

Dokumentationsunterlage zur Regeländerung

KTA 3407

Rohrdurchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter

Fassung 2017-11

Inhalt:

- 1 Auftrag des KTA
- 2 Beteiligte an der Regeländerung
 - 2.1 KTA-Unterausschuss MECHANISCHE KOMPONENTEN
 - 2.2 Mitarbeiter der Geschäftsstelle
- 3 Erstellung des Regeländerungsentwurfs und der Regeländerungsvorlage
- 4 Berücksichtigte Regeln und Unterlagen
 - 4.1 Abgleich mit den SiAnf und Interpretationen
 - 4.2 Nationale Regeln und Unterlagen
 - 4.3 Internationale Regeln und Unterlagen
- 5 Änderungen gegenüber der Regel KTA 3407 (Fassung 2014-11) und Erläuterungen

1 Auftrag des KTA

Aufgrund der nach Abschnitt 5.2 der Verfahrensordnung nach längstens 5 Jahren erforderlichen Überprüfung auf Änderungsbedürftigkeit hat der Unterausschuss MECHANISCHE KOMPONENTEN (UA-MK) auf seiner 54. Sitzung am 21. März 2017 über die Regel KTA 3407 beraten. Der UA-MK stellte fest, dass die Regel nach wie vor die Anforderungen angibt, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge nach § 7 Atomgesetz getroffen ist. Inhaltliche Änderungen sind deshalb nicht erforderlich. Allerdings ist die Fassung 2014-11 von KTA 3407 hinsichtlich der Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird, nicht mehr aktuell. Diese Verweise sind deshalb zu aktualisieren.

Der UA-MK beauftragte die KTA-Geschäftsstelle, einen entsprechend aktualisierten Regeländerungsentwurfsvorschlag vorzubereiten.

2 Beteiligte an der Regeländerung

2.1 KTA-Unterausschuss MECHANISCHE KOMPONENTEN (UA-MK)

- aus Datenschutzgründen in dieser Datei gelöscht

2.2 Mitarbeiter der Geschäftsstelle

Dr.-Ing. Bath

KTA-GS beim BfE, Salzgitter

3 Erstellung des Regeländerungsentwurfs und der Regeländerungsvorlage

(1) Der UA-MK hat den von der KTA-GS hinsichtlich der Verweise auf Bestimmungen aktualisierten Regeländerungsentwurfsvorschlag auf seiner 55. Sitzung am 19./20.09.17 geprüft.

(2) Der UA-MK beschloss auf dieser Sitzung, die aktualisierte Fassung von KTA 3407 dem KTA zu seiner 72. Sitzung am 14. November 2017 zur Verabschiedung als Regeländerungsentwurf vorzuschlagen. Aufgrund der Geringfügigkeit der Änderungen wurde dem KTA eine Beschlussfassung gemäß Abschnitt 5.3 der Verfahrensordnung des KTA vorgeschlagen (Aufstellung der geänderten Regel ohne weitere Beschlussfassung des KTA, sofern innerhalb von 3 Monaten keine inhaltlichen Änderungsvorschläge eingehen).

(3) Der KTA entsprach der Empfehlung des UA-MK und hat auf seiner 72. Sitzung am 14. November 2017 den Regeländerungsentwurf in der Fassung 2017-11 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 des Regeländerungsentwurfs bei der KTA-GS keine inhaltlichen Änderungsvorschläge eingehen. Die Bekanntmachung des BMUB erfolgte im Bundesanzeiger vom 19. Dezember 2017.

(4) Zum Regeländerungsentwurf KTA 3407 (2017-11) sind im Rahmen der 3-monatigen Einspruchsfrist (01.01.2018 bis 31.03.2018) keine Änderungsvorschläge eingegangen. Gemäß Beschluss der 72. Sitzung des KTA wurde deshalb der Regeländerungsentwurf als Regel (Fassung 2017-11) aufgestellt. Die Bekanntmachung des BMU erfolgte im Bundesanzeiger vom 17. Mai 2018.

4 Berücksichtigte Regeln und Unterlagen

4.1 Abgleich mit den SiAnf und Interpretationen

(1) Den Anwendungsbereich der Regel KTA 3407 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 3407	Bewertung
<p>6.1 Geltungsbereich</p> <p>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.</p> <p>6.2 Auslegung</p> <p>6.2.1 Grundsätze</p> <p>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.</p> <p>Hinweis: Vorgaben für die Ermittlung der Differenzdrücke finden sich in Anhang 5, Anlage 2 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“. Vorgaben zur Ermittlung der Einwirkungen aus Strahl- u. Reaktionskräften sowie Bruchstücken finden sich in Anhang 5, Anlage 3 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“.</p>	Abschnitt 4, Abschnitt 6	Erfüllt
<p>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.</p>	Abschnitte 5, 6 und 9.2.2	Erfüllt
<p>6.2.2 Werkstoffauswahl</p> <p>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.</p>	Abschnitt 3	In Verbindung mit den im Abschnitt 3 aufgeführten KTA-Regeln erfüllt.
<p>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.</p>	Abschnitt 3, Abschnitt 5.4	Erfüllt
<p>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.</p> <p>Hinweis: Vorzugsweise sind für die Stahlschale mittelfeste, schweißgeeignete Feinkornbaustähle vorzusehen.</p>	Abschnitt 3	In Verbindung mit den im Abschnitt 3 aufgeführten KTA-Regeln erfüllt.

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3407 (Fortsetzung siehe die folgenden Seiten)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3407	Bewertung
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.	Abschnitt 1	Detaillierte Anforderungen an Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton sind in DIN 25459 festgelegt.
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. Hinweis: Für Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton wird auf DIN 25449 (Fassung Februar 2008) verwiesen.	Abschnitt 5.4	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, Abschnitt 5.4, Abschnitt 9.2.2	Erfüllt
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 Druckausgleichsrichtung 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.	Abschnitt 5.1, Abschnitt 9.2.2	Erfüllt
6.2.3 (8) Die Anzahl der Durchführungen und deren Querschnitte sind so gering wie praktisch möglich zu halten.	Abschnitt 5.2	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.	Abschnitt 6	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.	Abschnitt 5	Für den Anwendungsbereich der KTA 3407 erfüllt. Weitere Festlegungen sind in KTA 3404 enthalten.

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3407 (Fortsetzung)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3407	Bewertung
<p>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.</p> <p>Dies gilt auch für Rohrleitungen, die die Wandung des Sicherheitsbehälters durchdringen, bis zur äußeren Absperrereinrichtung, die dazugehörigen Abschlusseinrichtungen und ggf. die Kammerung der Durchführung.</p> <p>Bei Lüftungskanälen gilt dies auch für den Kanalbereich zwischen den Absperrereinrichtungen und die dazugehörigen Absperrereinrichtungen.</p>	Abschnitte 3 bis 11	Für den Anwendungsbereich der KTA 3407 erfüllt. Für lüftungstechnische Anlagen gilt KTA 3601.
6.2.3 (12) Soweit erforderlich sind Einrichtungen zur Vermeidung von unzulässigen Drucküberschreitungen zwischen den Absperrungen vorzusehen.	Abschnitt 6.2	Für den Anwendungsbereich der KTA 3407 erfüllt. Die auf den Sicherheitsbehälter wirkenden Belastungen sind gemäß KTA 3401.2 zu erfassen.
6.2.3 (13) Die Durchführungen sind so auszulegen, dass sie alle Kräfte und Momente der durchgeführten Leitung während des bestimmungsgemäßen Betriebes (Sicherheitsebenen 1 und 2) und bei Ereignissen der Sicherheitsebenen 3 und 4a sowie bei standortspezifisch zu unterstellenden naturbedingten Einwirkungen von außen und Notstandsfällen abtragen können. Durchführungen, die aufgrund hoher Belastungen nicht starr an den Sicherheitsbehälterstützen angeschlossen werden können, sind mit Kompensatoren anzuschließen und gekammert auszuführen.	Abschnitt 5, Abschnitt 6	Erfüllt
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. Entwässerungsstützen, Prüfanschlüsse).	Abschnitt 5.2	Erfüllt
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 5, Abschnitt 6	Erfüllt
<p>6.2.4 Festigkeitsmäßige Auslegung</p> <p><i>Interpretation zu den Nummern 3.6 und 3.1 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“</i></p> <p>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. Abschlüsse für</p> <ul style="list-style-type: none"> – Modellunsicherheiten und – den ungünstigsten anfänglichen Betriebszustand <p>zu berücksichtigen.</p> <p>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“.</p>	Abschnitt 6	In Verbindung mit KTA 3401.2 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.	Abschnitt 4	In Verbindung mit KTA 3401.2 erfüllt.

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3407 (Fortsetzung)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3407	Bewertung
<p>6.2.4 (3) Der Sicherheitsbehälter eines Siedewasserreaktors mit Druckabbau-system 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.</p> <p>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.</p>	Abschnitt 4	In Verbindung mit KTA 3401.2 erfüllt.
<p>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 (fluid-dynamische Lasten, Strahl- und Reaktionskräfte) sowie Notstandsfällen zuverlässig abtragen.</p> <p>Darüber hinaus sind konstruktive oder verfahrenstechnische Einrichtungen vorzusehen, so dass die Integrität der Sicherheitsbehälterstruktur durch Strahl- und Impulskräfte der Kondensationsrohre nicht beeinträchtigt wird.</p>	—	Ist nicht Gegenstand der Regel KTA 3407. Die auf den Sicherheitsbehälter wirkenden Belastungen sind gemäß KTA 3401.2 zu erfassen.
<p>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:</p> <p>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.</p> <p>b) Die sich aus diesen Lastfällen ergebenden Einwirkungen sind komponentenbezogen zu beschreiben (z. B. in Auslegungsdatenblättern).</p> <p>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.</p> <p>d) Zur Sicherstellung der Dichtfunktion im Anforderungsfall ist soweit zutreffend ein Nachweis der Formstabilität und der Verformungsbegrenzung zu führen.</p>	Abschnitt 4, Abschnitt 6	In Verbindung mit KTA 3401.2 erfüllt.
<p>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.</p> <p>Für den Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton sind die zutreffenden technischen Normen zu erfüllen.</p> <p>Hinweis: Für Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton wird auf DIN 25449 (Fassung Februar 2008) verwiesen.</p>	Abschnitt 4, Abschnitt 6	Für den Anwendungsbereich der KTA 3407 erfüllt. Detaillierte Anforderungen an Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton für Kernkraftwerke sind in DIN 25459:2014-11 und Anforderungen an Bauteile aus Stahl- und Spannbeton in kerntechnischen Anlagen sind in DIN 25449:2016-04 festgelegt.

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3407 (Fortsetzung)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3407	Bewertung		
<p>6.3 Herstellung</p> <p>6.3.1 Grundsätze</p> <p>6.3.1 (1) Die zur Sicherstellung der Integrität des Sicherheitsbehälters einzuhaltenden Qualitätsmerkmale sind festzulegen und während des Fertigungsablaufs einzuhalten.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>6.3.2 Begleitende zerstörende Prüfungen für Bauteile aus Stahl</p> <p>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.</p> <p>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:</p> <p>a) repräsentativ die verschiedenen Verformungsrichtungen beim Herstellungsprozess an mehreren Probenahmestellen</p> <p>sowie</p> <p>b) alle während des Fertigungsprozesses stattfindenden Wärmebehandlungen.</p> <p>6.3.3 Begleitende zerstörungsfreie Prüfungen, Druck- und Dichtheitsprüfungen</p> <p>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.</p>	Abschnitt 7	In Verbindung mit den im Abschnitt 7 aufgeführten KTA-Regeln erfüllt.		
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.			Abschnitt 9.2.2	In Verbindung mit Abschnitt 10.2 der Regel KTA 3401.3 erfüllt.
6.3.3 (3) Die Dichtheit des Sicherheitsbehälters ist vor Aufnahme des ersten Leistungsbetriebes mit einer integralen Dichtheitsprüfung nachzuweisen.			Abschnitt 9.2.2	In Verbindung mit KTA 3405 erfüllt.
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.			Abschnitt 9.2.2	In Verbindung mit KTA 3405 erfüllt.
<p>6.4 Betrieb</p> <p>6.4.1 Grundsätze</p> <p>6.4.1 (1) Für die Funktion des Sicherheitsbehälters bedeutsame Betriebsdaten sind zu überwachen. Dies betrifft</p> <p>a) bei Volldrucksicherheitsbehältern die Unterdruckhaltung,</p> <p>b) bei Sicherheitsbehältern mit Druckabbausystem neben der Unterdruckhaltung in der Druckkammer auch die Wirksamkeit der Trennung zwischen Druckkammer und Kondensationskammer,</p> <p>c) für Sicherheitsbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton geeignete Maßnahmen für eine Bewertung der Aufrechterhaltung der Vorspannung, und</p> <p>d) die Wirksamkeit der Inertisierung, sofern eine Inertisierung oder Teilinertisierung betrieblich vorgesehen ist.</p> <p>Messungen, die dazu vorgesehen sind, eine Funktionsbeeinträchtigung des Sicherheitsbehälters anzuzeigen, sind entweder redundant auszuführen oder es sind Anzeigen aus diversitären Systemen zu verwenden.</p>			—	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 3	In Verbindung mit den im Abschnitt 3 aufgeführten KTA-Regeln erfüllt.		

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3407 (Fortsetzung)

Anforderung des Abschnitts 6 der Interpretation I-2	Umsetzung in KTA 3407	Bewertung
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 9.2.1	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.	Abschnitt 11	In Verbindung mit KTA 3401.4 erfüllt.
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.	—	Wiederkehrende Dichtheitsprüfungen sind in KTA 3401.4 und in KTA 3405 geregelt.
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.	—	Das KTA-Regelwerk enthält keine Festlegungen zum Leckabsaugsystem.
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.	—	Für den Anwendungsbereich der KTA 3407 erfüllt. Dichtheitsprüfungen sind in KTA 3401.4 und in KTA 3405 geregelt.
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.	Abschnitt 4.1	Für KTA 3407 nicht zutreffend.
6.4.3 (5) Die Funktionsfähigkeit und Dichtheit von Schleusen, Absperrrichtungen und Rückschlagklappen sowie die Stellgeschwindigkeit von Armaturen zur Absperrung des Sicherheitsbehälters sind regelmäßig zu prüfen.	Abschnitt 5.4, Abschnitt 9.2.2, Abschnitt 11	In Verbindung mit KTA 3401.4 erfüllt.
6.4.3 (6) Die Kammerungen der Rohrdurchführungen des Sicherheitsbehälters, die Schleusen, Kabledurchführungen und Montagedeckel sind regelmäßig und nach Instandhaltungsmaßnahmen im Betrieb auf Dichtheit zu prüfen.	Abschnitt 9.2.2	Erfüllt
6.4.3 (7) Montageöffnungen und Reservedurchführungen sind nach Benutzung auf Dichtheit zu überprüfen.	—	Die Prüfung der Leckrate ist in KTA 3405 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.	—	

Tabelle D 1: Umsetzung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ in KTA 3407 (Fortsetzung)

4.2 Nationale Regeln und Unterlagen

Hinweis:

Die im Anhang D 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, 2017

5 Änderungen gegenüber der Regel KTA 3407 (Fassung 2014-11) und Erläuterungen

(1) Der Anhang D wurde hinsichtlich der Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird, aktualisiert. Die entsprechenden Regeltextstellen wurden auf Änderungsbedürftigkeit überprüft. Hierbei wurde festgestellt, dass die Aktualisierung der Normen keine Änderungen im Regeltext erfordert.

(2) In Zusammenarbeit mit der Firma Witzenmann GmbH wurde ein Vergleich der Balgberechnung für Kompensatoren nach dem AD-2000 Merkblatt B13 und nach DIN EN 14917 durchgeführt. Dieser Vergleich (siehe **Bilder D-1 bis D-4**) ergab, dass bei einer Nachweisführung nach DIN EN 14917 hinsichtlich

- a) der Druckfestigkeit,
- b) der Säuleninstabilität und
- c) der Ermüdungsanalyse

zusätzliche Sicherheiten notwendig sind, um bei Nachweisführung nach DIN EN 14917 eine vergleichbare Versagenssicherheit zu erreichen wie bei Nachweisführung nach AD-2000 Merkblatt B13.

Bei den im Abschnitt A 5 enthaltenen Anforderungen an die Berechnung einlagiger und mehrlagiger Bälge auf Basis von DIN EN 14917 wurden die Sicherheitsbeiwerte deshalb so festgelegt, dass sie derselben Sicherheit gegen Versagen entsprechen, die sich bei Nachweisführung nach der Regelfassung KTA 3407 (1991-06) ergab.

	EN 14917	AD 2000 B13 <i>(ohne Torsion)</i>
Zulässige Spannungen:	$S_m = \min \begin{cases} R_{p1,0}(T)/1,5 \\ R_m(T)/3 \end{cases}$	
Kriterien:		
(1) mittlere Umfangsspannung	$\bar{\sigma}_u \leq S_m$	$\bar{\sigma}_u \leq \frac{R_{px}}{1,5}$
(2) max. Spannung	$\sigma_{meridional}^{max} \leq 3 \cdot S_m$ $\sigma_{meridional}^{max} \leq 2 \cdot R_{p1,0}$	$\sigma_{Vergleich}^{max} \leq \frac{1,55}{1,2} R_{p1,0}$ $\sigma_{Vergleich}^{max} \leq 1,29 \cdot R_{p1,0}$

AD 2000 ist restriktiver, EN 14917 (EJMA) ist im Feld erprobt.

Bild D-1: Berechnung der Druckfestigkeit nach DIN EN 14917 und nach AD-2000 Merkblatt B 13

EN 14917:2012

AD 2000 B13:07.2012

Kriterium
(linearer Ansatz):



$$P_{\alpha} = \frac{P_K}{S} = \pi \frac{k_1 \cdot K_B \cdot c_{dyn}}{2 \cdot S \cdot \lambda^2 \cdot l_f}$$

mit: $\lambda = 0,5$; $S = 1,5$; $k_1 = 1$;
 $l_f = l_{welle} \cdot N \cdot n_B^2$

$$P_{\alpha} = \frac{P_K}{S} = 1,33 \cdot \pi \frac{K_B \cdot c_{dyn}}{l_{welle} \cdot N \cdot n_B^2} \text{ [MPa]}$$

$$P_{\alpha} = 3,4 \cdot \frac{\pi^2}{2 \cdot (1-\nu^2)} \frac{(d+h) \cdot E}{z^2 \cdot l \cdot c_F} \left(\frac{s^*}{h} \right)^3$$

mit: $K_B = \frac{\pi}{2(1-\nu^2)} \cdot E \cdot \frac{n_p}{N} \cdot D_m \left(\frac{e_p}{w} \right)^3 \cdot \frac{1}{c_F}$;
 $z = N \cdot n_B$; $h = w$; $s^* = e_p^*$; $d+h = D_m$; $n_p = 1$

$$P_{\alpha} = 3,4 \cdot \pi \cdot \frac{K_B}{z \cdot l \cdot n_B} \text{ [bar]}$$

(EN 14917: K_B = Federkonstante von 1 Balg)

$S_{EN14917:2012} = 1,5 + \text{Dynamikfaktor} \leftrightarrow S_{AD2000 B13} = 5,88$

Bild D-2: Berechnung der Säulenstabilität nach DIN EN 14917 und nach AD-2000 Merkblatt B 13

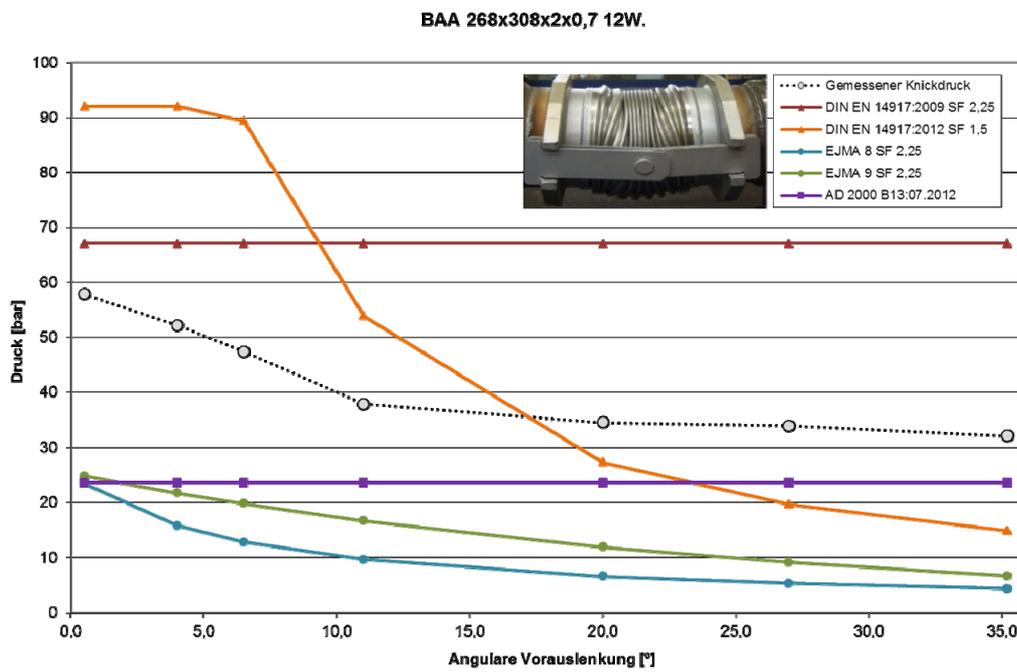


Bild D-3: Vergleich der rechnerischen Säulenstabilität mit Testergebnissen

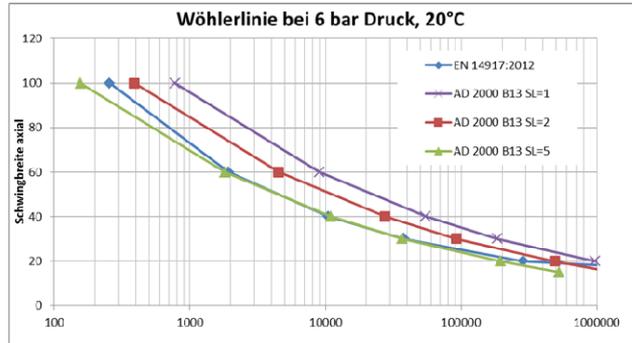
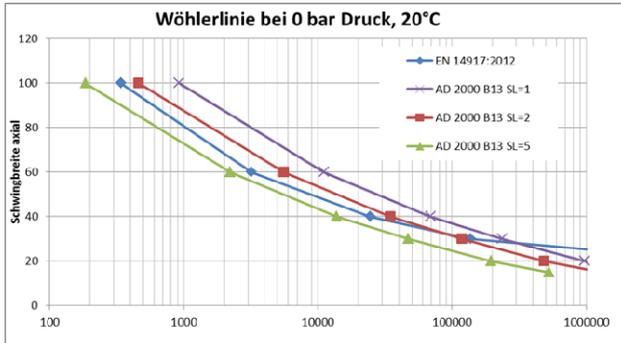
Balg 1111x1202x1x1,5 8W 1.4571 → 1-wandig, Rollumformung

Druckauslastung:
(6 bar, $\nu=0,85$)

	EN 14917:2012		AD 2000 B13:07.2012	
	Max. Meridionalspannung	Mittl. Umfangsspannung	Max. Vergleichsspannung (Svp=1,5)	Mittlere Umfangsspannung
$S_{max/m}$	204,4 N/mm ²	92,1 N/mm ²	212,6 N/mm ²	87,8 N/mm ²
$K^2 \cdot f$	540 N/mm ²	153 N/mm ²	279 N/mm ²	180 N/mm ²
	37,9 %	60,2 %	76,2 %	48,8 %
100 % Auslastung	15,9 bar	10,0 bar	7,9 bar	12,3 bar

Stabilität:
(ohne Vorauslenkung)

	EN 14917:2012	AD 2000 B13:07.2012
p _{sc}	182,2 bar	46,4 bar
psi	9,6 bar	9,1 bar



(Alle Werte auf Basis der Nennabmessungen/ohne Berücksichtigung von Toleranzen.)

Bild D-4: Vergleich der Auslegung gegen Ermüdung nach DIN EN 14917 und nach AD-2000 Merkblatt B 13