



International
Nuclear Risk
Assessment Group

INRAG Stellungnahme Tihange 2, 8. November 2018,

zur Bewertung der Sicherheitsnachweise für die Reaktordruckbehälter der belgischen Kernkraftwerke Doel-3 / Tihange-2 durch die deutsche Reaktorsicherheitskommission (RSK) vom 23.05.2018

Die Beratungskommission des Bundesumweltministerium in Fragen der kerntechnischen Sicherheit, die „RSK“ (Reaktorsicherheitskommission), hatte am 13.04.2016 festgestellt, dass aufgrund der festgestellten Risse beim Kernkraftwerk Tihange 2 nicht alle Nachweise der erforderlichen Störfallsicherheit erbracht seien (RSK 2016). Daraufhin hatte die damalige Bundesumweltministerin Hendriks Belgien gebeten, Tihange 2 bis zur Klärung der offenen Punkte einstweilen stillzulegen. Am 23.04.2018 beschloss die RSK eine neue Stellungnahme. Daraufhin gab die neue Bundesumweltministerin Svenja Schulze Entwarnung und erklärte, dass die Bitte an die belgische Regierung aus dem Jahr 2016 Tihange 2 einstweilen stillzulegen wegen der vielen offenen Fragen richtig gewesen sei. Heute seien die offenen Fragen zu den Sicherheitsnachweisen durch die die RSK jedoch weitgehend geklärt. (BMU 2018) Dadurch wurde in der Öffentlichkeit der Eindruck erweckt, mit der neuen RSK Stellungnahme sei bestätigt, dass der Sicherheitsnachweis für Tihange 2 „tragfähig“ sei (BTag 2018b) und besondere Risiken nicht mehr bestünden. Vgl. (BTag 2018a) Der belgische Betreiber Elektrabel führt im Klageverfahren der Städteregion Aachen die RSK Stellungnahme als Beweis dafür an, dass keine Bedenken gegen den Betrieb von Tihange 2 bestünden.

Die Experten der INRAG haben die Stellungnahme der Reaktorsicherheitskommission vom 23.05.2018 sowie die Aussagen des deutschen Bundesumweltministerium zur Sicherheit des belgischen Kernkraftwerks Tihange 2 eingehend untersucht und in mehreren Arbeitstreffen darüber beraten. Auf der Basis dieser Beratung hat der Vorstand (board) von INRAG am 8. November 2018 die folgende Stellungnahme verabschiedet.

Ein Versagen des Reaktordruckbehälters von Tihange 2 ist – auch unter Berücksichtigung der Ergebnisse der RSK Beratungen – weiterhin nicht praktisch ausgeschlossen. Ein Weiterbetrieb des Reaktors setzte jedoch den praktischen Ausschluss von Unfällen mit unüberschaubaren Folgen voraus.

Ein praktischer Ausschluss eines Reaktordruckbehälterversagens kann nur aufgrund einer geschlossenen Nachweiskette aufgrund sicherer und dokumentierter Materialkenndaten, qualifizierter und dokumentierter Prüfungen und geprüfter Berechnungsmethoden nach Stand von Wissenschaft und Technik erfolgen. Auf der Basis der bekannten Dokumente und Bewertungen ist der Sicherheitsnachweis zum praktischen Ausschluss eines RDB-Versagens jedoch weder durch den Betreiber oder durch die belgische Aufsichtsbehörde FANC erbracht worden. Der Sicherheitsnachweis wird auch nicht durch die Stellungnahme der RSK vom 23.05.2018 bestätigt. In ihrer Stellungnahme (RSK 2018) bestätigt die RSK explizit, dass ein ganz wesentlicher Teil des Sicherheitsnachweises noch nicht geführt ist: Es handelt sich insbesondere um Berechnungen zur Frage, ob der Reaktordruckbehälter unter Stressbedingungen hält oder nicht. Das vom belgischen Betreiber verwandte Berechnungsmodell ist nach Aussage der RSK nicht hinreichend abgesichert.

Darüber hinaus sind keine Dokumente bekannt, nach denen die Punkte, die in den Sicherheitsnachweisen von der RSK noch im April 2016 als „offen“ beschrieben worden waren, nach dem Stand von Wissenschaft und Technik geschlossen worden sind. Auch die RSK hat nach eigener Aussage nicht geprüft, ob die von ihrem beschriebenen offenen Punkt im belgischen Sicherheitsbericht nach dem Stand von Wissenschaft und Technik geschlossen sind. Die RSK bewertet zumeist nur die „Vorgehensweise“ des belgischen Betreibers und nicht das Ergebnis des Vorgehens. Mit Formulierungen, wie „die Vorgehensweise des Betreibers ist nachvollziehbar“ oder der Nachweis erscheine plausibel, oder es könne „davon ausgegangen werden“, lassen sich jedoch keine belastbaren Aussagen treffen, die den Mindestanforderungen von nationalen oder internationalen Regelwerken für die Führung von Sicherheitsnachweisen genügen. Belastbare Aussagen zu den verbleibenden Risiken des weiteren Betriebs der Anlage sind mit der angewandten Bewertungsmethode deshalb nicht möglich.

Die Darstellung der Nachweisführung der RSK ist darüber hinaus teilweise methodisch mangelhaft. Sie lässt häufig nicht hinreichend erkennen, ob es sich um eine Darstellung des Sachverhalts, eine Bewertung der belgischen Aufsichtsbehörde, um eine durch die RSK verifizierte Aussage der belgischen Aufsichtsbehörde oder um eine eigene Bewertung handelt. Die Bewertungen lassen häufig nicht erkennen, was die RSK geprüft hat und was sie nicht geprüft hat.

Die Stellungnahme gibt auch keinen Aufschluss über die anderen offenen Fragen, die von der RSK im Austausch mit belgischen Behörden und dem Betreiber diskutiert wurden und von der RSK als beantwortet betrachtet wurden.

Die von der RSK überhaupt aufgegriffenen Punkte decken darüber hinaus nur einen Teil der Risiken der Rissproblematik beim Kernkraftwerk Tihange 2 ab.

Aufgrund der Begrenzung ihres Kompetenzbereichs behandelt die RSK u.a. nicht die offenen Fragen des Genehmigungsverfahrens, die durch die These der Herstellungsbedingtheit der Risse aufgeworfen sind. Der Widerspruch, warum die Risse herstellungsbedingt sein sollen, aber bei der Herstellung nicht dokumentiert worden sind, kann nach eigenen Worten weder die belgische Aufsichtsbehörde FANC erklären, noch nimmt die RSK hierzu Stellung. Es stellt sich jedoch die Frage, wie es geschehen konnte, dass tausende von Rissen nicht dokumentiert wurden. Wenn dies geschehen konnte, wie sieht es mit der Dokumentation von an-deren sicherheitstechnisch wesentlichen Komponenten aus? Die Glaubwürdigkeit des Genehmigungsverfahrens und der Genehmigungsprüfungen als Garanten des sicheren Betriebs stehen in Frage. Nachbarstaaten und ihre Bevölkerung müssen sich aber darauf verlassen können, dass die Verfahren, die durch europäisches Recht vorgeschrieben sind, auch eingehalten werden. Das ist hier ganz offensichtlich nicht der Fall gewesen.

Die RSK behandelt insbesondere nicht die Verletzung des gestaffelten Sicherheitskonzept und der mangelnden Basissicherheit des Reaktordruckbehälters. Nach dem Verständnis des gestaffelten Sicherheitskonzepts, das bisher Grundlage der Sicherheit war, darf ein solcher Risse-Reaktordruckbehälter weder genehmigt noch eingebaut werden. Der Reaktordruckbehälter ist das Herzstück der Sicherheit, an dessen Qualität es keinen Zweifel geben darf. Das ist das Gebot des gestaffelten Sicherheitskonzepts und der Anforderungen der Basissicherheit. Aus diesem Grund war die ursprüngliche Auffassung des BMU konsequent: Das BMU befand noch im Jahre 2017, dass ein solcher Schmiedering, wie er in Tihange 2 eingebaut wurde, bereits nach der Herstellung „zu verwerfen“ wäre

(BTag 2017), und dass ein auf Ersatzüberlegungen beruhender Sicherheitsnachweis, wie er von der belgischen Seite geführt wird, aus Sicht des BMU grundlegenden Vorgehensweisen zur Bewertung der Sicherheit von Atomkraftwerken widerspreche (BTag 2016). Diese Sicherheitsgrundsätze hat das Bundesumweltministerium jetzt aufgegeben.

Ein Bruch mit diesen grundlegenden Sicherheitsprinzipien hätte eine massive Bedeutung für die in Europa geplanten Laufzeitverlängerungen von alten Kernkraftwerken. Die nukleare Gefährdungsschwelle würde europaweit bedeutend gesenkt. Die letztliche Verantwortung für die Bewertung der Sicherheit und die Sicherheitsmaßstäbe liegt dabei aber nicht bei Beratungskommissionen wie der deutschen RSK, sondern bei den obersten Atomaufsichtsbehörden, in Deutschland beim Bundesumweltministerium.

Zusammenfassend in Einzelpunkten:

- 1. Die RSK-Stellungnahme lässt keine Neubewertung der Sicherheit des Kernkraftwerks Tihange 2 gegenüber dem aus dem Jahr 2016 bekannten Stande zu. Das Risiko eines katastrophalen Versagens des Reaktordruckbehälters von Tihange 2 ist weiterhin nicht praktisch ausgeschlossen.*
- 2. Die RSK bestätigt explizit wesentliche Zweifel an der Sicherheitsbewertung der belgischen Aufsichtsbehörde FANC.*
- 3. Die RSK Stellungnahme selbst enthält keine Sicherheitsbewertung von Tihange 2.*
- 4. Der RSK Stellungnahme liegt nach eigener Aussage keine Überprüfung der von der belgischen Aufsichtsbehörde vorgelegten Sicherheitsbewertung nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu Grunde. Die RSK beschränkt sich darauf festzustellen, ob die vorgelegten Nachweise „plausibel“ und „nachvollziehbar“ sind. Was unter „plausibel“ und „nachvollziehbar“ im Einzelnen verstanden wird, ist in der Stellungnahme nicht ausgewiesen.*
- 5. Soweit die RSK wesentliche offene Punkte nunmehr für geklärt hält, liefert sie hierfür keine oder technisch nicht nachvollziehbare Begründungen.*
- 6. Die Darstellung der Nachweisführung der RSK ist teilweise methodisch mangelhaft. Sie lässt häufig nicht erkennen, ob es sich um eine Darstellung des Sachverhalts, eine Bewertung der belgischen Aufsichtsbehörde, um eine durch die RSK verifizierte Aussage der belgischen Aufsichtsbehörde oder um eine eigene Bewertung handelt. Die Bewertungen lassen häufig nicht erkennen, was die RSK eigentlich geprüft hat, was sie nicht geprüft hat und wo es sich lediglich um persönliche Einschätzungen der Autoren handelt.*
- 7. Auch diejenigen für die Sicherheit wesentliche offenen Fragen und Risiken, die nicht Gegenstand der RSK Stellungnahme sind, stehen einem weiteren Betrieb der Anlage weiterhin entgegen:*
 - Die offenen sicherheitsrelevanten Fragen der fehlerhaften Herstdokumentation, die Frage, warum die Risse nicht in der Herstdokumentation dokumentiert sind*

sowie die daraus folgende Fragwürdigkeit der Schutzwirkung des gesamten Genehmigungs- und Prüfverfahrens.

- *Die von der belgischen Aufsichtsbehörde selbst formulierten Zweifel und Widersprüchlichkeiten bei entscheidenden Fragen des Sicherheitsnachweises.*
- *Die Verletzung des gestaffelten Sicherheitskonzept und der mangelnden Basissicherheit des Reaktordruckbehälters.*

Begründung

In ihrer ersten Stellungnahme vom 13.04.2016 zum belgischen Sicherheitsnachweis von Tihange 2 hielt die RSK zusätzliche Nachweise für erforderlich sowie die Validierung von Methoden, um die Einhaltung der erforderlichen Sicherheitsabstände bei Störfällen bestätigen zu können (RSK 2016). Das Bundesumweltministerium bat die belgische Atomaufsicht daraufhin, das Kernkraftwerk Tihange 2 bis zum Nachweis der Sicherheit nicht weiter zu betreiben. (BTag 2016)

Nach dem Bericht des Bundesumweltministeriums vom 25.04.2016 (BTag 2016) waren zwischen der belgischen Aufsichtsbehörde sowie Vertretern von RSK und BMU bei einem gemeinsamen Workshop am 12./13. Januar 2016 insgesamt 19 offene Punkte diskutiert worden. 15 Fragen wurden von der RSK am 12. Januar schriftlich übergeben (BMU 2016). Von den 19 Fragen beim Workshop diskutierten Fragen waren auf der Grundlage der Antworten der belgischen Aufsichtsbehörde im April 2016 für das BMU im Wesentlichen folgende Fragen ungeklärt:

- Offene Fragen zu Messunsicherheiten (1 – 4)¹
- Das Ersatzfehlermodell decke nicht den Einfluss radialer Risse ab. (5)
- Fragen zur Berücksichtigung von spezifischen Materialeigenschaften, wie Seigerungen, Phosphorgehalt (10, 8, 7, 6)
- Wie seien die Annahmen zur Berechnung der Versprödung überprüft worden? Ob Konservativitäten vorhanden und ausreichend seien, könne auf Grund der vorhandenen Daten nicht abgeleitet werden. (12)
- Für welche Lastfälle und wie seien die Beanspruchungsanalysen durchgeführt worden? (13)
- Ist der ASME Code auf Rissfelder anwendbar? Die Berechnungsmethode sei bisher für Rissfelder und Seigerungszonen nicht ausreichend verifiziert worden. (17,11)
- Es seien keine bruchmechanischen Analysen auch unter Einschluss von postulierten Fehlern vorhanden. (16, 15)
- Die Berechnungsmodelle berücksichtigten nicht die Anisotropie (Richtungsabhängigkeit der Eigenschaften des Werkstoffs (S.33)
- Die Fehler in den Schmiederingen der beiden RDB seien mit den Mitteln der zerstörungsfreien Prüfung nicht vollständig erfasst: akustische Wechselwirkungen des eingestrahlten Ultraschalls und dessen Reflektionen zwischen den Fehlern, mögliche gegenüber dem eingestrahlten Ultraschall vollständig abgeschattete Fehler, stufenförmige rissartige Verbindungen zwischen Wasserstoffflocken (S. 33)

¹ Die Angaben in den Klammern beziehen sich auf die Fragen im Bericht des Bundesumweltministeriums an den Unterausschuss des Deutschen Bundestages vom 25.04.2016 (BTag 2016)

- Verletzung des gestaffelten Sicherheitskonzepts (19)

Die RSK hat am 23.05.2018 eine abschließende Stellungnahme in vier Kapiteln vorgelegt. In den ersten drei Kapiteln ihrer Stellungnahme legt die RSK den Ablauf Ihrer Beratungen sowie den Sachverhalt einschließlich der Bewertungen der belgischen Atomaufsicht und des Betreibers von Tihange 2 dar. Dabei wird auf Grund von sprachlichen Ungenauigkeiten häufig nicht klar, ob sich die RSK den Bewertungen der belgischen Seite anschließt oder sie diese Bewertungen lediglich darstellt. Die erforderliche Distanz zu den Beurteilungen der belgischen Betreiber des Kernkraftwerks Tihange schwimmt dadurch zuweilen. Im Folgenden wird jedoch davon ausgegangen, dass es sich um reine Darstellungen handelt und die Bewertung der RSK entsprechend der Überschrift ausschließlich in ihrem abschließenden vier Seiten umfassenden Kapitel 4 enthalten ist.

Die Bewertung in Kapitel 4 behandelt sechs Einzelfragen zu insgesamt vier offenen Punkten. Diese vier offenen Punkte waren nach den Diskussionen der RSK mit den belgischen Behörden und Betreibern seit April 2016 übrig geblieben. Sie waren der belgischen Seite mit Schreiben des BMU vom am 28. August 2017 mitgeteilt worden. Nach Ansicht der RSK waren die anderen offenen Fragen, die noch im Workshop im Januar 2016 diskutiert worden sind, inzwischen beantwortet. Aus welchen Erwägungen heraus, mit welchen Antworten, mit welchen Dokumenten und welchen Prüfungen und nach welchem Bewertungsmaßstab die übrigen Punkte geschlossen wurden, lässt sich der Stellungnahme der RSK nicht entnehmen.

Von den sechs nach der RSK bis zum Schluss noch offenen Fragen hält die RSK zwei für ungeklärt. Sie betreffen die Problematik, ob und gegebenenfalls wie sich die Risse unter Belastung fortpflanzen und die Integrität des Reaktordruckbehälters gefährden können. Es handelt sich damit um Fragen, die ganz wesentlich für die Sicherheit sind:

- **Bewertungsmethode für den Nachweis der Sprödbruchsicherheit sei nicht validiert**

Die RSK führt aus:

„Mit den 4-Punkt-Biegeversuchen sollte die angewandte Bewertungsmethode für den Nachweis der Sprödbruchsicherheit durch experimentelle Untersuchungen validiert werden.....

*..... Nach Auffassung der RSK ist zu berücksichtigen, dass bei dem hier vorliegenden spröden Werkstoffverhalten die Bruchzähigkeitswerte eine große Streuung aufweisen, so dass mit lediglich zwei Versuchen **keine ausreichende Datenbasis vorliegt. Darüber hinaus kann die bei diesen Versuchen vorliegende Belastungs- und Risskonfiguration nicht als repräsentativ für die im RDB vorliegenden miteinander in Wechselwirkung stehenden Risse unter mehrachsiger Beanspruchung angesehen werden.**“ (RSK 2018)*

- **Berechnungsmethode sei nur für einen einzelnen Riss validiert, nicht für ein Rissfeld**

Die RSK führt aus:

*Die Darstellung von Tractebel basiert auf der Betrachtung eines Einzelrisses..... Wird dagegen ein Einzelriss in einem Rissfeld betrachtet, dann wird die Rissbeanspruchung durch die umgebenden Risse beeinflusst und die für einen Einzelriss gültigen Lösungen sind nicht mehr uneingeschränkt gültig. In diesem Fall bietet die auf dem J-Integral basierende Charakterisierung der Rissbeanspruchung unter Anwendung der VCE Methode eine Möglichkeit diese Beeinflussung zu quantifizieren. Eine derartige Betrachtung wurde jedoch von Tractebel nicht durchgeführt. **Dadurch wird deutlich, dass mit der rechnerischen Bewertung des in den betroffenen Anlagen vorliegenden Fehlerbildes der Bereich der wissenschaftlich abgesicherten bruchmechanischen Methoden verlassen wird.***

In der Zusammenfassung ihrer Stellungnahme stellt die RSK dann auch fest, es verbleibe die Frage bezüglich einer ausreichenden experimentellen Absicherung der Berechnungsmethoden für Rissfelder. (RSK 2018)

Die Validierung der Berechnungsmethode ist eine zentrale Frage des gesamten Sicherheitsnachweises. Der belgische Betreiber hat eine Rechenvorschrift angewandt, die nur für die Betrachtung von Einzelrissen aber nicht für Rissfelder qualifiziert ist. Für Sicherheitsnachweise ist die Vorschrift daher nicht zugelassen. Solange die Rechenmethode nicht validiert ist, ist der Nachweis der Sicherheit nicht vorhanden.

Von den insgesamt sechs offenen Fragestellungen der vier verbleibenden Punkte, konnten zum Schluss die vier weiteren nach Auffassung der RSK geklärt werden. Die Begründungen, die die RSK hierfür liefert, entsprechen nach Auffassung von INRAG teilweise nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik, teilweise können sie nicht schlüssig nachvollzogen werden.

Im Einzelnen:

- **Verdeckte Risse:** Im offenen Punkt 1c der RSK-Stellungnahme geht es um das Problem, dass die Ultraschalltechnik nicht alle Risse detektieren kann. Es kann vorkommen, dass es quasi im Ultraschallschatten eines Risses weitere Risse gibt, die man nicht sehen kann. Der Betreiber berechnet nun die mögliche Wirkung eines solchen verdeckten Risses. Ohne diese Rechnung geprüft zu haben, führt die RSK aus, die Rechnung zeige,

„dass potenziell verdeckte Flockenrisse nur einen geringen Einfluss auf den maximal auftretenden Spannungsintensitätsfaktor haben und davon ausgegangen werden kann, dass dieser Einfluss durch die in der Nachweisführung berücksichtigten konservativen Annahmen und Sicherheitsfaktoren abgedeckt ist. Der offene Punkt ist daher aus Sicht der RSK abgeschlossen.“

Ohne die Überprüfung der in der Rechnung gemachten Annahmen kann nicht beurteilt werden, welche Aussagekraft sie hat. Es kommt beispielsweise darauf an, welche Annahmen man zum Abstand der Risse macht, ob man eine radiale oder nicht entdeckte sonstige Verbindung zwischen den Rissen unterstellt oder nicht. Die RSK kommt nicht zu dem Schluss, dass der Einfluss verdeckter Risse nach

Stand von Wissenschaft und Technik ausgeschlossen ist, sondern lediglich zu der Aussage, „dass davon ausgegangen werden könne“, dass die Konservativitäten und damit die Sicherheitsabstände ausreichend seien.

- **Streifenkühlung:** Im offenen Punkt OP 2 geht es um die Frage, inwieweit es bei einem Störfall durch die in der Praxis zu unterstellender ungleichmäßiger Einströmung von kaltem Kühlwasser zu einem kritischen Thermoschock kommen kann, der zum Versagen des Stahls führt. Dieser Effekt war im Sicherheitsnachweis des belgischen Betreibers nicht berücksichtigt. Der belgische Betreiber bestätigte nun der RSK, dass diese sogenannte Streifen- oder Strähnenkühlung nicht zu berücksichtigen sei, da Tihange dem Standarddesign von amerikanischen Westinghouse-Reaktoren entspreche. Für diese Reaktortypen sei nachgewiesen, dass man mit der Annahme einer gleichmäßigen „rotationssymmetrischen“ Kühlung auskomme. Daraus folgert die RSK:

„Mit der Bestätigung von BelV zum Design der Anlagen Doel 3 und Tihange 2 sieht die RSK eine Basis, das Vorgehen der belgischen Seite hinsichtlich von Thermoschockbelastungen zu bewerten. Bereits frühere Forschungsvorhaben [20] haben gezeigt, dass die Annahme einer rotationssymmetrischen Temperaturverteilung und die Vernachlässigung einer Strähnen-/Streifenkühlung für Anlagen mit Westinghouse-Design berechtigt sind. Damit kann die RSK die Vorgehensweise der belgischen Institutionen zu den Thermoschockbelastungen nachvollziehen, der offene Punkt ist geschlossen.“ (RSK 2018)

Die INRAG hält es für ausgeschlossen, dass es beim Reaktortyp Tihange 2 nicht zu einer Streifenkühlung kommt. Eine schlichte Übertragung einer Rechnung eines Standarddesign-Reaktors mit einem unverletzten ordnungsgemäß hergestellten Stahl auf einen Reaktordruckbehälter mit tausendfach rissbehaftetem Stahl ist darüber hinaus unzulässig. Die RSK trifft auch hier keine Aussage zum Inhalt, insbesondere nicht darüber, ob nach ihrer Ansicht ein unzulässiger Thermoschock aufgrund der Streifenkühlung praktisch ausgeschlossen ist. Sie beschränkt sich darauf zu sagen, dass sie die „Vorgehensweise der belgischen Institutionen nachvollziehen kann“.

- **Anwendbarkeit des ASME-Codes:** Im offenen Punkt 4 ging es um die Frage, ob der von der belgischen Seite verwendete Rechencode (ASME) richtige Ergebnisse liefern kann. Das Berechnungsprogramm ist für Rissfelder wie in Tihange 2 nicht validiert. Das bedeutet, dass die Rechenergebnisse nicht für einen Sicherheitsnachweis verwendet werden dürfen. Deshalb hat die belgische Seite – wie die RSK berichtet – zusätzliche bruchmechanische Analysen durchgeführt. Auf welchen Rechencodes diese Analysen beruhen, und ob diese Rechencodes für den Fall Tihange 2 validiert sind, geht die RSK in ihrer Stellungnahme nicht ein. Sie geht auch nicht auf die Frage ein, ob verdeckte bzw. nicht detektierbare radiale Verbindungsbrücken zwischen den Rissen angenommen wurden. Nach diesen Aussagen der RSK kann nicht gefolgert werden, dass der Tragfähigkeitsnachweis nunmehr geführt ist. Die RSK hält auch hier lediglich die Vorgehensweise für nachvollziehbar und macht keine Aussage zur Richtigkeit ihrer Ergebnisse. Die Schlussfolgerung der RSK, die Fragestellung sei abgeschlossen, kann deshalb weder inhaltlich noch nach der Bewertung der RSK nachvollzogen werden.

In der nachfolgenden Zusammenfassung ihrer Bewertungen greift die RSK weitere in der Diskussion strittige Punkte auf:

- **Herstellungsbedingtheit der Risse:** Die These, dass die Risse bereits bei der Herstellung entstanden sind, ist die wesentliche Grundlage des gesamten Sicherheitsnachweises. Ohne die Behauptung der Richtigkeit dieser These würde der gesamte Sicherheitsnachweis der belgischen Aufsichtsbehörde und des belgischen Betreibers in sich zusammenbrechen. An der Richtigkeit dieser These darf es deshalb keinen Zweifel geben, wenn man die Anlage weiterbetreiben wollte.

Auch in dieser Frage ist für die RSK nach der jetzigen Erkenntnislage nicht praktisch ausgeschlossen, dass die Risse möglicherweise erst im Betrieb entstanden und gewachsen sind. Für sie ist es lediglich „nachvollziehbar und plausibel, dass es sich bei den Befunden um herstellungsbedingte Risse handelt.“ „Nachvollziehbar“ und „plausibel“ sind jedoch im Rahmen eines Sicherheitsnachweises keine Bewertungskriterien, die eine Aussage über die Sicherheit zulassen. Für praktisch ausgeschlossen hält die RSK nach der jetzigen Erkenntnislage offensichtlich nicht, dass die Risse möglicherweise erst im Betrieb entstanden und gewachsen sind. Dies wird abschließend auch deutlich durch die Aussage der RSK, dass „mit den durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen und ergänzenden Analysen“... „kein betriebsbedingtes Risswachstum erkannt werden“ konnte. Diese Aussage ist richtig. Aber es konnte aus den bisherigen Prüfungen eben nicht gefolgert werden, dass die Risse nicht gewachsen sind. Dies hätte die RSK gesagt, wenn sie es gekonnt hätte. Im Gegenteil, allein in Tihange 2 wurden 60 neue Anzeigen und vergrößerte Risslängen gemessen, die vom Betreiber zum größeren Teil mit der Ungenauigkeit der Messmethoden erklärt wurden. Einige neue Risse konnten damit jedoch nicht erklärt werden (INRAG 2018e). Deshalb ist es auch nach der RSK notwendig, das Risswachstum durch weitere wiederkehrende Prüfungen in den nächsten Jahren auszuschließen. (RSK 2018)

Die Zweifel daran, dass die Risse bereits bei der Herstellung entstanden sind, reichen bis ins Genehmigungsverfahren. Denn die Risse hätte gemessen werden müssen und müssten in der Herstellerdokumentation dokumentiert sein. Dort sind sie aber nicht vorhanden.

Auch die belgische Aufsichtsbehörde hat keine Antwort darauf, warum die Risse nicht in der Herstellungsdokumentation zu finden sind:

FANC: „The discrepancy between the indications reported in the acceptance reports of the rings from the 1970s and in the 2012 inspection in the core shells of the two plants remains unresolved, since the UT technology available at that time should have had the capacity to detect the indications found. Furthermore, it is documented that some other parts, like the transition rings, were rejected exactly because of these hydrogen flakes.“
(FANC 2013)

Der Gutachter der belgischen Aufsichtsbehörde weist darauf hin, dass die Identifikation von Rissanzeigen mit einer Größe von mehr als 25 – 30 mm ein Problem darstelle, da solch große Risse aufgrund von metallurgischen Betrachtungen eigentlich ausgeschlossen seien (BEL V 2015). Darüber hinaus gibt es mögliche Alternativursachen, die von renommierten

Wissenschaftlern vorgetragen werden. Wissenschaftlich nachvollziehbar wird auch vertreten, dass die vorhandene Wasserstoffmenge bei der Herstellung nicht ausgereicht hätte, um die hohe Anzahl der Risse zu erklären (INRAG 2018d).

Die belgische Aufsichtsbehörde ist sich selbst nicht ganz sicher, ob die Risse bereits bei der Herstellung entstanden sind. Restzweifel bleiben auch ihr:

FANC: *“The most likely origin of the indications identified in the Doel 3 and Tihange 2 reactor pressure vessels is hydrogen flaking due to the manufacturing process (...) However, it is not possible to guarantee this assumption with absolute certainty without performing destructive testing on the reactor pressure vessels, which is not an option.”* (FANC 2015)

FANC: *“Meanwhile, the exact root cause of the hydrogen flaking could not be precisely defined so far.”* (FANC 2015)

- **Radiale Risse**, also solche, die in der Richtung von Innenwand zu Außenwand gehen, stellen ein besonderes Gefahrenpotential dar, da sie zu einem schnellen Risswachstum führen können, wenn sie die vorhandenen hintereinander liegenden axialen Risse miteinander verbinden. Die RSK hat in Ihrem Bericht vom April 2016 darauf hingewiesen, dass die verwendeten zerstörungsfreien Prüfungen solche radialen Verbindungen bis zu einer Größe von 4 mm nicht erkennen können (RSK 2016). Dem aktuellen Bericht der RSK ist nichts anderes zu entnehmen. Es ist danach weiterhin nicht ausgeschlossen, dass es solche Risse gibt. Dass die RSK nunmehr darauf hinweist, dass radiale Risse bislang nicht identifiziert worden sind, ändert also nichts an der Tatsache, dass solche Risse weiterhin vorhanden sein können.

Die RSK weist zusätzlich auf einen nicht öffentlichen rechnerischen Nachweis der Betreiber hin, dass der Einfluss verdeckter Risse vernachlässigt werden könne. Dieser Nachweis erstreckt sich nach den Ausführungen der RSK jedoch offensichtlich nicht auf radiale Risse oder parallele Risse, die durch radiale Risse miteinander verbunden sind. Unentdeckte radiale Risse bedeuten auf dieser Erkenntnisgrundlage also weiterhin ein durch den Sicherheitsnachweis nicht ausgeschlossenes Gefährdungspotential.

- **Versprödung:** Für die Berechnung der Zähigkeit und damit der Haltbarkeit des Stahls unter Stressbedingungen ist es erforderlich, den Zustand des Stahls möglichst genau zu kennen. Eine falsche Berechnung des aktuellen Materialzustandes kann bedeuten, dass der Reaktordruckbehälter frühzeitiger als angenommen versagt. Ein wesentliches Maß dafür ist die Sprödbbruch-Übergangstemperatur. Aufgrund der mangelhaften Dokumentation sind die ursprünglichen Daten zur Beschreibung des Materialzustands jedoch nicht vollständig und nicht korrekt vorhanden. Die Berechnung der Verschlechterung des Materials durch die Neutronenbestrahlung (Versprödung) ist deshalb nur unter unsicheren Annahmen möglich. Die RSK bestätigt in ihrer Stellungnahme deshalb auch nicht, dass praktisch ausgeschlossen ist, dass die Berechnung der Versprödung zu Resultaten unterhalb der einzuhaltenden Grenzwerte führt. Sie führt lediglich aus: *„Die **Vorgehensweise** bei der Ermittlung von Werkstoffkennwerten konnte weitgehend nachvollzogen werden. Die Übertragungskette für die Festlegung der Sprödbbruchübergangstemperatur nach Bestrahlung stellt einen pragmatischen Ansatz dar.“*

Zu diesem „pragmatischen“ Ansatz hatte die INRAG bereits auf der Aachener Konferenz im April 2018 vorgetragen (INRAG 2018h) und einen schriftlichen Beitrag vorgelegt. Darin wurde gezeigt, dass die Sprödbruchgrenztemperatur durch die Rechnung des Betreibers deutlich unterschätzt wird (INRAG 2018g).

Auch die RSK stellt lediglich fest, dass das Vorgehen nur „weitgehend“ also nicht vollständig nachvollziehbar sei. Darüber hinaus stelle die Übertragungskette einen „pragmatischen Ansatz“ dar. Was die RSK darunter versteht, erläutert sie nicht. Unsicherheiten seien durch Sicherheitszuschläge des Betreibers „berücksichtigt“. Ob diese Berücksichtigung nach Stand von Wissenschaft und Technik ausreichend ist, sagt die RSK nicht.

- **„Defense in Depth“, das gestaffelte Sicherheitskonzept und die Basissicherheit:** Das gestaffelte Sicherheitskonzept ist die international wichtigste Grundlage des Sicherheitskonzepts von Kernkraftwerken. Die erste Stufe dieses Konzepts beinhaltet die Sicherung der Qualität der eingesetzten Komponenten. Um die Qualität, insbesondere die Basissicherheit des Reaktordruckbehälters zu sichern, gibt es deshalb ein sehr umfangreiches Regelwerk von Vorschriften, dass die alle Einzelheiten der Herstellung und der gutachtlichen Begleitung, Prüfung und Dokumentation regelt (INRAG 2018f). In Tihange 2 hat dieses System versagt. Es gibt keine Basissicherheit. Beim Reaktordruckbehälter ist dies besonders gravierend, weil es kein Sicherheitssystem gibt, das dafür ausgelegt wäre, ein Versagen des Reaktordruckbehälters aufzufangen. Die Sicherheit hängt insoweit allein von dessen Stabilität und damit von dessen Qualität ab.
Der Gutachter der belgischen Aufsichtsbehörde BEL V führt zur Situation des Reaktordruckbehälters von Tihange2 aus:

„There is also no way to restore the required highest quality level of the fabrication that constitutes the first level of defense.“ (FANC 2015, S. 6).

Das Bundesumweltministerium antwortete auf eine kleine parlamentarische Anfrage:

„Aus Sicht der Bundesregierung sind Schmiederinge, bei denen solche Anzeigen (wie in Tihange) bei der Fertigung festgestellt werden, bereits bei der Fertigung zu verwerfen.“ (BMU 2017).

Die Vertreter der RSK und des Bundesumweltministerium stellten der FANC beim Workshop am 12./13. Januar 2016 deshalb die Frage, *„Kann im Rahmen der Grundsätze des gestaffelten Sicherheitskonzeptes (Defense in Depth Konzept) ein grundlegender Mangel in der Sicherheitsebene 1 (nicht akzeptable Herstellungsqualität, was von belgischen Experten explizit so genannt wurde) durch anderweitige Nachweise oder Maßnahmen kompensiert werden?“* (BTag 2016, Frage 19) Die belgische Aufsichtsbehörde hielt einen solchen Ersatznachweis für möglich und antwortete: *„Wenn ausreichende Sicherheitsmargen nachgewiesen werden können, ist ein Weiterbetrieb der Komponente möglich“*. Dazu kommentierte das Bundesumweltministerium in seinem Bericht an den Umweltausschuss vom 24. April 2016, dies widerspreche *„dem Verständnis des BMUB von grundlegenden Vorgehensweisen zur Bewertung der Sicherheit von Atomkraftwerken.“* (BTag 2016).

Dieser Auffassung schließt sich INRAG voll an. Dieser grundlegende strittige Punkt wird jedoch in der Stellungnahme der RSK nicht behandelt, obwohl er Gegenstand des gemeinsamen Workshops im Januar 2016 war. Die RSK lässt sich - ohne die Verletzung des gestaffelten Sicherheitskonzepts zu erwähnen - auf ein Nachweisverfahren ein, dass auch nach Auffassung des BMUB grundlegenden Vorgehensweisen zur Bewertung von Atomkraftwerken widerspricht.

Im Ergebnis darf nach dem Verständnis des gestaffelten Sicherheitskonzepts, das bisher Grundlage der Sicherheit war, ein solcher rissbehafteter Reaktordruckbehälter weder eingebaut noch betrieben werden. Der Reaktordruckbehälter ist das Herzstück der Sicherheit, an dessen Qualität es keinen Zweifel geben darf. Das ist das Gebot des gestaffelten Sicherheitskonzepts und der Anforderungen der Basissicherheit. Aus diesem Grund war die ursprüngliche Auffassung des BMU, dass ein solcher Schmiedering, wie er in Tihange 2 eingebaut wurde, bereits nach der Herstellung „zu verwerfen“ wäre, und ein auf Ersatzüberlegungen beruhender Sicherheitsnachweis grundlegenden Vorgehensweisen zur Bewertung der Sicherheit von Atomkraftwerken widerspreche, konsequent. Ein Bruch mit diesen Sicherheitsprinzipien hätte eine massive Bedeutung für die in Europa geplanten Laufzeitverlängerungen von alten Kernkraftwerken. Die nukleare Gefährdungsschwelle würde europaweit bedeutend gesenkt.

- **Einbau des defekten Reaktordruckbehälters und Genehmigungsverfahren**

Bei der Frage „Wie war es möglich, dass diese Vielzahl von Rissen nicht auffiel?“ geht es um Fragen im Zusammenhang mit dem Genehmigungsverfahren.² Die Problematik liegt außerhalb des Beratungsgegenstandes der RSK, aber sie hat deshalb nicht weniger Bedeutung für die Sicherheit der Anlage. Denn wenn man dem Genehmigungsverfahren und seinen Prüfungen nicht vertrauen kann, fehlt es an der wesentlichen Grundlage der Sicherheit. Wenn tausende Risse übersehen und nicht geprüft sein sollte, dass die Genehmigungsbedingungen eingehalten werden, dann verliert das gesamte Genehmigungsverfahren und die Prüfungen zur Einhaltung der Genehmigungsbedingungen seine Schutzwirkung (INRAG 1018c). Denn dann ist es zu vermuten, dass die Prüfungen auch an anderer Stelle unzuverlässig oder manipuliert waren und die Sicherheit der gesamten Anlage in Frage steht. Diese Gefährdung wird sowohl von der belgischen Aufsichtsbehörde als auch durch das deutsche Bundesumweltministerium ignoriert. Ohne mit dieser Stellungnahme ein rechtliches Gutachten zu ersetzen, ist offensichtlich, dass damit die Regelungen der Europäischen Richtlinie zur nuklearen Sicherheit berührt sind (EU 2014), die ein funktionierendes staatliches Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren fordern. Die Bürger der EU-Mitgliedstaaten - erst recht die Betroffenen grenznaher Anlagen - haben das Recht, durch diese Verfahren geschützt zu werden. Ein Nachbarstaat und auch die betroffenen Bürger können die Einhaltung dieser Regeln einfordern.

Fazit: Das Bundesumweltministerium verfügt mit der vorliegenden Stellungnahme ihrer Beraterorganisation RSK über keine fachlich-inhaltliche Grundlage, Entwarnung in Bezug auf die Risiken des Kernkraftwerks Tihange 2 zu geben. Die RSK Stellungnahme hat nicht gezeigt, dass die

² Diese Frage ergibt sich nur, wenn man als real unterstellt, dass die Risse bei der Herstellung entstanden sind. Dies ist jedoch die tragende Auffassung für den Sicherheitsnachweis. Ohne diese Unterstellung wäre der Sicherheitsnachweis von vornherein nicht führbar.

Nachweisführung „tragfähig“ ist. Seit der Forderung von Bundesumweltministerin Hendriks im Jahr 2016, den Reaktor bis zum Nachweis der Sicherheit stillzulegen, haben sich darüber hinaus neue Erkenntnisse über weitere erhebliche Risiken ergeben.

Literaturverzeichnis

- BMU (2016)** Bundesumweltministerium, Fragen der GRS und des RSK-Ausschusses Druckführende Komponenten und Werkstoffe zum Sicherheitsnachweis für die Reaktordruckbehälter der belgischen Kernkraftwerke Tihange 2 und Doel 3, Januar 2016
- BMU (2018)** Bundesumweltministerium, 09.07.2018, Pressemitteilung Nr. 145/18 Nukleare Sicherheit; <https://www.bmu.de/pressemitteilung/austausch-mit-belgien-klaert-offene-fragen-zu-atomkraftwerken-in-doel-und-tihange/>
- BEL V (2015)** Bel V, Safety Evaluation Report. Quasi-laminar flaw indications in the Doel 3 and Tihange 2 reactor pressure vessels. Evaluation of the impact of the hydrogen flaking damage on the serviceability of the Doel 3 and Tihange 2 Reactor Pressure Vessels. BEL V. Brüssel (R-SER-15- 062-1-e).
- Boonen, Peirs (2017)** Critical reflections about the integrity of the reactor vessels of the Doel 3 and Tihange 2 nuclear power plants, Leuven, 21.05.2017
- BTag (2016)** Deutscher Bundestag, Aktualisierter Bericht des BMUB zu TOP 20 der 81. Sitzung des Bundestags-Ausschusses für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 25.04.2016, Ausschussdrucksache 18(16)374
- BTag (2017)** Deutscher Bundestag, Bundestagsdrucksache 18/13042, Neue Befunde in den belgischen Kernkraftwerken Tihange 2 und Doel 3, Berlin, 12.07.2017
- BTag (2018a)** Deutscher Bundestag, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hubertus Zdebel, Dr. Gesine Löttsch, Lorenz Gösta Beutin, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE, 14.09.2018, Drucksache 19/4360
- BTag (2018b)** Deutscher Bundestag, Bericht des BMU zu offenen Fragen im Zusammenhang mit dem Bericht der deutschen Reaktor-Sicherheitskommission zur Bewertung der Sicherheitsnachweise für die Reaktordruckbehälter der belgischen Atomkraftwerke Doel 3 und Tihange-2, 24.09.2018, Ausschussdrucksache 19(16)90
- EU (2014)** Euratom, Gemeinschaftsrahmen für die nukleare Sicherheit kerntechnischer Anlagen, Richtlinie des Rates 2014/87/Euratom vom 8. Juli 2014
- FANC (2013)** FANC, Doel 3 - Tihange 2 RPV issue: International Expert Review Board Final Report, 15/01/2013
- FANC (2015)** FANC, Flaw indications in the reactor pressure vessels of Doel 3 and Tihange 2 Final Evaluation Report, 2015
- INRAG (2018a)** Mohr, Pistner, Technische Grundlagen zur Beurteilung der Rissbefunde in den Kernkraftwerken Tihange2 und Doel 3, INRAG Public Conference, Aachen 14.04.2018; http://www.inrag.org/wp-content/uploads/2018/04/INRAG_Mohr.pdf

INRAG (2018b)	Jaczko, Safety of Surprises, Perspective of a Former Nuclear Regulator, Public Conference Aachen, 14.04.2018; http://www.inrag.org/wp-content/uploads/2018/04/INRAG_Jaczko.pdf
INRAG (2018c)	Renneberg, Tihange 2: Der Umgang mit dem Risiko, Die Entscheidungen der belgischen Atomaufsicht aus technischer und verfahrensrechtlicher Sicht, Public Conference, Aachen, 14.04.2018; http://www.inrag.org/wp-content/uploads/2018/04/INRAG_Renneberg.pdf
INRAG (2018d)	Boonen, Unsolved problems of the material structure of the Doel 3 / Tihange 2 reactor pressure vessels, INRAG Public Conference, Aachen, 14. April 2018, http://www.inrag.org/wp-content/uploads/2018/04/INRAGKonferenz2018ReneBoonen.pdf
INRAG (2018e)	Bogaerts, Tihange 2 RPV Material Integrity : New Inspections & "New" Cracks ? INRAG Public Conference, Aachen, 13.04.2018; http://www.inrag.org/wp-content/uploads/2018/05/Aachen2018_Nuclear_Bogaerts-1.pdf
INRAG (2018f)	Majer, Dokumentation bei der Lizenzierung und dem Betrieb von Kernkraftwerken, INRAG Public Conference Aachen, 13.04.2018; http://www.inrag.org/publications-and-meetings/pressure-vessel-cracking-doel-tihange-follow-up
INRAG (2018g)	Tweer, Renneberg: Nuclear Risk Report: Material Problems in Reactor Vessels: Doel3 / Tihange 2; http://www.inrag.org/wp-content/uploads/2018/04/NRR_Excerpt_Tweer_final.pdf
INRAG (2018h)	Tweer, Reactor pressure vessel embrittlement in Doel 3/Tihange 2, INRAG Public Conference Aachen, 13.04.2018, http://www.inrag.org/publications-and-meetings/pressure-vessel-cracking-doel-tihange-follow-up
RSK (2016)	Reaktorsicherheitskommission, Vorläufige Kurzbewertung der Sicherheitsnachweise für die Reaktordruckbehälter der belgischen Kernkraftwerke Doel-3 / Tihange-2, 13.04.2016
RSK (2018)	Reaktorsicherheitskommission, Bewertung der Sicherheitsnachweise für die Reaktordruckbehälter der belgischen Kernkraftwerke Doel-3 / Tihange-2, 23.05.2018



Für den Vorstand des Vereins INRAG

Nikolaus Müllner, Vorsitzender

Impressum:
INRAG International Nuclear Risk Assessment Group,
Dänenstraße 4,
1190 Wien
Österreich
ZVR: 1732539393
Email: info@inrag.org