

## **Vorläufige Kurzbewertung der Sicherheitsnachweise für die Reaktordruckbehälter der belgischen Kernkraftwerke Doel-3 / Tihange-2**

### **Veranlassung und Vorgehensweise**

Mit der vorläufigen IRS-Meldung Nr. 8244 wurde von der belgischen Behörde FANC über Ultraschall(UT)-Anzeigen am Reaktordruckbehälter (RDB) des belgischen Kernkraftwerks Doel, Block 3, (Doel-3) berichtet. Die RSK wurde daraufhin mit Schreiben vom 23.08.2012 vom BMU mit einer Stellungnahme zu dem Ereignis beauftragt. Nach vorbereitenden Arbeiten des RSK-Ausschusses DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE (DKW) in der 122. Sitzung am 12.09.2012 hatte die RSK den Sachverhalt beraten und ihre Stellungnahme zu den Ultraschallanzeigen am Reaktordruckbehälter des belgischen Kernkraftwerks Doel, Block 3 (Doel-3), in der 454. Sitzung am 17.01.2013 abgegeben [1].

Auf Bitte des BMU nahm der Ausschuss DKW auf der 129. Sitzung am 28./29.05.2013 die Beratungen erneut auf. In der 150. DKW-Sitzung am 16./17.12.2015 wurde berichtet, dass die belgische Aufsichtsbehörde FANC am 17.11.2015 eine Pressemeldung veröffentlichte, nach der die Genehmigung für das Wiederanfahren der belgischen Kernkraftwerke Doel-3 und Tihange-2 erteilt wurde. Zeitgleich waren von FANC auch die Berichte über die Sicherheitsnachweise und deren Begutachtung veröffentlicht worden. Die vom Ausschuss DKW in der 150. Sitzung festgestellten offenen Punkte [2] wurden dem BMUB als Fragenkatalog übergeben.

In den RDB der Anlagen waren Ultraschallanzeigen gefunden worden, die auf Wasserstofflocken, d. h. rissartige Trennungen innerhalb des Werkstoffs, zurückgeführt wurden. Das BMUB übergab den Fragenkatalog im Rahmen eines von der belgischen Aufsichtsbehörde FANC zu diesem Thema organisierten Workshops am 11./12. Januar 2016 der FANC. Die im Fragenkatalog gestellten 15 Fragen wurden teilweise mündlich auf dem Workshop behandelt. Schriftliche Antworten wurden von FANC am 19.02.2016 an das BMUB übermittelt [3]. Diese Antworten umfassen insgesamt 31 Seiten, dabei wird teilweise aus bereits vorgelegten Berichten zitiert.

Das BMUB hat den RSK-Ausschuss DKW beauftragt, auf seiner 152. Sitzung am 17.03.2016 die Tragfähigkeit der Nachweisführung in Bezug auf die Integrität der beiden Reaktordruckbehälter der Anlagen Doel-3 und Tihange-2 zu bewerten. Auf der Grundlage dieser Bewertung wurde bei einem bilateralen Fachgespräch zwischen dem BMUB und der belgischen Behörde unter Beteiligung von Mitgliedern des RSK-Ausschusses DKW und der GRS am 05./06.04.2016 technische Details der Nachweisführung vertieft diskutiert und die dabei erhaltenen zusätzlichen Detailinformationen in der Bewertung berücksichtigt.

Die RSK beriet und verabschiedete die vorläufige Kurzbewertung in ihrer 483. Sitzung am 13.04.2016.

---

## **Vorläufige Kurzbewertung**

### **Ursache und Befunde**

Die beschriebene Ursache von Seigerungen bei der Fertigung und des Entstehens von rissartigen Trennungen im Werkstoff aufgrund von „Wasserstofflocken“ ist nachvollziehbar und plausibel. Die Ergebnisse aus der zerstörungsfreien Prüfung können deshalb für die weitere Bewertung herangezogen werden. Der Fehlerzustand in den Schmiederingen der beiden RDB wird mit den Mitteln der ZfP weitgehend erfasst. Möglicherweise vorliegende Fehler oder Verbindungen zwischen Wasserstofflocken, die vollständig abgeschattet sind, können nicht erkannt werden, allerdings wären diese durch die Festlegung des quaderförmigen Bereichs zur Charakterisierung des Rissfeldes („Box“) geometrisch mit enthalten.

### **Werkstoffzustand unter Berücksichtigung der Bestrahlung**

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung von Werkstoffkennwerten konnte weitgehend nachvollzogen werden. Die Übertragungskette für die Festlegung der Sprödbruchübergangstemperatur nach Bestrahlung stellt einen pragmatischen Ansatz dar. Die derzeit bekannten Unsicherheiten bezüglich des Werkstoffzustandes aufgrund des Ausmaßes der Seigerungszone der beiden RDB werden im Hinblick auf die Sprödbruchübergangstemperatur durch Zuschläge berücksichtigt.

### **Integritätsnachweis**

Die Befunde erfordern einen Integritätsnachweis unter Anwendung bruchmechanischer Berechnungsmodelle. Bei den Berechnungsmodellen sind Fragen offen geblieben in Bezug auf die Lastannahmen und Randbedingungen für Notkühltransienten, die Bestimmung der lokalen Rissbeanspruchung und die Berücksichtigung der Anisotropie des Werkstoffs sowie der Eigenspannungen im Grundwerkstoff unterhalb der Plattierung infolge des Plattierungsprozesses.

Der ebenfalls zu führende Tragfähigkeitsnachweis wurde unter Anwendung von ASME BPVC, Section III, geführt. Dabei wurde ein Berechnungsmodell verwendet, das die Rissbefunde beinhaltet. Das zugrundeliegende Werkstoffmodell berücksichtigt jedoch nicht das bruchmechanische Verhalten eines Bauteils mit Rissen, so dass möglicherweise die Tragfähigkeit des RDB überschätzt wird.

### **Fazit**

Aufgrund der umfangreichen Untersuchungen und geführten Nachweise zu den RDB Doel-3 und Tihange-2 sowie der vorliegenden Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben im Rahmen der Reaktorsicherheitsforschung in Deutschland kann davon ausgegangen werden, dass unter Betriebsbelastungen ein Integritätsverlust der drucktragenden Wand der RDB nicht zu unterstellen ist.

Bezüglich der Störfallbelastung ist aufgrund der oben genannten offenen Fragen für die RSK nicht nachvollziehbar, dass die hierfür geforderten und in den Nachweisen ausgewiesenen Sicherheitsabstände tatsächlich erreicht werden.

Um zu bestätigen, dass die erforderlichen Sicherheitsabstände eingehalten werden, bedarf es weiterer Nachweise sowohl experimenteller als auch analytischer Art. Hier ist von besonderer Bedeutung die Verifizierung der Konservativität der Anwendung des Ersatzfehlers für Rissfelder in anisotropen Werkstoffbereichen bei Störfällen mit mehrachsigen Beanspruchungen.

---

Aus heutiger Sicht gibt es keine konkreten Hinweise, dass die Sicherheitsabstände aufgezehrt sind. Es kann aber auch nicht bestätigt werden, dass diese sicher eingehalten werden.

## Quellen

- [1]      Ultraschallanzeigen am Reaktordruckbehälter des belgischen Kernkraftwerks Doel, Block 3 (Doel-3)  
RSK-Stellungnahme vom 17.01.2013
  
- [2]      Fragen zum Sicherheitsnachweis für die Reaktordruckbehälter der belgischen Kernkraftwerke Doel-3 / Tihange-2  
Anlage zum Ergebnisprotokoll der 150. Sitzung des RSK-Ausschusses  
DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE (DKW)  
am 17.12.2015
  
- [3]      FANC - federaal agentschap voor nucleaire controle  
Schreiben vom 18.02.2016 an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit, Appendix 1  
([http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Nukleare\\_Sicherheit/belgische\\_kernkraftwerke\\_antworten\\_en\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/belgische_kernkraftwerke_antworten_en_bf.pdf))