

# **RSK – STELLUNGNAHME**

04.03.2004

## **Vorkommnis der INES-Kategorie 3 im amerikanischen Kernkraftwerk Davis Besse vom 6. März 2002, „Borsäurekorrosion am Reaktordruckbehälterdeckel“ und Schlussfolgerungen für deutsche Anlagen**

- 1       Beratungsauftrag
- 2       Sachverhalt
- 3       Beratungsgang
- 4       Bewertungsmaßstäbe
- 5       Sicherheitstechnische Bewertung des Sachverhalts
- 6       Empfehlungen
- 7       Verwendete Unterlagen, Informationen und Erkenntnismittel

### **1       Beratungsauftrag**

Der RSK-Ausschuss REAKTORBETRIEB wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) mit der Beratung des Vorkommnisses beauftragt. Beratungsziel war es, die Übertragbarkeit des Vorkommnisses auf deutsche Anlagen zu überprüfen. Der RSK-Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE beriet zu werkstofftechnischen und komponentenbezogenen Fragestellungen, zu den Indikatoren für Borsäurekorrosion und zu den zerstörungsfreien Prüfungen (zFP).

### **2       Sachverhalt**

Im Rahmen der Revision des amerikanischen Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor (DWR) Davis Besse war am 06.03.2002 am Steuerstabstutzen Nr. 3 des Reaktordruckbehälters (RDB) eine Korrosionsmulde festgestellt worden, in der der ferritische Stahl bis auf die Plattierung abgetragen war (Mulde von 180 x 100 – 125 mm Größe). Am Stutzen Nr. 2 war ein max. 9,5 mm breiter und max. 90 – 100 mm tiefer Spalt festgestellt worden.

In der Revision im Jahre 2002 wurden die Prüfungen der Steuerstabstutzen auf Rissbildungen durchgeführt (NRC Bulletin 2001-01). Die Prüfung der insgesamt 69 Steuerstabstutzen aus dem Werkstoff Inconel 600 ergab Befunde an fünf Stutzen; davon waren insgesamt zehn Befundstellen an den drei Stutzen mit den Nummern 1, 2 und 3 wanddurchdringend. Die eingeleiteten Reparaturmaßnahmen am Stutzen Nr. 3 mussten unterbrochen werden, da sich der Stutzen gegenüber dem Deckel bewegte. Nachdem der Stutzen und die auf der Deckeloberfläche abgelagerten Borsäurekristalle entfernt worden waren, wurde die vorgenannte Korrosionsmulde entdeckt.

### **3 Beratungsgang**

Der RSK-Ausschuss REAKTORBETRIEB beriet in der 141. und 148. Sitzung am 24.04.2002 und 22.01.2003. In der 141. Sitzung ließ sich der Ausschuss von der GRS Bericht erstatten.

Der RSK-Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE beriet in der 25. Sitzung am 15.05.2002 und ließ sich in dieser Sitzung Berichte der GRS und des Anlagenherstellers Framatome ANP erstatten. In späteren Sitzungen wurde der Ausschuss über den Fortgang der Untersuchungen auf amerikanischer Seite in Kenntnis gesetzt. In der 29. Sitzung am 04.09.2002 ließ sich der Ausschuss mit mündlichen Berichten des Betreibers und des Sachverständigen über den aktuellen Stand des Reaktordruckbehälterdeckels (Konstruktion, Fertigung, Qualität, Geometrie, Betrieb, Werkstoffzustand, zerstörungsfreie Prüfungen, Prüfintervalle, Prüfverfahren, Überwachung des Deckelbereichs, insbesondere auf Leckagen) des deutschen Kernkraftwerks Obrigheim (KWO) unterrichten. In der 30. Sitzung am 09.10.2002 gab der Ausschuss seine Stellungnahme ab.

In der 367. Sitzung am 13.11.2003 beriet die RSK zum Sachverhalt; hierzu lag ihr ein schriftlicher Bericht über die bisherigen Ausschussberatungen vor.

#### **141. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB am 24.04.2002 (Beratungsunterlage [1])**

Die GRS berichtete über die durch Borsäurekorrosion entstandenen Schäden am RDB-Deckel der amerikanischen Anlage Davis Besse [1]. Im Rahmen der Revision des Jahres 2002 sei am Steuerstabstutzen Nr. 3 des RDB eine Korrosionsmulde festgestellt worden, in der der ferritische Stahl bis auf die Plattierung abgetragen gewesen sei. Am Stutzen Nr. 2 sei zusätzlich ein maximal 6 mm breiter Spalt ermittelt worden. Als Schadensmechanismus gehe man von Borsäurekorrosion aus.

In der Anlage Davis Besse sei es bereits früher zu Flanschleckagen an den Stutzen der Steuerstabantriebe gekommen. Hinsichtlich der Erkennbarkeit von Leckagen wies die GRS darauf hin, dass in der Anlage Davis Besse eine integrale Leckagemenge von ca. 23 l/h in der Anlage als „normale“ betriebliche Leckage im Primärkreis gegolten habe.

Die Ursache für die Korrosion sei auf Undichtigkeiten im Bereich der Flansche und auf Grund von Rissen durch Spannungsrisskorrosion (SpRK) in Stutzen am RDB-Deckel zurückzuführen, die aus dem Material Inconel 600 bestünden. In den letzten zehn Jahren seien immer wieder Leckagen an Flanschverbindungen aufgetreten. Diese sind nicht bei jeder Revision beseitigt worden. Die gemessene „integrale“ Leckagerate sei im Jahre 1999 auf das Doppelte früherer Werte angestiegen.

Da keine konsequente Beseitigung der resultierenden Borsäureablagerungen vorgenommen worden sei, sei es zu einer Akkumulation von Ablagerungen auf dem RDB-Deckel gekommen. Die Isolationshaube und die flächigen Ablagerungen hätten eine visuelle Prüfung der Stutzenbereiche behindert. Im Jahre 2000 habe man sich entschlossen, diese Ablagerungen zu entfernen, was aber wegen Verhärtung der Ablagerungen aus

Strahlenschutzgründen nicht vollständig durchgeführt worden sei. Durch die Restrückstände sei eine vollständige visuelle Prüfung des Stutzenfeldes am RDB-Deckel nicht möglich gewesen, und man habe sich entschlossen, die eigentlich im Rahmen des Überwachungsprogramms zur Borsäurekorrosion (Generic Letter 88-05 der NRC) geforderte Prüfung nicht vollständig (nur an den zugänglichen Stellen) durchzuführen.

Die GRS erläuterte die für die Anlage existierenden Prüfanforderungen im Hinblick auf Borsäurekorrosion. In der Prüfanforderung „ASME XI (2001)“ sei festgelegt, dass nach jedem Brennelement(BE)-Wechsel ein Lecktest und eine visuelle Inspektion auf Leckagen vorzunehmen sei. Der Generic Letter 88-05 der NRC schreibe eine Identifizierung potenzieller kleiner Leckstellen im Hinblick auf Korrosion vor, um große Lecks in der Druckführenden Umschließung (DFU) zu vermeiden. In dieser Vorschrift würden auch verschiedene Methoden zur Lokalisierung kleiner Lecks und zur Abschätzung und Vermeidung von Korrosionsschäden beschrieben und Hinweise auf die in Versuchen erzielte Korrosionsgeschwindigkeit von maximal 120 mm/a bei ferritischen Stählen gegeben.

In einem weiteren Bulletin der NRC (NRC 2001-01) sei auf die Möglichkeit von Umfangsrissbildungen durch SpRK an Stutzen aus dem Material Inconel 600 hingewiesen worden. Eine anlagenspezifische Einschätzung der NRC unter Berücksichtigung der Deckeltemperatur, der Betriebszeit und des Werkstoffs habe ergeben, dass die Steuerstabstutzen der Anlage Davis Besse empfindlich für SpRK seien. Daher sei für diese Anlage eine 100 %-ige visuelle Prüfung der Stutzen von oben oder eine Volumenprüfung von unten bis Ende des Jahres 2001 angeordnet worden. In Abstimmung zwischen NRC und Betreiber sei die Volumenprüfung dann im Februar/März 2002 im Rahmen einer Revision durchgeführt worden.

Bei der Prüfung mittels Ultraschall von unten seien an fünf Steuerstabstutzen wanddurchdringende Risse (vier Axialrisse und ein Umfangsriss am Stutzen Nr. 3) festgestellt worden. Bei den Reparaturarbeiten am RDB-Deckel habe sich Stutzen Nr. 3 gelockert. Nach dem Entfernen der Isolationshaube seien die starken Beschädigungen im Bereich dieses Steuerstabstutzens festgestellt worden.

Indikatoren auf Borsäurekorrosion seien die seit dem Jahre 1999 bräunlich verfärbten Verkrustungen und Ablagerungen auf dem RDB-Deckel und den Containmentkühlern gewesen; das sei ein deutlicher Hinweis auf die Bildung von Eisenboraten. Die Zunahme und bräunlichen Färbungen von Ablagerungen an den Containment-Kühlern sei vom Betreiber auf Korrosionsvorgänge an den Kühlern zurückgeführt worden. Zunehmende gleichartige Ablagerungen an den Filtern hätten zu einem täglichen statt monatlichen Wechsel der Filter geführt.

Die NRC habe aus dem Vorkommnis die Schlussfolgerung gezogen, dass Leckagen in Kombination mit den Ablagerungen zu dem Ereignis geführt hätten. Weiterhin seien mehrere Indikatoren für Borsäurekorrosionsvorgänge am RDB-Deckel vom Betreiber nicht erkannt worden. Die Korrosionsmulde sei im wesentlichen durch eine Leckage am Stutzen Nr. 3 entstanden. Diese Vorgänge hätten mindestens vier Jahre vor der Entdeckung begonnen. Ungeklärt seien die Rolle der Ablagerungen beim Korrosionsfortschritt, die speziellen chemischen Vorgänge bei der Korrosion, der Einfluss der Temperatur des Deckels und die Geschwindigkeit des Rissfortschritts an den Stutzen der Anlage Davis Besse.

Des Weiteren erläuterte die GRS:

- Auf Grund des Vorkommnisses sei von der NRC eine verschärfte Durchführung des

Korrosionsschutzprogramms in den amerikanischen Anlagen angeordnet worden. Die Betreiber der Anlagen hätten bis Ende April entsprechende Berichte vorzulegen.

- Vergleichbare integrale Leckagemengen im Sicherheitsbehälter (SHB) führen für sich allein in Deutschland zu keinem meldepflichtigen Ereignis, werden aber aufsichtlich verfolgt.

Bei den üblicherweise im Primärkreislauf vorhandenen Konzentrationen verhalte sich die Borsäure nicht aggressiv. Durch den Verdampfungsprozess steige die Konzentration im Bereich von Leckagen an und es könnten sich pH-Werte von 3 bei Temperaturen von 100 - 150 °C einstellen. Unter diesen Bedingungen verhalte sich die Borsäure ferritischen Stählen gegenüber recht aggressiv. Voraussetzung für Korrosionsvorgänge sei aber in jedem Fall Feuchtigkeit. Ferritische Stähle würden durch Borsäurekorrosion praktisch aufgelöst, nichtrostende Stähle (Chromgehalte > 13 – 15 %) seien praktisch immun gegen diese Korrosion. Daher habe auch die Plattierung in Davis Besse keinen Schaden erlitten. Daneben gebe es auch Hinweise auf eine erhebliche korrosive Wirkung "trockener" Borsäure, die bei Temperaturen oberhalb von 185 °C Wasser abspalte und somit zu einer viskosen Flüssigkeit werde.

- Das Stutzenfeld sei aufgrund der Ablagerungen zumindest im Jahre 2000 nicht 100 %-ig geprüft worden. Wie die NRC auf ihre Abschätzung von vier Jahren für den Vorgang komme, sei aus den vorliegenden Unterlagen nicht nachvollziehbar. Offensichtlich seien aus der experimentell ermittelten maximalen Korrosionsgeschwindigkeit und der Deckeldicke der Zeitraum der Korrosionsvorgänge abgeleitet worden.
- Das vorhandene Ausmaß von Borsäurekorrosion an den Stutzen sei bei einer visuellen Inspektion des RDB von oben auf Grund der dort vorhandenen Ablagerungen nicht sicher zu erkennen.
- Die Leckagen führten teilweise auch dazu, dass sich Borsäure im gasförmigen Zustand verteile und an anderer Stelle (z. B. am Steuerstabantrieb) ablagere.
- In deutschen Anlagen gebe es im Gegensatz zu den amerikanischen Anlagen keine meldepflichtigen Ereignisse aufgrund von Schäden durch Borsäurekorrosion.

Aus dem Ausschuss wurde ergänzt, dass die Problematik der Borsäurekorrosion in der Vergangenheit in der RSK vom Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN umfangreich diskutiert worden sei. Als Ergebnis der damaligen Beratungen seien in allen Anlagen Prüfungen an RDB-Stutzen durchgeführt worden. Bis auf die Anlage KWO seien in allen deutschen DWR-Anlagen an den Stutzen Doppeldichtungen eingebaut worden, die nach dem Einbau auf Dichtigkeit überprüft worden seien. In KWO sei ein spezielles Deckel-Leckageüberwachungssystem (LÜS) eingebaut worden, das empfindlicher als das integrale LÜS der anderen Anlagen sei.

## **25. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 15.05.2002 (Beratungsunterlagen [2 bis 7])**

In Anlehnung an die im Internet veröffentlichten Informationen und die Berichterstattung in der 141. Sitzung

des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB am 24.04.2002 berichtete die GRS ergänzend:

Zurück blickend habe es seit dem Jahre 1998 immer wieder verschiedene Indikatoren für signifikante Korrosion/Lecks an Stutzen gegeben. Die NRC gehe davon aus, dass die durch Leckagen an Flanschen entstandenen Ablagerungen weitere Leckagen verdeckten. Die Indikatoren für Korrosion am RDB-Deckel seien nicht erkannt worden. Die Mulde am Stutzen Nr. 3 sei im Wesentlichen durch die Leckage entstanden. Der Abtrag habe schon mindestens vier Jahre vor der Entdeckung begonnen. Es bestünden nach wie vor Unklarheiten bezüglich der Rolle der Ablagerungen, der chemischen Vorgänge bei der Korrosion, des Einflusses der Temperatur des Deckels und des Rissfortschritts im Stutzen.

Der Anlagenhersteller Framatome ANP berichtete über konstruktive, fertigungs- und werkstofftechnische Gesichtspunkte von Nickelbasislegierungen, insbesondere von Durchführungen des RDB-Deckels aus Inconel 600. Der Einfluss des Nickelgehalts auf die Anfälligkeit für interkristalline Spannungsrisskorrosion (IkSpRK) in Hochtemperaturwasser, die Borsäurekorrosion des RDB-Deckels der Anlage Davis Besse, den Borsäureaustritt an den Inspektionsöffnungen dieser Anlage sowie die dort vorliegenden Hinweise auf Borsäurekorrosion, die zeitliche Entwicklung des eingetretenen Schadens und die Korrosionsgeschwindigkeiten wurden besprochen. Bei den Stutzendurchführungen des RDB-Deckels liege global hinsichtlich der Übertragbarkeit auf Siemens/KWU-Anlagen folgende Situation vor:

<b>Ausländische Anlagen</b>	<b>Siemens/KWU-Anlagen</b>
Inconel-600-Stutzen	Compoundrohr (St52/1.4550 plattiert)
Schrumpfverbindung	Schraubverbindung (Trapezgewinde, welches die Belastungen aufnimmt)
Anfällig für IkSpRK	keine Korrosionsanfälligkeit

Im Einzelnen stelle sich der Vergleich wie folgt dar:

	<b>Davis Besse</b>	<b>Kernkraftwerk Obrigheim (KWO)</b>	<b>Siemens/KWU-DWR- Anlagen</b>
Stutzenwerkstoff	Inconel 600	Inconel 600	Compoundrohr (St52/1.4550 plattiert)
Lösungsglühung	870-930° C	1.000-1.050° C	
R <sub>p0,2</sub>	340 N/mm <sup>2</sup>	257 N/mm <sup>2</sup>	
Montage	Einschrumpfen/ Einschweißen	Einschrumpfen/ Einschweißen	Einschrauben/ Einschweißen
Schweißgut	Inconel 182	Inconel 82/182	Austenit 24/12 (Dichtnaht)
Spannungsarmglüfung	keine	600° C, > 10h	keine
SpRK-Anfälligkeit	hoch  hohe Zugspannung aus Herstellung (Rohr) und Einschweißung	gering  geringe Zugspannung in- folge Spannungsarm- glüfung	nicht gegeben

Die ferritischen Deckelstutzen sind mit Schweißgut auf Nickelbasis ( Inconel 182 , ungepuffert) mit dem austenitischen Stutzenflansch verschweißt, die Wurzel ist in der Regel austenitisch ( Werkstoff 1.4551 ). An den Druckrohren sind die Rundnähte RN 1 und RN 2 ungepufferte Mischnähte mit Schweißgut auf Nickelbasis (Inconel 82/182, in der Regel mediumberührt); die Rundnähte RN3 und RN 4 sind austenitisch (Werkstoff 1.4551 ).

Die Dichtungsausführung des Flansches zwischen Steuerstab-Stutzen und Druckrohr sei bei Siemens/KWU-DWR-Anlagen durch eine innere und eine äußere Conoseal-Dichtung aus dem Werkstoff Nr. 1.4541 und eine Prüfleitung (Leckageüberwachung) sicherheitstechnisch wesentlich aufwändiger gegenüber der Dichtungsausführung des US-amerikanischen Herstellers Babcock und Wilcox gestaltet worden. Die Tragfunktion (Trapezgewinde) und die Dichtfunktion (Dichtschweißnaht) seien in Siemens/KWU-DWR-Anlagen (Ausnahme: Anlage KWO) konsequent getrennt worden.

Im Bericht der Firma IntelligeNDT und des Anlagenherstellers Framatome ANP zur RDB-Deckelprüfung von Siemens/KWU-DWR-Anlagen wurde zunächst eine Gesamtübersicht der Deckelprüfbereiche und der Prüfbereiche der Druckrohre gegeben. Das Grundprinzip, der Deckelstegmanipulator und die Datenauswertung sowie die Fahrbereiche bei der Deckelstegprüfung wurden vorgestellt. Die mit einem Kriechwellen Phased Array Prüfkopf erreichten Prüfbereiche an der Außenoberfläche des Deckels wurden erläutert. Sie führten zu einer vollständigen Prüfdeckung an der Außenoberfläche. Mit der Phased Array-Technik werde bei der Deckelstegprüfung (Volumen und Innenoberfläche) ein großer Teil des Volumens sowie alle Stege an der Innenoberfläche erfasst. Die Fehlernachweisbarkeit entspreche an den Oberflächen einer Nut von 3 x 20 mm – 6 dB und im Volumen KSR 3 mm. Im Bereich der Deckelstege seien keine registrierpflichtigen Anzeigen in Siemens/KWU-DWR-Anlagen vorhanden. Mit der Phased Array-Technik würden Prüfungen seit 1989 durchgeführt. Seit dem Jahre 2002 werden simultan eine Ultraschallprüfung und eine integrale Sichtprüfung durchgeführt.

Hinsichtlich der Druckrohrprüfung wurden die EMUS-Technik und die WS-Prüfung und für die Prüfung der Kerninstrumentierungsstutzen (KI) die Prüfung mit WS-Drehsonde angesprochen. Die Prüfung könnte von der Außenoberfläche mit EMUS-Technik (Elektromagnetischer Ultraschallsensor) erfolgen die Innenoberfläche würde mit Wirbelstromtechnik geprüft. Die Druckrohr-Schweißnähte Nr. 2, 3 und 4, die Steuerstabstutzennähte und die KI-Stutzennähte würden mit Wirbelstromtechnik (Innenoberflächenprüfung) geprüft. Die Fehlererkennbarkeit entspreche in den Oberflächen einer Nut von 0,5 x 10 mm mit Wirbelstrom (WS) und mit EMUS im Volumen KSR 3 mm. Es seien keine registrierpflichtigen Anzeigen in Siemens/KWU-DWR-Anlagen vorhanden. Im Bedarfsfall erfolge eine visuelle Prüfung auf Oberflächenanzeigen. Die Rundnaht Nr.1 der Druckrohre ist wegen der innen eingebauten Klinkeneinheit nur nach einem Ausbau des Druckrohres prüfbar.

Die Schweißnahtprüfung (Rundnaht) des RDB-Deckels werde mit dem Phased Array- Tandemsystem sowie mit 45° ET und 70° SEL vorgenommen. Es würden Längs- und Querfehler in den Rundnähten sowie der hochbeanspruchte Bereich im Übergangsbereich zum Deckelflansch erfasst. Beide Rundnähte würden vollständig geprüft. Anzeigen, die auf betriebsbedingte Schäden hinweisen, seien in Siemens/KWU-DWR-Anlagen nicht vorhanden. Die Fehlererkennbarkeit entspreche in den Oberflächen einer Nut von 3 x 20 mm – 6 dB und im Volumen KSR 3 mm.

Nach Darlegung des Berichterstatters und des in der Sitzung anwesenden Vertreters des Betreibers EnBW haben sich die deutschen Betreiber von DWR-Anlagen intensiv, u. a. auch im Hinblick auf Auflagen der zuständigen Länderbehörden, mit der Prüfung des RDB-Deckels befasst. Es habe sich hinsichtlich der Werkstoffe, Konstruktion und Fertigung keine Übertragbarkeit des Vorkommnisses in der amerikanischen Anlage Davis Besse auf deutsche Anlagen gegeben. Ergänzend wird darauf hingewiesen, dass in den kommenden Monaten ein intensiver Erfahrungsaustausch mit US-amerikanischen Fachleuten stattfinden werde.

Die dem RSK-Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE in der Sitzung vorgestellten Ergebnisse von Spannungsrisskorrosionsuntersuchungen am Werkstoff Inconel 600 in DWR-Kühlmittel zeigen nach Darlegung der Berichterstatterin eine klare Abhängigkeit der Risswachstumsdaten von der Temperatur. Der auch hier – wie in vielen anderen Fällen – gefundene Bereich, in dem die Geschwindigkeit des durch Spannungsrisskorrosion wachsenden Risses vom Spannungsintensitätsfaktor nahezu unabhängig ist, liege für 350° C bei ca.  $10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (entspricht ca. 30 mm pro Jahr), für 320° C bei ca.  $3 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  und für 290° C bei ca.  $3 \cdot 10^{-11} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , jeweils für Grundwerkstoff und Schweißgut. Auch für den spannungsarmgeglühten, den kaltverformten und den nicht kaltverformten Zustand lägen ähnliche Messungen der Risswachstumsgeschwindigkeit vor.

In der anschließenden Beratung behandelte der Ausschuss die folgenden Aspekte:

- Ursachen (Werkstoffe, SpRK, Risse, Werkstoff Inconel 600 usw.),
- Erkennbarkeit (Güte der Indikatoren),
- Zerstörungsfreie Prüfungen (zfP):
  - Zugänglichkeit,
  - Begehung, Begehbarkeit,
  - visuelle Prüfungen (bevorzugt nach dem Abfahren? Oder auch beim Anfahren während der Dichtheitsprüfung?),
  - Prüfintervalle,
  - Prüfverfahren,
- Zeitverhalten (z. B. Korrosionsgeschwindigkeit u. ä.) im Hinblick auf die Fragestellung, ob ein sicherheitstechnisch unbedenklicher Betrieb einer von Borsäurekorrosion betroffenen Anlage in einem Zyklus gegeben ist,
- Regelwerk/Prüfhandbuch: Sind Anpassungen erforderlich? (Aus Sicht beider Ausschüsse).

## **29. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 04.09.2002 (Beratungsunterlagen [8-14])**

Der Betreiber der Anlage KWO gab eine sicherheitstechnische Bewertung der Deckelstutzen des RDB. Er beschrieb die Untersuchungen und Maßnahmen, die von ihm seit dem ersten Vorkommnis in der französischen Anlage Bugey 3 im Jahre 1991 bis einschließlich der Revision im Jahre 2002 durchgeführt worden sind. Die wesentlichen Aussagen der dem RSK-Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN in der 190. Sitzung am 06.12.1991 und 193. Sitzung am 06.03.1992 vorgelegten Unterlagen zur Beurteilung der RDB-Deckelstutzen der Anlage KWO wurden dargestellt.

Die vom Betreiber ab dem Jahre 1992 weitergeführten Maßnahmen wie Berechnungen, Installation von Leckageerkennungssystemen sowie zerstörungsfreie Prüfungen wurden erwähnt.

Der Betreiber legte die Ausgangssituation sowie die Untersuchungen und Bewertungen für den Zeitraum 1992-2002 dar. Letztere betreffen Konstruktion/Herstellung/Qualität, Beanspruchungen, Spannungs- und Ermüdungsanalyse, Leckageüberwachung, visuelle Inspektionen und zerstörungsfreie Prüfungen. Die Anordnung der RDB-Deckelstutzen in der Anlage KWO wurde vorgestellt. Nach Angaben des Betreibers sind die in Außenposition befindlichen Reservestutzen vollständig über die Länge geprüft worden. Der Betreiber ging auf das Einschweißen der Stutzenrohre in den RDB-Deckel und die Schweißnahtausführung der RDB-Deckelstutzen ein und zog einen Vergleich hinsichtlich der Konstruktion/Herstellung/Qualität mit der Anlage Davis Besse. Im Hinblick auf frühere Befunde in Stutzenrohren französischer Anlagen ging der Betreiber der Anlage KWO auf den Vergleich der Beanspruchung der Stutzenrohre im Betrieb (Vergleich KWO-Bugey, Block 3), Rissbildung fördernde Faktoren in französischen Anlagen sowie Rissbildung vermeidende Faktoren in der Anlage KWO ein.

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen zum Erhalt der Betriebsgenehmigung sind nach Darlegung des Betreibers der Anlage KWO Finite-Elemente-Berechnungen für den Einschweißbereich des Deckelstutzens durchgeführt worden; der Betreiber gab als Ergebnis für die maximalen Erschöpfungsgrade aus der Ermüdungsanalyse  $D = 0,24$  für die Schweißnaht Stutzen/Deckel und  $D = 0,02$  für den Ferrit nahe der Schweißnaht an. Auch Untersuchungen zum Risswachstum infolge SpRK für den Werkstoff Inconel 600 in DWR-Kühlmittel seien erfolgt.

Der Betreiber der Anlage KWO verglich die Flanschausführungen der RDB-Deckelstutzen KWO/Davis Besse und stellte den Verlauf der Leckrate in der US-amerikanischen Anlage Davis Besse von Januar 2000 bis Januar 2002 vor. Im Vergleich wurde vom Betreiber der Verlauf der Leckrate bei Flanschleckagen (Dichtungen) im Jahre 1994 in der Anlage KWO gezeigt. Hinsichtlich der Leckageerkennung werden neben globalen Verfahren die zwei betrieblichen, lokalen Leckageerkennungen am RDB-Deckel BLISS (Bartec Leakage Indication Sensor System: selbstüberwachend und im Bereich der Deckelstutzenflanche, Überwachung der Flanschverbindungen YA01 M001 (Sensor-Kabel) angeordnet) und FLÜS (Feuchte-Überwachungssystem) im Bereich der RDB-Deckelstutzen YA01 M010 (Sensor-Schlauch) eingesetzt; die technischen Daten und die Leistungsfähigkeit wurden vom Betreiber auf Nachfrage des Ausschusses erläutert. Nach Angaben des Betreibers handelt es sich bei BLISS um ein Leckageerkennungssystem im Sinne einer Ja/Nein-Indikation mit einer Ansprechschwelle von ca. 10 l/Tag, das seit Anfang der 90-er Jahre eingesetzt werde; das System FLÜS komme seit 1995 zum Einsatz. Nach Angabe der zuständigen Landesbehörde Ministerium für Umwelt und Verkehr - Baden-Württemberg (UVM B-W) haben Versuche zur Ermittlung der Ansprechschwelle im Falle von FLÜS ca. 1 l/Stunde ergeben.

Abschließend ging der Betreiber der Anlage KWO auf die visuellen Inspektionen im Bereich des RDB-Deckels und die weiteren zFP an Stutzen und RDB-Deckel sowie die Sonderprüfungen an den Stutzen im Jahr 1992 und Wirbelstromprüfungen an den Stutzen (1992, 1994/2000) ein. Auf der Grundlage der in den vergangenen zehn Jahren durchgeführten Untersuchungen und Prüfungen sowie der Leckageüberwachung während des Betriebes ergeben sich nach Angaben des Betreibers keine Hinweise auf Anrisse oder Leckagen an den Stutzenrohren des RDB-Deckels.



Auf Grund seiner hohen Sensibilität bei betrieblichen Leckagen, der sehr empfindlichen globalen und lokalen Leckdetektion, der Zugänglichkeit und der regelmäßigen Sichtprüfungen sowie der umfangreichen weiteren zerstörungsfreien Prüfungen (WKP) ist aus Sicht des Betreibers ein dem Vorkommnis in der Anlage Davis Besse vergleichbarer Schadensmechanismus in der Anlage KWO sicher auszuschließen.

In der Diskussion wurde - im Hinblick auf die in der amerikanischen Anlage Davis Besse aufgetretene Leckrate von 30 l/Tag (Zeitraum 06.01.2000 bis 02.01.2002) mit Spitzenwerten von bis zu 80 l/Tag (10.02.2001 bis 12.02.2001) - die für die Anlage KWO typische Grundleckrate von ca. 10 bis 15 l/Tag und die Sensibilität der Betriebsleitung bei eindeutigen Trends zu höheren Werten hin angesprochen, aus denen das Abfahren der Anlage sich ergeben könne. Seitens des UVM B-W wurde diesbezüglich auf die Mitteilung des Betreibers vor dem Abfahren der Anlage aus Anlass der Leckagen an den Flanschdichtungen der Stutzen in Position H12 und E05 im Jahre 1994 hingewiesen. Hinsichtlich der konstruktiven, fertigungs- und werkstofftechnischen Gesichtspunkte sowie der Dichtungsausführung Steuerstab-Stutzen bei DWR-Anlagen in Deutschland wurde auf die 25. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 15.05.2002 verwiesen.

Die gezielte Sichtprüfung des RDB-Deckels (außen) in deutschen Kernkraftwerken ist zurzeit nicht vorgeschrieben. Dem Ausschuss wurde berichtet, dass aus Anlass des Vorkommnisses in der amerikanischen Anlage Davis Besse in mehreren deutschen Anlagen Prüfungen erfolgt seien. Bei einem angelegten vollen Atemschutz des Prüfers sei die Aussagefähigkeit der Prüfung insbesondere des Stutzenfeldes als beeinträchtigt anzusehen. Er schlage vor, alle vier Jahre eine mechanisierte Sichtprüfung mit Videoaufzeichnung durchzuführen.

Es sei mit den zurzeit verfügbaren speziellen Prüfsonden möglich, die Steuerstabstutzen von der Innenseite aus mit Wirbelstrom zu prüfen, wenn der Spalt zwischen Steuerstabführungsrohr und dem Stutzen breiter als 1,5 mm ist. Dieses sei nicht in allen DWR-Anlagen gegeben. Im Hinblick auf das Vorkommnis in der schwedischen Anlage Ringhals, Block 4 (Berichterstattung der GRS in der 23. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 17.01.2001) sollte aus Sicht des Ausschusses die zerstörungsfreie Prüfung medienberührter Schweißnähte, die zum Teil zurzeit nicht möglich ist, ertüchtigt werden.

Der Vertreter des Sachverständigen TÜV Energie- und Systemtechnik GmbH Baden-Württemberg gab eine sicherheitstechnische Bewertung der Deckelstutzendurchführungen des RDB der Anlage KWO ab; der vorangegangene umfangreiche Bericht des Betreibers sei aus seiner Sicht zutreffend. Der Berichterstatter gab eine kurze Darstellung der Begutachtungstätigkeit zur Anlage KWO; in den Jahren 1991 bis 1994 seien detaillierte gutachterliche Untersuchungen erfolgt, die von den Ergebnissen späterer zerstörungsfreier Prüfungen bestätigt worden seien. Mit Bezug zur Stellungnahme des TÜV Südwest vom 17.01.1994 ging der Sachverständige - zum Vergleich der Inconel 600-Deckelstutzen der Anlagen Bugey, Block 3/Davis Besse/KWO hinsichtlich ihrer Anfälligkeit gegenüber SpRK - auf die Deckelwanddicke, den Kugelradius, die Stutzenabmessungen, die Druckprüfung, den Werkstoff und die Erzeugnisform ein. Weiterhin zog er einen Vergleich zum Einbau, zur Einschweißung, zum Nahtvolumen und zur erfolgten Spannungsarmglühung und gab einen Überblick über die zFP des RDB-Deckels der Anlage KWO mit TÜV-Teilnahme, aus denen sich keine Hinweise auf Anrisse oder Leckagen ergeben hätten. Der Sachverständige

gab die zusammenfassende Bewertung ab, dass aus seiner Sicht für die Beständigkeit der Inconel-600-Stützen gegen SpRK in der Anlage KWO zwei Faktoren hauptverantwortlich sind:

- Konstruktions- und herstellungsbedingt sind wesentlich geringere Betriebsspannungsmaxima an den Stützeninnenseiten im Einschweißbereich als bei den Stützen in den französischen und US-amerikanischen Vergleichsanlagen.
- Erzeugnisformbedingt (Verwendung warmverformter Rohre) liegt ein homogenerer und unempfindlicherer Werkstoffzustand vor.

Diese Bewertung werde durch die Ergebnisse der umfangreichen zFP bestätigt.

Der Vertreter des UVM B-W wies ergänzend darauf hin, dass die berichteten Sachverhalte seinerzeit im Zusammenwirken mit der RSK bearbeitet worden seien. Von Seiten der zuständigen Landesbehörde seien den Berichten des Betreibers und des Sachverständigen keine Ergänzungen hinzuzufügen.

#### **148. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB am 21.01.2003 (Beratungsunterlagen [15-17])**

Der RSK-Ausschuss REAKTORBETRIEB schloss sich bei seiner Bewertung den Empfehlungen in der GRS-Weiterleitungsnachricht zum Vorkommnis [17] an.

#### **367. RSK-Sitzung am 13.11.2003 (Beratungsunterlage [18])**

Das BMU führte aus, dass die RSK den Ablauf in der Anlage Davis Besse bewerten solle. In ihrer Stellungnahme solle die RSK auf die Ursachen eingehen und diese einzeln bewerten. Hierbei sollten die wesentlichen Einzelaspekte wie z. B. das Verhalten des Betreibers, im Vergleich mit Deutschland, der Schadensablauf, usw. angesprochen werden.

## **4 Bewertungsmaßstäbe**

Die allgemeinen sicherheitstechnischen Anforderungen ergeben sich aus den BMI-Sicherheitskriterien, den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren und den entsprechenden KTA-Regeln.

Bei der Bewertung hat die RSK folgende Gesichtspunkte berücksichtigt:

Borablagerungen, die Korrosionsangriffe an sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten/Systemen zur Folge haben können, müssen vermieden werden und ggf. vorhandene Ablagerungen müssen rechtzeitig erkannt und Maßnahmen gegen weitere Ablagerungen umgesetzt werden.

Für die Bewertung der Erfüllung dieser Anforderung sind folgende Grundsätze heranzuziehen:

- Vermeidung von Leckagen durch entsprechende Vorsorge in der Konstruktion, der Materialwahl, der Betriebsweise sowie im Instandhaltungsmanagement,
- Rechtzeitiges Erkennen von Leckagen durch kontinuierliche Überwachung und durch Wiederkehrende Prüfungen,
- Funktionierendes Sicherheitsmanagement derart, dass bei Vorliegen von Indikatoren hinsichtlich Pirmärkreisleckagen, Ablagerungen, Hinweisen auf Korrosion usw. unverzüglich wirksame Maßnahmen zur Verhinderung unzulässiger Folgen eingeleitet werden.

Die RSK hat geprüft, ob diese Anforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik bei der Bewertung berücksichtigt wurden und die Untersuchungen im Hinblick auf die vorgetragenen und erläuterten Sachverhalte plausibel sind.

## **5 Sicherheitstechnische Bewertung des Sachverhalts**

Die RSK stellt fest, dass das Vorkommnis aufgrund der schnell fortschreitenden Korrosion eine hohe sicherheitstechnische Bedeutung besitzt, da alle vier Schutzziele betroffen sind. Bei dem vorhandenen Befundbild hätte ein Versagen der Wandung in diesem Bereich zu einem Kühlmittelverluststörfall mit Leckage am RDB geführt, wobei ein gleichzeitiger Auswurf des betroffenen Steuerstabes nicht auszuschließen ist. Die besondere Bedeutung liegt auch darin, dass vom Betreiber dieser Anlage die Korrosionsart und -rate unterschätzt wurde, obwohl der Mechanismus bekannt war. Zudem lagen in der Anlage etliche Indikatoren vor, wie z. B. massiver Anfall von Korrosionsprodukten in Kühlern und Filtern, die dazu hätten führen müssen, die Ursachen eindeutig zu ermitteln und Gegenmaßnahmen einzuleiten. Grundsätzlich kann der Korrosionsmechanismus auch auf deutsche Anlagen übertragen werden. Bezüglich der Ursache und der Defizite in der Instandhaltung ist eine direkte Übertragbarkeit nicht gegeben, worauf folgend noch näher eingegangen wird. Das Vorkommnis ist ursächlich durch einen massiven Instandhaltungsfehler und nicht alleine durch die Werkstoffmechanik bedingt.

Die RSK weist darauf hin, dass die Behörden und die Sachverständigen im Rahmen der Genehmigung und Aufsicht in Deutschland den Anlagenbetrieb wesentlich enger begleiten. Die Problematik von Korrosionsvorgängen ist in der Vergangenheit in der RSK vom Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN umfangreich diskutiert worden. Als Ergebnis der damaligen Beratungen sind in allen Anlagen Prüfungen an den Stützen des RDB-Deckels durchgeführt worden. Bis auf die Anlage KWO sind in allen DWR-Anlagen des Anlagenherstellers Siemens/KWU an den Stützen Doppeldichtungen und Prüflleitungen (Leckageüberwachung) eingebaut, die nach dem Einbau auf Dichtigkeit überprüft worden sind.

In der Anlage KWO ist ein spezielles Deckel-Leckageüberwachungssystem eingebaut worden, das empfindlicher als das integrale Leckageüberwachungssystem der anderen Anlagen ist. Ferner muss darauf hingewiesen werden, dass die Konstruktion (Steuerstabstützen/RDB-Deckel) und die Werkstoffe der Steuerstabstützen von Siemens/KWU-DWR-Anlagen nicht mit der Anlage Davis Besse vergleichbar sind.

In deutschen Anlagen gab es im Gegensatz zu den amerikanischen Anlagen kaum Vorkommnisse zur Borsäurekorrosion. Hierzu gab es eine Länderumfrage des BMU (Korrosionsbefunde am RDB-Deckel einer US-amerikanischen Anlage, Schreiben des BMU an die GRS vom 3. April 2002 mit Anlagen (Stellungnahmen der Länder auf eine Anfrage des BMU – RS I 3 – 14 200/1)), in der ausdrücklich bestätigt worden ist, dass bei den deutschen DWR-Anlagen – für SWR-Anlagen ist technisch bedingt im Normalbetrieb Borsäurekorrosion nicht möglich – keine Leckagen an den Deckelstützen aufgetreten sind.

### **Vermeidung von Leckagen**

In deutschen Anlagen ist auf Grund der Konstruktion – eingeschraubter Stützen mit Einschweißnaht – und auf Grund werkstofftechnischer Randbedingungen die im US-amerikanischen Kernkraftwerk Davis Besse beobachtete Schadensbildung (SpRK der Inconel-Stützen und in Folge Flächenkorrosion durch Borsäure) nach dem heutigen Kenntnisstand, mit Ausnahme des Kernkraftwerks Obrigheim (KWO), nicht zu erwarten. Die Einschränkung bezüglich der Anlage KWO bezieht sich ausdrücklich auf den Werkstoff. Nachdem im Jahre 1991 in den französischen Anlagen Bugey (Blöcke 1 und 3) und Fessenheim (Block 1) Risse in den Stützen der Druckrohre der Steuerstabantriebe gefunden worden waren, sind die deutschen Anlagen ohne Befund geprüft worden. In der Anlage KWO wurden die Stützen vollständig geprüft. Die in der Anlage KWO eingebauten Deckeldurchführungen sind auf Grund von konstruktiven, herstellungs- und ergebnisformbedingten Gegebenheiten (z. B. geringes Spannungsniveau) beständiger gegen Schädigung durch SpRK als bei den französischen und US-amerikanischen Vergleichsanlagen.

Allgemein können wanddurchdringende Risse in Komponenten oder insbesondere Leckagen an Dichtungen nicht ausgeschlossen werden. Bei Austritt von borhaltigem Kühlmittel (beim SWR in Bereichen mit sicherheitstechnischer Bedeutung hinsichtlich der Integrität nicht vorhanden) kann es auch zu Borablagerungen kommen. In deutschen DWR-Anlagen hat es Borablagerungen unter anderem in Sicherheitsventilen des Primärkreises und auch vereinzelt bei kleinen Leckagen gegeben. Der RSK sind keine Fälle bekannt, bei denen die Ablagerungen im weiteren Verlauf zu signifikanter Korrosion geführt haben. Dies ist ein Hinweis auf ein bei erkannten Leckagen funktionierendes Instandhaltungsmanagement in deutschen Anlagen.

### **Erkennung von Leckagen**

Die äußeren Bereiche des Reaktordruckbehälterdeckels werden in jährlichen Abständen visuell während des Brennelementwechsels geprüft. Die Isolation im Außenbereich wird dazu abgenommen. Die Zugänglichkeit des Reaktordruckbehälterdeckelbereichs ist in deutschen Kernkraftwerken im Vergleich zu US-amerikanischen Anlagen besser, da der bei amerikanischen Anlagen am Deckel aufgeschweißte „Mantel oder Kragen“ bei deutschen Anlagen fehlt. Die Isolierung (Isolationshaube) ist in deutschen Anlagen komplett abnehmbar.

Die Prüfintervalle für zerstörungsfreie Prüfungen des RDB- Deckels betragen in Deutschland gemäß der KTA-Regel 3201.4 vier bzw. fünf Jahre. Die Rundnähte und die Grundwerkstoffbereiche der Stege im

Stutzenfeld werden nach dem KTA-Regelwerk mit Ultraschall sowie im übrigen Bereich visuell geprüft (integrale Sichtprüfung). Die Ultraschallprüfungen werden an der Außen- und Innenoberfläche und im Volumen vorgenommen; die Prüfgerätetechnik basiert entsprechend einer Absichtserklärung der Betreiber von DWR-Anlagen auf der Phased-Array-Technik, die derzeit die fortschrittlichste und modernste Technik ist. Es erfolgen auch integrale visuelle Prüfungen; Ablagerungen und Verfärbungen würden dabei erkannt.

Auf Grund des in deutschen Anlagen vorhandenen Überwachungssystems an den Flanschen der Druckrohre sind Leckagen erkennbar. Dies ist auch durch die bisherigen Erfahrungen mit Leckagen im Bereich des RDB-Deckels bestätigt worden. Im Falle von Leckagen muss deren Ursache umgehend geklärt und Abhilfe geschaffen werden.

Zwei sehr empfindliche Leckageerkennungssysteme BLISS und FLÜSS gibt es im Deckelbereich des RDB der Anlage KWO. Die Berichterstattungen ließen erkennen, dass mit diesen Systemen eine dem erforderlichen Maß entsprechende Sensibilität für betriebliche Leckagen und deren mögliche Änderungen gegenüber dem Normalbetrieb entwickelt wurde.

Verglichen mit der US-amerikanischen Anlage Davis Besse liegen auch durch die zerstörungsfreien Prüfungen (Herstellungs- Erst- und Wiederkehrende Prüfungen) wesentlich bessere Verhältnisse bei KWO vor.

Generell werden gemäß dem KTA-Regelwerk an den übrigen Primärkreis Komponenten die Schraubverbindungen nach jedem Lösen der Schraubverbindungen gezielt visuell inspiziert (direkte Sichtprüfung). Außerdem erfolgt eine integrale Sichtprüfung im Rahmen einer Anlagenbegehung. Mit diesen Prüfungen können Leckagespuren und Ablagerungen sowie Verfärbungen an den nicht einisolierten Oberflächen der Komponenten erkannt werden.

## **Sicherheitsmanagement**

Ein wesentlicher Bestandteil eines funktionierenden Sicherheitsmanagements ist die Implementierung eines wirksamen, sicherheitsgerichteten Instandhaltungsmanagements. Dieses beginnt bei vorbeugenden Wartungen und beinhaltet weiter die wirksame Leckageerkennung (siehe oben) und die Umsetzung von Maßnahmen zur Verhinderung unzulässiger Folgen. In der Anlage Davis Besse waren hinreichend Erkenntnisse sowie Indikatoren für unerwartete Korrosionsvorgänge vorhanden, die unbedingter Anlass zum Handeln gewesen wären.

Bei Leckagen in anderen Bereichen, insbesondere auch im Bereich lösbarer Verbindungen, muss das Instandhaltungsmanagement dafür Sorge tragen, dass es zu keinen Korrosionsvorgängen infolge von Borablagerungen kommt.

Auch auf Grund der in Deutschland engen aufsichtlichen Begleitung des Anlagenbetriebes durch die Aufsichtsbehörden und die eingeschalteten Gutachter und der dazu vorhandenen Vorschriften ist es nicht zu erwarten, dass der Ursache von derart deutlich vorhandenen Indikatoren, wie der hohe Anfall von Korrosionsprodukten in Kühlern und Filtern, nicht hinreichend nachgegangen wird.

## 6 Empfehlungen

Insgesamt ist festzustellen, dass der Korrosionsproblematik generell beim Betrieb von Kernkraftwerken für die weitere Lebensdauer eine zunehmend hohe sicherheitstechnische Bedeutung zukommt. Das zeigt das Vorkommnis in der amerikanischen Anlage Davis Besse. Das Vorkommnis hat aufgrund der schnell fortschreitenden Korrosion in der RDB-Wand eine hohe sicherheitstechnische Bedeutung, da bei einem Versagen der Wandung alle vier Schutzziele betroffen sind.

Die RSK empfiehlt auf der Basis der in deutschen Kernkraftwerken vorliegenden Verhältnisse bezüglich dieses Ereignisses folgende Maßnahmen:

- (1) Bei jedem Brennelementwechsel ist nach Abnahme der äußeren Isolierung des RDB-Deckels eine integrale visuelle Prüfung (direkte Sichtprüfung) vorzunehmen; das Ergebnis dieser Prüfung ist zu dokumentieren.
- (2) Bei jeder WKP der RDB-Deckelstege ist eine gezielte Sichtprüfung des Stützenfeldes durchzuführen (Sichtprüfung nach DIN 25435-4).
- (3) Die im Zuge der wiederkehrenden, zerstörungsfreien Prüfungen abisolierten Bereiche der übrigen Primärkreis Komponenten sind zusätzlich visuell zu inspizieren (direkte Sichtprüfung).
- (4) Für Komponentenbereiche mit medienberührten Schweißungen aus Nickelbasislegierung, die planmäßig nicht abisoliert werden (z. B. Heizstabstützen am Druckhalter, Messstützen, Kleinleitungen), sind integrale Sichtprüfungen festzulegen.
- (5) Werden Anomalien wie verstärkter Anfall von Korrosionsprodukten in der Raumluft (Filter) im Betrieb festgestellt, muss eine eindeutige Klärung der Herkunft erfolgen und es müssen weitergehende Maßnahmen festgelegt werden.
- (6) Wenn beim Primärsystem Hinweise auf Leckagen und auf Borsäureablagerungen festgestellt werden, ist der betroffene Bereich gezielt hinsichtlich Ursache und möglicher Korrosionsangriffe zu inspizieren.
- (7) Ergeben sich im unmittelbaren Bereich des RDB, insbesondere im Bereich der Reaktorgrube durch Leckwasseranfall mit Borsäure oder durch Ablagerungen von Korrosionsprodukten Hinweise auf mögliche Borleckagen, so sind zur Klärung von deren Herkunft entsprechende Maßnahmen einzuleiten.
- (8) Die oben geforderten Prüfumfänge sind im Prüfhandbuch festzuschreiben. Im Betriebshandbuch (BHB) sind die nach (5), (6) und (7) zu treffenden Maßnahmen festzulegen.

Im Übrigen schließt sich die RSK den Empfehlungen der GRS-Weiterleitungsnachricht WLN 02/2003 an.

## 7 Verwendete Unterlagen, Informationen und Erkenntnismittel

Im Einzelnen wurden nachfolgend aufgeführte Unterlagen, Informationen und Erkenntnismittel verwendet.

- [1] Borsäurekorrosion am Reaktordruckbehälterdeckel der Anlage Davis Besse  
Vortragsfolien zum Bericht der GRS  
Tischvorlage zur 140. Sitzung des Ausschusses REAKTORBETRIEB am 24.04.2002
- [2] Kopien von Folien, die von der GRS in der 141. Sitzung des RSK-Ausschusses REAKTORBETRIEB am 24.04.2002 gezeigt wurden
- [3] RSK-Information DKW25/8  
Korrosionsmulde im Deckel des Reaktordruckbehälters im US-amerikanischen Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktoren Davis Besse, Block 1, entdeckt im Brennelementwechsel Februar/März 2002
- [4] A. Roth, G. König:  
Benetzungen von Bauteilen aus un- und niedriglegierten Stählen in DWR-Anlagen mit borsäurehaltigen Medien und deren Folgen – Betriebserfahrungen und aktueller Stand von Wissenschaft und Technik zur Korrosion von un- und niedriglegierten Stählen in wässrigen Borsäurelösungen  
25. MPA-Seminar, Stuttgart, 07./08.10.1999  
Vortrag Nr. 47
- [5] Kopien von Folien, die von der GRS in der 25. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 15.05.2002 gezeigt wurden
- Borsäurekorrosion am Reaktordruckbehälterdeckel der Anlage Davis Besse
  - Große Korrosionsmulde im RDB-Deckel
  - Befunde
  - Reactor Pressure Vessel Head Degradation Location
  - Photo of Degraded Area Adjacent to Nozzle 3
  - Cross-Sectional Sketch of Degraded Area Adjacent to Nozzle 3
  - Nozzle 2 Metal Loss
  - Allgemeine Prüfanforderungen der WKP nach ASME XI (2001)
  - Generic Letter 88-05: Programm gegen Borsäurekorrosion, Ziel: Vermeidung großer Lecks in der DFU
  - RPV Head Configuration
  - Access Openings

- Flanschleckagen und Leckraten
- Ergebnisse der visuellen Inspektionen bei Revisionen
- NRC Bulletin 2001-01: Umfangsrissebildung an Deckelstützen
- Inspection Results
- Ergebnisse der US-Prüfung nach NRC Bulletin 2001-01
- Findings
- Indikatoren für signifikante Korrosion/Lecks an Stützen
- Schlussfolgerungen der US NRC

[6] Deckelprüfung in KWU-Druckwasserreaktoren, Vorlage zur 25. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 15.05.2002, Kopien von Folien, IntelligeNDT  
Framatome ANP

[7] Kopien von Folien von Framatome ANP:

- Nickelbasislegierungen, Inconel 600 RDB-Deckeldurchführungen
- Einfluss des Nickelgehalts auf die IGSCC-Anfälligkeit in Hochtemperaturwasser
- RDB-Deckel Borsäurekorrosion, Konstruktion Aufbau RDB Davis Besse
- RDB-Deckel Borsäurekorrosion, Fotos Davis Besse
- RDB-Deckel Borsäurekorrosion, Borsäureaustritt Inspektionsöffnungen, Fotos
- RDB-Deckel Borsäurekorrosion, Hinweise auf Borsäurekorrosion
- Probable Timeline
- Davis Besse Estimated Reactor Vessel Closure Head Corrosion Rates
- RDB-Deckeldurchführungen
- Übertragbarkeit auf S/KWU-DWR-Anlagen
- Dichtungsausführung Steuerstab-Stützen

[8] Auszug TOP 4 des Ergebnisprotokolls der 193. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN am 06.03.1992

[9] Auszug TOP 6 des Ergebnisprotokolls der 195. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN am 04.05.1992

[10] Auszug TOP 3 des Ergebnisprotokolls der 207. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN am 11.05.1993

[11] Auszug TOP 3 des Ergebnisprotokolls der 219. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN am 18.05.1994

[12] Auszug TOP 8 des Ergebnisprotokolls der 287. RSK-Sitzung am 14.09.1994



- [13] Sicherheitstechnische Bewertung der Deckelstutzen des Reaktordruckbehälters, Vorlage des Kernkraftwerks Obrigheim zur 29. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 04.09.2002 in Bonn, 15.08.2002
- [14] Tischvorlage des TÜV Süddeutschland zur 29. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 04.09.2002 in Bonn, 03.09.2002
- [15] Anlage 1 zum Ergebnisprotokoll der 30. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 09.10.2002 STELLUNGNAHME des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE  
„Korrosionsmulde im Deckel des Reaktordruckbehälters im amerikanischen Kernkraftwerk Davis Besse Block 1“
- [16] Ergebnisprotokoll der 29. Sitzung des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE am 04.09.2002 (TOP 6)
- [17] Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS)  
Weiterleitungsnachricht 2003/02:  
Große Korrosionsmulde im Reaktordruckbehälter-Deckel des Kernkraftwerkes Davis Besse (USA)
- [18] RSK-Information RSK365/9  
Vorkommnis der INES-Kategorie 3 im amerikanischen Kernkraftwerk “Davis Besse” vom 06.03.2002, “Borsäurekorrosion am Reaktordruckbehälterdeckel”  
SCHRIFTLICHER BERICHT der RSK-Ausschüsse REAKTORBETRIEB und DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE