

RSK - STELLUNGNAHME

Erhöhung der thermischen Reaktorleistung des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld (KKG)

18.09.2003

1 Beratungsauftrag

Mit Schreiben RS I 3 – 14200/7.12 vom 20.12.2002 [1] hatte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) darüber informiert, dass das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (BStMLU) den Entwurf einer Genehmigung [3] zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld (KKG) auf 3950 MW vorgelegt habe. Zur Vorbereitung einer bundesaufsichtlichen Stellungnahme bat das BMU die RSK, in diesem Zusammenhang zu folgenden Punkten zur sicherheitstechnischen Bewertung der Erhöhung der thermischen Reaktorleistung Stellung zu nehmen:

- Auswertung von Betriebserfahrungen oder Auswertung von Vorversuchen,
- Auswirkungen der Leistungserhöhung auf die Auslegung und Ausführung der sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile in Bezug auf vorhandene Sicherheitsmargen,
- Auswirkung der Leistungserhöhung auf das Anlagenverhalten bei Normalbetrieb,
- Auswirkungen der Leistungserhöhung auf das Anlagenverhalten bei Transienten und Auslegungsstörfällen sowie radiologische Auswirkungen bei Störfällen, insbesondere unter Berücksichtigung des ungünstigsten Störfalles und
- Auswirkungen der Leistungserhöhung auf das Anlagenverhalten bei auslegungsüberschreitenden Störfällen.

In Erweiterung des ursprünglichen Beratungsauftrages wurde zusätzlich um die Stellungnahme zu den folgenden Themen gebeten:

- Neutronenfluenz am Reaktordruckbehälter (RDB) und an den Reaktordruckbehältereinbauten,
- Festigkeitsverhalten von Systemen und Komponenten bei Betriebstransienten und Störfällen und
- Wasserchemie.

2 Bewertungsmaßstäbe

Im Antrag zur Genehmigung einer Leistungserhöhung nach § 7 AtG ist nachzuweisen, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage mit einer Leistungserhöhung auf 3950 MW_{th} gegeben ist. Es ist zu prüfen, inwieweit die Anforderungen des bestehenden Regelwerks unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse nach dem Stand von Wissenschaft und Technik eingehalten werden.

Die Bewertungsmaßstäbe ergeben sich insbesondere aus

- dem Atomgesetz,
- den BMI-Sicherheitskriterien,
- den Störfalleitlinien,
- den Störfallberechnungsgrundlagen,
- den RSK-Leitlinien,
- den RSK-Empfehlungen und
- den KTA-Regeln.

Bei der Bewertung werden die Erfahrungen aus der Begutachtung vergleichbarer Anlagen und Betriebserfahrungen nach der Leistungserhöhung vergleichbarer Anlagen berücksichtigt.

3 Erläuterung der Vorgehensweise

Zur Beantwortung der im Beratungsauftrag des BMU gestellten Fragen hörten die Ausschüsse ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK und REAKTORBETRIEB in ihrer gemeinsamen Sitzung am 15.04.2003 Betreiber, Gutachter und GRS zur beantragten Leistungserhöhung des Kernkraftwerkes KKG an. Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK setzte die diesbezügliche Beratung in seiner 18. Sitzung am 23.05.2003 mit einer Anhörung der GRS fort und stellte die Ergebnisse seiner Beratungen in seiner 19. Sitzung am 02.07.2003 und in seiner 20. Sitzung am 04.09.2003 für die RSK zusammen und schloss seine Beratungen in seiner 20. Sitzung am 04.09.2003 ab.

Der Ausschuss DRUCKFÜHRENDE KOMPONENTEN UND WERKSTOFFE beriet in seiner 36. Sitzung am 25.06.2003 die Erhöhung der thermischen Reaktorleistung des Kernkraftwerkes KKG und stellte das Ergebnis seiner Beratungen in seiner 37. und 38. Sitzung am 16.07.2003 und am 03.09.2003 für die RSK zusammen.

Der Ausschuss REAKTORBETRIEB beriet auf seiner 152. Sitzung am 09.07.2003 und auf seiner 153. Sitzung am 11.09.2003 Teilaspekte der Leistungserhöhung und stellte seine Beratungsergebnisse für die RSK zusammen.

Der Ausschuss ELEKTRISCHE EINRICHTUNGEN beriet auf seiner 157. Sitzung am 11.09.2003 über die im Rahmen der Leistungserhöhung vorgesehenen Änderungen an elektro- und leittechnischen Komponenten und stellte das Ergebnis für die RSK zusammen.

4 Ergebnisse der sicherheitstechnischen Bewertung der Erhöhung der thermischen Reaktorleistung des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld (KKG)

Die im Schreiben RS I 3 – 14200/7.12 vom 20.12.2002 [1] gestellten Fragen des BMU beantwortet die RSK aufgrund der Unterlagen und Berichte von GRS [16,17,23,24,25,27,28], Gutachter [14,15,20,22,26,30] und Betreiber bzw. Hersteller [4-13,18,19,21,29] sowie ihrer Beratungen wie folgt:

- Auswertung von Betriebserfahrungen oder Auswertung von Vorversuchen

Bei den Anlagen Philippsburg 2 (KKP-2) und Isar 2 (KKI-2) sind bereits vergleichbare thermische Leistungserhöhungen vorgenommen worden. Weder die routinemäßige Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse noch die Auswertung von Ereignissen unterhalb der Meldeschwelle aus den jährlichen Betreiberberichten durch die GRS [16] hat Auffälligkeiten ergeben, die auf thermische Leistungserhöhungen zurückzuführen gewesen sind. Dies trifft für vier weitere deutsche Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktor (Grohnde (KWG), Neckarwestheim 2 (GKN-2), Emsland (KKE) und Unterweser (KKU)) zu, bei denen im Vergleich zu KKG etwas kleinere Leistungserhöhungen durchgeführt wurden.

In der Anlage KKG ist ein Vorversuch als Messfahrt [14] mit einer Leistungserhöhung auf ca. 3950 MW_{th} durchgeführt worden. Bei der gesamten Messfahrt ist es zu keinen Störungen an sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen gekommen. Es haben sich keine Auswirkungen auf den sicheren Betrieb der Anlage ergeben.

Der RSK liegen auch sonst keine sicherheitstechnisch bedeutsamen Hinweise aus Betriebserfahrungen oder Vorversuchen vor, die gegen eine thermische Leistungserhöhung im beantragten Umfang in KKG sprechen.

- Auswirkungen der Leistungserhöhung auf die Auslegung und Ausführung der sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteile in Bezug auf vorhandene Sicherheitsmargen sowie auf das Anlagenverhalten im bestimmungsgemäßen Betrieb

Die von der GRS [16, 17] und den Gutachtern [14, 20] vorgelegten Berichte behandeln den aus Sicht der RSK erforderlichen Betrachtungsumfang von Auslegungsmerkmalen. Diesen Berichten zufolge ergeben sich keine Hinweise, dass nach der beantragten Leistungserhöhung die Auslegungswerte nicht eingehalten werden. Die Auswirkungen einer gegebenenfalls auftretenden Kavitation der Speisewasserpumpen im bestimmungsgemäßen Betrieb werden nach Aussage der zuständigen Landesbehörde BStMLU im Rahmen der Revisionen untersucht. Aus Sicht der RSK ergeben sich hieraus keine sicherheitstechnisch relevanten Aspekte. Trotz eines infolge der Leistungserhöhung verringerten Wertes des DNB (Departure from Nucleate

Boiling) kann die Anlage KKG mit dem erforderlichen Sicherheitsabstand gegen Filmsieden betrieben werden.

Gegen die Zulässigkeit der in den Antragsunterlagen angewendeten statistischen Methoden zur Bewertung der mechanischen Brennstabauslegung für den bestimmungsgemäßen Betrieb wurden vom Gutachter [14] und von der GRS [17] keine Einwände vorgebracht. Die RSK befürwortet die Anwendung dieser Methode, da hiermit quantitative Angaben zu Unsicherheiten relevanter Parameter erhalten werden können. Die RSK ist der Ansicht, dass bei einem Methodenwechsel vom konservativ-deterministischen Ansatz hin zu statistischen Methoden bei den Brennstabauslegungsrechnungen die Einhaltung der jeweiligen Auslegungskriterien mit einer vergleichbaren Sicherheit und Zuverlässigkeit gewährleistet sein sollte. Der deterministische Ansatz der Kernausslegung für den bestimmungsgemäßen Betrieb enthält die Anforderung, dass keine Brennstabschäden zu erwarten sind, was durch entsprechende Konservativitäten sichergestellt wird. Da statistische Methoden stets Versagensraten größer Null ergeben, muss das vorgenannte Auslegungsziel methodenspezifisch definiert werden. Die RSK ist der Auffassung, dass ein gleichwertiges Nachweisziel wie mit dem deterministischen Ansatz dann erreicht wird, wenn nachgewiesen wird, dass nicht mehr als ein Brennstab im Kern in einem Zyklus als defekt zu erwarten ist. Die statistische Aussagesicherheit soll dabei 95 % betragen.

Ob dieser Nachweis zyklusspezifisch oder bei der Genehmigung der Leistungserhöhung geführt wird, ist dabei sicherheitstechnisch ohne Belang.

Unter Zugrundelegung des Gutachtens [14] wurden die infolge der Leistungserhöhung anzupassenden Werte bei der Regelung, bei Begrenzungen und beim Reaktorschutz beraten. Die Beratungen ergaben, dass aus leittechnischer Sicht keine Einwände gegen die Veränderung der Grenzwerte bestehen. Aus dem beantragten Änderungsumfang resultieren keine funktionellen oder gerätetechnischen Änderungen an der Sicherheitsleittechnik.

Im Bereich der sicherheitstechnisch wichtigen elektrotechnischen Komponenten ergaben die Beratungen, dass aus der Leistungserhöhung keine Änderungen an diesen Komponenten resultieren.

- Auswirkungen der Leistungserhöhung auf das Anlagenverhalten bei Auslegungsstörfällen sowie radiologische Auswirkungen bei Störfällen, insbesondere unter Berücksichtigung des ungünstigsten Störfalls
 - Vollständigkeit der betrachteten Störfälle

Die GRS hat eine Prüfung der Vollständigkeit der in den Antragsunterlagen bzw. im Gutachten des TÜV Süddeutschland betrachteten Störfälle vorgenommen und kommt zu dem Ergebnis, dass alle relevanten Störfallgruppen behandelt worden sind [17]. Die gemäß [17] nicht betrachteten Ereignisse „Turbinenschnellschluss mit gleichzeitigem Ausfall der Umleitstation“ sowie „unbeabsichtigtes Schließen von

Frischdampfarmaturen“ sind nach erneuter Prüfung der Unterlagen durch den RSK-Ausschuss REAKTORBETRIEB auf seiner 152. Sitzung am 09.07.2003 als behandelt anzusehen.

Im Hinblick auf die zu betrachtenden Leckstörfälle sind gemäß den Ergebnissen der GRS [17] die untersuchten Szenarien vollständig bis auf die Bypass-Sequenzen

- Leckagen im Frischdampfsystem außerhalb des Sicherheitsbehälters (SHB) mit Leckagen an Dampferzeuger-Heizrohren (DE-Heizrohre),
- Fehlerhaftes Offenbleiben des DE-Sicherheitsventils mit Leckagen an DE-Heizrohren,
- Leck Volumenregelsystem außerhalb des SHB und
- Leck in einer Primärkühlmittel führenden Leitung.

Die mit der Leistungserhöhung einhergehende Änderung in der Aktivitätskonzentration im Kühlmittel wird von der GRS als geringfügig bewertet. Dennoch empfiehlt die GRS eine diesbezügliche Stellungnahme des TÜV.

Nach Auffassung der RSK sind die genannten Bypass-Sequenzen im zu berücksichtigenden Ereignisspektrum enthalten und sind daher bei der Nachweisführung mit zu betrachten.

- Unsicherheiten der verwendeten Berechnungsverfahren und Modellannahmen, Einhaltung der Nachweiskriterien

Bei den Nachweisführungen zur Störfallbeherrschung wurden sowohl vom Antragsteller als auch vom Gutachter die dem bestehenden kerntechnischen Regelwerk entsprechenden und auch in anderen Genehmigungs- bzw. Aufsichtsverfahren verwendeten Berechnungsverfahren eingesetzt.

Nach Meinung der RSK sollte grundsätzlich in Antragsunterlagen sowie in Gutachten eine nachvollziehbare Darlegung der quantitativ erreichten Zuverlässigkeit der verwendeten Berechnungsverfahren enthalten sein, darunter ein Hinweis auf die Dokumentation der durchgeführten Validierungs- und Verifizierungsschritte.

Nach Meinung der RSK sollte angesichts der zunehmenden Reduzierung von Sicherheitsmargen sowie der Ausführungen der GRS [25, 26] und der Ausführungen der GRS in der 363. Sitzung der RSK am 04./05.06.2003 eine generische Diskussion hinsichtlich der Konservativität der verwendeten Nachweismethodiken in Störfallanalysen erfolgen. Dabei handelt es sich um eine von der aktuellen Genehmigungssituation des Kernkraftwerks KKG unabhängige Fragestellung, die von der RSK bereits aufgegriffen wurde.

Hinsichtlich der generischen Fragestellung „Deborierung im Reflux-Condenser-Mode bei kleinen Lecks“ stellt die RSK fest, dass die Menge des sich ansammelnden deborierten Kühlmittels im Wesentlichen durch die

Geometrie in der Anlage (z. B. Pumpenbögen, Austrittskammern der Dampferzeuger) begrenzt ist und in den Nachweisen entsprechend konservativ angesetzt wird. Der aktuelle Kenntnisstand ist in die Nachweisführung aufzunehmen.

Hinsichtlich der generischen Fragestellung „Einfluss des Isoliermaterials auf die Kernkühlung nach einem KMV“ ist nach Auffassung der RSK bei der Nachweisführung auf die neuen diesbezüglichen Erkenntnisse einzugehen.

- Auswirkungen der Leistungserhöhung auf das Anlagenverhalten bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen

Die RSK stellt fest, dass die heute unterstellten Szenarien für anlageninterne auslegungsüberschreitende Ereignisse vollständig betrachtet wurden.

- Unsicherheiten der beim ATWS (Anticipated Transient without Scram) verwendeten Berechnungsverfahren und Modellannahmen, Einhaltung der Nachweiskriterien

Die vorgelegten ATWS-Analysen wurden mit punktkinetischen Modellen unter Hinzuziehung von Reaktivitätskoeffizienten (Doppler-, Kühlmitteltemperatur-, Kühlmitteldichte- und Spektral-Koeffizient) durchgeführt. Eine nachvollziehbare Nachweisführung, dass insbesondere der Spektral-Koeffizient ausreichend zuverlässig und hinreichend abdeckend ermittelt wurde, ist der RSK nicht vorgelegt worden. Die RSK empfiehlt, dass hierzu entsprechende Nachweise noch vorgelegt werden.

Für den den Antragsunterlagen zu Grunde liegenden Reaktorkern wurden ATWS-Analysen ohne Kreditnahme des Abschaltens der Hauptkühlmittelpumpen und mit gemäß dem gültigen Kernrahmenplan abdeckenden kernphysikalischen Parametern nicht vorgelegt. Nach Aussagen der Landesgenehmigungsbehörde wird die diesbezügliche Nachweisführung der Beherrschung der ATWS-Ereignisse im Rahmen der zyklusspezifischen Nachweisführungen geprüft. Darüber hinaus wurden Ergebnisse von Framatome ANP (FANP) und vom TÜV Süddeutschland auf der 18. Sitzung des Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK am 23.05.2003 [26] [27] vorgestellt. Demnach wurde aufgezeigt, dass die für den 21. Zyklus vorgesehene Kernbeladung die Anforderungen der RSK-Empfehlung zu ATWS-Ereignissen [31] erfüllt.

Die RSK empfiehlt, die ATWS-spezifischen Anforderungen in den Kernrahmenbedingungen des KKG an die geänderte Anforderungslage gemäß [31] anzupassen (insbesondere im Hinblick auf die abdeckende „Void“-Kurve).

- Zuverlässigkeit und Wirksamkeit von präventiven Notfallmaßnahmen

Die beantragten Maßnahmen zur Leistungserhöhung führen zu einer Verringerung der Karenzzeiten (Differenz zwischen benötigter und verfügbarer Zeit) für Handmaßnahmen bei Notfallmaßnahmen zur sekundär- und primärseitigen Druckentlastung. Die GRS hat hierzu Abschätzungen zur Durchführbarkeit und Zuverlässigkeit der Notfallmaßnahmen vorgenommen, denen die Vorgaben des Notfallhandbuches sowie die vom TÜV geprüften anlagendynamischen Untersuchungen zu Grunde gelegt wurden.

Der TÜV hat für die von FANP durchgeführten Thermohydraulik- und Zeitbudgetuntersuchungen für die Anforderungsfälle „Ausfall aller DE-Einspeisungen (ASPW)“ und „Station-Black-Out (SBO)“ im Wesentlichen bestätigt, dass die Wirksamkeit weiter uneingeschränkt gegeben sei und dass die Karenzzeiten auch weiterhin ausreichen. Es haben sich allerdings Hinweise auf ungünstige Faktoren wie eine zeitliche Verkürzung der Störfallabläufe, das teilweise vor Abschluss der Vorbereitung von SDE (sekundärseitige Druckentlastung) anstehende Kriterium „DE-Ventile öffnen“ und das teilweise vor Wirksamkeit der SDE anstehende PDE-Vorbereitungskriterium (PDE: primärseitige Druckentlastung) ergeben. Eine Prüfung der ergonomischen Verhältnisse vor Ort ist bisher nicht möglich gewesen.

In ihren Untersuchungen, die sich unter anderem auf Simulatorexperimente in Frankreich und in den USA stützen, kam die GRS bei der Auswirkung der Leistungserhöhung zu folgenden Ergebnissen:

- Unter der Voraussetzung, dass beim ASPW das Personal sofort verfügbar ist und die Hauptkühlmittelpumpen (HKP) sofort ausgeschaltet werden, reduziert sich die SDE-Karenzzeit von 13 auf 9 Minuten und die PDE-Karenzzeit von 27 auf 21 Minuten.
- Bei SBO verkürzt sich die SDE-Karenzzeit von 29 auf 21 Minuten und die PDE-Karenzzeit von 26 auf 19 Minuten.

Der Einfluss der den FANP-Analysen zu Grunde liegenden günstigen Randbedingungen „erforderliche Maßnahmen können nach Erreichen des Notfalkriteriums sofort begonnen werden“ und „HKP-Abschaltung sofort nach Erreichen des Notfalkriteriums“ auf die Ergebnisse ist von der GRS abgeschätzt worden. Demnach kann sich für die Rückkehr des Personals zur Warte und für den Abschluss vorlaufender Handlungen ein zusätzlicher Zeitbedarf von bis zu zehn Minuten ergeben. Bei einer entsprechend dem Notfallhandbuch (NHB) durchgeführten verzögerten HKP-Abschaltung wird der Zeitablauf um vier Minuten verkürzt; zudem lassen die Vorgaben des Betriebshandbuchs eine Mindestschichtbesetzung mit nur zwei Elektrikern zu.

Nach Meinung der GRS sind mögliche Auswirkungen, dass im Fall von ASPW die für die rechtzeitige Einleitung der SDE verfügbare Zeit nicht ausreichend ist und eine weitere Zunahme der Wahrscheinlichkeit für den Doppelausfall von SDE/PDE um einen Faktor 2 bis 4 erfolgt. Die Karenzzeiten verkürzen sich durch Berücksichtigung der im Notfallhandbuch angegebenen Randbedingungen noch weiter.

Ergänzend stellte der Betreiber dar, dass die zeitlichen Angaben (5-Minuten-Blöcke) zu SDE und PDE im Notfallhandbuch genauer untersucht worden seien. In der im Rahmen des Antragsverfahrens für die Leistungserhöhung durchgeführten Bewertung sei der Betreiber zu dem Ergebnis gekommen, dass für SDE

ausreichende Zeit zur Verfügung stehe und eine eventuelle Überlappung von SDE und PDE in einem 5-Minuten-Block dadurch auftrete, dass das Abblasregelventil für SDE offen stehe, während das Kriterium zur Vorbereitung von PDE bereits anstehe.

Die GRS kommt zusammenfassend zu folgenden Ergebnissen:

- Im Anforderungsfall Ausfall Speisewasser reicht bei Vorliegen der Bedingungen „keine sofortige Abschaltung der Hauptkühlmittelpumpen“ und „erforderliches Personal nicht sofort verfügbar“ die zur Verfügung stehende Zeitspanne nicht mehr aus, um die Notfallmaßnahme SDE vor Anstehen der PDE-Vorbereitungskriterien durchzuführen.
- Die zur Durchführung der Notfallmaßnahme PDE zur Verfügung stehende Zeitspanne verringert sich erheblich. Sie reicht aber noch aus, um die Maßnahme ausführen zu können.
- Die Wahrscheinlichkeit, dass nach dem Eintreten einer Anforderungssituation weder SDE noch PDE zur Verfügung stehen, erhöht sich im Vergleich zur Situation vor der Leistungserhöhung.
- Die Zuverlässigkeit der Notfallmaßnahmen SDE und PDE ist u. a. wegen des geringeren Wasserinventars auf der Sekundärseite der Dampferzeuger schon vor der Leistungserhöhung ungünstiger einzuschätzen als in anderen Anlagen mit vergleichbaren Maßnahmen.

Die RSK empfiehlt, die Notfall-Prozeduren für den Ausfall Speisewasser zu optimieren, indem SDE/PDE zeitlich und/oder personell entkoppelt werden und das NHB entsprechend angepasst wird.

- Neutronenfluenz am Reaktordruckbehälter und an den Reaktordruckbehältereinbauten

Durch die Leistungserhöhung ergibt sich beim betrachteten Gleichgewichtszyklus nach Darlegung des Sachverständigen TÜV Süddeutschland eine Erhöhung der mittleren maximalen Neutronenflussdichte (Energie > 1 MeV) an der Innenseite des RDB. Diese Zunahme sei auf die Erhöhung der Neutronenquellstärke und auf die geringere Abschirmung durch die leichte Abnahme der Wasserdichten im RDB wegen der erhöhten Kühlmiteleintrittstemperatur zurückzuführen.

Unter der Voraussetzung des betrachteten Gleichgewichtszyklus und unter der Berücksichtigung der bisherigen Betriebszyklen sei nach der Leistungserhöhung die extrapolierte maximale Lebensdauerfluenz von $3,1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-2}$ an der RDB-Innenseite um ca. 5 % höher als bei der bisherigen Reaktorleistung. Durch die Kernbeladungen bei der erhöhten Reaktorleistung sei der Abstand zum Auslegungswert von 510^{18} cm^{-2} weiterhin ausreichend.

Bei den sicherheitstechnisch wichtigen Strukturteilen der RDB-Einbauten aus austenitischen Werkstoffen lägen die Berechnungsergebnisse der maximal zu erwartenden Lebensdauerfluenz nach der Leistungserhöhung um maximal ca. 5 % über den bisher vorausgerechneten Werten. Die Zunahme der

Fluenzen läge somit wegen der geringen Unterschiede des Neutronenflusses im schnellen Energiebereich im Rahmen der für den RDB errechneten Änderung.

Die durch Neutronenbestrahlung im Bereich der RDB-Einbauten hervorgerufene Änderung der Werkstoffeigenschaften vermindere die Werkstoffzähigkeit bei Neutronenfluenzen von über 10^{20} cm², wie sie für den Kernbehälter ermittelt wurden. Durch die sich bei der Leistungserhöhung an den RDB-Einbauten ergebenden Änderungen der Neutronenfluenzen würden die Zähigkeitseigenschaften des Werkstoffs unwesentlich vermindert. Auf Grund der hohen Ausgangszähigkeit der hier eingebauten austenitischen Werkstoffe, insbesondere bei den für die Kerneinbauten gegebenen Beanspruchungen, sei diese Änderung sicherheitstechnisch nicht bedeutend.

Die GRS berichtete über Zwischenergebnisse ihres Auftrags zur Prüfung des Gutachtens vom TÜV Süddeutschland (Beratungsunterlagen [14] und [15]). Zusammenfassend kommt die GRS zu dem Ergebnis, dass die obigen Aussagen plausibel sind.

Die RSK stellt fest, dass infolge der genannten Erhöhung der Neutronenfluenz Rückwirkungen auf das Werkstoffverhalten (z. B. Zähigkeit) vernachlässigbar sind.

Es bleibt festzustellen, dass zum Einfluss der Neutronenfluenz auf die strahlungsinduzierte Spannungsrisskorrosion der Werkstoffe der RDB-Einbauten das Gutachten keine Aussagen enthält. Somit stützt sich die Bewertung der RSK auf Literaturwerte, die besagen, dass bei den vorgestellten Änderungen der Neutronenfluenzen (+5 %) die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer strahlungsinduzierten Spannungsrisskorrosion nicht erhöht ist.

Auf Grund der Leistungserhöhung ist für die austenitischen Bauteile und die Inconel-Bauteile der Druckführenden Umschließung (DFU) und die RDB-Einbauten eine Erhöhung des Potenzials für interkristalline Spannungsrisskorrosion nicht zu unterstellen.

Die RSK ist der Meinung, dass auf Grund der Zunahme der Neutronenfluenz und der Temperaturerhöhung keine sicherheitstechnisch relevante Werkstoffbeeinflussung erfolgt.

Die Hüllrohrkorrosion wurde im Gutachten nicht betrachtet. Dies soll gemäß den Antragsunterlagen zyklusspezifisch erfolgen. Die RSK empfiehlt, dass dieser Nachweis auch für den Referenzkern vorgelegt werden soll.

- Festigkeitsverhalten von Systemen und Komponenten bei Betriebstransienten und Störfällen

Der RSK wurde über die zwei Bereiche vorgetragen, bei denen Änderungen auftreten: DFU und Wasserdampf-Kreislauf.

Die Untersuchung der bezüglich der festigkeitsmäßigen Auslegung relevanten Lastfälle durch den Sachverständigen TÜV Süddeutschland ergab nach dessen Bericht, dass die aus der Leistungserhöhung

resultierende Erhöhung der Belastungen für den Primärkreis gering und durch die bisherigen Auslegungsdaten (Druck und Temperatur) abgedeckt sind. Die festigkeitsmäßige Auslegung des Reaktorkühl- und Druckhaltesystems entspreche auch bei erhöhter Reaktorleistung den Anforderungen.

Für den Wasser-Dampf-Kreislauf wurde für das Frischdampfsystem im Maschinenhaus abdeckend der Lastfall TUSA (Turbinenschnellabschaltung) 105 % spannungsmäßig nach der KTA-Regel 3211.2 abgesichert [33]; dabei wurden die Umfangsspannungen mit Betriebsdaten nachgewiesen.

Die Überprüfung der von der Leistungserhöhung betroffenen Systeme durch den Sachverständigen TÜV Süddeutschland habe ergeben, dass diese die gestellten Anforderungen hinsichtlich des sicheren Betriebes erfüllen. Die sich nach der Leistungserhöhung einstellenden Prozessgrößen und Armaturenstellungen sollen gemessen und im Vergleich zu den Erwartungswerten verifiziert werden. Für spezielle Komponenten des Wasser-Dampf-Kreislaufes sollen gesonderte Prüfungen durchgeführt werden. Das dynamische Anlagenverhalten bei Auslegungsstörfällen wurde u. a. durch Analysen des Sachverständigen geprüft; nach dessen Darlegung werden die Anforderungen auch weiterhin eingehalten. Die Abstände zu den jeweiligen Nachweisgrenzwerten hätten sich durch die Leistungserhöhung nur geringfügig geändert und blieben weiterhin ausreichend groß. Bei Betriebstransienten mit Störungen der sekundärseitigen Wärmeabfuhr, bei denen die Maßnahmen des Reaktorschutzes und der Begrenzungssysteme über den Grenzwert „FD-Druck hoch“ (FD: Frischdampf) angeregt werden, ergäben sich infolge des mit der Leistungserhöhung angehobenen FD-Druckes günstigere Abläufe. Auf Nachfrage des Ausschusses, welche Bedeutung die genannten Auslegungsdaten (Druck und Temperatur) in der Nachweisführung haben, wurde erläutert, dass die Nachrechnungen mit Betriebsdaten erfolgen. Zum ATWS-Störfall bestätigte der Sachverständige die Aussagen der Betreiberin, dass die festigkeitsmäßige Absicherung als Abstand des maximal erreichten Druckes zu dem 1,3-fachen Auslegungsdruck definiert wurde.

Die GRS berichtete über Zwischenergebnisse ihres Auftrags zur Prüfung des Gutachtens vom TÜV Süddeutschland (Beratungsunterlagen [14] und [15]). Zusammenfassend kommt die GRS zu dem Ergebnis, dass die obigen Aussagen plausibel sind.

Die RSK stellt fest, dass die vorgestellten Nachweise zum Festigkeitsverhalten Delta-Betrachtungen zu den Ursprungsnachweisen darstellen. Eine Delta-Betrachtung entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik, wenn die Ursprungsnachweise auch dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Zum Zeitpunkt der Auslegung wurde das damals gültige Regelwerk angewendet. Es ist zu zeigen, dass der derzeitige Nachweis den Anforderungen des heutigen Regelwerks entspricht.

Zum ATWS stellt die RSK fest, dass die Bewertung mit dem 1,3-fachen Auslegungsdruck (Vergleiche Ausführungen unter TOP 11 im Ergebnisprotokoll der 328. RSK-Sitzung am 03.02.2000) auf der Basis des in der RSK-Leitlinie zitierten Abschnittes aus ASME III nicht nachvollziehbar ist. Die RSK stellt fest, dass unter Zugrundelegung der Bemessung nach ASME bzw. KTA und der Annahme, dass die Auslegungstemperatur bei ATWS nicht überschritten wird, als Bewertung das 1,2-fache des Auslegungsdrucks zu Grunde zu legen ist. Die Einhaltung der genannten Randbedingungen hinsichtlich der Bemessung der Komponenten muss bestätigt werden.

Die RSK stellt fest, dass aus den vorliegenden Unterlagen und Berichten nicht klar hervorgeht, wie der Nachweisstand für die sicherheitstechnisch relevanten Teile des Wasser-Dampf-Kreislaufes im Maschinenhaus ist. Die RSK empfiehlt, dass entsprechende Nachweise vorgelegt werden.

- Wasserchemie

Nach Darlegung des Sachverständigen TÜV Süddeutschland ist mit der Leistungserhöhung ein proportional erhöhter Radiolysegasanfall im Druckhalter verbunden. Die Überprüfung des Abgassystems auf der Basis der Systemunterlagen durch den Sachverständigen habe ergeben, dass im System hinreichende Auslegungsreserven vorhanden seien. Die Reduzierung der Verweildauer in den Verzögerungskolonnen infolge der Durchsatzhöhung sei gleichfalls unbedenklich. Der Sachverständige hält es für erforderlich, im Rahmen der Inbetriebsetzung eine verstärkte Überwachung der Wasserchemie im Primärkühlmittel durchzuführen.

Die RSK stellt fest, dass in Bezug auf die Sauerstoffkonzentration während der durchgeführten Messfahrt im Kühlkreislauf keine messbaren Änderungen gegenüber dem bisherigen Betrieb aufgetreten sind, so dass in Bezug auf das diesbezügliche Korrosionsverhalten der Werkstoffe keine Änderungen zu erwarten sind.

5 Schlussfolgerung

Unter dem Vorbehalt, dass die vorstehend beschriebenen Einschränkungen beachtet und die noch geforderten Nachweise geführt werden, hat die RSK gegen die thermische Leistungserhöhung des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld keine sicherheitstechnischen Bedenken.

BERATUNGSUNTERLAGEN

- [1] Schreiben des BMU Az.: RS I 3 – 14 200/7.12 vom 20.12.2002
Thermische Leistungserhöhung in deutschen Kernkraftwerken
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG) – Erhöhung der thermischen Reaktorleistung auf 3.950 MW
(11. Änderungsgenehmigung)

- [2] Schreiben von Herrn Donderer vom 03.03.2003
Betr.: Beratungen zur Leistungserhöhung KKG in RB/AST
Fragen an den Gutachter

- [3] Genehmigung nach § 7 Atomgesetz (AtG) zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld (KKG) –
11.Änderungsgenehmigung –
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,
Akz.: 93-88.11.07–2000/178-35 vom 03.12.2002

- [4] KKG – Genehmigungsantrag nach § 7 AtG zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung für das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
Bayernwerk Kernenergie, Az.: TS-Roe/He vom 16.05.2000

- [5] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld – Genehmigungsverfahren zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung
E.ON Kernkraft, Az.: TG-Rö/Ost vom 16.04.2002

- [6] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
hier: Gutachtensbedingungen zur Leistungserhöhung auf 3950 MW_{th}
A.-Nr. 5304 vom 19.11.2002
E.ON Kernkraft, Az.: TTA-Dr. So/Hat vom 21.11.2002

- [7] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld – Änderungsgenehmigung nach § 7 Abs. 1 AtG zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung
hier: Nachweis der Deckungsvorsorge
E.ON Kernkraft, Az.: TG-Rö/Ost vom 24.07.2002

- [8] Entsorgungsvorsorgenachweis
KKG-Leistungserhöhung
E.ON Kernkraft, Az.: TTA-Dr. So vom 27.03.2002
- [9] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld – Änderungsgenehmigung nach § 7 Abs. 2 Nr. 1 AtG
zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung
hier: Verantwortliche und beauftragte Personen
E.ON Kernkraft, Az.: TG-Rö/Ost vom 24.07.2002
- [10] KKG – Änderungsgenehmigung zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung
hier: Kenntnisvermittlung von sonst tätigen Personen
Az.: TG-Rö/Cor vom 25.06.2002
- [11] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
Änderungsgenehmigung zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung
hier: Begutachtungsunterlagen
Framatome-ANP-Arbeitsbericht NGES 4/2002/de/0136
E.ON Kernkraft, Az.: EKK-TTA-Dr. So/Tü vom 10.09.2002
- [12] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld – Änderungsgenehmigung zur Erhöhung der
thermischen Reaktorleistung
hier: Bundesimmissionsschutzgesetz
E.ON Kernkraft, Az.: TG-Rö/Cor vom 14.05.2002
- [13] KKG – Erhöhung der thermischen Reaktorleistung
IBS-Programm
E.ON Kernkraft, Az.: dz-gr vom 25.06.2002
- [14] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
Gutachten zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung für das
atomrechtliche Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG
TÜV Süddeutschland, November 2002

- [15] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)
Auftrag vom 24.05.2000, Az.: 93-8811.07-2000/178-2
Begutachtung der Leistungserhöhung auf 3950 MW_{th}
Gutachterliche Stellungnahme zur Radiologie
TÜV Süddeutschland, Az.: BB-ETB-MUC/he/pr Rainer Hero A.-Nr.: 4115
vom 29.08.2002
- [16] Geplante Erhöhung der Reaktorleistung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld (KKG)
Stellungnahme der GRS, Teil 1, 15.04.2003, Folienkopien
- [17] Geplante Erhöhung der Reaktorleistung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld (KKG)
Teil 2
Bewertung der Kernausslegung und des dynamischen Anlagenverhaltens bei
Transienten und Störfällen
W. Pointner, U. Jendrich, S. Langenbuch, H.-G. Sonnenburg
Tischvorlage für die gemeinsame Sitzung der RSK-Ausschüsse Anlagen- und
Systemtechnik und Reaktorbetrieb, Bonn, 15. April 2003
- [18] Thermische Leistung [MW] deutscher Druckwasserreaktoren
E.ON Kernkraft, Folienkopie
- [19] Leistungserhöhung um 5% von 3765 MW auf 3950 MW
E.ON Kernkraft, Kernkraftwerk Grafenrheinfeld, Folienkopien
- [20] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld, Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG
Erhöhung der thermischen Reaktorleistung auf 3950 MW_{th}
Durchführung und Ergebnisse der Begutachtung
TÜV Süddeutschland, Folienkopien
- [21] Konservative Analysen und Best Estimate Programm
Leistungserhöhung Kernkraftwerk Grafenrheinfeld aus 3950 MW
Framatome ANP, Folienkopien

- [22] TÜV Süddeutschland
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)
Leistungserhöhung auf 4000 MW
Hier: Ergänzende Erläuterungen zu den ATWS-Nachweisen
Von BB-ETH03-MUC, Jörg-Thomas Bornemann
- [23] Bericht über die zusätzlichen ATWS- Berechnungen für KKG ohne Abschaltung der
Hauptkühlmittelpumpen
S. Langenbuch, GRS, Folienkopien
- [24] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld: Verringerung der Karenzzeiten für Handmaßnahmen
zur sekundär- und primärseitigen Druckentlastung
Wolfgang Preischl, GRS, Folienkopien
- [25] Bestimmung der Aussagesicherheit von thermohydraulischen Rechenergebnissen
H. Glaeser, GRS, Folienkopien
- [26] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)
Leistungserhöhung auf 4000 MW
Hier: Ergänzende Erläuterungen zu den ATWS-Nachweisen
TÜV Süddeutschland, BB-ETH03-MUC, Jörg-Thomas Bornemann
- [27] Bericht über die zusätzlichen ATWS- Berechnungen für KKG ohne Abschaltung der
Hauptkühlmittelpumpen
S. Langenbuch, GRS, Folienkopien
- [28] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld: Verringerung der Karenzzeiten für Handmaßnahmen
zur sekundär- und primärseitigen Druckentlastung
Wolfgang Preischl, GRS, Folienkopien
- [29] Notfallmaßnahmen SDE und PDE
E.ON Kernkraft, Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
Folienkopien 23.05.2003 TTA-Dr. So/Len

- [30] Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG), Genehmigungsverfahren nach § 7 AtG
Erhöhung der thermischen Reaktorleistung auf 3950 MW_{th}
Beratung der RSK-Ausschüsse AST und RB
Beantwortung der Fragen von Herrn Donderer (Physikerbüro Bremen)
TÜV Süddeutschland, Bau und Betrieb

- [31] Reaktor-Sicherheitskommission, Stellungnahme
ATWS-Ereignisse
Anlage 2 zum Ergebnisprotokoll der 340. RSK-Sitzung am 03.05.2001, 07.06.2001

- [32] Erhöhung der thermischen Reaktorleistung auf 3.950 MW im Kernkraftwerk
Grafenrheinfeld, E.ON Kernkraft, Kopien von Folien, TTA-Dr.So/Len, 25.06.2003

- [33] RSK-Beratungen zur KKG-Leistungserhöhung, Druckführende Komponenten und
Werkstoffe, TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb, Kopien von Folien, ETH03/Bor

- [34] Erhöhung der thermischen Leistung des KKG, GRS, Kopien von Folien, Dr. Jendrich