Dokumentationsunterlage zur Regeländerung

KTA 3101.2

Auslegung der Reaktorkerne von Druck- und Siedewasserreaktoren

Teil 2: Neutronenphysikalische Anforderungen an Auslegung und Betrieb des Reaktorkerns und der angrenzenden Systeme

Fassung 2012-11

Inhalt

1 Auftrag des KTA

2 Beteiligte Personen

3 Erarbeitung der Regeländerung

4 Berücksichtigte Unterlagen

5 Ausführungen zur Regeländerung

1 Auftrag des KTA

Der Kerntechnische Ausschuss (KTA) hat auf seiner 56. Sitzung am 18. Juni 2002 folgenden Beschluss bezüglich der Regel KTA 3101.2 gefasst:

Beschluss-Nr.: 56/8.4.1/1 vom 18.06.2002

Nach Anhörung seines Unterausschusses REAKTORKERN UND SYSTEMAUSLEGUNG (UA-RS) beschließt der Kerntechnische Ausschuss, dass für die Regel

KTA 3101.2 Auslegung der Reaktorkerne von Druck- und Siedewasserreaktoren;

Teil 2: Neutronenphysikalische Anforderungen an Auslegung und Betrieb des Reaktorkerns und der angrenzenden Systeme (Fassung 12/87)

auf Basis der Regelentwurfsvorlagen der Basisregeln Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 6 ein Änderungsverfahren eingeleitet wird und Prüfung, ob Anforderungen an Qualitätsnachweise für andere Beladetechniken in die Regel eingearbeitet werden sollen.

Das Änderungsverfahren beginnt nach Vorliegen der Entwurfsvorlagen für die KTA-Basisregeln Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 6.

2 Beteiligte Personen

2.1 Zusammensetzung des Arbeitsgremiums KTA 3101.2

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.2 Zugezogene Fachleute

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.3 Zusammensetzung des KTA-Unterausschusses REAKTORKERN UND SYSTEMAUSLEGUNG (UA-RS)

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.4 Zuständige Mitarbeiter der KTA-Geschäftsstelle

Dr. M. Petri KTA-GS

3 Erarbeitung der Regeländerung

3.1 Erstellung des Regeländerungsentwurfsvorschlags

(1) Das Arbeitsgremium KTA 3101.2 erarbeitete den Regeländerungsentwurfsvorschlag in 20 Sitzungen; diese fanden statt:

1. Sitzung am 14. September 2004 bei Framatome ANP (jetzt: AREVA NP) in Erlangen
2. Sitzung am 12. Januar 2005 bei E.ON Kernkraft in Hannover (zusammen mit AG KTA 3101.1)
3. Sitzung am 30. März 2007 bei AREVA NP in Erlangen (mit Obleuten der 3101.1, 3101.3, 3103)
4. Sitzung am 17. Juli 2007 AREVA NP in Erlangen
5. Sitzung am 21. September 2007 bei bei EnBW in Neckarwestheim
6. Sitzung am 5. Dezember 2007 bei AREVA NP in Erlangen
7. Sitzung am 20. Februar 2008 bei AREVA NP in Erlangen
8. Sitzung am 23. April 2008 bei EnBW in Neckarwestheim
9. Sitzung am 19. Juni 2008 bei E.ON Kernkraft in Hannover
10. Sitzung am 25. September 2008 bei AREVA NP in Erlangen
11. Sitzung am 28. Oktober 2008 bei AREVA NP in Erlangen
12. Sitzung am 5. Februar 2009 bei AREVA NP in Erlangen
13. Sitzung am 17. Juni 2009 bei EnBW in Neckarwestheim
14. Sitzung am 30. September und 1. Oktober 2009 im Kernkraftwerk Isar
15. Sitzung am 4. November 2009 bei AREVA NP in Erlangen
16. Sitzung am 4. Februar 2010 bei AREVA NP in Erlangen
17. Sitzung am 16. März 2010 bei der GRS in Garching
18. Sitzung am 8. Juni 2010 E.ON Kernkraft in Hannover
19. Sitzung am 22. Juli 2010 bei AREVA NP in Erlangen
20. Sitzung am 23. September 2010 bei AREVA NP in Erlangen

(2) Im Anschluss an die 20. Sitzung fand eine gemeinsame Sitzung der Arbeitsgremien KTA 3101.1, 3101.2 und 3103 statt am

14. Oktober 2010 bei AREVA NP in Erlangen

mit dem Ziel, die von den jeweiligen Arbeitsgremien vorgelegten Regeländerungsentwurfsvorschläge zu harmonisieren. In der Folge wurden noch geringfügige Änderungen am Regeländerungsentwurfsvorschlag vorgenommen.

(3) Im Nachgang zur 20. Sitzung des Arbeitsgremiums am 23. September 2010 und der gemeinsamen Sitzung am 14. Oktober 2010 wurde der Regeländerungsentwurfsvorschlag mit Stand vom 14. Oktober 2010 vom Arbeitsgremium einstimmig zur Vorlage an den Unterausschuss REAKTORKERN UND SYSTEMAUSLEGUNG (UA-RS) verabschiedet, mit der Empfehlung, den Vorschlag zum Fraktionsumlauf freizugeben.

(4) Auf seiner 13. Sitzung am 5. November 2010 nahm der UA-RS noch einige geringfügige Änderungen am vom Arbeitsgremium vorgelegten Entwurf vor und beschloss, den Regeländerungsentwurfsvorschlag mit Stand vom 5. November 2010 für den Fraktionsumlauf freizugeben.

3.2 Erstellung des Regeländerungsentwurfs

(1) Aus dem Fraktionsumlauf gingen 90 Kommentare von 4 Einwendern ein. Diese Kommentare wurden vom Arbeitsgremium auf seiner 21. Sitzung am

27. und 28. April 2011 bei AREVA NP in Erlangen

behandelt und der Regeländerungsentwurfsvorschlag anhand der Kommentare überarbeitet.

(2) Das Arbeitsgremium KTA 3101.2 hat im Nachgang zu seiner 21. Sitzung am 27. und 28. April 2011 den überarbeiteten Regeltextentwurf am 17. August 2011 einstimmig zur Vorlage an den UA-RS verabschiedet, mit der Empfehlung, dem KTA den überarbeiteten Vorschlag als Regeländerungsentwurfsvorlage vorzulegen.

(3) Auf seiner 15. Sitzung am 7. September 2011 beriet der UA-RS über den Regeländerungsentwurfsvorschlag, nahm noch einige Änderungen vor und beschloss, den Regeländerungsentwurfsvorschlag in der Fassung vom 7. September 2011 dem KTA vorzulegen.

(4) Der KTA hat diese Regeländerungsentwurfsvorlage auf seiner 66. Sitzung am 15. November 2011 als Regeländerungsentwurf in der Fassung 2011-11 verabschiedet. Die Bekanntmachung des BMU erfolgte im Bundesanzeiger Nr. 188 am 14.12.2011.

3.3 Erstellung der Regeländerung

(1) Der Regeländerungsentwurf lag der Öffentlichkeit vom 1. Januar 2012 bis zum 31. März 2012 zur Prüfung vor. Es wurden 20 Änderungsvorschläge von 2 Einwendern eingereicht.

(2) Das Arbeitsgremium hat in einer weiteren Sitzung über die eingegangenen Änderungsvorschläge beraten und einen Regeländerungsvorschlag erarbeitet. Die 22. Sitzung fand statt am

28.06.2012 bei AREVA NP in Erlangen

(3) Auf der 22. Sitzung am 28. Juni 2012 wurde der Regeländerungsvorschlag vom Arbeitsgremium einstimmig zur Vorlage an den Unterausschuss REAKTORKERN UND SYSTEMAUSLEGUNG (UA-RS) verabschiedet, mit der Empfehlung, dem KTA den überarbeiteten Vorschlag zur Verabschiedung als Regeländerung vorzulegen.

(4) Auf seiner 17. Sitzung am 5. September 2012 beriet der UA-RS über den Regeländerungsvorschlag und beschloss einstimmig, diesen dem KTA zur Verabschiedung als Regeländerung (Weißdruck) vorzulegen.

(5) Der KTA hat die Regeländerungsvorlage auf seiner 67. Sitzung am 13. November 2012 einstimmig als Regeländerung in der Fassung 2012-11 verabschiedet. Die Bekanntmachung des BMU erfolgte im Bundesanzeiger vom 03.12.2012, die Regel (Regeländerung) wurde im Bundesanzeiger vom 23.01.2013 veröffentlicht.

4 Berücksichtigte Unterlagen

4.1 Nationale Unterlagen

- Sachstandsbericht zu KTA-BR 2 „Kühlung der Brennelemente“, KTA-GS-72, 2004-04
- Sachstandsbericht zu KTA-Basisregel 6 „Methodik der Nachweisführung“, KTA-GS-76, 2004-03
- Entwürfe der „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke: Kriterien an die Auslegung des Reaktorkerns (Modul 2)“, Revisionen B bis D, 2006-09 bis 2009-04
- Entwürfe der „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke: Kriterien für die Nachweisführung und Dokumentation (Modul 6)“, Revisionen B bis D, 2006-09 bis 2009-04

  H i n w e i s :

  Die im Anhang A zitierten Unterlagen wurden bei der Erarbeitung des Regeltextes ebenfalls berücksichtigt; sind jedoch hier nicht nochmals aufgeführt.

4.2 Internationale Unterlagen

- ./.

5 Ausführungen zur Regeländerung

5.1 Allgemeines

Die Regel wurde grundlegend überarbeitet. Durch die Einführung des Konzepts der Sicherheitsebenen mussten - neben der erforderlichen inhaltlichen Aktualisierung der einzelnen Anforderungen - auch grundlegende strukturelle Anpassungen am Regeltext vorgenommen werden. Weiterhin wurden - soweit erforderlich - SWR-spezifische Anforderungen ergänzt mit dem Ziel, die „DWR-Lastigkeit“ der alten Fassung der Regel abzubauen. Im Einzelnen:

5.2 Abschnitt „*Grundlagen*“

Der Abschnitt wurde aktualisiert:

a) Absatz (1) wurde an die aktuellen Vorgaben des KTA angepasst. Er beschreibt die Einbettung in das übergeordnete Regelwerk (Gesetze, Verordnungen, Sicherheitskriterien, Störfall-Leitlinien).

b) Absatz (2) stellt - unverändert zur alten Fassung - fest, dass der Reaktorkern so betrieben werden muss, dass die übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen an die Abschaltfähigkeit, Nachkühlfähigkeit und Aktivitätsrückhaltung erfüllt werden können.

c) In den nachfolgenden Absätzen werden detailliert die technischen Randbedingungen der nuklearen Kernauslegung beschrieben, insbesondere die Schnittstellen zu anderen Regeln und Analysebereichen. Der Text ist weitgehend identisch zur alten Fassung; jedoch wurde Bild G-1 (beispielhafte Verknüpfungen mit anderen Analysebereichen) aktualisiert, die Tabelle G-1 der sicherheitstechnischen Kenngrößen um das Abklingverhältnis beim SWR ergänzt und einige sprachliche Anpassungen vorgenommen.

5.3 Abschnitt 1 „*Anwendungsbereich*“

Der Abschnitt ist inhaltlich unverändert; einige sprachliche Anpassungen (z. B. Ersetzen des Begriffs „Vergiftungssystem“ durch „Boriersystem“) wurden vorgenommen.

5.4 Abschnitt 2 „*Begriffe*“

Der Abschnitt wurde aktualisiert. Nicht mehr verwendete Begriffe wurden gestrichen; einige neue Begriffe wurden definiert.

5.5 Abschnitt 3 „*Sicherheitstechnische Anforderungen an die neutronenphysikalische Auslegung und den Betrieb von Reaktorkernen*“

(1) Dieser Abschnitt wurde komplett neu eingefügt. Damit verschiebt sich die Nummerierung der nachfolgenden Abschnitte um jeweils eine Ziffer.

(2) Der neue Abschnitt 3 enthält die übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen an die neutronenphysikalische Auslegung in einer systematischen Gliederung, strukturiert nach Sicherheitsebenen:

a) In Absatz (1) wird klargestellt, dass unterschiedliche (übergeordnete) sicherheitstechnische Anforderungen auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a bestehen. Absatz (2) stellt klar, dass die sicherheitstechnischen Anforderungen letztlich der Erfüllung der Schutzziele Reaktivitätskontrolle, Kernkühlung und Einschluss der radioaktiven Stoffe dienen; die aus den Schutzzielen resultierenden sicherheitstechnischen Anforderungen sind je nach Sicherheitsebene unterschiedlich ausgestaltet. Absatz (3) verdeutlicht, dass Anforderungen an die neutronenphysikalische Auslegung sich auch aus anderen Analysebereichen (z. B. thermohydraulische Auslegung - KTA 3101.1; oder thermomechanische Auslegung - KTA 3101.3) speisen; und grundsätzlich die Anforderungen aus allen relevanten Analysebereichen zu berücksichtigen sind. Weiterhin wurde klargestellt, dass die Vorgaben des übergeordneten Regelwerks in allen Sicherheitsebenen zu berücksichtigen sind. Absatz (4) verdeutlicht, dass die Sicherheitsebenen ein gestaffeltes Konzept (defense in depth) darstellen, bei dem sich die Zuordnung der jeweils zu betrachtenden Ereignisse zu einer Sicherheitsebene an der Ereigniswahrscheinlichkeit orientiert.

b) Die nachfolgenden Abschnitte 3.1 bis 3.4 enthalten die sicherheitstechnischen Anforderungen auf den jeweils für diese Regel betrachteten vier Sicherheitsebenen (1 bis 3 und 4a):

- Abschnitt 3.1 behandelt die übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen auf der *Sicherheitsebene 1* (Normalbetrieb). Die wesentlichen Anforderungen auf dieser Ebene sind die Begrenzung von Reaktivitäts- und Leistungsanstiegen durch die inhärenten Eigenschaften des Reaktorkerns, die Sicherstellung der Abschaltfähigkeit mit den Steuerelementen sowie der langfristigen Unterkritikalität. Weiterhin ist im Normalbetrieb die lokale Leistungsdichte auf Werte zu begrenzen, die als Ausgangswerte der Nachweise zur Beherrschung von anomalen Betriebszuständen und Störfällen verwendet werden.
- Abschnitt 3.2 legt die übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen auf der *Sicherheitsebene 2* fest. Zentrales Auslegungsziel auf der Sicherheitsebene 2 ist die uneingeschränkte Weiterverwendbarkeit der Brennelemente. Hierzu sind die Werte der lokalen Leistungsdichte im Zusammenwirken mit den Begrenzungs- und den Reaktorschutzeinrichtungen entsprechend zu begrenzen.
- Abschnitt 3.3 enthält die übergeordneten sicherheitstechnischen Anforderungen auf der *Sicherheitsebene 3*. In Absatz (1) ist das wesentliche Auslegungsziel dieser Ebene definiert, nämlich die Vermeidung von Brennstabschäden. Diese sind grundsätzlich auszuschließen; sollte dies im Einzelfall nicht möglich sein, sind die Kühlbarkeit des Kerns zu gewährleisten, unzulässige Belastungen der druckführenden Umschließung auszuschließen und die radiologischen Auswirkungen auf zulässige Werte zu begrenzen; dabei sind die Vorgaben des übergeordneten Regelwerks bezüglich eines zulässigen Schadensumfangs zu beachten - durch diese Formulierung wird dem Umstand Rechnung getragen, dass für bestimmte Störfälle ein begrenzter Schadensumfang (<10%) zugelassen wird, bei dem man davon ausgeht, dass hierdurch die Kühlung des Kerns noch nicht beeinträchtigt ist. In Absatz (2) wird klargestellt, dass aus dieser Sicherheitsebene - unabhängig von ggf. in Analysen unterstellten Randbedingungen- dafür Sorge zu tragen ist, dass die Funktion der Schnellabschaltung und die langfristige Unterkritikalität des Kerns gewährleistet ist. Hinsichtlich der langfristigen Unterkritikalität wird eine kurzzeitige Rekritikalität zugelassen, wobei die Anforderungen des Absatzes (1) einzuhalten sind.
- In Abschnitt 3.4 wird als neue Anforderung der auf der *Sicherheitsebene 4a* zu betrachtende ATWS eingeführt. Wesentliches Auslegungsziel beim unterstellten Ausfall der Schnellabschaltung ist es, den Druck auf zulässige Werte zu begrenzen und langfristig die Unterkritikalität und Kühlbarkeit zu gewährleisten.

5.6 Abschnitt 4 „*Sicherheitstechnische Kenngrößen, Anforderungen und Maßnahmen*“

(1) Dieser Abschnitt stellt eine Aktualisierung des Abschnitts 3 alter Fassung „*Sicherheitstechnische Bedingungen für Auslegung und den Betrieb*“ dar. Zum besseren Verständnis wurde hinter die in diesem Abschnitt vorkommenden Begriffe „Normalbetrieb“, „anomaler Betrieb“ und „Störfälle“ die entsprechende Sicherheitsebene in Klammern gesetzt.

(2) Folgende Änderungen wurden in 4.1 „*Sicherheitstechnische Kenngrößen*“ vorgenommen:

a) In Absatz (2) b) und d) wurde der ATWS auf Sicherheitsebene 4a - neben den Ereignissen des anomalen Betriebs und den Störfällen - in die Aufzählung zu Ereignisse aufgenommen, die bei der Festlegung der zulässigen Ausgangszustände im Normalbetrieb (durch betriebliche Regelungen oder Begrenzungen) zu beachten sind. Gleichfalls wurde der Hinweis nach Absatz (2) ergänzt, mit dem Ziel, besser nach Sicherheitsebenen zu differenzieren.

b) Absatz (3) wurde präziser gefasst.

(3) In 4.2 „*Anforderungen und Maßnahmen*“ wurde - neben einigen redaktionellen Anpassungen am Text - die Tabelle 4-1 aktualisiert (z. B. neu: Berücksichtigung des B-10-Gehalts).

5.7 Abschnitt 5 „*Überwachung und Begrenzung der Leistungsdichte*“

(1) Dieser Abschnitt stellt eine grundlegende Überarbeitung des gleichnamigen Abschnitts 4 alter Fassung dar. Der Abschnitt wurde teilweise neu strukturiert; dabei wurden die Anforderungen der Unterabschnitte 4.5 „*Ermittlung von Grenzwerten*“ und 4.6 „*Mess- und Ansprechfehler*“ alter Fassung in die vorherigen Unterabschnitte integriert. Im Einzelnen:

(2) Die Formulierungen in 5.1 „*Begrenzung der Leistungsdichte*“ wurden präzisiert und der Abschnitt klarer strukturiert; die Sicherheitsebene 4a wurde ergänzt. Die ehemals im Unterabschnitts 4.5 (alter Fassung) enthaltenden Anforderungen zur Ermittlung von Grenzwerten [der Leistungsdichte] wurden - aufgrund ihrer übergeordneten Bedeutung - in 5.1 (neuer Fassung) als Absätze (2) und (3) integriert.

(3) Abschnitt 5.2 „*Instrumentierung des Reaktorkerns*“ wurde um eine einleitende Formulierung, welche die Aufgabe der Instrumentierung erläutert, ergänzt. Die Formulierungen wurden präzisiert; soweit für das Verständnis erforderlich wurde auf die Anforderungen des Abschnitts 5.1 verwiesen. In 5.2.2 „*Überwachung der Leistungsdichte*- wurde in Absatz (6) die - insbesondere für den SWR relevante - Anforderung aufgenommen, dass die Instrumentierung ausreichend schnell sein muss, um im Falle des Auftretens von Schwingungen (soweit nicht durch die Auslegung des Kerns im Zusammenwirken mit dem betrieblichen Kennfeld ausgeschlossen) rechtzeitig Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Konkrete Anforderungen an die Maßnahmen zur Schwingungsbegrenzung sind in KTA 3101.1 enthalten, auf die in 5.1 (1)a) explizit verwiesen wird, insofern war es hier nicht notwendig, über die Anforderung an die Instrumentierung hinausgehende Anforderungen aufzunehmen. In Absatz (7) wurde eine neue Anforderung hinsichtlich der Redundanz der Messfühler zur Überwachung unzulässiger Anstiege der Leistungsdichte aufgenommen und in Absatz (8) wurde für die Messwerterfassung und -verarbeitung, neben der Berücksichtigung der Spurtreue, auch die - insbesondere für die digitale Leittechnik wichtige - Berücksichtigung des Zeitverhaltens neu aufgenommen. Die im Unterabschnitt 4.6 alter Fassung enthaltenen Anforderungen hinsichtlich der Berücksichtigung von Mess- und Ansprechfehlern wurden in den Abschnitt 5.2, als neuer Unterabschnitt 5.2.3 „*Mess- und Ansprechfehler*“, verschoben.

(4) Abschnitte 5.3 und 5.4 sind - bis auf redaktionelle Anpassungen - inhaltlich identisch mit den Anforderungen der Abschnitte 4.3 und 4.4 alter Fassung.

5.8 Abschnitt 6 „*Systeme zur Reaktivitätssteuerung und Abschaltung*“

(1) Dieser Abschnitt ist eine Aktualisierung des gleichnamigen Abschnitts 5 alter Fassung.

(2) Abschnitt 6.1 „*Allgemeine Anforderungen*“ wurde neu strukturiert. Folgende inhaltliche Anpassungen wurden vorgenommen:

a) Absatz (1) wurde aktualisiert; in einem neu angefügten Hinweis wird der in den Sicherheitskriterien verwendete Begriff der „Abschalteinrichtung“ erläutert.

b) In Absatz (4) wurden die zu beachtenden Randbedingungen bei der Ermittlung der reaktivitätsseitigen Anforderungen präzisiert; die Reaktivitätsbindung durch abbrennbare Absorber wurde neu aufgenommen.

c) In zwei neu eingefügten Absätzen (5) und (6) wird klargestellt, dass (i) die Wirksamkeit der Abschaltsysteme für jeden Zyklus nachzuweisen ist, wobei rechnerische Nachweise durch punktuelle Messungen zu überprüfen sind, und (ii) dieser Nachweis auch auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 (wo das Einzelfehlerkonzept nicht gilt) konservativ anhand der Nettowirksamkeit (unterstelltes Versagen der Komponente mit dem größten Einfluss auf die Wirksamkeit) zu führen ist.

d) Der einzuhaltende Betrag der Nettowirksamkeit (0,3% bzw. 1% rechnerisch), der in der alten Fassung der Regel in den Unterabschnitte 5.2.2 (DWR) bzw. 5.2.3 (SWR) angegeben war, wurde als allgemein einzuhaltende Anforderung in den Abschnitt 6.1 verschoben und dort als Absatz (8) in verbesserter Formulierung neu eingefügt; insbesondere wurde sowohl im Regeltext als auch in einem ergänzenden Hinweis klargestellt, dass der beim rechnerischen Nachweis einzuhaltende Wert von 1% einen Mindestwert darstellt, der - falls die Unsicherheiten der verwendeten Rechenprogramme es erfordern - ggf. höher anzusetzen ist.

(3) Abschnitt 6.2 „*Steuerstabsystem*“ ersetzt den Abschnitt 5.2 „*Schnellabschaltsystem*“ alter Fassung. Die Formulierungen wurden präzisiert.

(4) Abschnitt 6.3 „*Boriersysteme*“ enthält aktualisierte und präzisierte Anforderungen aus Abschnitt 5.3 „*Vergiftungssysteme*“ alter Fassung. Der Abschnitt wurde neu strukturiert; aufgrund der sehr unterschiedlichen Aufgabenstellungen der Boriersysteme beim DWR und beim SWR wurden eigene Unterabschnitte für DWR und SWR eingefügt. Im Einzelnen:

a) in 6.3 (1) wird klargestellt, dass Boriersysteme grundsätzlich vorzusehen sind, sich deren Ausgestaltung jedoch an den spezifischen Auslegungsmerkmalen von DWR und SWR orientiert.

b) Die Aufgaben und daraus resultierenden Anforderungen der Boriersysteme des DWR und SWR werden in den nachfolgenden Unterabschnitten 6.3.1 „*Boriersysteme des DWR*“ und 6.3.2 „*Boriersysteme des SWR*“ beschrieben. Dabei wurde - insbesondere beim DWR - Wert auf eine möglichst präzise Beschreibung der verschiedenen Aufgaben des Boriersystems (Abschnitt 6.3.1.1) gelegt, aus der dann die jeweiligen Anforderungen in Abschnitt 6.3.1.2 abgeleitet sind.

c) Bei der Bestimmung der erforderlichen Borkonzentration (DWR) wurde in 6.3.1.2 (1) c) die Berücksichtigung des B-10-Gehalts ergänzt. Weiter wurde in die Aufzählung unter 6.3.1.2 (2), welche die im Rahmen der der Bestimmung der Nettowirksamkeit zu berücksichtigenden physikalischen Einflüsse beschreibt, die Berücksichtigung der Reaktivitätsänderung durch den Zerfall weiterer reaktivitätswirksamer Isotope (z. B. Np-239) als Buchstabe c) neu aufgenommen. Abschnitt 6.3.1.3 zur Überwachung der Borkonzentration des DWR wurde dahingehend präzisiert, dass die Konzentration im Primärkreis *sowie den relevanten Vorratsbehältern* zu überwachen ist.

d) Für die Boriersysteme des SWR werden in Abschnitt 6.3.2 erstmals explizite Anforderungen gestellt. Demnach muss das Boriersystem des SWR in der Lage sein, den Reaktor aus jedem anzunehmenden Betriebszustand des Normalbetriebs abzuschalten, wobei bei der zur höchsten Reaktivität führenden Kühlmitteltemperatur eine Abschaltsicherheit von 5% einzuhalten ist.

5.9 Abschnitt 7 „*Anforderungen an nukleare Berechnungssysteme*“

(1) Dieser Abschnitt wurde komplett überarbeitet und ersetzt den gleichnamigen Abschnitt 6 alter Fassung. Aufgrund der Einführung der Sicherheitsebenen mit ihren jeweils gestuften Anforderungen war es notwendig, auch die Anforderungen an die Berechnungssysteme nach Sicherheitsebenen zu differenzieren. Im Einzelnen:

(2) Abschnitt 7.1 „*Allgemeine Anforderungen*“ wurde inhaltlich präzisiert und gestrafft:

a) In einem neuen Absatz (1) wird erläutert, welche Rechenprogramme zu den „nuklearen Berechnungssystemen“ zu zählen sind. Dadurch verschieben sich die nachfolgenden Absätze um eine Ziffer.

b) In Absatz (2) wird klargestellt, dass nukleare Berechnungssysteme in der Lage sein müssen die *betrieblich relevanten* und sicherheitstechnisch *wesentlichen* Kenngrößen zu bestimmen sowie die notwendigen Daten für *andere* Analysebereiche bereit zu stellen.

c) Die Aufzählung der durch nukleare Berechnungssysteme zu beschreibenden physikalischen Vorgänge in Absatz (3) wurde präzisiert.

d) Absatz (4) stellt klar, dass Vereinfachungen und Näherungen zulässig sind und listet einige übliche Fälle auf. Die vormals im 6.1 (3) enthaltene sehr detaillierte Aufzählung von Vereinfachungen und Näherungen wurde stark gestrafft. Letztlich ergibt sich die Zulässigkeit von Vereinfachungen/Näherungen nicht aus ihrem Vorhanden- oder Nichtvorhandensein in (4), sondern aus der Überprüfung der Gültigkeit und Genauigkeit des zugehörigen nuklearen Berechnungssystems, wie im Hinweis nach (4) - bereits in der alten Fassung der Regel - bemerkt ist.

e) Es wurde ein neuer Absatz (5) eingefügt, der klarstellt, unter welchen Bedingungen die Sensitivität gegenüber getroffenen Modellvereinfachungen zu überprüfen ist.

(3) Abschnitt 7.2 „*Systembeschreibung und Randbedingungen*“ stellt eine Überarbeitung des Abschnitts 6.2 „*Einflussgrößen und Randbedingungen*“ alter Fassung dar. In diesem Abschnitt ist aufgeführt, welche Kenntnisse/Voraussetzungen generell vorhanden sein müssen, um nukleare Rechnungen sinnvoll durchzuführen.

a) In Absatz (1) wird klargestellt, dass die (erfolgreiche) Durchführung nuklearer Rechnungen sowohl die detaillierte Kenntnis des zu beschreibenden Systems als auch der jeweiligen Randbedingungen erfordert.

b) Absatz (2) enthält eine Aufzählung der wesentlichen Merkmale/Einflüsse, die in der Systembeschreibung zu berücksichtigen sind.

c) Absatz (3) enthält eine Auflistung der wesentlichen veränderlichen Einflüsse (Randbedingungen), die vom nuklearen Berechnungssystem zu berücksichtigen sind.

d) Absatz (4) behandelt spezielle Anforderungen für Transientenrechnungen.

(4) Abschnitt 7.3 „*Überprüfung der Gültigkeit und Genauigkeit*“ stellt eine nach Sicherheitsebenen differenzierte Aktualisierung des gleichnamigen Abschnitts 6.3 alter Fassung dar. Der Abschnitt wurde komplett neu strukturiert. Er ist inhaltlich nahezu identisch mit dem gleichnamigen Abschnitt 4.5 der überarbeiteten KTA 3101.1. Er behandelt die Verifizierung und Validierung von Rechensystemen zur (nuklearen) Kernauslegung, wobei - erstmals in einer KTA-Regel - detailliert auf Unterschiede bei den Vorgehensweisen zur Validierung auf den verschiedenen Sicherheitsebenen eingegangen wird:

a) In Abschnitt 7.3.1 „*Allgemeines*“ wird in Absatz (1) ganz grundsätzlich festgestellt, dass alle für die Kernauslegung eingesetzten Berechungssysteme verifiziert und validiert sein müssen. Da die Genauigkeitsanforderungen an die Validierung je nach Einsatzfall unterschiedlich sind, wird im direkt anschließenden Absatz (2) klargestellt, dass das Verfahren zur Validierung abhängig ist von den Genauigkeitsanforderungen an die Ergebnisse. Im Absatz (3) werden die Unterschiede zwischen integraler und partieller Validierung angesprochen; zwar reicht bei Programmsystemen, die aus mehreren Einzelkomponenten aufgebaut sind, grundsätzlich eine integrale Validierung aus; jedoch wird in Absatz (3) sowie im anschließenden Hinweis deutlich gemacht, dass der Anwendungsbereich des Programmsystems - sofern möglich und sinnvoll - auch durch partielle Validierung der Einzelkomponenten nachgewiesen werden sollte.

b) Abschnitt 7.3.2 „*Vorgehen bei der Validierung*“ enthält grundlegende Vorgaben zur Vorgehensweise. In Absatz (1) sind die wesentlichen Erkenntnisquellen aufgeführt, aus denen sich die Validierung speist (betriebliche Messungen, Experimente, Auswertung von Transienten, Vergleich mit anderen Berechnungssystemen). In Absatz (2) wird festgelegt, dass die zur Validierung herangezogenen Messergebnisse grundsätzlich den Betriebsbereich der Reaktoranlage hinsichtlich der wesentlichen Parameter überdecken sollen, ansonsten ist die Übertragbarkeit gesondert zu begründen. Absatz (3) enthält grundlegende Vorgaben an die Auswahl der Messergebnisse (Dokumentation, Qualität, Übertragbarkeit). Absatz (4) beschreibt, wie bei der Anwendung von Korrelationen und Tabellen vorzugehen ist (grundsätzlich sollen die durch die Experimente vorgegebenen Parameterbereiche eingehalten werden; in Ausnahmefällen ist die Zulässigkeit von Extrapolationen zu begründen). Absatz (5) verweist auf Tabelle 7-1 (ehemals Tabelle 6-1), welche Beispiele für Validierungsmessungen enthält und ebenfalls aktualisiert wurde (dabei wurde u. a. auch die DWR-Lastigkeit der alten Fassung durch stärkere Berücksichtigung der SWR-Spezifika verringert).

c) Abschnitt 7.3.3 „*Sicherheitsebenen*“ behandelt die unterschiedlichen Vorgehensweisen auf den verschiedenen Sicherheitsebenen. In Absatz (1) wird festgelegt, dass sich die Validierung auf den Sicherheitsebenen 1 und 2 primär auf Messergebnisse abstützen soll, wobei aufgetretene Transienten - soweit möglich - einbezogen werden sollen. Absatz (2) stellt klar, dass sich die Validierung auf der Sicherheitsebene 3 neben Experimenten und Auswertungen von Transienten auch auf den Vergleich mit anderen Berechnungssystemen abstützen darf. In Absatz (3) wird dem besonderen Umstand Rechnung getragen, dass für die auf der Sicherheitsebene 4a zu betrachtenden Phänomene eine integrale Validierung nicht immer möglich sein wird. Hier sollen vorzugsweise Modelle eingesetzt werden, welche auch für Nachweise auf den Sicherheitsebenen 1 bis 3 verwendet werden und partiell validiert sind. Ist dies nicht möglich, sind die Modelle entsprechend dem aktuellen Kenntnisstand aufzubauen und gesondert zu begründen.

(5) Abschnitt 7.4 „*Anforderungen an die Dokumentation*“ ist inhaltlich nahezu identisch zum gleichnamigen Abschnitt 6.4 alter Fassung; es wurde jedoch ergänzt, dass neben der Validierungsprozedur auch die *Verifizierungsprozedur* zu beschreiben ist.

5.10 Ehemaliger Anhang A „*Empfohlene und zulässige Vorgehensweise bei der Durchführung der neutronenphysikalischen Berechnung*“

Der in der alten Fassung der Regel enthaltene Anhang A wurde komplett gestrichen. Einerseits waren die dort empfohlenen Vorgehensweisen - zumindest in Teilen - veraltet. Andererseits ist das Arbeitsgremium der Auffassung, dass eine KTA-Regel zwar Anforderungen klar und präzise vorgeben sollte, die *Vorgehensweisen* zur Erfüllung dieser Anforderungen sollten jedoch grundsätzlich nicht in der Regel festgeschrieben werden, weil sich Vorgehensweisen mit fortschreitendem Stand von Wissen-

schaft und Technik schnell ändern können und somit eine detaillierte Festlegung von (derzeit empfohlenen) Vorgehensweisen dazu führt, dass

(i) die Regel vergleichsweise oft aktualisiert werden muss (und dabei dennoch dem Stand von Wissenschaft hinterherhinkt) oder

(ii) die Festlegungen der Regel zumindest partiell (hinsichtlich der veralteten Vorgehensweisen) ignoriert würden.