Brennelemente abzielen. | | |
| | | | | | Hinweis | Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffern 3.1 (6), 4 (6) und 4 (7). |
| 6.3 (2) | Durch die Funktion der Schnellabschaltung wird der Reaktor bei den zu betrachtenden Ereignissen der Sicherheitsebene 3 so lange unterkritisch gehalten, bis die dauerhafte Abschaltung sichergestellt ist. | | | | 6.3 (2) | Durch die Funktion der Schnellabschaltung wird der Reaktor bei den zu betrachtenden Ereignissen der Sicherheitsebene 3 so lange unterkritisch gehalten, bis die dauerhafte Abschaltung sichergestellt ist. |
| | - Beim DWR ist bei Störfällen mit maximaler Abkühlgeschwindigkeit des Reaktorkerns ein kurzes Wiederkritischwerden zulässig, sofern die Einhaltung der ansonsten geltenden Nachweiskriterien sichergestellt ist. | Siehe folgender Einschub | Siehe folgender Einschub | Siehe folgender Einschub auch hinsichtlich der Antworten von Team 2. | 6.3 (3) | —Beim DWR ist abweichend von Ziffer 6.3 (2) bei Störfällen mit hohermaximaler Abkühlgeschwindigkeit des Reaktorkerns (Unter kühlungstransienten, siehe „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ (Modul 3)) ein kurzes Wiederkritischwerden zulässig, sofern die Einhaltung der ansonsten geltenden Nachweiskriterien sichergestellt ist. |

Einschub zu den Kommentaren das Thema „Zulässigkeit einer Rekritikalität im Störfallverlauf“ betreffend:

| Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar |
|-----------|------------------|---|
| 530, 544 | VGB AK Regelwerk | Die in den Sicherheitsebenen zu erfüllenden Anforderungen sollten für alle Ereignisse der Sicherheitsebene gleich sein. Der von Team 2 gewählte Weg, generelle Anforderungen festzulegen und für einzelne spezifizierte Ereignisse - orientiert am bisherigen Kenntnisstand - Ausnahmen zuzulassen, entspricht nicht einer systematischen Vorgehensweise. Kurzzeitige Rekritikalität ist beim DWR bei schnellen Unterkühlungstransienten mit großer Temperaturdifferenz aus anlagenkonzeptionellen Gründen unvermeidbar, da für die Unterkritikalität für den Übergang vom Vollastzustand zum kalten, abgeschalteten Zustand Borierung nötig ist, die nicht kurzfristig möglich ist. Kurzzeitige Rekritikalität muss für solche Ereignisse der Sicherheitsebene 3, bei denen die Unterkritikalität durch Borierung sichergestellt werden muss (z. B. reflux condenser), zulässig sein, sofern die Einhaltung der primären Schutzziele nachgewiesen wird. Vorschlag: Rekritikalität ist in solchen Fällen zulässig, bei denen dies aus anlagenkonzeptionellen Gründen unabdingbar ist, sofern die Einhaltung der ansonsten geltenden Nachweiskriterien sichergestellt ist. |
| | Team 2 | Richtigerweise sollten Anforderungen generell gelten und Ausnahmen vermieden werden. Es wäre jedoch u. E. nicht sachgerecht, aus einer bestehenden Ausnahme (Rekritikalität in Sonderfällen zulässig) die Regel zu machen, um systematisch zu sein. Insofern muss die Ausnahme auch eine Ausnahme bleiben. Sofern die Abschalteinrichtungen nach erfolgter Schnellabschaltung nicht in der Lage sind, Rekritikalität zu verhindern, ist nach Auffassung von Team 2 das Schutzziel „Kontrolle der Reaktivität“ nicht erfüllt. Insofern ist nicht verständlich, was in dem Kommentar unter „primären“ Schutzzielen verstanden wird. Dem Gedanken „aus anlagenkonzeptionellen Gründen“ kann u. E. als Begründung für die Ausnahmen gefolgt werden, jedoch sollte mittlerweile bekannt sein, welche Ausnahmefälle hier zu definieren sind. Diese sind konkret zu benennen (was im Kontext der Module in Modul 3 erfolgt). Eine „offene“ Regelung, wie mit dem Formulierungsvorschlag impliziert, ist u. E. nicht sachgerecht. Zum Einen wäre unbestimmt, was „anlagenkonzeptionell unabdingbar“ ist. Ob bspw. beim Reflux Condenser eine Rekritikalität aus anlagenkonzeptionellen Gründen unvermeidbar ist, erscheint zumindest diskussionsbedürftig. Und, sofern ein Ereignis der SE 3 z.B. durch eine veränderte Kernausslegung beherrscht werden kann, ist dieses aus Sicht des Teams nicht mehr als aus anlagenkonzeptionellen Gründen unvermeidbar einzustufen. Insofern verbleiben nach Auffassung des Teams zum gegenwärtigen Zeitpunkt – nach langjähriger internationaler Erfahrung mit DWR Anlagen – tatsächlich nur Unterkühlungstransienten als diejenigen, bei denen Rekritikalität aus anlagenkonzeptionellen Gründen unvermeidbar sein könnten. Daher erscheint es aus Bestimmtheitsgründen auch nicht sinnvoll, in Ziffer 6.3 (2) die Beschränkung auf Unterkühlungstransienten aufzugeben. Zum Anderen impliziert die Formulierung „aus anlagenkonzeptionellen Gründen“, dass Ereignisse bestehen könnten, die nicht konkret benennbar sind, für die jedoch die Ausnahmeregel gelten soll. Ohne Kenntnis der Randbedingungen solcher Ereignisse kann jedoch die Zulässigkeit der Ausnahmeregel nicht im Regelwerk per se deklariert werden. Eine wesentliche Randbedingung für die Zulässigkeit der Rekritikalität bei Frischdampfleitungsbruch ist bspw. die gesicherte Geometrie des Kerns und Integrität der Brennstäbe. Als alleinige Bedingung die Einhaltung der Nachweiskriterien zu benennen, wäre bei einer „offenen“ Formulierung u. E. nicht ausreichend, da zum Einen unklar wäre, welche Nachweiskriterien heranzuziehen wären (Transiente, RIA oder KMV) und zum Anderen die Gültigkeit der Nachweiskriterien für diese Fälle nicht a priori als gesichert gelten kann (so bspw. das RIA Kriterium bei einem KMV). Die Textänderung berücksichtigt, dass der Begriff „maximale Abkühlgeschwindigkeit“ zu Einwendungen geführt hat (vgl. den nachfolgenden Kommentar Nr. 623). |
| 623 | Lisdat, E.ON KK | Wir haben schlicht die Befürchtung, dass das wirklich so interpretiert wird: Nur bei dem Störfall, wo es wirklich die maximale Geschwindigkeit gibt, ist hier eine Rekritikalität zulässig und bei irgendwelchen anderen Transienten, die etwas langsamer ablaufen, wäre es dann nicht mehr zulässig. Das „maximal“, das ist einfach zu einschränkend gemacht. In den RSK-Leitlinien steht zwar derselbe Satz drin, aber der wird sofort wieder durch Klammer usw. aufge- weicht, dass damit doch mehrere gemeint sein könnten. Das müsste man auch entsprechend aufweichen. Das ist der eine Punkt. Der andere Punkt ist beim Reflux-Condenser: ich würde einmal sagen, unter Umständen kann das aus anlagenkonzeptionellen Gründen schon unabdingbar werden. Denn auch dort haben wir natürlich dasselbe Problem: Bor und Abschaltreaktivität. Und dann kommt noch der Einzelfehler dazu, in Ihrer Anforderung. Dann |

| Komm. Nr. | Kommentator | Kommentar |
|-----------|-------------|--|
| | | haben wir nämlich den Reparaturfall und zweimal Einzelfehler. Sonst wäre das Ganze nichts beim Reflux-Condenser. Wenn ich das richtig verstanden habe, und nach dem, was ich verstanden habe, würde ich sagen, das ist ein prinzipielles Problem natürlich bei einem Druckwasserreaktor, international, generell, bei dem die Steuerstäbe eben nicht hinreichende Wirksamkeit haben. Deswegen haben wir das Bor ja drin. Wir brauchen zum Abkühlen auf den kalten Zustand in Druckwasserreaktoren generell Bor. Und, wenn die Abkühlung eben sehr schnell geht, dann kriegen Sie kein Bor rein, in der kurzen Zeit. Und damit können Sie die Rekritikalität nicht vermeiden. Wenn Sie sagen, der Frischdampfleitungsbruch ist aufgeführt, das ist ja eigentlich bei der maximalen Abkühlgeschwindigkeit unsere Kritik, es gibt ja auch unter Umständen den Speisewasserbruch oder irgend so etwas, die zu ähnlichen Unterkühlungen führen. Und weshalb soll es in dem einen Fall, beim Frischdampfleitungsbruch zulässig sein und beim Speisewasserbruch nicht? |
| | Team 2 | Im Hinblick auf den ersten Absatz des Kommentars wurde zur Berücksichtigung der Einwendung der Begriff „maximale Abkühlgeschwindigkeit“ durch „hohe Abkühlgeschwindigkeit“ ersetzt (dies ändert nichts daran, dass - wie bislang - der Fall mit maximaler Abkühlgeschwindigkeit auslegungsbestimmend bleibt). Im Hinblick auf die anderen Absätze des Kommentars verweisen wir auf unsere Antwort zu den Kommentaren 530 und 544. Sofern es in der Tat weitere Fälle mit unvermeidbarer Rekritikalität geben sollte, so sollten diese konkret benannt werden. Wie bereits ausgeführt, sollten diese Kenntnisse über die deutschen DWR mittlerweile den Betreibern bekannt sein. Sofern dann die diesbezüglich u. E. erforderlichen Prüfungen durchgeführt wurden, kann bei entsprechendem Ergebnis ein solches Ereignis in Modul 3 benannt werden. |
| 509 | NUM | Formulierungsvorschlag für die Neufassung des Textes hinter dem Spiegelstrich: „Beim DWR ist bei Störfällen, die, bedingt durch das Anlagenkonzept, in ihrem Ablauf mit positiven Reaktivitätsrückwirkungen verbunden sind, ein kurzes wieder kritisch werden zulässig, wenn unter abdeckenden Störfallannahmen nachgewiesen ist, dass die ansonsten geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden“. |
| | Team 2 | Siehe Antworten auf vorhergehende Kommentare. |
| 535 | UM BW | Auch gehen eine Reihe von Formulierungen über das Ziel hinaus und implizieren so unnötig hohe Anforderungen, z.B. Rekritikalität unter keinen Umständen auch nicht bei Reflux-Condenser. Beide Module [2 und 11] enthalten begriffliche Unschärfen und nicht eindeutige Formulierungen. Beispiele hierfür sind die Verwendung von „Beladeplan“ anstelle des allgemein üblichen „Schrittfolgeplan“ oder der nicht eindeutige Begriff „maximale Abkühlgeschwindigkeit“. |
| | Team 2 | Gemäß Ziffer 6.3 (2) ist Rekritikalität bei Unterkühlungstransienten zulässig. Der Vorhalt „Rekritikalität unter keinen Umständen“ ist von daher unzutreffend. Zur Zulässigkeit von Rekritikalitäten beim Reflux Condenser siehe die Antwort zu den Kommentaren 530 und 544 (oben). Dass die Vermeidung von Rekritikalität über das Ziel hinaus gehe und unnötig hohe Anforderungen impliziere, ist nicht nachvollziehbar. Wie bereits dargestellt, stellt eine Rekritikalität nach erfolgter Schnellabschaltung nach Auffassung von Team 2 eine Nichterfüllung des Schutzziels „Kontrolle der Reaktivität“ dar. Inwiefern an anderen Stellen von Modul 2 eine Reihe von Formulierungen über das Ziel hinausgehen und so unnötig hohe Anforderungen implizieren, ist mangels Konkretisierung im Kommentar nicht nachvollziehbar. Dasselbe gilt für den generellen Vorhalt „begriffliche Unschärfen und nicht eindeutige Formulierungen“. Zu dem einzigen in diesem Zusammenhang aufgeführten Beispiel, das Modul 2 betrifft, ist anzumerken, dass die Formulierung „maximale Abkühlgeschwindigkeit“ identisch in Ziffer 3.1.2 (7) der RSK LL verwendet wird. Da dies in der Praxis bislang nicht zu Problemen geführt hat, überrascht die Bewertung, dass hier eine „nicht eindeutige Formulierung“ vorliege. Unabhängig davon wurde zur Vermeidung künftiger Missverständnisse eine Textänderung vorgenommen. |
| 502 | FANP | Ausnahmeregelungen akzeptabel? <u>Schrittfolge in der Diskussion</u> Sicherheitstechnisch unbegründete Anforderungserhöhung Nachfrage nach sicherheitstechnischer Begründung Antwort: die Nachweise gehen doch, Hinweis auf Fälle der bisherigen Genehmigungspraxis, in denen Nachweis so nicht geht Reaktion: Formulierung von Ausnahmeregelungen für diese Fälle; Tauchen später aufgrund weiterer Erkenntnisse bei anderen Fällen ebenfalls „Nach- |

| Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar |
|-----------|--------------|---|
| | | <p>weisengpässe“ Reaktion: dafür gibt es keine Ausnahmeregelung Beispiele: Nur bei FDL-Leck kurzzeitige, begrenzte Rekritikalität → aber RSK-LL beispielhaft, daher auch reflux condensor → war nicht angesprochen - Stuck rod + Einzelfehlerkonzept → Hinweis: nirgendwo in der Welt Doppel-stuck rod → Ausnahmeregelung → reflux condensor → Ausnahme geht nicht, weil neue Erkenntnis.</p> |
| | Team 2 | <p>Zum „stuck rod“ siehe Antwort auf den Kommentar Nr. 544 zu Ziffer 6.3 (1) bzw. im Detail in der Synopse Modul 1 zu Ziffern 4 (6) und 4 (7). Es ist nicht beabsichtigt, im Regelwerk für andere Fälle als für Unterkühlungstransienten Rekritikalität zuzulassen. Daher werden diesbezüglich auch keine Ausnahmeregeln formuliert. Dies ist auf Basis des heutigen Kenntnisstands insofern begründet, als keine anderen Ereignisse bekannt sind, die Rekritikalität aus anlagenkonzeptionellen Gründen unvermeidbar erscheinen lassen – siehe die Antwort zu den Kommentaren 530 und 544. Es ist im Übrigen gerade nicht das Verständnis von Team 2, dass Anforderungen deswegen mit Ausnahmen versehen werden sollten, weil sich in der Zukunft für derzeit nicht bekannte Fälle eine Verletzung dieser Anforderung ergeben könnte. Unterschiede mögen ggf. in der technischen Bewertung von Rekritikalitäten bestehen. Für Team 2 bedeuten sie – wie bereits dargestellt – eine Beeinträchtigung des Schutzziels „Kontrolle der Reaktivität“ und sollten deshalb nur für die nach derzeitigem Stand von W&T unabweisbar notwendigen und gesichert beherrschbaren Fälle zugelassen werden.</p> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|---|-----------------------|--|
| 6.3 (3) | <p>Mindestens eine Abschaltvorrichtung ist derart ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 3 der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten werden kann.</p> <p>Bei Aufrechterhaltung der dauerhaften Abschaltung mittels Steuerstäben ist bei der rechnerischen Nachweisführung das Nichteinfahren des wirksamsten Steuerstabs unterstellt.</p> | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Siehe Kommentar zu 6.3(1): Vorschlag: Mindestens eine Abschaltvorrichtung ist derart auszulegen, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 3 der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten werden kann.</p> <p>Bei Aufrechterhaltung der dauerhaften Abschaltung mittels Steuerstäben ist als <u>Einzelfehler</u> bei der rechnerischen Nachweisführung das Nichteinfahren des wirksamsten Steuerstabs zu unterstellen.</p> <p>Team 2: Diese Anforderung betrifft aus-</p> | 6.3 (4 3) | <p>Mindestens eine Abschaltvorrichtung ist derart ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 3 der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten werden kann.</p> <p>Bei Aufrechterhaltung der dauerhaften Abschaltung mittels Steuerstäben ist bei der rechnerischen Nachweisführung das Nichteinfahren <u>bzw. Nichteinschießen</u> des wirksamsten Steuerstabs unterstellt.</p> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|--------------|--|--------------------|---|
| | | | | schließlich den SWR. Hinsichtlich des Nachweiskriteriums „Erreichung der erforderlichen Abschaltreaktivität“ wird der „stuck rod“, jedoch kein Einzelfehler gemäß Einzelfehlerkonzept unterstellt, da das Abschaltsystem „einzelfehlerfest“ ausgelegt ist. Ein Präzisierungsbedarf hinsichtlich „stuck rod“ und Einzelfehler besteht hier u. E. nicht. | | |
| | | | | | Hinweis | Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffer 4 (7). |
| 6.3 (4) | Beim DWR ist durch zuverlässige technische Einrichtungen sichergestellt, dass Lecks in Nachkühlern oder Dampferzeugern die zum Unterkritischhalten des Reaktors benötigte Borkonzentration im Primärkühlmittel nicht in unzulässigem Maße vermindern. | | Team 2 | Ist durch Ziffer 2.5.1 Modul 10 erfasst und wird daher hier gestrichen. | 6.3 (4) | Beim DWR ist durch zuverlässige technische Einrichtungen sichergestellt, dass Lecks in Nachkühlern oder Dampferzeugern die zum Unterkritischhalten des Reaktors benötigte Borkonzentration im Primärkühlmittel nicht in unzulässigem Maße vermindern. |
| 6.3 (5) | Die zum Abfahren der Zwangsumwälzpumpen beim SWR notwendigen Einrichtungen sind gleichwertig mit Einrichtungen für Leittechnik- Funktionen der Sicherheitsebene 3 ausgeführt. | | Team 2 | Anpassung des Textes im Hinblick auf die in Modul 5 verwendeten Begriffe. | 6.3 (5) | Die zum Abfahren der Zwangsumwälzpumpen beim SWR notwendigen Einrichtungen sind als leittechnische Einrichtungen für die Ausführung von Leittechnik-Funktionen der Kategorie A gemäß „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an Leittechnik (Teil 1)“ (Modul 5) ausgelegt. sind gleichwertig mit Einrichtungen für Leittechnik-Funktionen der Sicherheitsebene 3 ausgeführt. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|--------------|--|--------------|--|
| 6.3 (6) | Gegen den Auswurf eines Steuerelements bzw. Steuerstabes, z.B. infolge eines Bruches des Gehäuserohres oder des Antriebs, sowie den vollständigen Ausfall eines Steuerstabs (SWR) sind außer der sicheren Auslegung und der sorgfältigen Fertigungskontrolle des Gehäuserohres sowie Verriegelungsmaßnahmen (SWR) davon unabhängige Sicherheitsmaßnahmen getroffen, z.B. eine Auffangvorrichtung oder eine Steuerstabfallwegbegrenzung, es sei denn, es ist nachgewiesen, dass die Enthalpiefreisetzung infolge des Auswurfs des Steuerelements bzw. Steuerstabes sowie des Ausfalls eines Steuerstabes mit dem größten Reaktivitätswert zu keiner Überschreitung der Nachweiskriterien führt. Durch den Bruch eines Steuerelement- bzw. -stabgehäuserohres oder eines Steuerelement- bzw. -stabantriebs treten an benachbarten Gehäuserohren oder Antrieben keine Folgeschäden auf, die die Funktionssicherheit anderer Steuerelemente bzw. Steuerstäbe beeinträchtigen. Wenn ein Folgeschaden nicht ausgeschlossen werden kann, ist nachgewiesen, dass auch bei diesem Störfall die Nachweiskriterien eingehalten werden. | | Team 2 | Vereinfachung der Formulierungen zur Angleichung des Detaillierungsgrades von Modul 2. | 6.3 (6) | Gegen den Auswurf eines Steuerelements bzw. Steuerstabes, z.B. infolge eines Bruches des Gehäuserohres oder des Antriebs, sowie den vollständigen Ausfall eines Steuerstabs (SWR) sind außer der sicheren Auslegung und der sorgfältigen Fertigungskontrolle des Gehäuserohres sowie Verriegelungs maß- nahmen (SWR) davon unabhängige Vorkehrungen Sicherheitsmaßnahmen getroffen, z.B. eine Auffangvorrichtung oder eine Steuerstabfallwegbegrenzung, es sei denn, es ist nachgewiesen, dass die Enthalpiefreisetzung infolge des Auswurfs des Steuerelements bzw. Steuerstabes bzw. der sowie des Ausfalls eines Steuerstabes mit dem größten Reaktivitätswert zu keiner Überschreitung der Nachweiskriterien führt. Durch den Bruch eines Steuerelement- bzw. -stabgehäuserohres oder eines Steuerelement- bzw. -stabantriebs treten an benachbarten Gehäuserohren oder Antrieben keine Folgeschäden auf, die die Funktionssicherheit anderer Steuerelemente bzw. Steuerstäbe beeinträchtigen. Wenn ein Folgeschaden nicht ausgeschlossen werden kann, ist nachgewiesen, dass auch bei diesem Störfall die Nachweiskriterien eingehalten werden. |
| | | | Team 2 | Mögliche Rückwirkungen des Auswurfs werden nunmehr in Modul 10 behandelt, siehe den neu aufgenommenen Hinweis. | Hinweis | Aspekte der Rückwirkungen auf benachbarte Antriebe und den Sicherheitsbehälter sind in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an die Auslegung und den sicheren Betrieb von baulichen Anlagenteilen, Systemen und Komponenten “ (Modul 10) Abschnitt 2.5.8 behandelt. |
| 6.3 (7) | Die Wirksamkeit und Fahrgeschwindigkeit | | | | 6.3 (7) | Die Wirksamkeit und Fahrgeschwindigkeit |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|--|-----------|--------------|---|--------------------|--|
| | sowohl von einzeln als auch von gemeinsam fahrenden Steuerelementen bzw. -stäben sowie anderer reaktivitätswirksamer Einrichtungen sind so begrenzt, dass bei Störfällen mit Fehlfunktionen in diesen Einrichtungen die Nachweiskriterien eingehalten werden. | | | | | sowohl von einzeln als auch von gemeinsam fahrenden Steuerelementen bzw. - Steuer stäben sowie anderer reaktivitätswirksamer Einrichtungen sind so begrenzt, dass bei Störfällen mit Fehlfunktionen in diesen Einrichtungen die Nachweiskriterien eingehalten werden. |
| 6.4 | Sicherheitsebene 4 | | | | 6.4 | Sicherheitsebene 4 |
| 6.4 (1) | Bei Ereignissen mit unterstelltem Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (Sicherheitsebene 4a) sind die Einrichtungen zur Abschaltung und zur Wärmeabfuhr so ausgelegt, dass a) ihre Funktionsfähigkeit unter diesen Ereignisbedingungen bzw. nach diesen Ereignissen sichergestellt ist, b) der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität erreicht wird sowie c) die Anforderungen der Ziffer 3.4 (1) im Zusammenwirken mit der nuklearen und thermohydraulischen Kernausslegung erfüllt werden. | | | | 6.4 (1) | Bei Ereignissen mit unterstelltem Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (Sicherheitsebene 4a) sind die Einrichtungen zur Abschaltung und zur Wärmeabfuhr so ausgelegt, dass a) ihre Funktionsfähigkeit unter diesen Ereignisbedingungen bzw. nach diesen Ereignissen sichergestellt ist, b) der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität erreicht wird sowie c) die Anforderungen der Ziffer 3.4 (1) im Zusammenwirken mit der nuklearen und thermohydraulischen Kernausslegung erfüllt werden. |
| 6.4 (2) | Bei den zu betrachtenden Notstandsfällen der Sicherheitsebene 4a werden die für die Schnellabschaltung sowie die dauerhafte Abschaltung geforderten Beträge der Abschaltreaktivität erreicht. | | | | 6.4 (2) | Bei den zu betrachtenden Notstandsfällen der Sicherheitsebene 4a werden die für die Schnellabschaltung sowie die dauerhafte Abschaltung geforderten Beträge der Abschaltreaktivität erreicht. |
| 6.4 (3) | Bei den zu betrachtenden Ereignissen bzw. Zuständen der Sicherheitsebene 4b sind anlageninterne Notfallmaßnahmen für die dauerhafte Aufrechterhaltung einer Unterkritikalität von k_{eff} von 1 abzüglich des Anteils der verzögerten Neutronen vorgesehen. | 486 | RSK | 6.4(3) Anstatt „Bei den zu betrachtenden Ereignissen bzw. Zuständen der Sicherheitsebene 4b sind anlageninterne Notfallmaßnahmen für die dauerhafte Aufrechterhaltung einer Unterkritikalität vom k_{eff} von 1 bezüglich des Anteils verzögerter Neutronen vorzusehen.“ muss es heißen: „Bei Ereignissen bzw. Zuständen der Sicherheitsebene 4b ist für die dauer- | 6.4 (3) | Bei den zu betrachtenden Ereignissen bzw. Zuständen der Sicherheitsebene 4b sind anlageninterne Notfallmaßnahmen für die dauerhafte Aufrechterhaltung einer Unterkritikalität von k_{eff} von 1 abzüglich des Anteils der verzögerten Neutronen vorgesehen. |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|---|-----------|------------------|--|--------------|---|
| | | | | hafte Aufrechterhaltung der Unterkritikalität ein k_{eff} kleiner 0,999 vorzusehen.“(K1) Team 2: Kommentar wird berücksichtigt. Die Ziffer wird jedoch in Modul 2 gestrichen, da in Modul 7 Ziffer 4.1 (4) geregelt. | | |
| | | 544 | VGB AK Regelwerk | Festlegung des Abstandes zur Kritikalität ist nicht nachvollziehbar. Team 2: Kommentar berücksichtigt, siehe Modul 7 Ziffer 4.1 (4). | | |
| 7. | Anforderungen an die Auslegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters | | | | 7. | Anforderungen an die Auslegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters |
| Hinweis | Unter Einbauten des Reaktordruckbehälters werden im folgenden insbesondere verstanden: beim DWR: - oberes und unteres Kerngerüst beim SWR: - Kernmantel - oberes und unteres Kerngitter - Steuerstabführungsrohre - Dampf-Wasserabscheider - Dampftrockner - Speisewasserverteiler Im folgenden werden übergeordnete Anforderungen an die Einbauten formuliert, die im Hinblick auf die Sicherstellung der Kontrolle der Reaktivität sowie der Kühlung der Brennelemente im Reaktorkern zu beachten sind. | | Team 2 | Streichung, da bereits im Hinweis unter Ziffer 1 erfasst. | Hinweis | Unter Einbauten des Reaktordruckbehälters werden im folgenden insbesondere verstanden: beim DWR: - oberes und unteres Kerngerüst beim SWR: - Kernmantel - oberes und unteres Kerngitter - Steuerstabführungsrohre - Dampf-Wasserabscheider - Dampftrockner - Speisewasserverteiler. Im folgenden werden übergeordnete Anforderungen an die Einbauten formuliert, die im Hinblick auf die Sicherstellung der Kontrolle der Reaktivität sowie der Kühlung der Brennelemente im Reaktorkern zu beachten sind. |
| 7.1 | Sicherheitsebene 1 | | | | 7.1 | Sicherheitsebene 1 |
| 7.1 (1) | Bei der Auslegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen berücksichtigt, die während des Betriebs der Anlage sowie den Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a auf- | | | | 7.1 (1) | Bei der Auslegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen berücksichtigt, die während des Betriebs der Anlage sowie bei den Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a auf- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|---|-----------|--------------|---|--------------|--|
| | treten können. | | | | | auftreten können. |
| 7.1 (2) | Die Einbauten im Reaktordruckbehälter halten allen während des Normalbetriebs auftretenden Beanspruchungen während ihrer gesamten Einsatzdauer stand derart, dass die Einhaltung der Normalbetriebsbedingungen des Reaktorkerns sichergestellt ist. | 505 | FANP | Aus Gründen „philosophischer Stringenz“ werden Anforderungen formuliert, wobei unklar bleibt, was nachgewiesen werden soll oder ob das überhaupt relevant ist (z.B. M2/7.1 (2), M1/1). Team 2: Diese Ziffer ist nicht aus Gründen „philosophischer Stringenz“ formuliert worden, sondern übernommen aus den RSK LL 3.3 (1)) und angeglichen an die Begriffe der Module. | 7.1 (2) | Die Einbauten im Reaktordruckbehälter halten allen während des Normalbetriebs auftretenden Beanspruchungen während ihrer gesamten Einsatzdauer derart stand, dass die Einhaltung der Normalbetriebsbedingungen des Reaktorkerns sichergestellt ist. |
| 7.1 (3) | Es sind geeignete Maßnahmen getroffen, um zu verhindern, dass die Kontrolle der Reaktivität oder die Kühlung der Brennelemente durch Verunreinigungen oder lose Teile im Kühlmittel beeinträchtigt wird. | | | | 7.1 (3) | Es sind geeignete Vorkehrungen Maßnahmen getroffen, um zu verhindern, dass die Kontrolle der Reaktivität oder die Kühlung der Brennelemente durch Verunreinigungen oder lose Teile im Kühlmittel beeinträchtigt wird. |
| 7.1 (4) | Das Schwingungsverhalten der Einbauten im Reaktordruckbehälter wird durch geeignete Messungen während der Inbetriebnahme der Anlage untersucht. Maßnahmen für eine betriebliche Überwachung sind in sicherheitstechnisch begründetem Umfang festgelegt. | | | | 7.1 (4) | Das Schwingungsverhalten der Einbauten im Reaktordruckbehälter wird durch geeignete Messungen während der Inbetriebnahme der Anlage untersucht. Maßnahmen und Einrichtungen für eine betriebliche Überwachung sind in sicherheitstechnisch begründetem Umfang vorgesehen. festgelegt. |
| 7.1 (5) | Es sind geeignete Prüfungen der Einbauten im Reaktordruckbehälter im Hinblick auf das Auftreten von Schäden und die Einhaltung ihrer anforderungsgerechten Funktionsfähigkeit vorgesehen. | | | | 7.1 (5) | Es sind geeignete Prüfungen der Einbauten im Reaktordruckbehälter im Hinblick auf das Auftreten von Schäden und die Einhaltung der ihrer anforderungsgerechten Funktionsfähigkeit der Einbauten vorgesehen. |
| 7.2 | Sicherheitsebene 2 | | | | 7.2 | Sicherheitsebene 2 |
| 7.2 (1) | Die Einbauten im Reaktordruckbehälter halten allen während des anomalen Betriebs auftretenden Beanspruchungen | | | | 7.2 (1) | Die Einbauten im Reaktordruckbehälter halten allen während des anomalen Betriebs auftretenden Beanspruchungen |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|------------|--|-----------|------------------|--|-----------------|--|
| | stand derart, dass die Einhaltung der Bedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebs des Reaktorkerns sichergestellt ist. | | | | | derart stand, -derart- , dass die Einhaltung der Bedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebs des Reaktorkerns sichergestellt ist. |
| 7.3 | Sicherheitsebene 3 | | | | 7.3 | Sicherheitsebene 3 |
| 7.3 (1) | Die Einbauten im Reaktordruckbehälter sind so ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 3 und den sich daraus ergebenden Einwirkungen auf die Einbauten die Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele dieser Sicherheitsebene sichergestellt ist. | | | | 7.3 (1) | Die Einbauten im Reaktordruckbehälter sind so ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 3 und den sich daraus ergebenden Einwirkungen auf die Einbauten die Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele dieser Sicherheitsebene sichergestellt ist. |
| Hinweis | Zum Nachweisumfang bei Lecks größer 0,1 F siehe „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“. | | | | Hinweis | Zum Nachweisumfang bei Lecks größer 0,1 F siehe „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ (Modul 3) Anhang A2 . |
| 7.4 | Sicherheitsebene 4 | | | | 7.4 | Sicherheitsebene 4 |
| 7.4 (1) | Die Einbauten im Reaktordruckbehälter sind so ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 4a und den sich daraus ergebenden Einwirkungen auf die Einbauten die Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele dieser Sicherheitsebene gegeben ist. | | | | 7.4 (1) | Die Einbauten im Reaktordruckbehälter sind so ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 4a und den sich daraus ergebenden Einwirkungen auf die Einbauten die Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele dieser Sicherheitsebene gegeben ist. |
| | | | | | Anhang 1 | Auslegungsanforderungen für die Brennstabauslegung |
| | | 530, 544 | VGB AK Regelwerk | Der Detaillierungsgrad dieser Anforderungen ist für ein übergeordnetes Regelwerk nicht angemessen. Welche Auslegungsgrenzen definiert werden müssen, ist abhängig von Konstruktionsmerkmalen und Nachweismethoden. Daher können für verschiedene Brennelementtypen durchaus Unterschiede vorhanden sein. Weiterhin können für einige der genann- | | Für die Brennstäbe gelten sind zu folgenden AuslegungsAnforderungen-Auslegungsgrenzen, die brennstoff- bzw. werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten: a) Vermeidung von Brennstoffschmelzen, b) Begrenzung der tangentialen Hüllrohr- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|--|--------------|--|
| | | | | <p>ten Punkte keine Auslegungsgrenzen festgelegt werden wie z. B. Fretting, CRUD, PCI.</p> <p>Team 2: Es ist richtig, dass hier in Modul 2 ein Detaillierungsgrad formuliert wird, wie er üblicherweise in einer KTA Regel vorzufinden ist. Es ist u. E jedoch zweitrangig, auf welcher Ebene des Regelwerks notwendige Anforderungen formuliert werden. Solange es keine KTA Regel zu regelungsbedürftigen Sachverhalten (wie hier trotz seit Jahren bestehenden Beschlusses des KTA zur Erstellung einer KTA 3101.3 der Fall) gibt, ist es daher sachgerecht, diese Regelungen an anderer Stelle zu formulieren. Um jedoch die damit verbundene „Schnittstelle“ deutlich zu machen, wird die Aufzählung der einzelnen Anforderungen in Anhang 1 verschoben. Durch Einfügung der Ergänzung „geeignete“ wird u. E. zudem eine höhere Flexibilität bei der Definition von den einzelnen Anforderungen zugeordneten Auslegungsgrenzen erreicht. So kann z.B. der Anforderung k) eine Auslegungsgrenze zugeordnet werden, die eine Restfederkraft der Abstandshalterfedern festlegt.</p> <p>zu h) In Anhang 1 wird nur auf Auslegungsgrenzen Bezug genommen. Defektwahrscheinlichkeitsintegrale werden in 5.1 (3b) geregelt, entfallen also an dieser Stelle.</p> <p>zu l) und m): Die Anforderungen wurden aus der Aufzählung entfernt und werden nunmehr separat in den Ziffern 5.1 (8) und 5.1 (12) geregelt.</p> <p>zu n): Anforderung kann auf Grund des nachfolgenden Hinweises entfallen.</p> | | <p>Gesamtdehnung infolge schneller positiver Leistungsänderung,</p> <p>c) Begrenzung der Wechselspannung bei dynamischer Beanspruchung,</p> <p>d) Begrenzung der Druckdifferenz über das Hüllrohr als Folge äußeren Überdrucks,</p> <p>e) Begrenzung der Spannungen im freistehenden Hüllrohr,</p> <p>f) Begrenzung des Brennstab-Innendrucks zur Vermeidung einer unzulässigen thermischen Rückkopplung,</p> <p>g) Begrenzung der plastischen Hüllrohr-Vergleichsdehnung im Zugbereich,</p> <p>h) Begrenzung der Hüllrohr-Oxidschichtdicke bzw. des Defektwahrscheinlichkeitsintegral für die Oxidschichtdicke,</p> <p>i) Begrenzung der Wasserstoff-Aufnahme ins Hüllrohr (unter Beachtung der Verteilung des aufgenommenen Wasserstoffs im Hüllrohr),</p> <p>j) Begrenzung der Tangentialspannung im Hüllrohr (unter Beachtung der Hybrid-Ausrichtung),</p> <p>k) Begrenzung von Abrieb (Fretting). l) Begrenzung der Ablagerung von Korrosionsprodukten (CRUD sowie insbesondere auch reaktivitätsrelevante borhaltige Ablagerungen), m) Begrenzung der Wechselwirkungen zwischen Brennstoff und Hüllrohr zur Vermeidung von PCI/SCC, n) Begrenzungen für weitere Lasten, die sich auf Grund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen ergeben können.</p> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|--|--------------|---|
| | | | Team 2 | Diese Ergänzung wird aufgenommen, um Weiterentwicklungen in der Brennelemententwicklung nicht zu behindern. | | Die o. g. Auslegungsanforderungen gelten für die derzeit üblichen Auslegungskonzepte. Sofern andere Auslegungen zum Einsatz kommen, werden erforderlichenfalls andere Auslegungsanforderungen herangezogen, deren gleichwertige Eignung zur Sicherstellung der Einhaltung der übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen bestätigt ist. Die Auslegungsanforderungen a), d), f), i) und k) gelten unabhängig vom Auslegungskonzept. |
| | | | | | Anhang 2 | Auslegungsanforderungen für die Auslegung der Brennelement-Struktur |
| | | | Team 2 | <p>Durch Einfügung der Ergänzung „geeignete“ wird u. E. eine höhere Flexibilität bei der Definition von den einzelnen Anforderungen zugeordneten Auslegungsgrenzen erreicht.</p> <p>zu a) Formulierung wurde allgemeiner gefasst Die Anforderung m) der Rev. A kann entfallen, da sie im Zusammenwirken mit der thermohydraulischen Auslegung des Reaktorkerns letztlich nur die Einhaltung der Anforderungen n) und o) der Rev. A sicherstellt. Die Anforderungen m) und n) (Rev. B) gelten nicht nur nicht nur für den BEK sondern auch für z.B. Wasserkreuz oder Wasserkanal. Die Ergänzung trägt dem Rechnung.</p> | | <p>Für die Brennelement-Struktur gelten sind zu folgenden Auslegungs Anforderungen Auslegungsgrenzen, die werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten:</p> <p>a) Vermeidung des Abhebens des Brennelements vom unteren Rost durch ausreichende Niederhaltekraft am Brennelement (DWR) bzw. durch <u>Begrenzung der Auftriebskraft auf zulässige Werte</u>,</p> <p>b) Begrenzung der Steuerelement-Führungsrohr-Spannungen zur Vermeidung unzulässiger Verformungen (DWR),</p> <p>c) Begrenzung der Steuerelement-Führungsrohr- Druckspannungen zur Vermeidung von Knicken (DWR),</p> <p>d) Begrenzung der Vergleichsspannungen in den Brennelement-Strukturteilen,</p> <p>e) Begrenzung der Wechsellastspannung an der Brennelement-Struktur zur Vermeidung von Ermüdung,</p> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|------------------------|--------------|---|
| | | | | | | <p>f) Begrenzung des Abriebs an Kontaktpunkten der Brennelement-Struktur mit beweglichenverschieblichen Konstruktionsteilen (Fretting),</p> <p>g) Begrenzung der Druckspannungen, die durch Reibkräfte vom Abstandshalter auf den Brennstab ausgehen,</p> <p>h) Vermeidung bzw. Begrenzung von Druckspannungen, die durch Brennstab-Längenwachstum bei Ausfüllung des Brennstab-Freiraums entstehen (DWR: Vermeidung durch ausreichenden axialen Freiraum, SWR: Vermeidung des Drückens der axialen Feder auf Block),</p> <p>i) Vermeidung von Brennelement-Druckspannungen, die durch Brennelement-Längenwachstum bei Ausfüllung des Brennelement-Freiraums entstehen (Vermeidung durch ausreichenden axialen Freiraum),</p> <p>j) Begrenzung der Duktilitätsminderung durch Wasserstoff-Aufnahme in die Brennelement-Struktur,</p> <p>k) Begrenzung der Federrelaxation,</p> <p>l) Begrenzung des differentiellen Wachstums der verschiedenen Brennelementteile,</p> <p>m) Begrenzung der maximalen Druckdifferenz über die Brennelementkastenwand (SWR),</p> <p>ma) Begrenzung der Spannungen in der wasserführenden Struktur der Brennelemente (z.B. Brennelementkastenwand, Wasserkanal) Brennelementkastenstruktur (SWR),</p> <p>ne) Begrenzung der Verformungen der wasserführenden Struktur der Brennelemente Brennelementkastens (SWR).</p> |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|--|-----------|------------------|---|--------------------|--|
| Hinweis | Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich weitere Auslegungsanforderungen ergeben. | 544 | VGB AK Regelwerk | Aufgrund von Konstruktionsmerkmalen können auch Anforderungen entfallen oder sich ändern. Vorschlag: Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich <u>andere</u> Auslegungsanforderungen ergeben. Team 2: Dem Vorschlag wird zugestimmt. | Hinweis | Die o. g. Auslegungsanforderungen gelten für die derzeit üblichen Auslegungskonzepte. Sofern andere Auslegungen zum Einsatz kommen, werden erforderlichenfalls andere Auslegungsanforderungen herangezogen, deren gleichwertige Eignung zur Sicherstellung der Einhaltung der übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen bestätigt ist. Die Auslegungsanforderungen d), e), f), j) und l) gelten unabhängig vom Auslegungskonzept. Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich weitere Auslegungsanforderungen ergeben. |
| | | | | | Anhang 3 | Auslegungsanforderungen für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe |
| | | | Team 2 | Durch Einfügung der Ergänzung „geeignete“ wird u. E. eine höhere Flexibilität bei der Definition von den einzelnen Anforderungen zugeordneten Auslegungsgrenzen erreicht. | | Für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe geltensind zu folgenden AuslegungsAnforderungen Auslegungsgrenzen, die konstruktions- und werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten: a) Begrenzung der maximalen Druckbelastung, b) Begrenzung der (Vergleichs-) Spannungen in der Absorber-Umschließung sowie in den sonstigen Strukturteilen, c) Begrenzung der Temperatur des Absorber-Materials, d) Begrenzung der Ermüdung der Absorber-Umschließung sowie in sonstigen Strukturteilen bei Lastwechsel, e) Begrenzung der plastischen Vergleichsdehnung der Absorber-Umschließung sowie in den sonstigen Strukturteilen. f) Bereitstellung ausreichender Absorp- |

| Ziffer | Textvorschlag Modul 2 (Rev. A) | Komm. Nr. | Kommen-tator | Kommentar bzw. Antwort | Ziffer (Neu) | Textvorschlag Modul 2 (Rev. B) |
|---------|---|-----------|------------------|---|--------------------|--|
| | | | | | | tionswirkung für die vorgesehene Einsatzzeit. |
| Hinweis | Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmale oder Änderungen der Betriebsweisen können sich weitere Auslegungsanforderungen ergeben. | 544 | VGB AK Regelwerk | <p>Aufgrund von Konstruktionsmerkmalen können auch Anforderungen entfallen oder sich ändern. Vorschlag: Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich <u>andere</u> Auslegungsanforderungen ergeben</p> <p>Team 2: Dem Vorschlag wird zugestimmt.</p> | Hinweis | <p>Die o. g. Auslegungsanforderungen gelten für die derzeit üblichen Auslegungskonzepte. Sofern andere Auslegungen zum Einsatz kommen, werden erforderlichenfalls andere Auslegungsanforderungen herangezogen, deren gleichwertige Eignung zur Sicherstellung der Einhaltung der übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen bestätigt ist. Die Auslegungsanforderungen c), d) und f) gelten unabhängig vom Auslegungskonzept. Aufgrund von speziellen Konstruktionsmerkmalen oder Änderungen der Betriebsweisen können sich weitere Auslegungsanforderungen ergeben.</p> |

Gliederung

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Zielsetzung | 1 |
| 2 | Geltungsbereich | 1 |
| 3 | Anforderungen an die nukleare Auslegung (inhärente Sicherheit, Leistung und Leistungsdichte, Reaktivitätsänderungen) | 2 |
| 3.1 | Sicherheitsebene 1 | 2 |
| 3.2 | Sicherheitsebene 2 | 4 |
| 3.3 | Sicherheitsebene 3 | 5 |
| 3.4 | Sicherheitsebene 4 | 6 |
| 4 | Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung | 6 |
| 4.1 | Sicherheitsebene 1 | 6 |
| 4.2 | Sicherheitsebene 2 | 8 |
| 4.3 | Sicherheitsebene 3 | 8 |
| 4.4 | Sicherheitsebene 4 | 8 |
| 5 | Anforderungen an die mechanische Auslegung | 9 |
| 5.1 | Sicherheitsebene 1 | 9 |
| 5.2 | Sicherheitsebene 2 | 11 |
| 5.3 | Sicherheitsebene 3 | 11 |
| 5.4 | Sicherheitsebene 4 | 12 |
| 6 | Anforderungen an die Auslegung der Überwachungs-, Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen | 12 |
| 6.1 | Sicherheitsebene 1 | 12 |
| 6.2 | Sicherheitsebene 2 | 16 |
| 6.3 | Sicherheitsebene 3 | 17 |
| 6.4 | Sicherheitsebene 4 | 19 |
| 7 | Anforderungen an die Auslegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters | 19 |
| 7.1 | Sicherheitsebene 1 | 20 |

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| 7.2 | Sicherheitsebene 2 | 20 |
| 7.3 | Sicherheitsebene 3 | 20 |
| 7.4 | Sicherheitsebene 4 | 21 |
| Anhang 1 | Auslegungsanforderungen für die Brennstabauslegung..... | 22 |
| Anhang 2 | Auslegungsanforderungen für die Auslegung der Brennelement- Struktur | 23 |
| Anhang 3 | Auslegungsanforderungen für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe..... | 25 |

1 Zielsetzung

Dieser Regeltext enthält die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Auslegung und den Betrieb des Reaktorkerns in Kernkraftwerken.

Hinweis Der Regeltext ist nach den Auslegungsbereichen der nuklearen, der thermohydraulischen und der mechanischen Auslegung gegliedert. Zusätzlich werden Anforderungen für die Auslegung der Überwachungs-, Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sowie Anforderungen für die Einbauten des Reaktordruckbehälters im Hinblick auf die Sicherstellung der Abschaltbarkeit und Kühlbarkeit des Reaktorkerns dargestellt. Die Anforderungen werden den Sicherheitsebenen gemäß „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Anforderungen“ (Modul 1) Abschnitt 2.1 zugeordnet.

2 Geltungsbereich

Die Anforderungen gelten für die Auslegung und den Betrieb der folgenden Bauteile von Reaktorkernen in Kernkraftwerken:

- a) Brennstäbe,
- b) Brennelemente,
- c) Einrichtungen zur Überwachung, Regelung, Begrenzung und Abschaltung.

Auslegung und Betrieb der sonstigen Kernbauteile sind derart gestaltet, dass die Einhaltung der im Folgenden dargestellten Anforderungen nicht beeinträchtigt wird.

Hinweise Eine Zusammenstellung der bei der Kernauslegung zu berücksichtigenden Ereignisse auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a sowie der jeweilig einzuhaltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien ist in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ (Modul 3) enthalten.

Anforderungen bezüglich der Handhabung und Lagerung von Kernbauteilen, einschließlich des Brennelementwechsels, sind in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderung an die Handhabung und Lagerung der Brennelemente“ (Modul 11) zusammengestellt.

3 Anforderungen an die nukleare Auslegung (inhärente Sicherheit, Leistung und Leistungsdichte, Reaktivitätsänderungen)

3.1 Sicherheitsebene 1

- 3.1 (1) Bei der nuklearen Kernauslegung sind alle Parameter berücksichtigt, die die Reaktivität bzw. Leistung des Kerns oder die lokale Leistungsdichte beeinflussen, soweit dies zur Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien erforderlich ist.

Die Abhängigkeiten dieser Parameter vom Zyklusverlauf sowie die Bandbreiten der im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Änderungen und Schwankungen in den Betriebsparametern sind berücksichtigt.

- 3.1 (2) Der Reaktorkern ist so ausgelegt, dass auf Grund inhärenter reaktorphysikalischer Rückkopplungseigenschaften im Normalbetrieb und bei den auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a betrachteten Ereignissen

a) schnelle Reaktivitätsanstiege so weit abgefangen werden, dass im Zusammenwirken mit den übrigen inhärenten Eigenschaften der Anlage und den Abschalteinrichtungen die auf den Sicherheitsebenen jeweils geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden;

Hinweis: Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffer 4 (3).

b) eine Erhöhung der Brennstofftemperatur im Reaktorkern eine negative Reaktivitätsrückwirkung hat;

c) eine Zunahme des Dampfblasengehalts im Reaktorkern eine negative Reaktivitätsrückwirkung hat;

d) eine Erhöhung der Kühlmitteltemperatur und/ oder eine Abnahme der Kühlmitteldichte im Reaktorkern eine negative Reaktivitätsrückwirkung haben,

- beim DWR spätestens bei Erreichen der Nennleistung mit Xenon-Gleichgewicht und

- beim SWR spätestens bei Erreichen der Betriebstemperatur.

3.1 (3a) Eine vorübergehende positive Reaktivitätsrückwirkung bei Erhöhung der Kühlmitteltemperatur bzw. Abnahme der Kühlmitteldichte (ohne bzw. mit nur geringfügiger Zunahme des Dampfblasengehalts) vor Erreichen der in Ziffer 3.1 (2d) genannten Zustände ist zulässig, wenn nachgewiesen ist, dass

- im Normalbetrieb dabei eine stabile Regelung der Reaktorleistung möglich ist und
- bei Berücksichtigung der daraus resultierenden positiven Reaktivitätsrückwirkungen bei den auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a zu betrachtenden Ereignissen die jeweiligen Nachweiskriterien eingehalten werden.

3.1 (3b) Kernbereiche, in denen analytisch ermittelte lokale Dampfblasenzunahmen, lokale Kühlmitteltemperaturerhöhungen oder lokale Kühlmitteldichteabnahmen zu positiven Rückwirkungen führen, sind ausgewiesen. Die sicherheitstechnische Bedeutung derartiger Rückwirkungen ist bewertet.

3.1 (4) Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors

- a) alle betrieblichen Parameter, die die Reaktivität, die Reaktorleistung oder die lokale Leistungsdichte hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, zuverlässig überwacht werden können;
- b) eine stabile Regelung der Leistung und eine stabile Leistungsdichteverteilung gegeben sind, auch im Hinblick auf die Auswirkungen von Xenon-Umverteilungen;
- c) Änderungen in der Reaktivität, Leistung oder lokalen Leistungsdichte kontrolliert erfolgen;
- d) die reaktorphysikalischen Randbedingungen eingehalten werden, die der thermohydraulischen und mechanischen Kernausslegung, der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen so-

wie der Auslegung des Reaktordruckbehälters und seiner Einbauten zu Grunde gelegt sind;

- e) im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen diejenigen nuklearen Parameter, die Einfluss auf die Nachweisführungen auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a haben, innerhalb der Bandbreite bleiben, für die die Beherrschung der Ereignisse nachgewiesen wurde.

3.1 (5) Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass innerhalb des Normalbetriebskennfeldes keine ungedämpften Leistungsdichteschwingungen auftreten (siehe auch Ziffer 4.1 (3)).

3.1 (6) Die zyklusspezifischen Auslegungsrechnungen zu den reaktorphysikalischen Eigenschaften des Kerns werden anhand von festgelegten Messprogrammen sowie anhand von anfallenden Kernüberwachungsdaten überprüft.

Es ist festgelegt, wie im Falle signifikanter Abweichungen zwischen Rechnung und Messung zu verfahren ist.

- 3.1 (7) Bei einer anhaltenden Störung
- der Überwachung der Leistungsdichteverteilung oder
 - der Leistungsdichteverteilung oder
 - einer Beeinträchtigung der Wirksamkeit von Reaktivitätsstellgliedern

sind die davon betroffenen sicherheitsrelevanten Festlegungen für den Normalbetrieb (Sicherheitsebene 1) und für die Ansprechwerte von Begrenzungs- bzw. Schutzeinrichtungen (Sicherheitsebenen 2 bzw. 3) der gestörten Situation angepasst oder es sind andere Maßnahmen festgelegt.

3.2 Sicherheitsebene 2

3.2 (1) Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 2 betrachteten Ereignissen

- a) alle Änderungen der betrieblichen Parameter, die die Reaktivität, Leistung oder lokale Leistungsdichte beeinflussen, ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können, sofern dies für die Ereignisherrschaft erforderlich ist;
- b) im Zusammenwirken mit den Kühlsystemen und den Einrichtungen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte die Anforderungen an die Auslegung der Kernbauteile gemäß Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) sowie die für die Sicherheitsebene 2 geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden.

3.2 (2) Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass bei den auf der Sicherheitsebene 2 betrachteten Ereignissen ggf. auftretende ungedämpfte globale oder regionale Leistungsdichteschwingungen im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen soweit begrenzt werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 2 eingehalten werden.

3.3 Sicherheitsebene 3

3.3 (1) Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 betrachteten Ereignissen

- a) alle Änderungen der betrieblichen Parameter, die die Reaktivität, Leistung oder lokale Leistungsdichte beeinflussen, ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können, sofern dies für die Ereignisherrschaft erforderlich ist;
- b) die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden.

3.3 (2) Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns sichergestellt, dass bei Störfällen ggf. auftretende ungedämpfte globale oder regionale Leistungsdichteschwingungen im Zusammenwirken mit den Sicherheitseinrichtungen soweit beherrscht werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 3 eingehalten werden.

3.4 Sicherheitsebene 4

3.4 (1) Der Reaktorkern ist so ausgelegt, dass bei Ereignissen mit unterstelltem Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (Sicherheitsebene 4a) durch eine ausreichend negative Reaktivitätsrückwirkung die Leistung begrenzt bzw. ausreichend schnell abgesenkt wird, so dass die sicherheitstechnischen Nachweisziele

a) Erhaltung einer abschalt- und kühlbaren Geometrie des Reaktorkerns sowie

b) Erhaltung der Integrität der druckführenden Umschließung

und die für diese Ereignisse geltenden Nachweiskriterien gemäß den „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ (Modul 3) eingehalten werden.

3.4 (2) Die Anforderungen der Ziffer 3.4 (1) werden auch bei ggf. infolge von Ereignissen mit Ausfall der Reaktorschnellabschaltung auftretenden ungedämpften Leistungsdichteschwingungen (SWR) im Zusammenwirken mit den Einrichtungen zur Leistungsabsenkung eingehalten.

4 Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung

4.1 Sicherheitsebene 1

4.1 (1) Bei der thermohydraulischen Kernausslegung sind alle Parameter berücksichtigt, die die Kühlung der Brennelemente wesentlich beeinflussen, soweit dies zur Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien erforderlich ist.

Die Abhängigkeiten dieser Parameter vom Zyklusverlauf sowie die Bandbreiten der im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Änderungen und Schwankungen in den Betriebsparametern sind berücksichtigt.

- 4.1 (2) Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors
- a) alle betrieblichen Parameter, die die Kühlung der Brennelemente hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, zuverlässig überwacht werden können;
 - b) Filmsieden (DWR) bzw. Siedeübergang (SWR) nicht auftritt;
 - c) die thermohydraulischen Randbedingungen eingehalten werden, die der nuklearen und mechanischen Kernausslegung, der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschaltseinrichtungen, sowie der Auslegung des Reaktordruckbehälters und seiner Einbauten zu Grunde gelegt sind;
 - d) im Zusammenwirken mit den Begrenzungseinrichtungen diejenigen thermohydraulischen Parameter, die Einfluss auf die Nachweisführungen auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a haben, innerhalb der Bandbreite bleiben, für die die Beherrschung der Ereignisse nachgewiesen wurde.
- 4.1 (3) Beim SWR ist durch die nukleare und thermohydraulische Auslegung des Kerns Vorsorge dafür getroffen, dass innerhalb des Normalbetriebskennfeldes keine ungedämpften Leistungsdichteschwingungen auftreten (siehe auch Ziffer 3.1 (5)).
- 4.1 (4) Die zyklusspezifischen Auslegungsrechnungen zu den thermohydraulischen Eigenschaften des Kerns werden anhand von festgelegten Messprogrammen sowie anhand von anfallenden Kernüberwachungsdaten überprüft.

Es ist festgelegt, wie im Falle signifikanter Abweichungen zwischen Rechnung und Messung zu verfahren ist.

4.2 Sicherheitsebene 2

4.2 (1) Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 2 betrachteten Ereignissen

- a) alle Änderungen der betrieblichen Parameter, die die Kühlung der Brennelemente beeinflussen, ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können, sofern dies für die Ereignisbeherrschung erforderlich ist;
- b) im Zusammenwirken mit dem Kühlsystem und den Einrichtungen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte die Anforderungen an die Auslegung der Kernbauteile (siehe Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5)) sowie die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden.

4.3 Sicherheitsebene 3

4.3 (1) Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 betrachteten Ereignissen

- a) alle Änderungen der betrieblichen Parameter, die die Kühlung der Brennelemente beeinflussen, ausreichend schnell und zuverlässig detektiert werden können, sofern dies für die Ereignisbeherrschung erforderlich ist;
- b) die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden.

4.3 (2) Es ist sichergestellt, dass im Sumpfbetrieb die Wärmeabfuhr aus dem Kern nicht durch Materialeintrag unzulässig beeinträchtigt wird.

4.4 Sicherheitsebene 4

Für die Sicherheitsebene 4 bestehen keine Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung des Reaktorkerns, die über die in Abschnitt 3.4 genannten Anforderungen hinausgehen.

5 Anforderungen an die mechanische Auslegung

5.1 Sicherheitsebene 1

5.1 (1) Bei der mechanischen Auslegung der Kernbauteile sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen auf die Kernbauteile berücksichtigt, die hinsichtlich der Einhaltung der Anforderungen gemäß Anhang 1 bis Anhang 3 sowie der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich sind. Die Abhängigkeiten dieser Einwirkungen vom Zyklusverlauf sind berücksichtigt.

5.1 (2) Die Kernbauteile und der aus diesen Bauteilen jeweils aufgebaute Reaktorkern sind so ausgelegt und werden so betrieben, dass im gesamten Normalbetriebsbereich des Reaktors die Integrität und die anforderungsgerechte Funktionsfähigkeit der Kernbauteile bis zum Ende ihrer Einsatzzeit gegeben ist.

Die Kompatibilität der Kernbauteile untereinander ist gegeben.

Insbesondere ist sichergestellt, dass keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuerelementen bzw. Steuerstäben entstehen, die die mechanische Abschaltbarkeit und/oder die Kühlbarkeit des Kerns gefährden.

5.1 (3a) Sofern der Nachweis der Brennstabintegrität mittels deterministischer Methoden geführt wird, sind zu den in Anhang 1 aufgeführten Anforderungen Auslegungsgrenzen, die brennstoff- bzw. werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten.

5.1 (3b) Sofern der Nachweis der Brennstabintegrität mittels statistischer Methoden geführt wird, können alternativ zu den in 5.1 (3a) genannten Auslegungsgrenzen für in Anhang 1 aufgeführte Anforderungen Defektwahrscheinlichkeiten herangezogen werden. In diesem Fall sind Defektgrenzen und Defektwahrscheinlichkeiten bestimmt und die im Zuge von Ereignissen der Sicherheitsebene 2 auftretenden Einwirkungen geeignet berücksichtigt.

- 5.1 (4) Für die Brennelement-Struktur sind zu den in Anhang 2 aufgeführten Anforderungen Auslegungsgrenzen, die konstruktions- und werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten.
- 5.1 (5) Für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe sind zu den in Anhang 3 aufgeführten Anforderungen Auslegungsgrenzen, die konstruktions- und werkstoffspezifisch sein können, festgelegt und eingehalten.
- 5.1 (6) Die Auslegungsgrenzen gemäß Ziffern 5.1 (3a) ,5.1 (4) und 5.1 (5) sind unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in der experimentellen Datenbasis so festgelegt, dass bei Einhaltung der Auslegungsgrenze Defekte an den Brennstäben, Brennelement-Strukturen oder Steuerelementen bzw. Steuerstäben sowie der zugehörigen Strukturteile nicht zu unterstellen sind.
- 5.1 (7) Bei der Nachweisführung für die Brennstabintegrität ist gezeigt,
- a) dass, sofern der Nachweis mittels deterministischer Methoden geführt wird, kein Brennstab die Auslegungsgrenzen gemäß Ziffer 5.1 (3a) während seiner Einsatzzeit überschreitet.
 - b) dass, sofern der Nachweis mittels statistischer Methoden geführt wird, der statistische Erwartungswert für die Zahl der Brennstäbe, die pro Zyklus im gesamten Kern als defekt zu erwarten sind, den Wert 1 nicht überschreitet.
- 5.1 (8) Brennstabschäden infolge mechanisch-chemischer Wechselwirkungen zwischen Brennstoff und Hüllrohr (PCI/SCC) werden durch die Brennstabauslegung und durch einen geeigneten Betrieb des Reaktorkerns vermieden.
- 5.1 (9) Die Brennelemente sind so ausgelegt, dass Inspektionen an Brennstäben und der Brennelement-Struktur möglich sind.
- 5.1 (10) Es sind Prüfungen der Brennelemente sowie der Steuerelemente (DWR) bzw. Steuerstäbe (SWR) im Hinblick auf ihre anforderungsgerechte Funktionsfähigkeit und das Auftreten von Schäden vorgesehen.

- 5.1 (11) Die konstruktive Ausführung der Brennelemente stellt sicher, dass eine Beeinträchtigung der Abschaltbarkeit des Kerns und der Brennelementkühlung durch Verunreinigungen oder lose Teile im Kühlmittel vermieden wird (siehe auch Ziffer 7.1 (3)).
- 5.1 (12) Der Reaktorkern und die Kühlsysteme werden so betrieben, dass unzulässige Ablagerungen von Partikeln und Korrosionsprodukten (bspw. Crud oder reaktivitätsrelevante borhaltige Ablagerungen) auf den Brennelementen und anderen freien Oberflächen vermieden werden.

5.2 Sicherheitsebene 2

- 5.2 (1) Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 2 die uneingeschränkte Weiterverwendbarkeit und Handhabbarkeit der Brennelemente sowie der Steuerelemente (DWR) bzw. Steuerstäbe (SWR) bis zum Ende ihrer geplanten Einsatzzeit erhalten bleibt. Die Auslegungsgrenzen gemäß den Ziffern 5.1 (3a), 5.1 (4) bis 5.1 (6) sowie die für die Sicherheitsebene 2 geltenden Nachweiskriterien werden eingehalten.

Insbesondere ist sichergestellt, dass infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 2 keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuerelementen bzw. Steuerstäben entstehen, die die mechanische Abschaltbarkeit und/oder die Kühlbarkeit des Kerns gefährden.

5.3 Sicherheitsebene 3

- 5.3 (1) Der Reaktorkern ist so ausgelegt und wird so betrieben, dass bei den auf der Sicherheitsebene 3 betrachteten Ereignissen die für diese Sicherheitsebene geltenden sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien eingehalten werden.

Insbesondere ist sichergestellt, dass infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 3 keine Verformungen an den Brennstäben, der Brennelement-Struktur, den Steuerelementen bzw. Steuerstäben entstehen, die

- die mechanische Abschaltbarkeit (beim großen Leckstörfall beim DWR die dauerhafte Abschaltbarkeit) und/oder
- die Kühlbarkeit

des Kerns gefährden.

- 5.3 (2) Die Auswirkungen der im Laufe des bestimmungsgemäßen Betriebs auftretenden Eigenschaftsänderungen der Brennstäbe und der Brennelementstruktur sowie der Steuerelemente bzw. Steuerstäbe auf das Störfallverhalten sind berücksichtigt.

5.4 Sicherheitsebene 4

Für die Sicherheitsebene 4 bestehen keine Anforderungen an die mechanische Auslegung des Reaktorkerns, die über die in Abschnitt 3.4 genannten Anforderungen hinausgehen.

6 Anforderungen an die Auslegung der Überwachungs-, Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen

6.1 Sicherheitsebene 1

- 6.1 (1) Der Betrieb des Reaktorkerns wird wie folgt überwacht:

- a) Alle betrieblichen Parameter, die die Reaktivität, die Reaktorleistung, die lokale Leistungsdichte und die Kühlung der Brennelemente hinsichtlich der Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele und Nachweiskriterien wesentlich beeinflussen, werden in Abhängigkeit vom Betriebszustand und von der Parameteränderungsgeschwindigkeit kontinuierlich, periodisch oder zustandsbezogen in ausreichender räumlicher Auflösung zuverlässig überwacht.
- b) Die räumliche Auflösung der Überwachung, sowie die Empfindlichkeit und konstruktive Ausführung der Überwachungseinrichtungen gewährleisten bei jedem Betriebszustand der Anlage sowie bei den Ereignis-

sen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a die jeweils erforderlichen Funktionen der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen.

- c) Es ist sichergestellt, dass alle Einstellwerte der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen unter Berücksichtigung des jeweiligen Betriebszustands und der Kernausslegung festgelegt und eingestellt werden, so dass die auslegungsgemäße Funktion der Regelungs-, Begrenzungs- und Sicherheitseinrichtungen zuverlässig gegeben ist.
- d) Es ist sichergestellt, dass mittels der direkt gemessenen Größen auch die abgeleiteten sicherheitsrelevanten Parameter zuverlässig bestimmt werden können.

Hinweis: Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an Leittechnik (Teil 1)“ (Modul 5) Abschnitt 3.

- 6.1 (2) Es ist eine zuverlässige und stabile Leistungsregelung vorhanden, mit der die im Normalbetrieb möglichen Änderungen in den reaktivitätswirksamen Parametern so beeinflusst werden können, dass die nuklearen, thermohydraulischen und mechanischen Auslegungsanforderungen (gemäß Abschnitten 3.1, 4.1 und 5.1) erfüllt werden.
- 6.1 (3) Bei der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen berücksichtigt, die während des Betriebs der Anlage bzw. bei Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen, deren Funktion zur Ereignisbeherrschung auf den Sicherheitsebenen 2 bis 4a erforderlich ist, auch unter den jeweiligen Ereignisbedingungen auftreten können.
- 6.1 (4) Bei der Auslegung der Regelungs-, Begrenzungs- und Abschalteinrichtungen sind alle Parameter berücksichtigt, die die Wirksamkeit dieser Einrichtungen beeinflussen. Dabei sind insbesondere berücksichtigt:
 - a) die im bestimmungsgemäßen Betrieb zu unterstellenden abdeckenden Ausgangszustände, einschließlich der Einflüsse von Fertigungs- und Einbautoleranzen,

- b) die im bestimmungsgemäßen Betrieb möglichen Schwankungen in den Betriebsparametern sowie zusätzlich die Unsicherheiten bei der messtechnischen Überwachung der jeweiligen Parameter,
- c) die Abhängigkeiten der Parameter vom Zyklusverlauf, einschließlich des Abbrands des Absorbers.

6.1 (5) Der Reaktor besitzt mindestens zwei voneinander unabhängige und diversitäre Abschalteinrichtungen.

Hinweis Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1) Ziffer 4 (5).

6.1 (6) Mindestens eine Abschalteinrichtung ist als Schnellabschaltssystem gemäß den Anforderungen aus Ziffer 4 (6) der „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1) ausgelegt sowie derart,

- a) dass sie von Anregungen automatisch ausgelöst wird, die aus verschiedenen Prozessvariablen gemäß den Anforderungen für Leittechnik- Funktionen der Kategorie A (siehe „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an Leittechnik (Teil 1)“ (Modul 5) Ziffer 5 (2)) gebildet werden;
- b) dass, wenn das Schnellabschaltssystem gemeinsame Komponenten mit den Regelungs- bzw. Begrenzungseinrichtungen hat, sichergestellt ist, dass keine Funktion der Regelungs- bzw. Begrenzungseinrichtungen (auch nicht eine durch Fehler in diesen Einrichtungen erzeugte Funktion) das bestimmungsgemäße Funktionieren des Schnellabschaltsystems verhindert oder ungünstig beeinflusst;
- c) dass die Schnellabschaltung auch manuell ausgelöst werden kann.

6.1 (7) Mindestens eine Abschalteinrichtung ist gemäß den Anforderungen aus Ziffer 4 (7) der „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1) ausgelegt sowie derart, dass der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag zur Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten wird.

- 6.1 (8) Die Zuverlässigkeit und Wirksamkeit der für die Abschaltung relevanten Systeme und Komponenten sind durch Auslegung und regelmäßige Prüfungen sowie durch geeignete Instandhaltungsmaßnahmen über die gesamte Dauer der Einsatzzeit sichergestellt. Hierbei gilt insbesondere:
- a) In regelmäßigen Zeitabständen werden alle Steuerelemente bzw. Steuerstäbe auf Leichtgängigkeit geprüft und wird die ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit des Schnellabschaltsystems überprüft.
 - b) Vor Kritischmachen des Reaktors nach einem Brennelementwechsel wird beim DWR die Freigängigkeit der Steuerelemente und beim SWR die ordnungsgemäße Verfahrbarkeit der Steuerstäbe geprüft.
 - c) Lässt sich ein Steuerelement bzw. Steuerstab nicht mehr oder nur schwergängig verfahren, wird unverzüglich die Ursache ermittelt und der Sachverhalt sicherheitstechnisch (Sicherstellung der erforderlichen Begrenzungs- und Abschaltfunktionen, Erhalt der Abschaltreaktivität) bewertet. Ist ein sicherer Weiterbetrieb nicht mehr zweifelsfrei sichergestellt, wird der Reaktor unterkritisch gemacht. Sind Schäden an Steuerelementen bzw. Steuerstäben Ursache der Schwergängigkeit, so werden diese Komponenten ausgetauscht oder ertüchtigt.
 - d) Die Antriebe der Steuerelemente bzw. Steuerstäbe, einschließlich aller dazugehörigen Hilfssysteme, haben nur insoweit gemeinsame Komponenten, als sichergestellt ist, dass ein Einzelfehler die zuverlässige und wirksame Abschaltung des Reaktors nicht beeinträchtigt.
 - e) Gegen das unkontrollierte Ausfahren von Steuerelementen bzw. Steuerstäben sind Vorkehrungen vorhanden.
 - f) Für mit Boreinspeisung arbeitende Abschalteinrichtungen ist eine periodische sowie anlassbezogene Überwachung der Borkonzentration und des Füllstandes in den für die Sicherheit wichtigen Vorratsbehältern derart vorgesehen, dass eine anforderungsgerechte Einspeisung des Bors sichergestellt ist.
 - g) Auch beim Eintreten mehrerer voneinander nicht unabhängiger Ereignisse (z.B. Brand, Wassereinbruch) ist die Abschaltung des Reaktors sichergestellt.

6.2 Sicherheitsebene 2

6.2 (1) Es sind automatisch wirkende Einrichtungen zur Begrenzung oder Absenkung der Leistung oder Leistungsdichte vorhanden, die, im Zusammenwirken mit der nuklearen, thermohydraulischen und mechanischen Auslegung des Reaktorkerns, sicherstellen, dass mögliche Reaktivitätszufuhren infolge von Ereignissen der Sicherheitsebene 2 und dadurch mögliche Erhöhungen der Reaktorleistung oder der Leistungsdichte so beschränkt bleiben, dass die Nachweiskriterien dieser Sicherheitsebene eingehalten werden.

6.2 (2) Das Schnellabschaltssystem (siehe Ziffer 6.1 (6)) ist derart ausgelegt, dass bei Transienten, mit deren Eintreten während der Reaktorlebensdauer zu rechnen ist und in deren Ablauf so große Änderungen der Betriebsparameter erzeugt werden, dass eine Reaktorschnellabschaltung erfolgt, der geforderte Betrag der Abschaltreaktivität so schnell erreicht wird, dass die Auslegungsgrenzen gemäß den Ziffern 5.1 (3) bis 5.1 (5) sowie die auf der Sicherheitsebene 2 geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden. Diese Anforderung ist auch bei unterstelltem Nichteinfall des reaktivitätswirksamsten Steuerelements (DWR) bzw. Nichteinschießen des reaktivitätswirksamsten Steuerstabs (SWR) erfüllt.

Hinweis Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffer 4 (6).

6.2 (3) Durch die Funktion der Schnellabschaltung wird der Reaktor bei den zu betrachtenden Ereignissen so lange unterkritisch gehalten, bis die dauerhafte Abschaltung sichergestellt ist.

6.2 (4) Mindestens eine Abschalteinrichtung ist derart ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 2 der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten werden kann.

Bei Aufrechterhaltung der dauerhaften Abschaltung mittels Steuerstäben ist bei der rechnerischen Nachweisführung das Nichteinfahren bzw. Nichteinschießen des wirksamsten Steuerstabs unterstellt.

Hinweis Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffer 4 (7).

- 6.2 (5) Die Wirksamkeit und Fahrgeschwindigkeit sowohl von einzeln als auch von gemeinsam fahrenden Steuerelementen bzw. Steuerstäben sowie anderer reaktivitätswirksamer Einrichtungen sind so begrenzt, dass bei fehlerhafter Funktion die Nachweiskriterien eingehalten werden.
- 6.2 (6) Sofern ein störungsbedingter Anstieg der lokalen Leistungsdichte durch Umverteilungen des Neutronenflusses nicht ausgeschlossen werden kann, sind Einrichtungen zur wirksamen Begrenzung des Anstiegs vorgesehen.
- 6.2 (7) Beim SWR ist durch wirksame und zuverlässige automatische Einrichtungen sichergestellt, dass bei einem störungsbedingten Verlassen des bezüglich Leistungsdichteschwingungen stabilen Bereichs des Betriebskennfeldes das Auftreten von ungedämpften Schwingungen verhindert wird bzw. diese so rechtzeitig beendet werden, dass die Nachweiskriterien der Sicherheitsebene 2 eingehalten werden.

6.3 Sicherheitsebene 3

- 6.3 (1) Das Schnellabschaltssystem (siehe Ziffer 6.1 (6)) ist derart ausgelegt, dass bei den maßgeblichen Ereignissen der Sicherheitsebene 3 der geforderte Betrag der Abschaltreaktivität so schnell erreicht wird, dass im Zusammenwirken mit anderen Sicherheitseinrichtungen die auf der Sicherheitsebene 3 geltenden Nachweiskriterien eingehalten werden.

Diese Anforderung ist auch erfüllt, wenn unterstellt wird, dass

- das reaktivitätswirksamste Steuerelement (DWR) bzw. der reaktivitätswirksamste Steuerstab (SWR) nicht einfällt bzw. nicht einschießt und
- die zuerst anstehende Anregung für die Schnellabschaltung ausfällt.

Hinweis Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffern 3.1 (6), 4 (6) und 4 (7).

- 6.3 (2) Durch die Funktion der Schnellabschaltung wird der Reaktor bei den zu betrachtenden Ereignissen der Sicherheitsebene 3 so lange unterkritisch gehalten, bis die dauerhafte Abschaltung sichergestellt ist.

6.3 (3) Beim DWR ist abweichend von Ziffer 6.3 (2) bei Störfällen mit hoher Abkühlgeschwindigkeit des Reaktorkerns (Unterkühlungstransienten, siehe „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ (Modul 3)) ein kurzes Wiederkritischwerden zulässig, sofern die Einhaltung der ansonsten geltenden Nachweiskriterien sichergestellt ist.

6.3 (4) Mindestens eine Abschaltvorrichtung ist derart ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 3 der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität unter den ungünstigsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Xenonkonzentration und Zykluszeitpunkt beliebig lange aufrecht erhalten werden kann.

Bei Aufrechterhaltung der dauerhaften Abschaltung mittels Steuerstäben ist bei der rechnerischen Nachweisführung das Nichteinfahren bzw. Nichteinschießen des wirksamsten Steuerstabs unterstellt.

Hinweis Siehe auch „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Grundlegende Sicherheitsanforderungen“ (Modul 1), Ziffer 4 (7).

6.3 (5) Die zum Abfahren der Zwangsumwälzpumpen beim SWR notwendigen Einrichtungen sind als leittechnische Einrichtungen für die Ausführung von Leittechnik-Funktionen der Kategorie A gemäß „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an Leittechnik (Teil 1)“ (Modul 5) ausgelegt.

6.3 (6) Gegen den Auswurf eines Steuerelements bzw. Steuerstabs sowie den vollständigen Ausfall eines Steuerstabs (SWR) sind außer der sicheren Auslegung und der sorgfältigen Fertigungskontrolle sowie Verriegelungen (SWR) davon unabhängige Vorkehrungen getroffen, es sei denn, es ist nachgewiesen, dass der Auswurf des Steuerelements bzw. Steuerstabs bzw. der Ausfall eines Steuerstabs mit dem größten Reaktivitätswert zu keiner Überschreitung der Nachweiskriterien führt.

Hinweis: Aspekte der Rückwirkungen auf benachbarte Antriebe und den Sicherheitsbehälter sind in „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Anforderungen an die Auslegung und den sicheren Betrieb von baulichen Anlagenteilen, Systemen und Komponenten“ (Modul 10) Abschnitt 2.5.8 behandelt.

6.3 (7) Die Wirksamkeit und Fahrgeschwindigkeit sowohl von einzeln als auch von gemeinsam fahrenden Steuerelementen bzw. Steuerstäben sowie anderer

reaktivitätswirksamer Einrichtungen sind so begrenzt, dass bei Störfällen mit Fehlfunktionen in diesen Einrichtungen die Nachweiskriterien eingehalten werden.

6.4 Sicherheitsebene 4

6.4 (1) Bei Ereignissen mit unterstelltem Ausfall der Reaktorschnellabschaltung (Sicherheitsebene 4a) sind die Einrichtungen zur Abschaltung und zur Wärmeabfuhr so ausgelegt, dass

- a) ihre Funktionsfähigkeit unter diesen Ereignisbedingungen bzw. nach diesen Ereignissen sichergestellt ist,
- b) der für die dauerhafte Unterkritikalität geforderte Betrag der Abschaltreaktivität erreicht wird sowie
- c) die Anforderungen der Ziffer 3.4 (1) im Zusammenwirken mit der nuklearen und thermohydraulischen Kernausslegung erfüllt werden.

6.4 (2) Bei den zu betrachtenden Notstandsfällen der Sicherheitsebene 4a werden die für die Schnellabschaltung sowie die dauerhafte Abschaltung geforderten Beträge der Abschaltreaktivität erreicht.

7 Anforderungen an die Auslegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters

Hinweis Unter Einbauten des Reaktordruckbehälters werden im Folgenden insbesondere verstanden:

beim DWR:

- oberes und unteres Kerngerüst

beim SWR:

- Kernmantel
- oberes und unteres Kerngitter
- Steuerstabführungsrohre
- Dampf-Wasserabscheider
- Dampftrockner
- Speisewasserverteiler.

7.1 Sicherheitsebene 1

- 7.1 (1) Bei der Auslegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters sind alle mechanischen, thermischen, chemischen und durch Strahlung hervorgerufenen Einwirkungen berücksichtigt, die während des Betriebs der Anlage sowie bei Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a auftreten können.
- 7.1 (2) Die Einbauten im Reaktordruckbehälter halten allen während des Normalbetriebs auftretenden Beanspruchungen während ihrer gesamten Einsatzdauer derart stand, dass die Einhaltung der Normalbetriebsbedingungen des Reaktorkerns sichergestellt ist.
- 7.1 (3) Es sind geeignete Vorkehrungen getroffen, um zu verhindern, dass die Kontrolle der Reaktivität oder die Kühlung der Brennelemente durch Verunreinigungen oder lose Teile im Kühlmittel beeinträchtigt wird.
- 7.1 (4) Das Schwingungsverhalten der Einbauten im Reaktordruckbehälter wird durch Messungen während der Inbetriebnahme der Anlage untersucht. Maßnahmen und Einrichtungen für eine betriebliche Überwachung sind in sicherheitstechnisch begründetem Umfang vorgesehen.
- 7.1 (5) Es sind Prüfungen der Einbauten im Reaktordruckbehälter im Hinblick auf das Auftreten von Schäden und die Einhaltung der anforderungsgerechten Funktionsfähigkeit der Einbauten vorgesehen.

7.2 Sicherheitsebene 2

- 7.2 (1) Die Einbauten im Reaktordruckbehälter halten allen während des anomalen Betriebs auftretenden Beanspruchungen derart stand, dass die Einhaltung der Bedingungen des bestimmungsgemäßen Betriebs des Reaktorkerns sichergestellt ist.

7.3 Sicherheitsebene 3

- 7.3 (1) Die Einbauten im Reaktordruckbehälter sind so ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 3 und den sich daraus ergebenden Ein-

wirkungen auf die Einbauten die Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele dieser Sicherheitsebene sichergestellt ist.

Hinweis Zum Nachweisumfang bei Lecks größer 0,1 F siehe „Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke: Bei Druck- und Siedewasserreaktoren zu berücksichtigende Ereignisse“ (Modul 3) Anhang A2.

7.4 Sicherheitsebene 4

7.4 (1) Die Einbauten im Reaktordruckbehälter sind so ausgelegt, dass bei den Ereignissen der Sicherheitsebene 4a und den sich daraus ergebenden Einwirkungen auf die Einbauten die Einhaltung der sicherheitstechnischen Nachweisziele dieser Sicherheitsebene gegeben ist.

Anhang 1 Auslegungsanforderungen für die Brennstabauslegung

Für die Brennstäbe gelten folgende Auslegungsanforderungen:

- a) Vermeidung von Brennstoffschmelzen,
- b) Begrenzung der tangentialen Hüllrohr- Gesamtdehnung infolge schneller positiver Leistungsänderung,
- c) Begrenzung der Wechsellastspannung bei dynamischer Beanspruchung,
- d) Begrenzung der Druckdifferenz über das Hüllrohr als Folge äußeren Überdrucks,
- e) Begrenzung der Spannungen im freistehenden Hüllrohr,
- f) Begrenzung des Brennstab-Innendrucks zur Vermeidung einer unzulässigen thermischen Rückkopplung,
- g) Begrenzung der plastischen Hüllrohr-Vergleichsdehnung im Zugbereich,
- h) Begrenzung der Hüllrohr-Oxidschichtdicke,
- i) Begrenzung der Wasserstoff-Aufnahme ins Hüllrohr (unter Beachtung der Verteilung des aufgenommenen Wasserstoffs im Hüllrohr),
- j) Begrenzung der Tangentialspannung im Hüllrohr (unter Beachtung der Hydrid-Ausrichtung),
- k) Begrenzung von Abrieb (Fretting).

Die o. g. Auslegungsanforderungen gelten für die derzeit üblichen Auslegungskonzepte. Sofern andere Auslegungen zum Einsatz kommen, werden erforderlichenfalls andere Auslegungsanforderungen herangezogen, deren gleichwertige Eignung zur Sicherstellung der Einhaltung der übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen bestätigt ist. Die Auslegungsanforderungen a), d), f), i) und k) gelten unabhängig vom Auslegungskonzept.

Anhang 2 Auslegungsanforderungen für die Auslegung der Brennelement-Struktur

Für die Brennelement-Struktur gelten folgende Auslegungsanforderungen:

- a) Vermeidung des Abhebens des Brennelements vom unteren Rost durch ausreichende Niederhaltekraft am Brennelement bzw. durch Begrenzung der Auftriebskraft auf zulässige Werte,
- b) Begrenzung der Steuerelement-Führungsrohr-Spannungen zur Vermeidung unzulässiger Verformungen (DWR),
- c) Begrenzung der Steuerelement-Führungsrohr- Druckspannungen zur Vermeidung von Knicken (DWR),
- d) Begrenzung der Vergleichsspannungen in den Brennelement-Strukturteilen,
- e) Begrenzung der Wechsellastspannung an der Brennelement-Struktur zur Vermeidung von Ermüdung,
- f) Begrenzung des Abriebs an Kontaktpunkten der Brennelement-Struktur mit beweglichen Konstruktionsteilen (Fretting),
- g) Begrenzung der Druckspannungen, die durch Reibkräfte vom Abstandshalter auf den Brennstab ausgehen,
- h) Vermeidung bzw. Begrenzung von Druckspannungen, die durch Brennstab-Längenwachstum bei Ausfüllung des Brennstab-Freiraums entstehen (DWR: Vermeidung durch ausreichenden axialen Freiraum, SWR: Vermeidung des Drückens der axialen Feder auf Block),
- i) Vermeidung von Brennelement-Druckspannungen, die durch Brennelement-Längenwachstum bei Ausfüllung des Brennelement-Freiraums entstehen (Vermeidung durch ausreichenden axialen Freiraum),
- j) Begrenzung der Duktilitätsminderung durch Wasserstoff-Aufnahme in die Brennelement-Struktur,
- k) Begrenzung der Federrelaxation,
- l) Begrenzung des differentiellen Wachstums der verschiedenen Brennelementteile,

- m) Begrenzung der Spannungen in der wasserführenden Struktur der Brennelemente (z.B. Brennelementkastenwand, Wasserkanal) (SWR),
- n) Begrenzung der Verformungen der wasserführenden Struktur der Brennelemente (SWR).

Die o. g. Auslegungsanforderungen gelten für die derzeit üblichen Auslegungskonzepte. Sofern andere Auslegungen zum Einsatz kommen, werden erforderlichenfalls andere Auslegungsanforderungen herangezogen, deren gleichwertige Eignung zur Sicherstellung der Einhaltung der übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen bestätigt ist. Die Auslegungsanforderungen d), e), f), j) und l) gelten unabhängig vom Auslegungskonzept.

Anhang 3 Auslegungsanforderungen für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe

Für die Steuerelemente bzw. Steuerstäbe gelten folgende Auslegungsanforderungen:

- a) Begrenzung der maximalen Druckbelastung,
- b) Begrenzung der (Vergleichs-) Spannungen in der Absorber-Umschließung sowie in den sonstigen Strukturteilen,
- c) Begrenzung der Temperatur des Absorber-Materials,
- d) Begrenzung der Ermüdung der Absorber-Umschließung sowie in sonstigen Strukturteilen bei Lastwechsel,
- e) Begrenzung der plastischen Vergleichsdehnung der Absorber-Umschließung sowie in den sonstigen Strukturteilen.
- f) Bereitstellung ausreichender Absorptionswirkung für die vorgesehene Einsatzzeit.

Die o. g. Auslegungsanforderungen gelten für die derzeit üblichen Auslegungskonzepte. Sofern andere Auslegungen zum Einsatz kommen, werden erforderlichenfalls andere Auslegungsanforderungen herangezogen, deren gleichwertige Eignung zur Sicherstellung der Einhaltung der übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen bestätigt ist. Die Auslegungsanforderungen c), d) und f) gelten unabhängig vom Auslegungskonzept.