Dokumentationsunterlage zur Regeländerung

KTA 3401.2

Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl

Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung

Fassung 2016-11

Inhalt:

1 Auftrag des KTA

2 Beteiligte Fachleute

2.1 Zusammensetzung des Arbeitsgremiums

2.2 KTA-Unterausschuss MECHANISCHE KOMPONENTEN (UA-MK)

2.3 Mitarbeiter der KTA-Geschäftsstelle

3 Erarbeitung des Regeländerungsentwurfs und der Regeländerungsvorlage

3.1 Erarbeitung des Regeländerungsentwurfs

3.2 Erarbeitung der Regeländerungsvorlage

4 Berücksichtigte Regeln und Unterlagen

4.1 Nationale Regeln und Unterlagen

4.2 Internationale Regeln und Unterlagen

5 Erläuterungen zu den Änderungen gegenüber der Regelfassung 1985-06

1 Auftrag des KTA

Der Kerntechnische Ausschuss fasste auf seiner 65. Sitzung am 16. November 2010 die folgenden Beschlüsse:

Beschluss-Nr.: 65/8.3.1/1 vom 16.11.2011

Der Unterausschuss MECHANISCHE KOMPONENTEN (UA-MK) wird beauftragt, federführend den Entwurf zur Regel

KTA 3401.2 Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl;
Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
(Fassung 1985-06)

mit einer Dokumentationsunterlage durch ein Arbeitsgremium erarbeiten zu lassen.

Der Anpassungsbedarf betrifft insbesondere folgende Punkte:

- Es ist eine Anpassung der normativen Verweise an den aktuellen Stand der Gesetze, Regeln und Normen vorzunehmen.
- Sofern diese Anpassung inhaltliche Änderungen zur Folge hat, z. B. hinsichtlich der Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, sind diese Änderungen in KTA 3401.2 aufzunehmen.
- Es ist zu prüfen, ob aufgrund des aktuellen Stands der Technik und der Betriebserfahrungen Änderungen in den Abschnitten 3 „Lastfälle, Belastungen und Beanspruchungsstufen, 4 „Konstruktive Gestaltung“ oder 5 „Tragsicherheitsnachweis“ erforderlich sind.

Beschluss-Nr.: 65/8.3.1/2 vom 16.11.2010

Der Unterausschuss MECHANISCHE KOMPONENTEN (UA-MK) wird beauftragt, den Entwurfsvorschlag zur Änderung der Regel KTA 3401.2 zu prüfen und eine Beschlussvorlage für den KTA zu erarbeiten.

2 Beteiligte Fachleute

2.1 Zusammensetzung des Arbeitsgremiums

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.2 KTA-Unterausschuss MECHANISCHE KOMPONENTEN (UA-MK)

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.3 Zuständiger Mitarbeiter der KTA-Geschäftsstelle

Dr. H.-R. Bath	KTA-GS beim BfE, Salzgitter

3 Erarbeitung des Regeländerungsentwurfs und der Regeländerungsvorlage

3.1 Erarbeitung des Regeländerungsentwurfs

(1) Am 2. Februar 2012 traf sich das Arbeitsgremium zu seiner konstituierenden Sitzung und begann mit der Erarbeitung des Regeländerungsentwurfsvorschlags.

(2) Auf folgenden Sitzungen erfolgte zunächst eine Meinungsbildung darüber, in welchem Umfang die Belange des Baurechts und insbesondere die baurechtlich seit 2012 verbindlich eingeführten Stahlbau-Grundnormen der Reihe DIN EN 1993 (Eurocode 3) als Bemessungsgrundlage in KTA 3401.2 berücksichtigt werden müssen. Hierbei wurden sowohl die Vor- und Nachteile einer Formulierung der Anforderungen auf Basis der Normenreihe DIN EN 1993 bzw. einer Beibehaltung des ASME BPV Code als Bemessungsgrundlage als auch konkrete und für den Anwendungsbereich von KTA 3401.2 sachgerechte Detailanforderungen bei Zugrundelegung der Normenreihe DIN EN 1993 erörtert.

1. Sitzung	am 2. Februar 2012	in Berlin
2. Sitzung	am 3. April 2012	in Hannover
3. Sitzung	am 6. Juni 2012	in Berlin
4. Sitzung	am 11. Juli 2012	in Köln
5. Sitzung	am 6. September 2012	in München
6. Sitzung	am 24. und 25. September 2012	in Berlin
7. Sitzung	am 27. November 2012	in Hamburg
8. Sitzung	am 11. und 12. Dezember 2012	in Köln
9. Sitzung	am 13. Februar 2013	in Köln
10. Sitzung	am 7. März 2013	in Berlin

(3) Auf der 46. Sitzung des KTA-Unterausschusses „Mechanische Komponenten“ (UA-MK) am 18. April 2013 wurde über den bis zu diesem Zeitpunkt erreichten Stand informiert. Der UA-MK legte auf dieser Sitzung fest, dass der ASME BPV Code als Grundlage für den Tragfähigkeitsnachweis beibehalten werden soll.

(4) Die Erarbeitung des Regeländerungsentwurfsvorschlags erfolgte anschließend unter Zugrundelegung der Entscheidung des UA-MK auf folgenden Sitzungen des Arbeitsgremiums:

11. Sitzung	am 23. und 24. April 2013	in Hannover
12. Sitzung	am 13. und 14. Juni 2013	in Köln
13. Sitzung	am 8. und 9. Juli 2013	in Mannheim
14. Sitzung	am 4. September 2013	in Köln
15. Sitzung	am 21. November 2013	in Berlin
16. Sitzung	am 9. Januar 2014	in Köln
17. Sitzung	am 24. und 25. Februar 2014	in Hannover

(5) Auf der 17. Sitzung beschloss das Arbeitsgremium, den Regeländerungsentwurfsvorschlag vorbehaltlich einer abschließenden Durchsicht dem zuständigen Unterausschuss MECHANISCHE KOMPONENTEN (UA-MK) mit der Empfehlung einer Freigabe für den Fraktionsumlauf vorzulegen. Die abschließende Durchsicht des Regeländerungsentwurfsvorschlags erfolgte bis zum 03.03.14. Im Ergebnis der Durchsicht wurden noch einige Präzisierungen vorgenommen, die im schriftlichen Verfahren abgestimmt wurden. Das Arbeitsgremium stimmte mit einer Enthaltung zu, den Regeländerungsentwurfsvorschlag dem UA-MK zur Prüfung vorzulegen.

(6) Der UA-MK hat den Regeländerungsentwurfsvorschlag auf seiner 48. Sitzung am 20.03.2014 behandelt. Er nahm in der vom Arbeitsgremium vorgelegten Regelfassung einige Änderungen vor, bat das Arbeitsgremium um Prüfung und gegebenenfalls Korrektur einzelner Formulierungen und hielt es für erforderlich, dass der zu Tabelle 6.4-2 bezüglich der zulässigen Scherspannung bei Passschrauben der Festigkeitsklasse 5.6 noch vorhandene Diskussions- und Abstimmungsbedarf vor dem Fraktionsumlauf zu klären ist. Der UA-MK beschloss, den Regeländerungsentwurfsvorschlag zur weiteren Bearbeitung an das Arbeitsgremium zurück zu verweisen.

(7) Die im UA-MK getroffenen Festlegungen und Anregungen zum Regeländerungsentwurfsvorschlag KTA 3401.2 wurden im Arbeitsgremium auf der

18. Sitzung	am 13. Mai 2014	in Hannover

behandelt. Bezüglich der zulässigen Scherspannungen von Passschrauben der Festigkeitsklasse 5.6 wurde beschlossen, eine einheitliche Festlegung in KTA 3401.2, KTA 3205.1 und KTA 3205.2 anzustreben. Außerdem wurde festgelegt, externe Experten zur Scherfestigkeit von Passschrauben zu befragen. Folgende Experten wurden einbezogen:

- Prof. Schaumann, Institut für Stahlbau, Universität Hannover
- Prof. Lange, Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik, TU Darmstadt
- Referat I36 des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Berlin
- Prof. Lori, Westsächsische Hochschule Zwickau, im Auftrag des VDI
- Dr. Dünkel, Fuchs Schraubenwerke, ehem. TU Darmstadt
- Prof. em. Dr.-Ing. Schmidt, ehem. Univ. Essen
- Prof. Dr.-Ing. Ungermann, Lehrstuhl Stahlbau TU Dortmund, im Auftrag des Normenausschusses NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ des DIN

(8) Zur Klärung des Sachverhalts und zur Definition einer einheitlichen zulässigen Scherspannung von Schrauben in den betreffenden KTA-Regeln wurde in den Arbeitsgremien der Regeln KTA 3205.1, KTA 3205.2 und KTA 3401.2 festgelegt, einen Arbeitskreis „Passschrauben“ aus Vertretern aller drei Arbeitsgremien zu bilden. Dieser Arbeitskreis hat auf Sitzungen

am 25. September 2014	in Salzgitter
am 15. Januar 2015	in Hannover

die Stellungnahmen der externen Experten zur zulässigen Scherspannung von Schrauben ausgewertet und einen Vorschlag für die in KTA 3205.1, KTA 3205.2 und KTA 3401.2 aufzunehmenden Anforderungen erarbeitet.

(9) Das Arbeitsgremium KTA 3401.2 wurde am 30. Januar 2015 per E-Mail über das Ergebnis des Arbeitskreises sowie über die nach Einarbeitung des Vorschlags des Arbeitskreises und nach Ergänzung des Abgleichs mit den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ entstandene Regelfassung Januar 2015 informiert. Es hat am 6. Februar 2015 bei einer Enthaltung (Herr Klucke) und keiner Gegenstimme per E-Mail zugestimmt, den Regeländerungsentwurfsvorschlag KTA 3401.2 mit den vom Arbeitskreis „Passschrauben“ vorgeschlagenen Änderungen und Ergänzungen dem KTA-Unterausschuss „Mechanische Komponenten“ zu dessen 50. Sitzung am 24. Februar 2015 mit der Empfehlung vorzulegen, die Freigabe für den Fraktionsumlauf zu erteilen.

(10) Der UA-MK hat den Regeländerungsentwurfsvorschlag in der Fassung Januar 2015 auf seiner 50. Sitzung am 24.02.15 behandelt, eine Ergänzung in der Dokumentationsunterlage vorgenommen und in der Fassung 2015-02 für den Fraktionsumlauf freigegeben.

(11) Der Fraktionsumlauf erfolgte im Zeitraum 1. März 2015 bis 31. Mai 2015. Es wurden keine Änderungsvorschläge eingereicht. Der Regeländerungsentwurfsvorschlag wurde deshalb nach Aktualisierung der Normenverweise dem UA-MK zu dessen 51. Sitzung mit der Empfehlung vorgelegt, dem KTA die Verabschiedung als Regeländerungsentwurf vorzuschlagen.

(12) Der UA-MK hat auf seiner 51. Sitzung am 15. September 2015 über die Regeländerungsentwurfsvorlage KTA 3401.2 beraten und mit der erforderlichen Mehrheit (mit einer Enthaltung) beschlossen, diese dem KTA zur Verabschiedung als Regeländerungsentwurf vorzulegen. Da im Rahmen des Fraktionsumlaufs keine Änderungsvorschläge eingereicht worden waren, wurde dem KTA eine Beschlussfassung nach dem verkürzten Verfahren gemäß Abschnitt 5.3 der Verfahrensordnung des KTA vorgeschlagen (Aufstellung als Regel ohne weitere Beschlussfassung des KTA, sofern innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung des Regeländerungsentwurfs bei der KTA-GS keine inhaltlichen Änderungsvorschläge eingehen).

(13) Der KTA entsprach der Empfehlung des UA-MK und hat auf seiner 70. Sitzung am 10. November 2015 den Regeländerungsentwurf in der Fassung 2015-11 beschlossen. Gleichzeitig wurde gemäß Abschnitt 5.3 der Verfahrensordnung des KTA beschlossen, dass der Regeländerungsentwurf ohne weitere Beschlussfassung des KTA als Regel aufgestellt wird, sofern innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung zu keinem der beiden der Regeländerungsentwürfe KTA 3401.2 und KTA 3413 inhaltliche Änderungsvorschläge eingehen. Die Bekanntmachung im Bundesanzeiger erfolgte am 26. November 2015.

3.2 Erarbeitung der Regeländerungsvorlage

(1) Der Regeländerungsentwurf KTA 3401.4 (2015-11) hat vom 1. Januar 2016 bis 31. März 2016 der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegen. Zum Regeländerungsentwurf KTA 3401.2 sind keine Stellungnahmen eingegangen. Da zum Regeländerungsentwurf KTA 3413 eine Stellungnahme einging, wurde KTA 3401.2 nicht ohne weitere Beschlussfassung des KTA als Regel aufgestellt.

(2) Nach Abschluss der Arbeiten an KTA 3413 zwecks Einarbeitung der Änderungsvorschläge wurde geprüft, ob die Änderungen in KTA 3413 Auswirkungen auf KTA 3401.2 haben. Dies war nicht der Fall. Deshalb wurde lediglich eine Aktualisierung der normativen Verweise im Anhang A der KTA 3401.2 vorgenommen und die Regeländerungsvorlage in der Fassung August 2016 dem UA-MK zur Beschlussfassung vorgelegt.

(3) Der UA-MK hat auf seiner 53. Sitzung am 12. und 13.09.2016 über die Regeländerungsvorlage KTA 3401.2 beraten. Er beschloss, dem KTA zu seiner 71. Sitzung am 22. November 2016 die Aufstellung der Fassung August 2016 als Regel (Regeländerung) vorzuschlagen.

(4) Der KTA hat die Regeländerungsvorlage auf seiner 71. Sitzung am 22. November 2016 einstimmig als Regeländerung in der Fassung 2016-11 beschlossen. Die Bekanntmachung dieses Beschlusses durch das BMUB erfolgte im Bundesanzeiger vom 22. Dezember 2016 (BAnz AT 22.12.2016 B6). Der Volltext der Regel wurde durch das BMUB im Bundesanzeiger vom 10. März 2017 veröffentlicht (BAnz AT 10.03.2017 B5).

4 Berücksichtigte Regeln und Unterlagen

4.1 Abgleich mit den SiAnf und Interpretationen

(1) Den Anwendungsbereich der Regel KTA 3401.2 betreffende Anforderungen der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf)“ sind im Abschnitt 3.6 „Anforderungen an den Sicherheitseinschluss“ enthalten. Diese Anforderungen sind im Abschnitt 6 „Sicherheitsbehälter“ der Interpretation I-2 „Anforderungen an die Ausführung der Druckführenden Umschließung, der Äußeren Systeme sowie des Sicherheitsbehälters“ präzisiert.

(2) Die Umsetzung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2 ist in **Tabelle D 1** dargestellt.

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3401.2	Bewertung
6.1 Geltungsbereich Die folgenden Anforderungen sind anzuwenden auf Sicherheitsbehälter aus Stahl oder Stahlbeton und Spannbeton mit Stahlauskleidung einschließlich seiner Durchführungen, Schleusen und Komponenten zum Durchdringungsabschlusssystem sowie bei Siedewasserreaktoren einschließlich des Druckabbausystems mit den zugehörigen Komponenten zur Einleitung freigesetzten Reaktorkühlmittels in eine Wasservorlage. 6.2 Auslegung 6.2.1 Grundsätze 6.2.1 (1) Der Sicherheitsbehälter einschließlich seiner Durchführungen, Absperrarmaturen und Schleusen sowie bei Siedewasserreaktoren einschließlich des Druckabbausystems zur Druckbegrenzung ist so auszulegen, dass er unter Einhaltung der zugrunde gelegten Leckrate den statischen, dynamischen und thermischen Einwirkungen aus Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a sowie Folgewirkungen aus standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen standhält. Sicherheitsbehälter aus Stahl bzw. die Stahlauskleidung von Sicherheitsbehältern aus Stahlbeton und Spannbeton sind soweit erforderlich durch bauliche Einrichtungen so zu schützen, dass ihre Dichtfunktion bei Einwirkungen von innen nicht beeinträchtigt wird. H i n w e i s : Vorgaben für die Ermittlung der Differenzdrücke finden sich in Anhang 5, Anlage 2 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“. Vorgaben zur Ermittlung der Einwirkungen aus Strahl- u. Reaktionskräften sowie Bruchstücken finden sich in Anhang 5, Anlage 3 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“.	Abschnitte 3 bis 6	In Verbindung mit KTA 3402, KTA 3403, KTA 3404 und KTA 3407 erfüllt.
6.2.1 (2) Zur Gewährleistung der Druckstaffelung müssen die Sicherheitsbehälterdurchführungen während des bestimmungsgemäßen Betriebes (Sicherheitsebenen 1 und 2) der Betriebsphasen A und B sowie bei Ereignissen der Sicherheitsebene 3, Einwirkungen von innen und standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen ausreichend dicht sein.	—	Durchführungen sind in KTA 3403 und KTA 3407 geregelt.
6.2.2 Werkstoffauswahl 6.2.2 (1) Für Sicherheitsbehälter aus Stahl sowie für Stahlauskleidungen sind die metallischen Werkstoffe einschließlich der Schweißzusätze, tragenden Muttern und Schrauben so auszuwählen, dass sie den Funktionsanforderungen (Dichtheit) und den zu unterstellenden Beanspruchungen (z. B. mechanischer, thermischer, chemischer Art) genügen.	Abschnitte 5.1, 5.3 und 6.4.1 (4)	In Verbindung mit KTA 3401.1 erfüllt.
6.2.2 (2) Für Sicherheitsbehälter aus Stahl sowie für Stahlauskleidungen sind die Werkstoffeigenschaften, die vorgesehenen Fügeverfahren und die Qualitätssicherungsmaßnahmen so festzulegen, dass eine den Vorgaben gemäße Qualität und Prüfbarkeit zuverlässig erreicht wird.	Abschnitte 5 und 6.6	In Verbindung mit KTA 3401.1 und KTA 3401.3 erfüllt.
6.2.2 (3) Für Sicherheitsbehälter aus Stahl müssen die Werkstoffeigenschaften sicherstellen, dass an allen Stellen ein ausreichend zäher Werkstoffzustand unter allen betriebs- und störfallbedingten Anlagenzuständen erhalten bleibt. H i n w e i s : Vorzugsweise sind für die Stahlschale mittelfeste, schweißgeeignete Feinkornbaustähle vorzusehen.	—	Die Anforderungen an Werkstoffe und Erzeugnisformen sind in KTA 3401.1 geregelt.
6.2.2 (4) Für Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton müssen die Werkstoffe (Beton, Betonstahl und Spannstahl) die zutreffenden technischen Normen erfüllen bzw. für die vorgesehene Anwendung bauaufsichtlich zugelassen sein.	—	Nicht zutreffend.
6.2.3 Konstruktion und Gestaltung 6.2.3 (1) Konstruktion und Oberflächenzustand des Sicherheitsbehälters aus Stahl und Stahlauskleidungen müssen ausreichende und aussagefähige zerstörungsfreie Prüfungen ermöglichen, insbesondere der Schweißnähte. Bereiche, die aufgrund der konstruktiven Anlagengestaltung für wiederkehrende Prüfungen nicht mehr zugänglich sind, sind so auszuführen, dass korrosive Einflüsse vermieden werden. H i n w e i s : Für Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton wird auf DIN 25449 (Fassung Februar 2008) verwiesen.	Abschnitt 5	In Verbindung mit KTA 3401.3 und KTA 3401.4 erfüllt.
6.2.3 (2) Bei der Auslegung des Sicherheitsbehälters sind Vorrichtungen zur Durchführung von Druck- und Dichtheitsprüfungen und zur Installation der hierfür notwendigen Instrumentierung vorzusehen.	Abschnitt 5.1	In Verbindung mit KTA 3401.3, KTA 3401.4 und KTA 3405 erfüllt.

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3401.2
(Fortsetzung siehe die folgenden Seiten)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3401.2	Bewertung
6.2.3 (3) Zum Ein- und Ausbringen von Material und Gegenständen in den und aus dem Sicherheitsbehälter sowie zum Ein- und Austritt von Personen sind Schleusen vorzusehen.	—	Schleusen sind in KTA 3402 und KTA 3409 geregelt.
6.2.3 (4) Personenschleusen sind so anzuordnen, dass eine Flucht aus dem Sicherheitsbehälter möglichst rasch und unter möglichst geringer Strahlenbelastung der Personen erfolgen kann. Dabei ist neben Strahlenfeldern und Kontaminationen zu berücksichtigen, dass Fluchtwege z. B. durch ausströmende Medien wie Wasser, Dampf oder Gase blockiert sein können.	—	Personenschleusen sind in KTA 3402 geregelt.
6.2.3 (5) Durch Verriegelung ist sicherzustellen, dass in den Betriebsphasen, in denen die Schleusen geschlossen sein sollen, eine Schleusentür nur dann geöffnet werden kann, wenn die Gegentür und ihre zugehörige Druckausgleicheinrichtung geschlossen und abgedichtet sind. Eine Aufhebung der Verriegelung ist nur in Ausnahmefällen unter sicherheitstechnisch zulässigen Bedingungen erlaubt.	—	Schleusen sind in KTA 3402 und KTA 3409 geregelt.
6.2.3 (6) Schleusen und die für den Sicherheitseinschluss notwendigen Lüftungsklappen sind an ein Leckabsaugsystem anzuschließen, mit dem Leckagen in den Sicherheitsbehälter zurückgepumpt werden können.	—	Das KTA-Regelwerk enthält keine Festlegungen zum Leckabsaugsystem.
6.2.3 (7) Die Kammerungen der Durchführungen müssen bei Auslegungsdruck des Sicherheitsbehälters prüfbar sein.	—	Durchführungen sind in KTA 3403 und KTA 3407 geregelt.
6.2.3 (8) Die Anzahl der Durchführungen und deren Querschnitte sind so gering wie praktisch möglich zu halten.	Abschnitte 5.5.3 und 5.5.4	In Verbindung mit KTA 3403 und KTA 3407 erfüllt.
6.2.3 (9) Sofern das Auftreten von unzulässigen Unterdrücken infolge von Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a, Einwirkungen von innen und standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen sowie Notstandsfällen nicht ausgeschlossen werden kann, sind zuverlässige Einrichtungen vorzusehen, die ein Unterdruckversagen verhindern.	Abschnitte 4, 6.2.6 und 6.3	Erfüllt.
6.2.3 (10) Rohrleitungen, die in Verbindung mit dem Reaktorkühlmittel oder der Innenatmosphäre des Sicherheitsbehälters stehen und diesen durchdringen, sind grundsätzlich mit zwei Absperrarmaturen zu versehen, von denen eine innerhalb und eine außerhalb möglichst nahe am Sicherheitsbehälter angeordnet ist. Ausnahmen hiervon sind zulässig, wenn dies wegen der technischen Eigenart oder Betriebsweise der betreffenden Rohrleitung notwendig ist (z. B. Armaturen, die zur Störfallbeherrschung geöffnet sein müssen) und die sicherheitstechnische Funktion des Sicherheitseinschlusses nicht beeinträchtigt wird. Jede einzelne Abschlussarmatur muss die spezifizierten Dichtheitsbedingungen für sich allein erfüllen. Rohrleitungen, die den Sicherheitsbehälter durchdringen, aber nicht in Verbindung mit dem Reaktorkühlmittel oder der Innenatmosphäre des Sicherheitsbehälters stehen, sind mit mindestens einer außerhalb des Sicherheitsbehälters liegenden Absperrarmatur auszurüsten.	—	Ist in KTA 3404 geregelt.
6.2.3 (11) Alle Durchführungen durch die Wandung des Sicherheitsbehälters und die Schleusen im Sicherheitsbehälter müssen mindestens den Auslegungsanforderungen an den Sicherheitsbehälter selbst genügen. Dies gilt auch für Rohrleitungen, die die Wandung des Sicherheitsbehälters durchdringen, bis zur äußeren Absperreinrichtung, die dazugehörigen Abschlusseinrichtungen und ggf. die Kammerung der Durchführung. Bei Lüftungskanälen gilt dies auch für den Kanalbereich zwischen den Absperreinrichtungen und die dazugehörigen Absperreinrichtungen.	—	Für Schleusen gelten KTA 3402 und KTA 3409, für Durchführungen gelten KTA 3403 und KTA 3407, für lüftungstechnische Anlagen gilt KTA 3601.
6.2.3 (12) Soweit erforderlich sind Einrichtungen zur Vermeidung von unzulässigen Drucküberschreitungen zwischen den Absperrungen vorzusehen.	Abschnitt 4.3	Die Erfassung der auf den RSB wirkenden Belastungen ist sichergestellt. Die systemtechnische Auslegung ist nicht Gegenstand der Regel KTA 3401.2.
6.2.3 (13) Die Durchführungen sind so auszulegen, dass sie alle Kräfte und Momente der durchgeführten Leitung während des bestimmungsgemäßen Betriebes (Sicherheitsebenen 1 und 2) und bei Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen abtragen können. Durchführungen, die aufgrund hoher Belastungen nicht starr an den Sicherheitsbehälterstutzen angeschlossen werden können, sind mit Kompensatoren anzuschließen und gekammert auszuführen.	—	Durchführungen sind in KTA 3403 und KTA 3407 geregelt.

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3401.2 (Fortsetzung)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3401.2	Bewertung
6.2.3 (14) Die Schließgeschwindigkeit der Sicherheitsbehälterabsperrungen ist so zu begrenzen, dass keine unzulässigen Auswirkungen auftreten.	—	Ist in KTA 3404 geregelt.
6.2.3 (15) Zwischen Abschlussarmaturen und dem Sicherheitsbehälter sind kurze Rohrlängen anzustreben. In diesen Bereichen sind Rohrabzweigungen grundsätzlich nicht zulässig. Ausnahmen sind sicherheitstechnisch zu begründen (z. B. Entwässerungsstutzen, Prüfanschlüsse).	—	Ist in KTA 3407 geregelt.
6.2.3 (16) Bei Rohrleitungen, die den Sicherheitsbehälter durchdringen, sind die Strukturen innerhalb des Sicherheitsbehälters von mechanischen Einwirkungen aus Ereignissen der Sicherheitsebenen 2 bis 4a außerhalb des Sicherheitsbehälters sowie aus standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen durch geeignete Konstruktionen so weit zu entkoppeln, dass ein Folgeversagen innerhalb des Sicherheitsbehälters nicht zu unterstellen ist.	Abschnitt 4.3	Die Erfassung der auf den RSB wirkenden Belastungen ist sichergestellt. Die systemtechnische Auslegung ist nicht Gegenstand der Regel KTA 3401.2.
6.2.4 Festigkeitsmäßige Auslegung *Interpretation zu den Nummern 3.6 und 3.1 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“* 6.2.4 (1) Zur Sicherstellung der Integrität und der spezifizierten Dichtheit sind die maximal auftretenden Drücke und Temperaturen sowie einwirkenden Lasten bei Ereignissen der Sicherheitsebene 3, Einwirkungen von innen und standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen sowie Notstandsfällen zugrunde zu legen. Bei Volldrucksicherheitsbehältern kann der Integritätsnachweis für Notstandsfälle auf die ungestörten Bereiche der Stahlschale begrenzt werden. Bei der Bestimmung des Auslegungsdrucks sind Zu- bzw. Abschläge für – Modellunsicherheiten und – den ungünstigsten anfänglichen Betriebszustand zu berücksichtigen. Hinweise: Siehe auch Anlage 1 zu I-2, „Prinzipien der festigkeitsmäßigen Auslegung und Zuordnung von Beanspruchungsstufen zu Sicherheitsebenen“. Zu Auswirkungen von Lecks und Brüchen von hochenergetischen Rohrleitungen auf den Sicherheitsbehälter siehe Abschnitt 3.6 und auch Anhang 3, Nummer 3.2.4 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“. Zur Ermittlung von Differenzdrücken innerhalb des Sicherheitsbehälters sowie Strahl- und Reaktionskräften bei Lecks an druckführenden Systemen innerhalb des Sicherheitsbehälters siehe auch Anhang 5, Anlage 2 sowie 3 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“.	Abschnitte 4 und 6	Erfüllt.
6.2.4 (2) Der Sicherheitsbehälter eines Druckwasserreaktors ist so auszulegen, dass die Masse und der Energieinhalt der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels und der Sekundärseite eines Dampferzeugers bis zur sekundärseitigen Absperrung aufgenommen werden können. Zusätzlich ist die Wärmeabgabe aller Dampferzeuger an das ausströmende Reaktorkühlmittel zu berücksichtigen.	Abschnitte 4 und 6	Erfüllt.
6.2.4 (3) Der Sicherheitsbehälter eines Siedewasserreaktors mit Druckabbausystem ist so auszulegen, dass die Masse und der Energieinhalt der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels bis zur reaktorseitigen Absperrung aufgenommen werden können. Bei der Auslegung sind auch diejenigen Wasser- bzw. Dampfmengen zu berücksichtigen, die während des Schließens der Armatur in den Frischdampf- bzw. Speisewasserleitungen in den Sicherheitsbehälter zurückfließen bzw. diesem zurückgeführt werden können. Atmosphäre und Wasservorlage in der Kondensationskammer sind mit getrennten Energiebilanzen (Ungleichgewicht) zu behandeln. Die Kondensationswirkung der Wasservorlage ist beim Druckabbau zu berücksichtigen. Die Störfalllasten sind mit ihren Auswirkungen wie Druckaufbau, Druckentlastungs- und -Abbauvorgängen, erzeugten Schwingungen sowie Überlagerung solcher Vorgänge für die Einwirkung auf den Sicherheitsbehälter, das Druckabbau- und Entlastungssystem sowie weitere Systeme in ihren maximalen Auswirkungen zu berücksichtigen.	Abschnitte 4 und 6	Erfüllt.
6.2.4 (4) Die Verankerungen und Halterungen der beim Siedewasserreaktor erforderlichen Sicherheits- und Entlastungsventile, Druckentlastungsrohre sowie Kondensationsrohre im Bereich der Kondensationskammer des Sicherheitsbehälters sind so zu gestalten, dass sie die Einwirkungen aus Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a, aus Einwirkungen von innen und aus standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen (fluiddynamische Lasten, Strahl- und Reaktionskräfte) sowie Notstandsfällen zuverlässig abtragen. Darüber hinaus sind konstruktive oder verfahrenstechnische Einrichtungen vorzusehen, so dass die Integrität der Sicherheitsbehälterstruktur durch Strahl- und Impulskräfte der Kondensationsrohre nicht beeinträchtigt wird.	Abschnitt 4.3	Die Erfassung der auf den RSB wirkenden Belastungen ist sichergestellt. Die systemtechnische Auslegung ist nicht Gegenstand der Regel KTA 3401.2.

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3401.2 (Fortsetzung)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3401.2	Bewertung
6.2.4 (5) Zur Sicherstellung der Standsicherheit und der Integrität, insbesondere bezüglich der Dichtheit des Sicherheitsbehälters und seiner Komponenten, ist ein Absicherungskonzept anzuwenden, das folgende Grundzüge berücksichtigt: a) Die entsprechend den Ereignissen der jeweiligen Sicherheitsebene zuzuordnenden Lastfälle und ihre Kombinationen sind eindeutig zu spezifizieren (z. B. in einem Lastfallkatalog, der Art, Höhe, Häufigkeit, zeitlichen Verlauf der Einwirkungen enthält). Bei den Lastfallkombinationen sind Lastanteile, die zeitgleich wirken können, zu überlagern. Außerdem sind auch Einwirkungen aus der Montage zu berücksichtigen. b) Die sich aus diesen Lastfällen ergebenden Einwirkungen sind komponentenbezogen zu beschreiben (z. B. in Auslegungsdatenblättern). c) Die von den Lasten hervorgerufenen Beanspruchungen sind so zu begrenzen, dass für jede Sicherheitsebene und standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen ein ausreichender Sicherheitsabstand gegenüber den anzunehmenden Versagensarten sichergestellt ist. d) Zur Sicherstellung der Dichtfunktion im Anforderungsfall ist soweit zutreffend ein Nachweis der Formstabilität und der Verformungsbegrenzung zu führen.	Abschnitte 4 und 6	Erfüllt.
6.2.4 (6) Für einen Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton ist eine Stahlauskleidung vorzusehen. Diese ist im Betontragwerk so zu verankern, dass ihre Dichtfunktion unter allen Belastungen aus Betriebszuständen und Ereignissen der Sicherheitsebenen 1 bis 4a, Einwirkungen von innen sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen erhalten bleibt. Drucktragende Stahlteile der Durchdringungen und Anschlüsse an die Auskleidung sind so auszuführen und zu verankern, dass sie bei den oben genannten Einwirkungen die auftretenden Kräfte aus Druck- und Temperatureinwirkungen, Rohrleitungsreaktionen und sonstigen Lasten aufnehmen können. Für den Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton sind die zutreffenden technischen Normen zu erfüllen. Hinweis: Für Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton wird auf DIN 25449 (Fassung Februar 2008) verwiesen.	—	Nicht zutreffend.
6.3 Herstellung 6.3.1 Grundsätze 6.3.1 (1) Die zur Sicherstellung der Integrität des Sicherheitsbehälters einzuhaltenden Qualitätsmerkmale sind festzulegen und während des Fertigungsablaufs einzuhalten.	—	Anforderungen an die Herstellung des Sicherheitsbehälters (einschließlich Schleusen und Durchführungen) sind in KTA 3401.3, KTA 3402, KTA 3403, KTA 3407 und KTA 3409 geregelt. Dichtheitsprüfungen sind in KTA 3405 geregelt.
6.3.1 (2) Der Fertigungsablauf ist so zu überwachen und zu dokumentieren, dass Abweichungen von den vorgegebenen Qualitätsmerkmalen zuverlässig erkannt werden und eine Rückverfolgbarkeit von Abweichungen hinsichtlich deren Ursachen möglich ist. Zusätzlich vorgenommene Maßnahmen zur Erreichung der Qualitätsmerkmale sind zu dokumentieren.		
6.3.1 (3) Zur Qualifizierung der Schweißverfahren und zum Nachweis der Güteeigenschaften von Bauteilschweißungen sind Verfahrens- und Arbeitsprüfungen durchzuführen. Es ist zulässig, die Durchführung von Arbeitsprüfungen mit Verfahrensprüfungen zu kombinieren.		
6.3.2 Begleitende zerstörende Prüfungen für Bauteile aus Stahl 6.3.2 (1) Durch geeignete Prüfungen an Erzeugnisformen ist nachzuweisen, dass die über die Wanddicke spezifizierten Eigenschaften der Zähigkeit, Duktilität, Festigkeit und des Gefüges vorliegen.		
6.3.2 (2) Vorgaben zu Art und Umfang der durchzuführenden Prüfungen sind unter Berücksichtigung der Beanspruchungen festzulegen. Die mechanisch-technologischen Eigenschaften sind an jeder Erzeugnisform (Stückprüfung) nachzuweisen. Zu erfassen sind dabei: a) repräsentativ die verschiedenen Verformungsrichtungen beim Herstellungsprozess an mehreren Probenahmestellen sowie b) alle während des Fertigungsprozesses stattfindenden Wärmebehandlungen.		
6.3.3 Begleitende zerstörungsfreie Prüfungen, Druck- und Dichtheitsprüfungen 6.3.3 (1) Bei allen Erzeugnisformen und Schweißnähten einschließlich Pufferungen sind das Volumen und die Oberflächen mit ausreichender Fehlererkennbarkeit zerstörungsfrei zu prüfen. Die Prüftechniken und Prüfparameter sind so auszuwählen, dass alle Fehler deutlich unterhalb der Größe sicherheitstechnisch bedeutsamer Fehler gefunden werden können.		

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3401.2 (Fortsetzung)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3401.2	Bewertung
6.3.3 (2) Der Sicherheitsbehälter und seine Durchführungen sowie ihre Kammerungen sind vor der Inbetriebnahme einer Druckprüfung zu unterziehen. Nach der Druckprüfung sind repräsentative zerstörungsfreie Prüfungen durchzuführen.		Dichtheitsprüfungen sind in KTA 3405 geregelt.
6.3.3 (3) Die Dichtheit des Sicherheitsbehälters ist vor Aufnahme des ersten Leistungsbetriebes mit einer integralen Dichtheitsprüfung nachzuweisen.		
6.3.3 (4) Die erste Dichtheitsprüfung ist, ausgehend vom drucklosen Zustand des Sicherheitsbehälters, mit ansteigender Druckstufenfolge bei dem für die regelmäßig wiederkehrende Dichtheitsprüfung vorgesehenen Überdruck (siehe folgende Nummer 6.4.3 (1)) und bei Auslegungsdruck durchzuführen.		
6.4 Betrieb 6.4.1 Grundsätze 6.4.1 (1) Für die Funktion des Sicherheitsbehälters bedeutsame Betriebsdaten sind zu überwachen. Dies betrifft a) bei Volldrucksicherheitsbehältern die Unterdruckhaltung, b) bei Sicherheitsbehältern mit Druckabbausystem neben der Unterdruckhaltung in der Druckkammer auch die Wirksamkeit der Trennung zwischen Druckkammer und Kondensationskammer, c) für Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton geeignete Maßnahmen für eine Bewertung der Aufrechterhaltung der Vorspannung, und d) die Wirksamkeit der Inertisierung, sofern eine Inertisierung oder Teilinertisierung betrieblich vorgesehen ist. Messungen, die dazu vorgesehen sind, eine Funktionsbeeinträchtigung des Sicherheitsbehälters anzuzeigen, sind entweder redundant auszuführen oder es sind Anzeigen aus diversitären Systemen zu verwenden.	—	Die Betriebsüberwachung des Sicherheitsbehälters ist nicht Gegenstand des KTA-Regelwerks.
6.4.1 (2) Bei der Verwendung von Dichtungen und Dichtelementen aus Werkstoffen, die auf Grund der einwirkenden Umgebungsbedingungen, der Belastungen oder der Beanspruchungshäufigkeit ihre Wirksamkeit verlieren können, ist Vorsorge zur Beherrschung der Alterung zu treffen.	Abschnitt 5	In Verbindung mit KTA 3401.1 erfüllt.
6.4.1 (3) Für Arbeitsvorgänge im Sicherheitsbehälter sind Sauberkeitsbedingungen festzulegen. Insbesondere ist der Eintrag korrosionsfördernder Produkte in Bereichen des Sicherheitsbehälters, der für regelmäßige Prüfungen nicht zugänglich ist, zu vermeiden.	Abschnitt 5.3 (2)	Teilweise erfüllt. Die Arbeitsorganisation ist nicht Gegenstand des KTA-Regelwerks.
6.4.2 Zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen 6.4.2 (1) Die Wandung und die Komponenten des Sicherheitsbehälters sind an repräsentativen Stellen regelmäßig hinsichtlich ihres allgemeinen Zustandes sowie mechanischer und korrosiver Schädigungen zu inspizieren. Insbesondere die Übergänge zwischen der Stahlschale bzw. Stahlauskleidung zum Beton und die elastischen Abdichtungen dieser Übergänge sind dabei zu erfassen.	—	Zerstörungsfreie wiederkehrende Prüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen und wiederkehrende Dichtheitsprüfungen sind in KTA 3401.4 und KTA 3405 geregelt.
6.4.2 (2) Die zerstörungsfreien wiederkehrenden Prüfungen sind hinsichtlich möglicher Schädigungsmechanismen in repräsentativer Art und Weise mit qualifizierten Verfahren durchzuführen und zu bewerten, wobei alle Arten von Schweißverbindungen mit einzubeziehen sind. Die festgelegten Prüfintervalle sollen sich an der allgemeinen technischen Erfahrung orientieren und die Betriebserfahrung berücksichtigen.		
6.4.2 (3) Prüfverfahren und -techniken sind so auszuwählen, dass betriebsbedingte Fehler (z. B. infolge Ermüdung, Korrosion) mit ihren möglichen Orientierungen erfasst und dokumentiert werden können. Aus der Herstellung dokumentierte und belassene Anzeigen sind zu erfassen und, soweit erforderlich, zu verfolgen.		
6.4.2 (4) Für jedes Prüfverfahren sind Bewertungsgrenzen für die Feststellung von Befunden zu spezifizieren.		
6.4.3 Wiederkehrende Funktions- und Dichtheitsprüfungen 6.4.3 (1) Um die geforderte Dichtheit des Sicherheitsbehälters während der vorgesehenen Betriebsdauer der Anlage nachzuweisen, sind regelmäßig wiederkehrende Prüfungen der Dichtheit durchzuführen. Die regelmäßig wiederkehrenden Dichtheitsprüfungen sind bei solchen Drücken durchzuführen, bei denen die gemessenen Leckraten reproduzierbar sind und bei denen ein ausreichender Rückschluss auf die Leckrate bei Auslegungsbedingungen möglich ist.		
6.4.3 (2) Die wiederkehrenden Dichtheitsprüfungen sind am Ende einer Abschaltphase nach Abschluss aller Wartungs- und Reparaturarbeiten durchzuführen, die die Dichtheit des Sicherheitsbehälters verändern können.		

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3401.2 (Fortsetzung)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3401.2	Bewertung
6.4.3 (3) Die Dichtheit der an das Leckabsaugsystem angeschlossenen Komponenten sowie des Systems selbst sind in einer gemeinsamen Messung zu Beginn und am Ende einer Unterbrechung des Leistungsbetriebs (Betriebsphasen C, D und E) quantitativ zu bestimmen.	—	Das KTA-Regelwerk enthält keine Festlegungen zum Leckabsaugsystem.
6.4.3 (4) Für die beim Kühlmittelverluststörfall mit dem höchsten Druckaufbau und den höchsten Temperaturen im Sicherheitsbehälter gegebenen Bedingungen ist die Zuverlässigkeit des Behälterabschlusses mit der dabei geforderten Dichtheit nachzuweisen.	Abschnitte 4 und 6	Für den Anwendungsbereich der KTA 3401.2 erfüllt. Dichtheitsprüfungen sind in KTA 3401.4 und in KTA 3405 geregelt.
6.4.3 (5) Die Funktionsfähigkeit und Dichtheit von Schleusen, Absperreinrichtungen und Rückschlagklappen sowie die Stellgeschwindigkeit von Armaturen zur Absperrung des Sicherheitsbehälters sind regelmäßig zu prüfen.	—	Ist in KTA 3402, KTA 3403, KTA 3404, KTA 3407 und KTA 3409 geregelt.
6.4.3 (6) Die Kammerungen der Rohrdurchführungen des Sicherheitsbehälters, die Schleusen, Kabeldurchführungen und Montagedeckel sind regelmäßig und nach Instandhaltungsmaßnahmen im Betrieb auf Dichtheit zu prüfen.	—	Durchführungen sind in KTA 3403 und KTA 3407 geregelt.
6.4.3 (7) Montageöffnungen und Reservedurchführungen sind nach Benutzung auf Dichtheit zu überprüfen.	—	Durchführungen sind in KTA 3403 und KTA 3407 geregelt.
6.4.3 (8) Im Siedewasserreaktor mit Druckabbausystem ist vor der Dichtheitsprüfung die zulässige Leckrate zwischen Druckkammer und Kondensationskammer festzulegen und durch Messung nachzuweisen.	—	Die Prüfung der Leckrate ist in KTA 3405 geregelt.

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3401.2 (Fortsetzung)

4.2 Nationale Regeln und Unterlagen

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

- RSK-Leitlinien DWR (1981-10) Leitlinien der Reaktor-Sicherheitskommission für Druckwasserreaktoren, 3. Ausgabe vom 14. Oktober 1981 mit Änderungen von Kap. 21.1 vom 3/1984, von Kap. 21.2 vom 12/1983 und mit Änderungen vom November 1996 sowie zugehöriger Anhang 2: Rahmenspezifikation Basissicherheit; Basissicherheit von druckführenden Komponenten: Behälter, Apparate, Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen

4.3 Internationale Regeln und Unterlagen

- ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section III “Rules for Construction of Nuclear Facility Components” - Division 1 - Subsection NE - Class MC Components, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 2013

5 Erläuterungen zu den Änderungen gegenüber der Regelfassung 1985-06

Zum Abschnitt „Grundlagen“

Der Abschnitt „Grundlagen“ wurde entsprechend den Vorgaben des „Merkblatts zum Verständnis und über Inhalt, Aufbau und äußere Form von sicherheitstechnischen Regeln des KTA“ (2011-11) überarbeitet und ergänzt. Zur Berücksichtigung der SiAnf wurde die Leitlinie des KTA-Präsidiums gemäß Schreiben vom 5. April 2013 beachtet.

Zum Abschnitt 2 „Begriffe“

Der Abschnitt 2 „Begriffe“ wurde neu aufgenommen. In diesem Abschnitt sind unter Berücksichtigung der Festlegungen in KTA 3413 die für KTA 3401.2 wichtigen Begriffe zusammengefasst.

Zum Abschnitt 3 „Allgemeine Grundsätze“

Der zweite Absatz des Abschnitts 3 „Allgemeine Grundsätze“ wurde gestrichen. Die in diesem Absatz bisher festgelegte Ausnahmeregelung gilt unabhängig davon, ob sie in einer KTA-Regel formuliert ist.

Zum Abschnitt 4 „Lastfälle und Beanspruchungsstufen“

Im Abschnitt 4 „Lastfälle und Beanspruchungsstufen“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:

(1) Die Anforderungen an die zu betrachtenden Lastfälle wurden aktualisiert (Abschnitt 4.2). Hierbei wurde berücksichtigt, dass übergreifende Einwirkungen von innen (anlageninterne Überflutung, Brände und Explosionen) durch Vorsorgemaßnahmen vermieden bzw. in den Auswirkungen begrenzt werden und somit zu keinen in der Nachweisführung zu unterstellenden

Lasten auf den Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl führen. Deshalb ist der Lastfall „Übergreifende Einwirkungen von innen (EVI)“ in KTA 3401.2 nicht zu berücksichtigen. Übergreifende Einwirkungen von außen (EVA) werden nicht mehr als Störfälle bezeichnet, sondern separat aufgeführt.

(2) Die Angaben zu den Belastungen (Abschnitt 4.3) und zu den Beanspruchungsstufen (Abschnitt 4.4) wurden präzisiert und redaktionell überarbeitet. Der Abschnitt 4.3 wurde hierbei um einen Hinweis auf die in KTA 3407 enthaltene Zuordnung der Rohrleitungsbelastungen zu den Lastfällen der Regel KTA 3401.2 ergänzt. Bezüglich der Wärmeisolierung wurde im Absatz 4.3 (1) c) „zu berücksichtigen“ in „zu beachten“ geändert, weil die Wärmeisolierung bei der Bestimmung des Temperaturverlaufs einen Einzelaspekt darstellt und nicht allein die Wärmeisolierung zu berücksichtigen ist. Die Beschreibung der Beanspruchungsstufen 2 und 3 sowie die Zuordnung der Montagefälle wurde im Abschnitt 4.4 präzisiert. In 4.4 (6) wurde klargestellt, dass die zu berücksichtigenden Explosionsdruckwellen nicht auf chemische beschränkt sind.

(3) Die Zuordnung von Lastfällen, Belastungen und Beanspruchungsstufen zu den durchzuführenden Spannungs- und Stabilitätsnachweisen (Abschnitt 4.5 und Tabelle 4-1) wurde den aktuellen Rahmenbedingungen angepasst und präzisiert, wobei insbesondere folgende Änderungen vorgenommen wurden:

a) Der bisher in Tabelle 4-1 aufgeführte Lastfall DP 3 „Wiederkehrende Leckratenprüfung“ wurde gestrichen, da dieser Lastfall aufgrund der geringen Häufigkeit und des anzusetzenden Überdrucks, der deutlich unterhalb des maximalen Störfalldrucks liegt, immer durch die Lastfälle DP 1 und ST 1 abgedeckt ist.

b) In der Beschreibung des Lastfalls ST1 wurde die Formulierung „einschließlich möglicher Strahl- und Reaktionskräfte“ ergänzt (wodurch Übereinstimmung mit Abschnitt 6.3 in KTA 3413 hergestellt wurde) und bei der Beschreibung des Lastfalls ST 4 wurde die Formulierung „soweit sie nicht in ST 1 einzuordnen sind“ aufgenommen. Mit dieser Formulierung werden auch Rohrleitungsbrüche innerhalb des RSB mit Freisetzung von Radioaktivität erfasst.

c) Der Lastfall ST3 ist entfallen, weil das KTA-Regelwerk seit Erscheinen der Regel KTA 2201.1 (1990-06) einen Nachweis des in Beanspruchungsstufe 2 nachzuweisenden Lastfalls „Auslegungserdbeben“ nicht mehr vorsieht und das in der Regelfassung 1985-06 als Bestandteil des Lastfalls ST 6 enthaltene und in Beanspruchungsstufe 3 nachzuweisende „Bemessungserdbeben“ jetzt im Lastfall „EVA 1“ aufgeführt ist.

d) Der bisherige Lastfall ST 6 wurde in die Lastfälle „EVA 1“ und „EVA 2“ aufgeteilt und umbenannt. Dadurch wurden jedoch keine neuen Anforderungen an die Nachweisführung festgelegt, sondern es erfolgte lediglich eine Anpassung an die in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ des BMUB verwendeten Begriffe. Bei der Formulierung der Lastfälle „EVA 1“ und „EVA 2“ wurde berücksichtigt, dass bei Nachweisen in Beanspruchungsstufe 3 trotz der vorzunehmenden Überlagerung der jeweiligen Einwirkungen mit dem Normalbetrieb keine Wärmespannungen betrachtet werden müssen, weil Wärmespannungen zu sich selbst begrenzenden Beanspruchungen führen und plastische Umlagerungen Festigkeitsreserven darstellen.

e) Als neuer Absatz 3 wurde im Abschnitt 4.5 festgelegt, dass die Zuordnung für SWR-Anlagen in Abhängigkeit von den anlagenspezifischen Gegebenheiten in Anlehnung an Tabelle 4-2 festzulegen ist. Die Erstellung einer eigenständigen Tabelle für SWR-Anlagen wurde in Betracht gezogen, aber als nicht mit angemessenem Aufwand realisierbar eingeschätzt.

Zum Abschnitt 5 „Konstruktive Gestaltung“

(1) Im Abschnitt 5.1 wurde als neuer Absatz 3 die allgemein geltende Anforderung aufgenommen, dass die Anforderungen an die prüfgerechte Gestaltung KTA 3401.3, Abschnitt 6, zu entnehmen sind. Dadurch entfallen die bisher in den nachgeordneten Abschnitten 5.3, 5.5.2 und 5.5.4 enthaltenen Verweise auf KTA 3401.3 bezüglich der prüfgerechten Konstruktion und der gesamte Abschnitt 5.5.5 „Flanschverbindungen und Blinddeckel“, der außer dem Verweis auf die prüfgerechte Konstruktion gemäß KTA 3401.3 keine weiteren Anforderungen enthielt.

(2) Der Absatz 5.3 (1) wurde in Anlehnung an die Formulierung in Abschnitt 5.1.4.2 der Regel KTA 3211.2 überarbeitet, wobei „Ultraschallprüfung“ durch den umfassenderen Begriff „zerstörungsfreie Prüfung“ ersetzt wurde.

(3) Im Absatz 5.3 (2) wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen.

(4) Im Abschnitt 5.5.4 wurde der bisher als Hinweis formulierte Verweis auf KTA 3407 in den Regeltext integriert (Absatz 5) und die bisher fehlende allgemeine Anforderung an die Übertragung der Schalenkräfte ergänzt (Absatz 7).

Zum Abschnitt 6 „Tragsicherheitsnachweis“

(1) Im Absatz 6.1 (3) wurde die bisher unbestimmte Anforderung an die Verformungsbegrenzung präzisiert.

(2) Die Abschnitte 6.2.3.1, 6.2.3.2 und 6.2.4 wurden redaktionell überarbeitet und - soweit für den RSB zutreffend - an die Formulierung in KTA 3211.2 (2013-11) angepasst. Die bisher im Absatz 6.2.3.2 (4) enthaltene Formulierung zur Wichtung von Spannungen wurde gestrichen, da sie nicht nachvollziehbar ist. Bei der Formulierung des Absatzes 5 wurde auf die in KTA 3211.2 enthaltene Unterscheidung zwischen den Radien R_1 und R_2 zweier Bereiche mit örtlichen Spannungserhöhungen verzichtet, da diese Unterscheidung aufgrund des großen Durchmessers des RSB für KTA 3401.2 nicht relevant ist. Durch die an KTA 3211.2 angepasste Formulierung im Absatz 5 ist der bisherige Absatz 6 entfallen.

(3) Zur Tabelle 6.2-1 wurde diskutiert, ob die Fußnote 1, die sich aus den Festlegungen im Abschnitt 5.3 (4) Nr. 1.3 der RSK-Leitlinien für DWR ergibt, auch beim Term „$P_m + P_b$“ ergänzt werden muss.

Über die Aufnahme der Fußnote beim Term „$P_m + P_b$“ konnte zunächst keine Einigung erzielt werden. Es wurde jedoch festgestellt, dass diese Fußnote für den nach KTA 3401.1 zugelassenen Werkstoff 15 MnMoNi 6 3 ohne Bedeutung ist, da die Vorgaben aus der Fußnote für diesen Werkstoff eingehalten sind. Aus diesem Grund wurde auf eine Änderung der Tabelle verzichtet.

(4) Im Abschnitt 6.2.6 der KTA 3401.2 wurde festgelegt, dass der Stabilitätsnachweis nach DIN EN 1993-1-6 und DIN EN 1993-1-6/NA zu führen ist. Hierfür waren folgende Gründe maßgebend:

a) In der bisherigen KTA 3401.2 (1985-06) war die inzwischen zurückgezogene Richtlinie DASt 013 (1980-07) Grundlage für die Führung des Stabiltitätsnachweises. Die im Rahmen des Stabilitätsnachweises nach DASt 013 zu bestimmende Bemessungsspannung (Grenzbeulspannung) wird dabei analytisch bestimmt, wobei den Imperfektionen durch entsprechende

globale Abminderungsfaktoren Rechnung getragen wird. Darüber hinaus werden die Belastungen im Rahmen des Nachweises nach DASt 013 mit von der jeweiligen Beanspruchungsstufe abhängigen Sicherheitsfaktoren erhöht.

b) Mit der Ausgabe der neueren Stahlbau-Regelungen (DIN 18800-1 in der Ausgabe 1990-11; inzwischen zurückgezogen) und der vergleichbaren Methodik der aktuellen Normen des Eurocodes (DIN EN 1993-1-6 und DIN EN 1993-1-6/NA) wurden die Nachweismethoden u.a. aufgrund der europäischen Normen-Harmonisierung grundsätzlich geändert. Die Stabilitätsnachweise erfolgen nunmehr nach dem Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten anstelle des damals üblichen Verfahrens mit globalen Sicherheitsbeiwerten. Darüber hinaus werden die Imperfektionen in detaillierterer Form berücksichtigt und die Anwendung der Finite-Elemente-Methodik zur genauen Abbildung von Störstellen (z. B. Schleusen) bei der Bestimmung der idealen Beulspannung (und der daraus abgeleiteten Grenzbeulspannung) explizit zugelassen.

c) Im Rahmen der Überarbeitung der KTA 3401.2 wurden vergleichende Betrachtungen bezüglich der Stabilitätsnachweise nach der Methodik der DASt 013 und der DIN 18800-4 (1990-11) durchgeführt. Dies erfolgte auf Basis von Stabilitätsnachweisen, die von der E.ON Kernkraft GmbH zum Reaktorsicherheitsbehälter eines deutschen Druckwasserreaktors des Typs „Vor-Konvoi“ durchgeführt wurden. Es ergab sich eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse, wobei das Verfahren nach DASt 013 eine leicht höhere Sicherheitsvorsorge gegenüber der Verfahrensweise nach DIN 18800-4 (1990-11) aufwies. Aus der exemplarischen Betrachtung ergaben sich demnach für Sicherheitsbehälter, die anhand der Richtlinie DASt 013 ausgelegt worden sind, keine Sicherheitsdefizite gegenüber DIN 18800-4 (1990-11).

d) Das Arbeitsgremium hat zum Vergleich des Sicherheitsniveaus der DIN EN 1993-1-6 (2010-12) in Verbindung mit DIN EN 1993-1-6/NA (2010-12) und der DASt-Richtlinie 013 analytische Vergleichsrechnungen angestellt. Dabei wurde als exemplarische Berechnung ein Kugelschalenabschnitt mit einem Radius von 28,00 m betrachtet, der am unteren Rand eingespannt ist. Die Wandstärken wurden dabei zwischen 10 mm und 50 mm variiert. Es zeigte sich, dass sich für sehr dünne Schalen (r/t = 2800) bei Berechnung nach DIN EN 1993-1-6 geringere Beulsicherheiten ergeben als nach DASt-Richtlinie 013, bei Schalen mit r/t < 800 ergeben sich größere Beulsicherheiten. Im mittleren Bereich von r/t = 1000 ergaben sich nur geringe Abweichungen. Da dieser Bereich für den Beulsicherheitsnachweis der Reaktorsicherheitsbehälter relevant ist, wird eine Nachweisführung nach DIN EN 1993-1-6 vom Arbeitsgremium als angemessen betrachtet. Zugleich weisen die Ergebnisse der Berechnungen darauf hin, dass bei Sicherheitsbehältern mit einem r/t Verhältnis von ca. 1000, deren Beulsicherheit nach der DASt-Richtlinie 013 nachgewiesen wurde, bei einer Nachweisführung nach DIN EN 1993-1-6 ebenfalls eine ausreichende Beulsicherheit zu erwarten ist.

Bei der Formulierung der Anforderungen im Abschnitt 6.2.6 wurde festgelegt, dass die Berechnungskonzepte „lineare elastische Berechnung (LA)“ und „lineare elastische Verzweigungsberechnung (LBA)“ angewendet werden sollen. Die Berechnungskonzepte LA und LBA wurden als Normalfall vorgesehen, weil mit diesen Konzepten Erfahrungen vorliegen und sie mit den bisher geführten Nachweisen vergleichbar sind. Andere nach DIN EN 1993-1-6 zugelassene Berechnungskonzepte sind mit der getroffenen Festlegung nicht grundsätzlich ausgeschlossen, werden aber im Normalfall kaum zur Anwendung kommen. Die beim Stabilitätsnachweis anzuwendenden Teilsicherheitsbeiwerte wurden in Tabelle 6.2-2 festgelegt.

(5) Der Abschnitt 6.4 „Geschraubte Verbindungen“ wurde umfassend überarbeitet, wobei folgende Änderungen vorgenommen wurden:

a) Der Abschnitt 6.4.1 wurde um einige allgemeine Anforderungen ergänzt, die nach Entfall der Norm DIN 18800-1 als mitgeltende Auslegungsgrundlage für erforderlich gehalten wurden. Als planmäßige Vorspannkräfte werden sowohl die in DIN EN 1090-2 in Zusammenhang mit DIN EN 1993-1-8 und DIN EN 1993-1-8/NA vorgesehenen Werte als auch die auf Basis von DIN 18800-7 (2008-11) festgelegten Werte zugelassen.

b) Neben den Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 wurden auch Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 zum Einsatz in planmäßig vorgespannten Verbindungen zugelassen. Der Einsatz von Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 war gemäß KTA 3401.1 auch bisher zugelassen. In der Stahlbaunormung wurde der Einsatz von Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 in planmäßig vorgespannten Verbindungen mit der Norm DIN 18800-1 (1990-11) eingeführt.

c) Der Abschnitt 6.4.2 „Übertragung von Scherkräften“ wurde unter Berücksichtigung der Festlegungen in DIN EN 1090-2 und unter Verwendung der Formulierungen im Anhang E der Regel KTA 3205.1 (2002-06) überarbeitet.

d) Die in Tabelle 15 der DIN 18800-1 (1981-03) enthaltenen Anforderungen an die Rand- und Lochabstände von Schrauben wurden als neue Tabelle 6.4-1 übernommen, wobei jedoch die zutreffenderen Bezeichnungen aus DIN 18800-1 (2008-11) verwendet wurden.

e) Zur Gleichung 6.4-1 wurde ergänzt, dass ihre Einhaltung nur dann erforderlich ist, wenn $\tau_{a\ vorh}/\tau_{a\ zul}$ größer als 0,5 ist. Diese einschränkende Ergänzung wurde in Anlehnung an das Element 808 aus DIN 18800-1:2008 aufgenommen. Die Regelung hat den Zweck, bei einer möglichen Beanspruchung einer SL-Verbindung oberhalb der rein elastisch aufnehmbaren Schnittgrößen eine Plastizierung in der Schraube zu vermeiden und stattdessen für ein duktiles Verhalten des angeschlossenen Werkstoffs durch Plastizieren im Lochleibungsbereich zu sorgen. Diese Notwendigkeit existiert nicht, wenn wegen einer geringen Auslastung der Schraube ($\tau_{a\ vorh}/\tau_{a\ zul} \leq 0{,}5$) eine Plastizierung von vornherein auszuschließen ist.

f) Die Tabelle 6.4-2 wurde in Bezug auf die zulässigen Scherspannungen präzisiert und ergänzt. Mit den vorgenommenen Ergänzungen werden jetzt auch austenitische Schrauben erfasst. Die Festlegung der zulässigen Scherspannung für die neu in Tabelle 6.4-2 aufgenommenen Schrauben erfolgte auf Basis der Festlegungen in DIN EN 1993-1-8 und in KTA 3205.2 (2015-11). Für Schrauben der Festigkeitsklasse 5.6 und für die neu aufgenommenen „anderen Schrauben mit $300\ N/mm^2 \leq R_{p0,2T,S} \leq 450\ N/mm^2$“ wurde nach Abstimmung mit den für KTA 3205.1 und KTA 3205.2 zuständigen Gremien festgelegt, die aus DIN EN 1993-1-8 abgeleiteten zulässigen Scherspannungen in die Tabelle aufzunehmen. Siehe hierzu die Erläuterungen in (6) bis (9).

g) Die Gleichung zur Berechnung der zulässigen Scherkraft (Gleichung 6.4-7) wurde aus DIN 18800-1 (1981-03) übernommen. In den neu aufgenommenen Absätzen 8 und 9 des Abschnitts 6.4.2.3 wurden zusätzliche Festlegungen aus DIN 18800-1 (1981-03) übernommen.

h) Der Abschnitt 6.4.3 „Zugverbindungen“ wurde verschoben und vor dem Abschnitt 6.4.4 „Scherverbindungen mit äußerer Zugbelastung“ eingeordnet, da Verbindungen mit Mischbelastungen besser im letzten Abschnitt geregelt werden sollten.

Die Anforderungen im Abschnitt 6.4.3 „Zugverbindungen“ wurden detaillierter formuliert. Die zulässigen Spannungen für Zugverbindungen ohne Dichtfunktion wurden in der neu aufgenommenen Tabelle 6.4-3 festgelegt, die auf den Festlegungen in DIN 18800-1 (1981-03) und in KTA 3205.2 (2015-11) basiert. Die für die Beanspruchungsstufen 2 und 3 zulässigen Spannungen wurden übereinstimmend mit den RSK-Leitlinien für DWR festgelegt.

(6) Anhand eines konkreten Bemessungsbeispiels für Schrauben der Festigkeitsklassen 5.6, 8.8 und 10.9 wurde ein Vergleich zwischen der Bemessung nach Eurocode 3 und dem Konzept des Regeländerungsentwurfsvorschlags KTA 3401.2, welches auf den Anforderungen der DIN 18800-1 (1981-03) und den zusätzlichen Festlegungen der KTA 3401.2 (1985-06) basiert, durchgeführt. Hierzu wurde eine Schraubenverbindung mit folgenden Randbedingungen in drei Rechenläufen für verschiedene Festigkeitsklassen analysiert:

M27	Schraubengröße der Schaftschraube
t_1, t_2 = 20 mm	Blechdicken der Verbindungsteile
d_0 = 28 mm	Lochdurchmesser
e_1 = 54 mm	Randabstand parallel zur Kraftrichtung
	(entspricht dem Mindestrandabstand $2d_0$ nach DIN 18800-1 (1981-03))
e_2 = 41 mm	Randabstand senkrecht zur Kraftrichtung
	(entspricht dem Mindestrandabstand $1.5d_0$ nach DIN 18800-1 (1981-03))
$p_1 = p_2$ = 300 mm	Innenabstand der Schrauben
S235	Stahlgüte
T = 25 °C	Raumtemperatur
F_{sk} = 50 kN	Zugkraft, charakteristische Einwirkung
V_{sk} = 50 kN	Querkraft, charakteristische Einwirkung

Für die Berechnung der Schraubenausnutzungen nach Eurocode 3 (DIN EN 1993-1-8:2010-12) gilt ein Lastsicherheitsbeiwert von 1.50 für den Betriebslastfall (Beanspruchungsstufe 1). Die Berechnungen der Schraubenausnutzungen nach KTA 3401.2 erfolgten nach dem Konzept der zulässigen Spannungen, entnommen aus den Angaben in KTA 3401.2 (1985-06) und DIN 18800-1 (1981-03)).

Der Vergleich ergab, dass sich für alle nach KTA 3401.2 zu führenden Nachweise, außer bei der zulässigen Scherspannung für Passschrauben der Festigkeitsklasse 5.6, vergleichbare Ausnutzungsgrade ergeben. Eine Bemessung nach dem im Regeländerungsentwurfsvorschlag KTA 3401.2 enthaltenen Konzept führt, außer bei der zulässigen Scherspannung für Passschrauben der Festigkeitsklasse 5.6, zu Ergebnissen, die hinsichtlich dem baurechtlich gültigen Regelwerk (Eurocode 3) ein hinreichendes Sicherheitsniveau aufweisen.

(7) Ein Vergleich der nach DIN 18800-1 (1981-03) zulässigen Scherspannungen mit den aus DIN EN 1993-1-8 (2010-12) abgeleiteten zulässigen Scherspannungen ergab, dass die zulässigen Scherspannungen für Schrauben wie folgt abgesenkt wurden:

- bei Passschrauben der Festigkeitsklasse 4.6 um 8,6 %,
- bei Schrauben der Festigkeitsklasse 5.6 mit normalem Lochspiel um 4,8 %,
- bei Passschrauben der Festigkeitsklasse 5.6 um 23,8 %.

Daraufhin erfolgte eine Befragung von Experten, die zum Teil an der Erarbeitung der Normenreihe DIN EN 1993-1 mitgewirkt haben, vom VDI sowie vom zuständigen Normenausschuss des DIN benannt wurden oder eigene experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiet der Scherfestigkeit von Schrauben durchgeführt haben. Hieraus ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Übereinstimmend wurde festgestellt, dass aus heutiger Sicht der Ansatz von höheren Grenzscherspannungen für Passschrauben gegenüber Schrauben mit normalem Lochspiel nicht gerechtfertigt ist.
- Zur Frage, ob bei voller Ausnutzung der zulässigen Scherspannungen für Passschrauben gemäß DIN 18800-1 (1981-03) im Lastfall H eine Sicherheit von 1,5 gegen Abscheren sichergestellt ist, bestand unter den Experten keine Einigkeit.
- Für das anzusetzende Verhältnis Scherfestigkeit/Zugfestigkeit wurden von den befragten Experten die Werte 0,67 für Passschrauben der Festigkeitsklasse 5.6 und 0,68 für Passschrauben der Festigkeitsklasse 4.6 genannt, die sich aus experimentellen Untersuchungen ergaben (M. Knobloch, H. Schmidt: Tragfähigkeit und Tragverhalten stahlbauüblicher Schrauben unter reiner Scherbeanspruchung und unter kombinierter Scher-Zugbeanspruchung. Forschungsbericht aus dem Fachbereich Bauwesen der Universität Essen, Heft 41 (1987)).

(8) DIN EN 1993-1-8 sieht für das Verhältnis Scherfestigkeit/Zugfestigkeit den Wert 0,6 vor, wobei nicht nach Festigkeitsklassen unterschieden wird und der Teilsicherheitsbeiwert für den Materialwiderstand mit 1,25 zu berücksichtigen ist.

Im Bauforschungsbericht

Joachim Scheer, Günther Valtinat: Untersuchung der Grundlagen von EC3 und DIN 18800 (Gelbdruck) für die Regelungen der Bemessungswerte der Abscherkräfte von Schrauben in geschraubten Verbindungen, 1991, 78 S., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

wird das Verhältnis Scherfestigkeit/Zugfestigkeit für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 mit 0,69 angegeben, wobei der Teilsicherheitsbeiwert für den Materialwiderstand mit 1,25 zu berücksichtigen ist.

Nach der VDI-Richtlinie 2230 Blatt 1 darf das Verhältnis zwischen zulässiger Scherspannung und der Bruchfestigkeit für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 zu 0,7 angesetzt werden, wobei im Nachweis ein anwendungsspezifisch festzulegender Sicherheitsbeiwert zu berücksichtigen ist.

Auf der Basis von DIN EN 1993-1-8 (2010-12) ergibt sich die Grenzscherspannung für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 zu:

$$\tau_{R,d} = 0{,}6 * f_{ub} / \gamma_{M2}$$

dabei ist:

0,6 das Verhältnis zwischen Scherfestigkeit und Zugfestigkeit,

f_{ub} die Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffs,

γ_{M2} der Teilsicherheitsbeiwert des Bauteilwiderstandes (1,25).

Damit ergeben sich unabhängig vom Lochspiel folgende Grenzscherspannungen:

- 192 N/mm^2 für Schrauben der Festigkeitsklasse 4.6
- 240 N/mm^2 für Schrauben der Festigkeitsklasse 5.6

und daraus abgeleitet folgende zulässige Scherspannungen:

- 128 N/mm^2 für Schrauben der Festigkeitsklasse 4.6
- 160 N/mm^2 für Schrauben der Festigkeitsklasse 5.6,

wobei als Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen der Wert 1,5 verwendet wurde.

(9) Abgeleitet aus DIN EN 1993-1-8 wurde die zulässige Scherspannung für Schrauben der Festigkeitsklasse 4.6 mit 128 N/mm^2 und für Schrauben der Festigkeitsklasse 5.6 mit 160 N/mm^2 festgelegt.

Bei erneuten rechnerischen Nachweisen bestehender Schraubenverbindungen können folgende Sachverhalte berücksichtigt werden:

- Der experimentell belegbare Mindestwert des Verhältnisses Scherfestigkeit/Zugfestigkeit liegt bei Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 aufgrund ihrer größeren Duktilität tatsächlich bei mindestens 0,67 (statt 0,60 für Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9).
- DIN EN 1993-1-8 enthält keine Unterscheidung zwischen Festigkeitsklassen und verwendet das alle Festigkeitsklassen einhüllende Verhältnis Scherfestigkeit/Zugfestigkeit von 0,6.
- Werden Schrauben der Festigkeitsklasse 4.6 oder 5.6 betrachtet, ist die Verwendung des experimentell abgesicherten Verhältnisses Scherfestigkeit/Zugfestigkeit von 0,67 sachgerecht.
- Nach der VDI-Richtlinie 2230 Blatt 1 darf das Verhältnis zwischen zulässiger Scherspannung und der Bruchfestigkeit für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 zu 0,7 angesetzt werden, wobei im Nachweis ein anwendungsspezifisch festzulegender Sicherheitsbeiwert zu berücksichtigen ist.

Für Schrauben der Festigkeitsklasse 4.6 mit normalem Lochspiel, der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 (Scherfuge im Schaftbereich) ergeben sich gemäß DIN EN 1993-1-8 keine kleineren zulässigen Scherspannungen als nach DIN 18800-1 (1981-03).

(10) Die zulässigen Zugspannungen gemäß DIN EN 1993-1-8 liegen höher als die zulässigen Zugspannungen nach DIN 18800-1 (1981-03), deshalb besteht bei den Zugspannungen kein Änderungsbedarf.

(11) Der Abschnitt 6.5 „Ermüdungsanalyse“ wurde hinsichtlich der zu berücksichtigenden Lastfälle und hinsichtlich der Nachweisführung unter Berücksichtigung der Festlegungen in KTA 3201.2 (2013-11) präzisiert. Hierbei wurde berücksichtigt, dass die bisherigen Regelungen in KTA 3401.2 nur grobe Angaben zur Anwendung der aus dem ASME Code übernommenen Ermüdungskurve enthielten. Außerdem fehlte in KTA 3401.2 eine Aussage über die Berücksichtigung von Schweißnähten in der Ermüdungsanalyse.

Bei der Formulierung der Anforderungen wurde davon ausgegangen, dass für die Nachweisführung die Angaben in der nach Abschnitt 4.5 (1) zu erstellenden Lastfallspezifikation verbindlich sind.

(12) Der Abschnitt 6.6 „Formabweichungen“ wurde unter Berücksichtigung der Festlegungen in KTA 3401.3 (1986-11) und in DIN EN 1993-1-6 (2010-12) präzisiert. Hierfür erfolgte ein Vergleich der Anforderungen in KTA 3401.3 und in DIN EN 1993-1-6, der zu folgendem Ergebnis führte:

KTA 3401.3 enthält im Abschnitt 5 Angaben zu zulässigen Fertigungstoleranzen für den Reaktorsicherheitsbehälter. Sie umfassen Vorgaben für Abweichungen des Durchmessers, die Unrundheit, die Tiefe und Form von Beulen, Nahteinziehungen, Höhentoleranzen und nichtplanmäßigen Versatz der Mittellinien. Weitere Vorgaben für Schleusen und Stutzen sind enthalten.

Den Berechnungsvorschriften der Norm DIN EN 1993-1-6 liegen Forderungen bezüglich der bei der Fertigung sicherzustellenden Toleranzen für Schalentragwerke zugrunde. Die Imperfektionen werden dabei in Herstelltoleranz-Qualitätsklassen eingestuft. Die Klasseneinstufung geht als Parameter in die Nachweisführung ein.

Es wurde geprüft, ob die Vorgaben für Fertigungstoleranzen in KTA 3401.3 den Anforderungen der DIN EN 1993-1-6 genügen und welche Herstelltoleranz-Qualitätsklassen sich aus den Forderungen der KTA 3401.3 für eine Berechnung nach DIN EN 1993-1-6 ergeben.

Die DIN EN 1993-1-6 behandelt geometrische Imperfektionen im Kapitel 3.3 „Geometrische Toleranzen und geometrische Imperfektionen“. Sie nennt zwei Aspekte, unter denen Anforderungen bestehen: Gebrauchstauglichkeitsanforderungen und Tragsicherheitsanforderungen im Hinblick auf die Beulsicherheit.

a) Toleranzwerte für die Abweichung der Schalengeometrie, die sich aus Gebrauchstauglichkeitsanforderungen ergeben:

   Toleranzvorgaben im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit werden durch eine im Rahmen der Änderung der KTA-Regel 3401.2 vorgegebene Nachweisführung nicht berührt. Im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit müssen daher gegenüber den bestehenden Anforderungen der KTA-Regel 3401.3 keine zusätzlichen Anforderungen definiert werden.

b) Toleranzwerte für die Abweichung der Schalengeometrie, die sich aus Anforderungen der Tragfähigkeit im Nachweis der Beulsicherheit ergeben:

   Die Abschnitte 8.4.2 bis 8.4.5 der DIN 1993-1-6 enthalten Klassifizierungen der verschiedenen geometrischen Imperfektionen. Die Abschnitte behandeln Toleranzen für Unrundheit, unplanmäßige Exzentrizität (unplanmäßiger Versatz in den Schalenmittelebenen), Vorbeulen und Auflager-Unebenheiten.

Zu 8.4.2 - Toleranz für Unrundheit

DIN EN 1993-1-6 definiert die Unrundheit als d_{max} - d_{min} / d_{nom}. KTA 3401.3 definiert die Unrundheit im Abschnitt 5.2.2 als $2 \cdot (R_{max} - R_{min}) / (R_{max} + R_{min})$ x 100 [%].

Für kleine Abweichungen gilt: $(R_{max} + R_{min}) \approx d_{nom}$. Damit sind beide Maße etwa gleichwertig.

KTA 3401.3 fordert eine maximale Unrundheit von 0,5 %. Dieser Wert wird in DIN EN 1993-1-6 in die Herstellungstoleranzklasse A („exzellent“) eingestuft. In Berechnungen darf demnach bei Einhaltung der Vorgaben der KTA 3401.3 für die Unrundheit die Klasse A angesetzt werden.

Zu 8.4.3 - Toleranz für unplanmäßige Exzentrizität / Versatz der Mittelflächen

Gemäß KTA 3401.3 darf die unplanmäßige Exzentrizität maximal 5 % der Blechdicke, maximal 3 mm betragen. Bei ungleichen Blechdicken ist die kleinere Dicke zu betrachten.

Die maximale Exzentrizität von 3 mm ist gemäß Tabelle 8.2 in DIN EN 1993-1-6 in Klasse B einzustufen. Die Begrenzung auf 5 % der Blechdicke würde zu einer Einstufung in Klasse A führen.

In Berechnungen darf demnach bei Einhaltung der Vorgaben der KTA 3401.3 für die unplanmäßige Exzentrizität pauschal die Herstelltoleranz-Qualitätsklassen B angesetzt werden. Bei zusätzlicher Einhaltung eines Maximalwerts von 2 mm darf Klasse A angesetzt werden.

Zu 8.4.4 - Toleranz für Vorbeulen

KTA 3401.3 lässt im Abschnitt 5.2.3 Vorbeulen mit einer maximalen Tiefe von 1 % der Beulenbreite zu und fordert einen flachen Verlauf der Beulen.

DIN EN 1993-1-6 fordert bei Vorhandensein von Meridiandruckspannungen die Verwendung einer Umfangs-Messlehre der Länge $L_{g\phi} = 4 \cdot (r \cdot t)^{0,5}$.

Die Klassifizierung der vorhandenen Beulen erfolgt durch das Verhältnis von Beulentiefe zur Länge der Messlehre. Dieses Vorgehen entspricht dem Vorgehen in DIN 18800-4 (2008-11), Kapitel 3. Dort ist zusätzlich die Bemerkung enthalten, dass die Länge der Messlehre auf 2000 mm begrenzt werden darf. (Beim RSB eines Konvoi-Kraftwerks ergibt sich als Länge der Messlehre bei r = 56 m, t = 38 mm ein Wert von 5835 mm.)

Für Messungen über Schweißnähte hinweg (KTA: „Nahteinziehungen“) wird für Bleche über 20 mm Dicke eine Messlehrenlänge von 500 mm gefordert. Dies entspricht den Vorgaben der KTA 3401.3.

Der Quotient aus Beulentiefe und Beulendurchmesser liegt bei Beulen unterhalb der Länge der Messlehre immer unterhalb des Quotienten aus Beulentiefe und Messlänge. Durch die Forderung der KTA 3401.3 (Tiefe < 1 % des Beulendurchmessers) ist die Bedingung für eine Einstufung in Toleranzklasse B (Tiefe < 1 % der Messlänge) immer abgedeckt.

In Berechnungen darf demnach bei Einhaltung der Vorgaben der KTA 3401.3 für Vorbeulen und Nahteinziehungen pauschal die Herstelltoleranz-Qualitätsklasse B angesetzt werden.

Zu 8.4.5 - Toleranz für Auflager-Unebenheiten

DIN EN 1993-1-6 fordert für kontinuierliche Unterstützung von Schalen, z. B. durch Fundamente, eine Ebenheitsabweichung $\leq$ 0,1 %.

KTA 3401.3 erhebt keine derartige Forderung.

Die Auflagerung eines Reaktorsicherheitsbehälters in der Kalotte des Reaktorgebäudes ist nicht eben, sondern folgt der Kugelform des RSB. Eine flächige Auflagerung ist zudem sichergestellt. Die diesbezüglichen Forderungen der DIN EN 1993-1-6 sind daher hier ohne Belang.

Sonstige Änderungen gegenüber der Regelfassung 1985-06

In mehreren Abschnitten wurden redaktionelle Verbesserungen und Präzisierungen vorgenommen. Hierbei wurde der Begriff „Sicherheitsbehälter“ in der gesamten Regel durchgängig durch den Begriff „Reaktorsicherheitsbehälter“ ersetzt.