

***Risiken des Betriebs des Kernkraftwerks Gundremmingen
unter besonderer Berücksichtigung der beantragten
Leistungserhöhung***

Autor

Univ.-Prof. Wolfgang Renneberg
unter Mitwirkung von Dipl. Ing. Dieter Majer

Wien, 12. November 2013

Auftraggeber

FORUM Gemeinsam gegen das Zwischenlager
und für eine verantwortbare Energiepolitik e.V.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Zusammenfassung	3
3.	Daten und Methodik	5
4.	Risiken des Betriebs	6
4.1	Reaktordruckbehälter	6
4.2	Erdbebenauslegung	13
4.3	Not- und Nachkühlung	17
4.4	Hochwasser	22
4.5	Kühlung des Brennelementlagerbeckens	28
4.6	Venting	30
5.	Risiken der beantragten Leistungserhöhung	32
6.	Literaturverzeichnis	44
7.	Glossar	47

1. Einleitung

Das aus zwei baugleichen Blöcken bestehende Kernkraftwerk Gundremmingen ist die einzige noch betriebene Siedewasserreaktoranlage in Deutschland. Sie entspricht der sogenannten Baulinie 72. Sie gehört zu 75% der RWE Power GmbH und zu 25 % der E.ON Kernkraft GmbH. Block B verfügt über eine Nettoleistung in Höhe von 1.284 MW, Block C über eine Nettoleistung in Höhe von 1.288 MW. Beide Blöcke sind zum ersten Male im Jahr 1984 ans Netz gegangen. Der kommerzielle Leistungsbetrieb begann am 19.07.1984 für Block B und am 18.01.1985 für Block C. Nach dem Atomgesetz wird Block B am 31.12.2017 abgeschaltet, Block C am 31.12.2021. Für die Anlage ist eine thermische Leistungserhöhung beantragt. Der Genehmigungsentwurf wird zurzeit noch beim Bundesumweltministerium geprüft.

Die Studie verfolgt den Zweck, einen Überblick über wesentliche Risiken des Betriebs des Kernkraftwerks Gundremmingen zu geben und auf offene Sicherheitsfragen hinzuweisen. Sicherheitsfragen dürfen bei einem Betrieb eines Kernkraftwerks auf Grund des hohen Gefährdungspotentials nicht offen bleiben. Einige Sicherheitsfragen sind offen, weil die zu ihrer Beurteilung erforderlichen Unterlagen entweder nicht vorliegen oder bislang nicht öffentlich zur Verfügung gestellt worden sind.

Auf der Basis der identifizierten Sicherheitsfragen und der rechtlichen und technischen Maßgaben zu Prüfungsumfang und Prüfungstiefe wird untersucht, ob die beantragte Leistungserhöhung genehmigungsfähig ist.

Die Studie soll auch eine Grundlage schaffen, um von den verantwortlichen Betreibern und Aufsichtsbehörden Stellungnahmen zu verlangen, die durch nachvollziehbare Daten gestützt sind und eine unabhängige Beurteilung der bestehenden Risiken erlauben.

2. Zusammenfassung

Der Antrag auf Genehmigung der Leistungserhöhung ist nach vorliegender Aktenlage nicht genehmigungsfähig. Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit hat die Auswirkungen der Änderungen durch die geplante Leistungserhöhung auf betroffene Anlagenteile nicht nach dem Stand von Wissenschaft und Technik bewertet. Die insoweit erforderlichen Prüfungen wurden nach dem vorliegenden Kenntnisstand nicht durchgeführt. Die vorgelegten Sicherheitsnachweise, insbesondere für die Störfallsicherheit sind unvollständig oder entsprechen in wesentlichen Punkten nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Unabhängig von der Frage der Leistungserhöhung darf nicht offen bleiben, ob das Kernkraftwerk Gundremmingen Störfälle möglicherweise nicht beherrscht,

insbesondere dann, wenn die offenen Fragen Kernbestandteile des Sicherheitssystems betreffen. Dies ist jedoch der Fall:

- Die Konstruktion des Reaktordruckbehälters entspricht nicht dem Stand der Technik. Nach den vorliegenden Berechnungen und Messungen für vergleichbare Druckbehälter ist zurzeit nicht ausgeschlossen, dass die sog. Bodenschweißnaht insbesondere unter Störfallbedingungen unter zu hohen Spannungen steht.
- Der Nachweis, dass das Not- und Nachkühlsystem, welches den Reaktor insbesondere bei Störfällen vor einer Kernschmelze schützen soll, entspricht nicht den aktuellen „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“. Nur zwei Stränge des Not- und Nachkühlsystems haben die nachgewiesene Qualität als Störfallsicherheitssystem. Da sie jedoch nicht diversitär aufgebaut sind, können sie auf Grund einer gemeinsamen Ursache gleichzeitig versagen.
- Für einen Dambruch der stromaufwärts liegenden Donaustaustufe bei einem zu unterstellenden Erdbeben ist nicht nachgewiesen, dass das Kernkraftwerk gegen die darauf folgende Flutwelle nach einer erdbebenbedingten Vorschädigung anderer Sicherheitssysteme ausgelegt ist. Bereits bei dem nach veralteten Berechnungsmethoden zu unterstellenden maximalen Hochwasserstand ist das Anlagengelände in 33 cm Höhe überflutet.
- Methoden, Berechnungsgrundlagen und Daten, nach denen das maximale Erdbeben ermittelt werden muss, gegen das die Anlage geschützt sein muss, sind veraltet. Welches Erdbeben nach heutigem Stand anzunehmen wäre, ist nicht bekannt. Damit ist zurzeit ungeklärt, ob das Kernkraftwerk Gundremmingen ein solches Erdbeben sicher überstehen würde.
- Das Brennelementelagerbecken des Kernkraftwerks Gundremmingen befindet sich außerhalb des Sicherheitsbehälters. Radioaktive Freisetzungen aus den dort gelagerten Brennstäben können damit nicht durch den Sicherheitsbehälter zurückgehalten werden. Im Notstandsfall, bei ausfallender Kühlung des Beckens, kann sich Wasserstoff im Reaktorgebäude sammeln. Rekombinatoren zur Verhinderung möglicher Wasserstoffexplosionen sollen erst noch nachgerüstet werden.
- Die Kühlung des Brennelementebeckens hängt bei Störfällen ab von den Nachwärmeabfuhrsträngen des Reaktors. Damit ist die Nachwärmeabfuhr aus dem Brennelementelagerbecken nach den heutigen Sicherheitsanforderungen bei einem Störfall ebenso in Frage gestellt, wie die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktor.
- Die gefilterte Druckentlastung des Sicherheitsbehälters ist bei einem kerntechnischen Unfall entscheidend dafür, dass große Mengen an Radioaktivität nicht in die Umwelt gelangen. Ein solches System hätte in Fukushima einen großen Beitrag zur Verhinderung der Katastrophe

leisten können. Dieses System ist in Gundremmingen nicht gegen Erdbeben ausgelegt.

Da durch offene und fehlende Nachweise für die erforderliche Vorsorge die ursprüngliche Genehmigungsvoraussetzung weggefallen ist, kommt ein Widerruf der Genehmigung in Betracht, wenn diese Voraussetzungen nicht in angemessener Zeit nach dem Stand von Wissenschaft und Technik wieder hergestellt werden (§ 17 Abs.3 Nr.2 AtG).

3. *Daten und Methodik*

Die Studie basiert auf Daten, die öffentlich zugänglich sind sowie auf Berichten von Behörden und Sachverständigenorganisationen und Einzelsachverständigen, die dem Autor dieser Studie übergeben worden sind. Hierzu gehören u.a. die Stellungnahmen, die im Rahmen der beantragten Leistungserhöhung angefertigt wurden sowie die Dokumente, die im Rahmen des europäischen Stresstest für Kernkraftwerke veröffentlicht worden sind. Die Anlagen-dokumentation einschließlich der Hersteller- und Betreiberberichte lagen nicht vor.

Die Studie kann deshalb auch keine Risiken beschreiben, die aus dem tatsächlichen, aktuell messbaren Zustand von Rohrleitungen und Komponenten oder der elektrischen Einrichtungen aufgrund betrieblicher oder herstellungsbedingter Schädigungen hervorgehen. Diese Risiken, die bei alten Kernkraftwerken unterstellt werden müssen, sind zusätzlich zu den in dieser Studie insbesondere untersuchten Auslegungs-Risiken gesondert zu bewerten.

Der Maßstab zur Bewertung der Risiken ist der Stand von Wissenschaft und Technik, so wie er insbesondere in den Sicherheitsanforderungen des BMU für Kernkraftwerke (BMU, Januar 2013) einschließlich der hierzu vorliegenden ergänzenden Materialien zum Ausdruck kommt. Diese Regeln und die darin definierten Grundsätze sind allen anderen technischen Regeln, insbesondere den Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA Regeln) übergeordnet.

Nach diesem methodischen Ansatz besteht ein technisch vermeidbares Risiko jedenfalls immer dort, wo der Zustand der Anlage die Anforderungen des aktuell geltenden Regelwerks, insbesondere den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom November 2012 nicht erfüllt.

Soweit beim Betreiber oder bei der Aufsichtsbehörde Ergebnisse von Untersuchungen auf der Basis des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik und den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (BMU, Januar 2013) vorliegen, die bislang nicht öffentlich zugänglich sind oder im Rahmen der Studie nicht bekannt geworden sind, können sie in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt werden. Soweit danach Aussagen dieser Studie widerlegt

werden könnten, ist es Sache der verantwortlichen Betreiber und der Aufsichtsbehörde, diese Untersuchungen öffentlich transparent zu machen und entsprechende nachvollziehbare Unterlagen hierzu vorzulegen.

4. Risiken des Betriebs

Konzeptionelle- und Alterungsrisiken des Betriebs von Kernkraftwerken sind in vorliegenden Dokumenten auch mit Bezug auf das Kernkraftwerk Gundremmingen beschrieben; vgl. u.a. "Probabilistische Sicherheitsanalyse für Siedewasserreaktoren der Baulinie 69" (GRS, November 1992) sowie (Neumann, Becker, Januar 2010); (Kromp et al., 2010); (Renneberg, Oktober 2010).

Nach Stand von Wissenschaft und Technik wären über das hinaus, was im Rahmen dieses Gutachtens diskutiert wird, Anforderungen zu stellen, wie z.B. zur Beherrschung einer Kernschmelze durch das Kernkraftwerk Gundremmingen sowie eine weit striktere Anwendung des sogenannten „gestaffelten Sicherheitskonzepts“ (international: „Defense in Depth“) (WENRA, November 2010). Diesen Anforderungen hält das Kernkraftwerk Gundremmingen bereits konzeptionell nicht Stand.

Eine Neuanlage wäre nach heutigem Vorsorgemaßstab gegen einen Absturz eines großen Verkehrsflugzeuges auszulegen. Gundremmingen ist nicht gegen einen solchen Absturz ausgelegt und entspricht auch bereits deshalb nicht dem heutigen Vorsorgemaßstab nach Stand von Wissenschaft und Technik.

Im Folgenden werden wesentliche Risiken beschrieben, die sich insbesondere aus den Berichten über den Europäischen Stresstest für Kernkraftwerke, aus Gutachten sowie aus jüngsten Fachdiskussionen für das Kernkraftwerk Gundremmingen aktuell ergeben und insbesondere für die beantragte Leistungserhöhung relevant sind.

4.1 Reaktordruckbehälter

Die folgenden Ausführungen beruhen auf Untersuchungsergebnissen für den Reaktordruckbehälter der Baulinie 69. Die untersuchten Reaktordruckbehälter dieser Kernkraftwerke (z.B. Krümmel) entsprechen in ihrem konstruktiven Aufbau weitgehend dem des Kernkraftwerks Gundremmingen. Der konstruktive Anschluss der Bodenkalotte an den darüber liegenden Teil des RDB, auf den es in diesem Zusammenhang ankommt, ist bei den Behältern vergleichbar. Die zitierten Untersuchungen lassen sich deshalb auf Gundremmingen übertragen.

Bewertungsmaßstäbe

Der Reaktordruckbehälter (RDB) des Kernkraftwerks Gundremmingen ist Teil der Druckführenden Umschließung und muss den Anforderungen des Regelwerks zur „Basissicherheit“ entsprechen¹. Für alle Rohrleitungen und Umschließungen des Reaktorkühlmittels - im Wesentlichen Wasser - wird in den Störfallnachweisen grundsätzlich unterstellt, dass sie versagen können, dass also ein Leck oder ein Bruch der Leitung auftreten kann. Für diesen Fall ist als Auslegungsanforderung jeweils nachzuweisen, dass dieser Störfall beherrscht wird. Es wird unterstellt, dass die Rohrleitungen und druckführenden Komponenten einschließlich des RDB nicht katastrophal versagen können. Sie müssen „basissicher“ sein. Um diese Qualität zu erlangen, müssen sie besonderen Anforderungen an die Qualität entsprechen und qualifiziert überwacht werden. Die „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ vom November 2012 formulieren dazu u.a. folgende Anforderungen:

„3.4 (1) Die Druckführende Umschließung muss so beschaffen, angeordnet sein und betrieben werden, dass das Auftreten von rasch fortschreitenden Rissen und von spröden Brüchen nicht zu unterstellen ist.

3.4 (2) Zu diesem Zweck ist bei der Auslegung entsprechend den Anforderungen der Nummer 3.1 (2) ein sicherheitstechnisch begründeter Zuschlag auf die ermittelten Werte der Einwirkungen vorzusehen, um zu gewährleisten, dass die spezifizierten Grenzwerte für die Belastungen aus Einwirkungen der Druckführenden Umschließung im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen eingehalten werden.

3.4 (3) Für die Druckführende Umschließung und die drucktragenden Wandungen von Komponenten der Äußeren Systeme mit Nennweiten größer DN 50 muss die Basissicherheit durch die Einhaltung nachfolgender Anforderungen unter Berücksichtigung des Betriebsmediums sichergestellt werden:

- o Einsatz hochwertiger Werkstoffe, insbesondere hinsichtlich Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit,*
- o konservative Begrenzung der Spannungen,*
- o Vermeidung von Spannungsspitzen durch optimierte Konstruktion und*
- o Gewährleistung der Anwendung optimierter Herstellungs- und Prüftechnologien.*

¹ „Basissicherheit bedeutet, dass bei Einhaltung entsprechender Grundsätze bei Auslegung, Konstruktion, Fertigung und Prüfung ein weit reichendes Versagen einer Komponente auf Grund herstellungsbedingter Mängel nicht unterstellt wird.“ (BMU, Januar 2013)

Dazu gehören die Kenntnis und Beurteilung gegebenenfalls vorliegender Fehlerzustände.

*Hinweis: Bei Realisierung dieser Anforderungen (Basissicherheit) ist ein katastrophales, aufgrund herstellungsbedingter Mängel eintretendes Versagen dieser Anlagenteile nicht zu unterstellen.“
(BMU, Januar 2013)*

Spannungsminimierende Konstruktion

Der Reaktordruckbehälter des Kernkraftwerks Gundremmingen entspricht im Hinblick auf die Schweißnaht, mit der die Bodenkalotte angeschweißt ist, diesen Anforderungen nicht. Die Spannungen sind nicht nach dem Stand der Technik konservativ begrenzt, Spannungsspitzen werden nicht durch - nach dem Stand der Technik - optimierte Konstruktion vermieden und die Konstruktion erlaubt keine optimierte Prüfbarkeit.

*„Eine konstruktionsbedingte Schwachstelle ist die Schweißnaht zwischen zylindrischem Flanschring und der Bodenkalotte, da dort entgegen der Basissicherheitsforderung nach optimaler Konstruktion eine Stelle mit hohen Spannungsspitzen geschaffen wurde“
(Kromp et al., 2010 S. 17)²*

Die Auffassung, dass die - auch in Gundremmingen verwendete - Konstruktion der Bodenkalotte und ihres Anschlusses an den zylindrischen Teil des Reaktordruckbehälters nicht den Prinzipien der Basissicherheit entspricht, ist nach Durchsicht von größtenteils nicht veröffentlichten Dokumenten nicht umstritten. Im Entwurf eines jüngeren nicht veröffentlichten Protokolls einer Erörterung in der RSK heißt es beispielsweise:

„Einleitend weist der Berichterstatter (unwidersprochen; der Autor) darauf hin, dass in allen Regelwerken für Druckbehälter vermerkt sei, dass Kesselschweißnähte in biegungsspannungsgefährdeten Zonen zu vermeiden sind. Die Begründung für diese Bauform sei zum Zeitpunkt der Konstruktion des RDB der SWR-Baulinie 69 gewesen: .."Die Anordnung eines tief gewölbten Bodens, bei dem die Anschlussnähte außerhalb der Biegezonen liegen, war nicht möglich, weil sonst im Krepfenbereich die Durchdringung für die Umwälzpumpen aufzunehmen gewesen wäre".

..... „Bei der SWR-Baulinie 69 sei gerade der RDB-Boden sicherheitstechnisch von großer Bedeutung, weil die Steuerstäbe von unten -- also gegen die Schwerkraft -- eingefahren werden. Bei einem Defekt im RDB-Boden wäre die Kontrolle der Reaktivität im

² Das Zitat bezieht sich auf den insoweit baugleichen Reaktordruckbehälter Krümmel

Reaktor unmittelbar betroffen. Daraus resultiert eine erhöhte Priorität dieses Bereiches.“³

Prüfmöglichkeiten

Entgegen der Anforderung der Basissicherheit⁴ ist auch die Prüfmöglichkeit des Reaktordruckbehälters im Bereich der Pumpenstutzen eingeschränkt. Risse oder Anrisse können dort von innen nicht erkannt werden. Unter Fachleuten der Reaktorsicherheitskommission besteht Einigkeit in der Einschätzung, dass die vorliegende Konstruktion....

„...hinsichtlich der Spannungen in der Schweißnaht nicht optimal (ist), da die Schweißnaht in einem Bereich lokal erhöhter Spannungen liegt und ausschließlich von außen prüfbar ist.“⁵

Auch die Ausbildung der Schweißnaht entspricht nach Auffassung des RSK Ausschusses „Druckführende Komponenten und Werkstoffe“ (DKW) aus dem Jahr 2011 nicht den Kriterien der Basissicherheit.⁶

Korrosionsbeständigkeit

Der Reaktordruckbehälter entspricht auch nicht der Anforderung nach dem Einsatz von Werkstoffen nach dem Kriterium möglicher hoher Korrosionsbeständigkeit (s.o.). Dies liegt an der sog. Plattierung des Reaktordruckbehälters, die den Reaktorstahl von innen gegen Korrosion schützen soll. In der Plattierung im Bereich der Bodenschweißnaht seien hohe Spannungswerte bis zur Fließgrenze ermittelt worden. (Kromp et al., 2010) Dies wird durch andere Expertenaussagen bestätigt:

„Deutlich seien auch hohe Spannungswerte in der Plattierung im Bereich der Bodenschweißnaht erkennbar.....

..... Auch wenn die Plattierung nicht Gegenstand der Untersuchungen der TU Berlin gewesen sei, sei sie dennoch mit entscheidend für etwaige Anrisse sowie für das Korrosions- und Versprödungsverhalten im Bereich der Schweißnaht.“⁷

Das Korrosionsverhalten ist deshalb betroffen, weil durch Spannungen in der Plattierung, die auf die Reaktorinnenwand aufgeschweißt ist, Mikrorisse entstehen können, die eine erhöhte Angriffsfläche für korrosive Medien bilden und in eine Kette vertiefter Rissbildung und weiterer Korrosion münden kön-

³ Das Bundesumweltministerium verfügt über den Protokollentwurf/das Protokoll

⁴ s.o. Kriterium 3.4. (3) (BMU, Januar 2013)

⁵ Siehe Fn. 3

⁶ Siehe Fn. 3

⁷ Siehe Fn. 3

nen (Spannungsrissskorrosion). Auf diesen Sachverhalt habe auch das „Forschungszentrum Dresden – Rossendorf“ hingewiesen.⁸

Sicherheitsreserven gegen Störfallbelastungen

Nach den Ergebnissen vorliegender Rechnungen und Messungen ist auch sehr zweifelhaft, ob der Reaktordruckbehälter der Anforderung an die Druckführende Umschließung (DFU) entspricht, bei der Auslegung einen sicherheitstechnisch begründeten Zuschlag auf die ermittelten Werte der Einwirkungen vorzusehen. Diesen Zuschlag sieht das Regelwerk vor, um zu gewährleisten, dass die spezifizierten Grenzwerte für die Belastungen aus Einwirkungen im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen auch für unvorhergesehene Fälle eingehalten werden.⁹

Bereits beim Bau des Reaktordruckbehälters gab es Zweifel, dass die Spannungswerte des Reaktordruckbehälters der Baulinie 69 an der Bodenschweißnaht konstruktionsbedingt zu hoch seien. Der TÜV weist in einer Stellungnahme vom 22.03.2010 darauf hin, dass bei Untersuchungen bereits im Jahre 1970 Spannungsspitzen bis zur Elastizitätsgrenze festgestellt worden seien. (TÜV SÜD, 22.03.2010) Diese Untersuchungen zeigten teilweise auch Überschreitungen der Streckgrenze auf (a.a.O.). Dabei zeigen die bisherigen alten Messungen sowie alte und neue Berechnungen eine gute Übereinstimmung. Dies wird offensichtlich auch in der Reaktorsicherheitskommission so gesehen.¹⁰

Im Jahr 2010 berechnete der Fachbereich Strukturmechanik und Strukturberechnung der Technischen Universität Berlin nochmals den Spannungsverlauf im Bereich der Rundnaht des Reaktordruckbehälters des Kernkraftwerks Krümmel mit einer dreidimensionalen „Finite-Element –Methode“, in der die Spannungen für sehr kleine Segmente („Finite Elemente“) bestimmt wurden. (Nguyen, Zehn, Juli 2010) Drei verschiedene Ergebnisse von Berechnungen und Messungen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

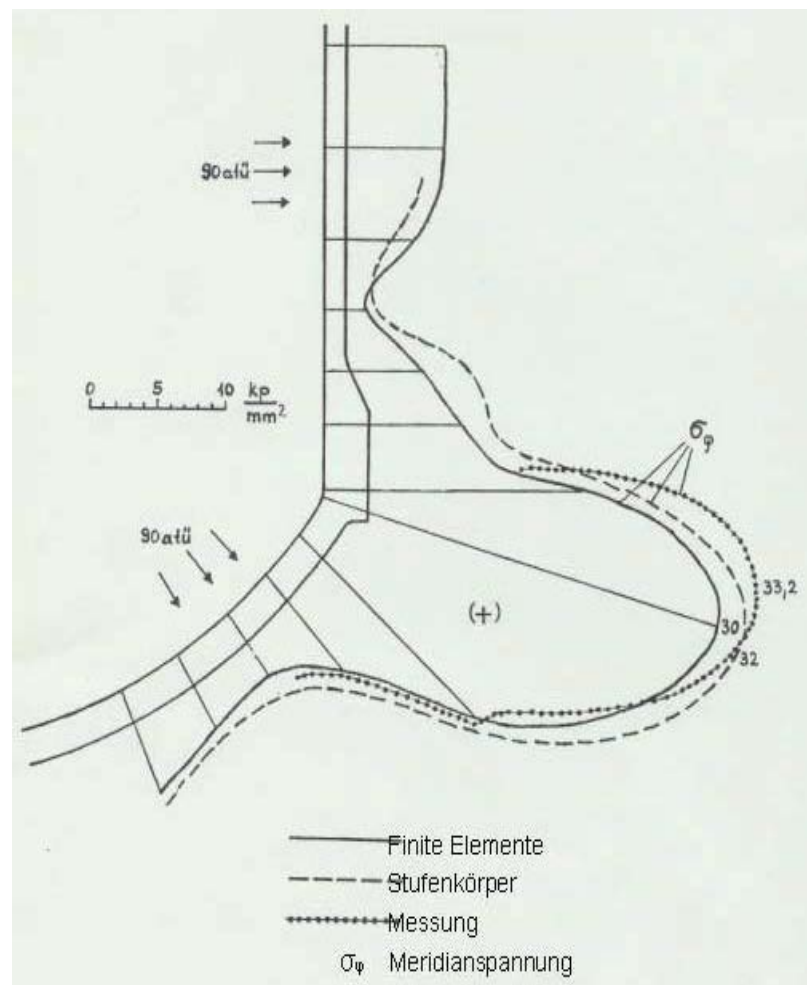
⁸ Siehe Fn.3

⁹ Kriterium 3.4 (2) (BMU, Januar 2013), s.o.;

¹⁰ „Die Berichtersteller stimmen darin überein, dass sich die Berechnungsergebnisse bezüglich Größe und Verlauf gleichen.“ Vgl. Fn. 3

In dieser Abbildung ist die Geometrie der Reaktordruckbehälterwand mit den Spannungswerten korreliert. Die berechneten und gemessenen Spannungswerte $\sigma(x\text{-Achse})$ stimmen sehr gut überein. Messungen an einem Vergleichsbehälter, die mit Dehnungstreifen durchgeführt wurden, zeigen über die gesamte Rundnaht die gleiche deutliche Erhöhung (gepunktete Linie). Die Berechnungen für das Kernkraftwerk Krümmel (durchgezogene Linie) und die Berechnungen für ein Testmodell (gestrichelte Linie) stimmen mit den Messungen am Testmodell (gepunktete Linie) gut überein (Kromp et al., 2010).

Abbildung 1: Meridianspannung an Bodenkalotten-Schweißnaht bei einem Innendruck von 90 bar; Quelle: (Kromp et al., 2010)



In der bereits zitierten Studie aus dem Jahr 2010 von Kromp et al. wird auf Grund der Berechnung der TU Berlin (Nguyen, Zehn, Juli 2010) der Regeln des kerntechnischen Ausschusses (KTA 3201.2) dargelegt, dass die berechneten Werte für die sog. Membranspannungen die noch zulässigen Werte

überschreiten. Dabei sind die Spannungserhöhungen durch Auslegungsstörfälle noch nicht berücksichtigt (Kromp et al., 2010 S. 17)¹¹.

Schlussfolgerungen RDB

Die Sicherheit des Reaktordruckbehälters kann nicht unterstellt werden, da er den grundlegenden Anforderungen an die Basissicherheit nicht entspricht.

Denn unabhängig von der Frage, inwieweit die noch nach den KTA Regeln zulässigen Spannungswerte eingehalten werden, würde heutzutage kein Reaktordruckbehälter mehr auf diese Weise konstruiert und gebaut werden, da eine solche Konstruktion bereits den anerkannten Regeln der Technik auch für konventionelle Druckbehälter widerspräche. Erst recht wäre ein solcher Reaktordruckbehälter unter den weit höheren Anforderungen der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke nicht mehr genehmigungsfähig (s.o.).

Der RDB Boden hat beim Kernkraftwerk Gundremmingen eine besonders wichtige technische Bedeutung. Denn die Steuerstäbe müssen insbesondere auch bei einer Schnellabschaltung von unten gegen die Schwerkraft durch die Bodenkalotte hindurch in den Reaktor eingefahren werden. Defekte in der Bodenkalotte können sich deshalb unmittelbar auf die Steuerung des Reaktors und auf das Funktionieren der Schnellabschaltung auswirken. Diese Funktionen sind insbesondere bei Störfallsituationen mit Extrembelastungen relevant. Gerade bei Extrembelastungen besteht jedoch die Gefahr, dass aufgrund der hohen konstruktiv bedingten Spannung keine Reserven mehr vorhanden sind. Damit ist nicht nur das Risiko eines unbeherrschbaren Versagens des Reaktordruckbehälters z.B. durch das Versagen der Schweißnaht oder durch Risse im Bereich der Anschlussstutzen erhöht sondern auch das Risiko, dass die Kettenreaktion im Reaktor nicht mehr zuverlässig gesteuert werden kann.¹²

Empfehlungen

- Die quantitative Analyse der Spannungswerte im Bereich der Bodenschweißnaht des Reaktordruckbehälters in Gundremmingen setzt voraus, dass Betreiber und Aufsichtsbehörde ihre eigenen Berechnungen der Spannungswerte des Reaktordruckbehälters

¹¹ Der TÜV SÜD kommt in seiner Betrachtung für den parallelen Fall des Kernkraftwerks Philippsburg zu einer anderen Bewertung insbesondere deshalb, weil er höhere Grenzwerte zu Grunde legt. (TÜV SÜD, 22.03.2010) Das Kernforschungszentrum Dresden-Rossendorf hat eine eigene Berechnung der Meridianspannung vorgelegt. Inwieweit die Betreiber eigene Berechnungen veranlasst haben, ist nicht bekannt. Am 15.02.2011 hat ein Fachgespräch u.a. zwischen der GRS und der TU Berlin zur Bodenschweißnaht stattgefunden. In der Reaktorsicherheitskommission wurde der Sachverhalt danach – wie bereits zitiert - erörtert. Um die Frage der zulässigen Grenzspannungen hat es im kerntechnischen Ausschuss und in der Reaktorsicherheitskommission wohl vor dem Hintergrund der Probleme in Gundremmingen eine Diskussion um die noch zulässigen Grenzspannungen gegeben. Die KTA Regel soll daraufhin geändert werden. Ein neuer Regelentwurf zur Auslegung der Reaktorkerne von Druck- und Siedewasserreaktoren, Teil 3: Mechanische und thermische Auslegung, ist in Vorbereitung bzw. in Abstimmung (BfS, 15.11.2012).

¹² Zu möglichen weiteren Auswirkungen vgl. (Kromp et al., 2010)

mit allen erforderlichen Daten und isometrischen Darstellungen zur Verfügung stellen. Die Aufsichtsbehörde sollte deshalb als staatlich Verantwortliche in einem ersten Schritt veranlasst werden, die anlagenspezifische Berechnung der Spannungswerte am Reaktordruckbehälter einschließlich aller erforderlichen und verwandten Daten und maßstabsgetreuen Zeichnungen vorzulegen.

- Die Aufsichtsbehörde sollte die Öffentlichkeit zugleich über die Ergebnisse der Prüfungen auf Rissfreiheit einschließlich der Angabe der Bereiche, die bislang nicht geprüft worden sind oder aufgrund der konstruktiven Randbedingungen nur unzulänglich geprüft werden konnten, unterrichten und die vorliegenden Unterlagen zugänglich machen.
- Der Betrieb eines Kernkraftwerkes, bei dem die Sicherheit des Reaktorbehälters und dessen Integrität zweifelhaft ist, weil er nicht den grundlegenden Anforderungen der sicherheitstechnischen Normen beispielsweise der Basissicherheit entspricht, stellt zumindest einen atomrechtlichen Gefahrenverdacht dar (§ 19 Abs.3 AtG), der die einstweilige Stilllegung des Kernkraftwerks begründet.
- Bei der Bewertung der Daten und Berechnungen der Spannungen am Reaktordruckbehälter des Kernkraftwerks Gundremmingen ist entscheidend, welche Grenzwerte für die Spannungen zu Grunde zu legen sind. Grundlage hierfür ist eine Analyse des aktuellen kerntechnischen Regelwerks vor dem Hintergrund des internationalen Standes von Wissenschaft und Technik.

4.2 Erdbebenauslegung

Kernkraftwerke müssen gegen Erdbeben ausgelegt sein. Das Erdbeben ist ein sogenannter Auslegungsstörfall (BMU, Januar 2013). Es gehört damit zur sogenannten dritten Sicherheitsebene im „gestaffelten Sicherheitskonzept“ (a.a.O.). Im Erdbebenfall müssen die Sicherheitssysteme zur Störfallbeherrschung uneingeschränkt zur Verfügung stehen. (BMU, Januar 2013 S. 29ff.)

Nach den geltenden Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22.11.2012 (a.a.O.) sind für den Standort ein Bemessungserdbeben und die zugehörigen Einwirkungen auf der Grundlage der Ergebnisse deterministi-

scher und probabilistischer seismologischer Standortgefährdungsanalysen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu ermitteln (a.a.O.).¹³

Die Genehmigungsnachweise zur Erdbebensicherheit des Kernkraftwerks Gundremmingen basieren auf veralteten Anforderungen an die Bestimmung der möglichen Stärke des Bemessungserdbebens (seismische Lastannahmen) sowie auf veralteten Anforderungen an die Auslegung der Anlage gegen die auftretenden Schwingungen.

Die Gesellschaft für Reaktorsicherheit hat bis zum Jahre 1993, sieben bzw. acht Jahre nach Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs, eine Sicherheitsanalyse für Siedewasserreaktoren am Beispiel der Referenzanlage Gundremmingen durchgeführt (GRS, November 1992). Bereits zu diesem Zeitpunkt hatten sich wesentliche Beurteilungsgrundlagen geändert (vgl. (KRB II Gundremmingen, 24.10.2011 S. 66 f.). Die Sicherheitsnachweise für die Erdbebenauslegung des Kernkraftwerks Gundremmingen werden nach Aussage der GRS zwar *dem Ergebnis nach* bestätigt, diese Prüfung erfolgte jedoch nicht nach den Regeln und im Rahmen eines aufsichtlichen Verfahrens, sondern im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung. Inwieweit die Gesellschaft für Reaktorsicherheit bei ihrer Analyse aufsichtlich verifizierte Daten verwandt hat oder sich lediglich auf Daten und Einschätzungen des Betreibers gestützt hat, ist nicht bekannt. Eine qualifizierte Prüfung und Fortschreibung der Genehmigungsnachweise durch die Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde ist nach der Untersuchung der GRS nicht erfolgt. Darüber hinaus beruhen die Aussagen der GRS, auf die sich der Betreiber beruft, nicht auf dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik.

Seit der Erstellung der Sicherheitsanalyse durch die GRS und erst recht seit der Genehmigungserteilung haben sich die Anforderungen an die Erdbebenanalysen und erforderlichen Nachweise deutlich geändert. Die damals geltenden *Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke* (BMI, 21.10.1977), die *Störfalleitlinien* des BMI (BMI, 18.10.2013) und die *Leitlinien der RSK für Siedewasserreaktoren (Entwurf)* (RSK, September 1980) sind abgelöst worden durch die *Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke* vom 20. Nov. 2012 (BMU, Januar 2013). Der internationale Stand von Wissenschaft und Technik, insbesondere die Methoden zur Bestimmung der in bestimmten Zeiträumen zu erwartenden Maximalwerte der Erdbebenbeschleunigung sowie die verfügbare Datenlage haben sich wesentlich weiterentwickelt. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in zahlreichen Änderungen der Regeln des Kerntechnischen Ausschusses wieder. Dies betrifft die Grundsätze der seismischen Auslegung von

13 Die von einem Erdbeben ausgehenden Erschütterungen des Bodens übertragen sich über den Baugrund auf die Bauwerke eines Kernkraftwerks. Durch das Erdbeben werden die Bauwerke entsprechend ihrem dynamischen Verhalten zu Schwingungen angeregt. Diese Bauwerksschwingungen werden auf die innerhalb der Gebäude vorhandenen Anlagenteile und Komponenten übertragen. Die einzelnen Schritte bei der Ermittlung des Erdbebenrisikos von Bauwerken und Komponenten sind: Bestimmung realistischer seismischer Lastannahmen, dynamische Bauwerksberechnungen, Dynamische Komponentenberechnungen (GRS, November 1992).

Kernkraftwerken (KTA 2201.1, 2011) sowie alle spezifischen Fachregeln zum Baugrund (KTA 2201.2, 2012-11), zu den baulichen Anlagen (KTA 2201.3, Fassung 2012-11 (Regelentwurf)) (KTA 2201.4, November 2012) sowie zur seismischen Instrumentierung (KTA 2201.5, Fassung 1996).

Im Unterschied zu den früheren Anforderungen zum Zeitpunkt der Genehmigung bzw. der Sicherheitsanalyse der GRS (s.o.) sind heute z.B.

- Seltener und damit stärkere Beben zu Grunde zu legen (100.000 jähriges statt 10.000 jähriges Beben) (KTA 2201.1, 2011)
- paläoseismologische Betrachtungen notwendig¹⁴
- Unsicherheiten in der Berechnung auszuweisen (KTA 2201.1, 2011).

Diesen und anderen Anforderungen entsprechen die Genehmigungsnachweise nicht.¹⁵

Der aktuelle Bericht des Betreibers zum europäischen Stresstest orientiert sich nicht am aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und verweist nicht auf die danach geltenden aktuellen Bewertungsmaßstäbe, wie die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, die neueren KTA Regeln oder internationale Sicherheitsnormen (z.B. IAEA). Stattdessen stützt er sich weitgehend auf die Sicherheitsanalyse der GRS aus dem Jahr 1992 (KRB II Gundremmingen, 24.10.2011)¹⁶. Die Bewertungen des Betreibers sind ungeprüft und unverändert in die offiziellen Berichte der Reaktorsicherheitskommission (RSK, 11.- 14.05.2011 (437. RSK-Sitzung)) und des Bundesumweltministeriums übernommen worden (BMU, 2012).

Es ist auch fraglich, ob es eine geschlossene und systematische Dokumentation für die bestehenden Erdbebennachweise des Kernkraftwerks Gundremmingen gibt, wie sie vom Regelwerk gefordert wird. Der Aktionsplan des BMU, der in der Folge des Stresstests verabschiedet wurde enthält die Forderung, die bestehenden Störfallnachweise geschlossen zu dokumentieren (BMU, 15.06.2012):

„(1) Der Genehmigungsinhaber hat die im Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren zugrunde gelegten Analysen für die in der Sicherheitsebene 3 zu betrachtenden Ereignisse in geschlossener Form darzustellen (Nachweishandbuch). Die Inhalte sind im Falle fortschreitender Regelwerksanforderungen auf Aktualität zu prüfen. (DWR, SWR)

¹⁴ Vgl. Die Paläoseismologie ist eine Methode zur Suche nach Anzeichen früherer Beben im geologischen Untergrund einschließlich der Abschätzungen derer Magnitude und Altersbestimmung der erdbebenbedingten Verschiebungen. Die Paläoseismologie dient der zeitlichen Erweiterung von Befunden zu Beben in die jüngste geologische Vergangenheit. (KTA-GS-12, Januar 2013) (KTA 2201.2, 2012-11)

¹⁵ Ein detaillierter systematischer Vergleich der Anforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik aus der Zeit der Genehmigung und heutigen Stand ist bislang weder vom BMU noch vom StMUG bekannt.

¹⁶ Die Zusammenfassung stammt aus dem Jahr 1992; die Abschlussberichte, Teil 1 und Teil 2 stammen aus dem Jahr 1993 (GRS Teil 1, Juni 1993), (GRS Teil 2, Juni 1993)

(2) Umsetzung der Ergebnisse aus der Analyse der Ereignisse, die nach fortgeschrittenem Kenntnisstand der Sicherheitsebene 3 zuzurechnen sind, ...¹⁷

Konsequenzen

Auf der Grundlage der vorliegenden nach heutigem Maßstab mangelhaften Nachweise für die Erdbebensicherheit könnte das Kernkraftwerk heute nicht mehr nach § 7 AtG genehmigt werden. Nach § 7 Abs.2 Nr. 3 muss die Vorsorge gegen Schäden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik getroffen sein. Es ist jedoch evident, dass die erforderliche Vorsorge des Kernkraftwerks Gundremmingen gegen Schäden durch Erdbeben nach Stand von Wissenschaft und Technik nicht nachgewiesen ist. Genehmigungspflichtige Änderungen, die den Nachweis der Erdbebensicherheit voraussetzen, können nicht auf der Basis der alten Nachweise zur Erdbebensicherheit genehmigt werden.

Empfehlungen

Das bayerische Umweltministerium als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sollte verbindlich aufgefordert werden, darüber Auskunft zu geben,

- ob es über eine geschlossene und systematische Dokumentation des Erdbebennachweises für die Anlage einschließlich der angewandten Bewertungskriterien verfügt
- wo und inwieweit der bestehende Erdbebennachweis von dem nach Stand von Wissenschaft und Technik zu führendem Nachweis Erdbebenauslegung und Nachwärmeabfuhr abweicht
- welche Sicherheitssysteme der 3. und der 4. Sicherheitsebene von den Abweichungen betroffen sind
- welche Änderungsverfahren, die zumindest auch dem Ziel der Verbesserung des Erdbebenschutzes dienen, zurzeit in der Anlage geplant sind oder durchgeführt werden.

¹⁷ Es handelt sich insoweit um eine Neuauflage einer Nachrüstliste, die zwischen BMU und Länderaufsichtsbehörden bereits im September 2010 vereinbart war.

4.3 Not und Nachkühlung

Das Not und Nachkühlsystem ist das zentrale Element für die Kühlung des Reaktors in Notfällen, in denen die vom Reaktor nach der Abschaltung weiterhin produzierte Wärme aus dem Reaktor abgeführt wird. Versagt dieses System, schmilzt der Reaktorkern und es kommt zu radioaktiven Freisetzungen des Inventars. Das Not- und Nachkühlsystem führt als betriebliches System zudem die Nachzerfallswärme ab, wenn der Reaktor kontrolliert z.B. zum Brennelementwechsel abgeschaltet worden ist.

Der nach einer Schnellabschaltung im Notfall durch Nachzerfallswärme entstehende Dampf wird über Druckentlastungsventile in den Wasservorrat der Kondensationskammer geleitet und dort wieder zu Wasser kondensiert. Das Wasser der Kondensationskammer wird zur Kühlung wieder in den Reaktor zurück gepumpt (Nachkühlsystem TH). Da sich das Wasser der Kondensationskammer dabei erhitzt, muss es gekühlt werden. Dies ist u.a. die Aufgabe des Zwischen (TF)- und Nebenkühlkreislaufts (VE), mit denen die Wärme über Wärmetauscher an die Donau abgegeben wird.¹⁸

Das nukleare Nachkühlsystem des Kernkraftwerks Gundremmingen besteht im Einzelnen aus drei Systemen mit jeweils einem Nachkühlsystem TH, einem Zwischenkühlsystem TF und einem Nebenkühlwassersystem VE. Daneben gibt es ein diversitär aufgebautes Nachwärmeabfuhr- und Einspeisesystem mit dem Namen ZUNA (Zusätzliches Nachwärmeabfuhr- und Einspeisesystem).

Die Not- und Nachkühlsysteme müssen nach den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ als „Sicherheitssysteme“ ausgelegt sein. Damit müssen sie unter anderem nach Kriterium 2.4 der Sicherheitsanforderungen gegen Erdbeben ausgelegt sein. (BMU, Januar 2013 S. 17)

Auslegung gegen Erdbeben

Abgesehen davon, dass die Nachweise für die Erdbebensicherheit nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen¹⁹, sind bereits nach der Genehmigung nur zwei Nachkühlketten (Redundanz 2 und 3) des nuklearen Nachkühlsystems für das Auslegungserdbeben mit der Intensität $I = 7$ ausgelegt. Eine Nachkühlkette (Redundanz 1) erfüllt diese Anforderung nicht. Sie ist nach Betreiberangaben nur für das Auslegungserdbeben $I=6$ ausgelegt.²⁰

¹⁸ Vgl. Beschreibung der Anlagentechnik in (Gaßner, Haußmann, Januar 1980)

¹⁹ Siehe Kapitel 4.3

²⁰ „Die zuständige Aufsichts- und Genehmigungsbehörde, das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG), teilt hierzu mit, dass es nach ihrer Kenntnis zu keiner Phase der Planungen des KRB II vorgesehen war, alle drei Redundanzen der Nachwärmeabfuhrsysteme vollständig gegen das damalige Sicherheitserdbeben auszulegen.“ (Deutscher Bundestag, 21.08.2013)

Redundanzkriterium

Nach Kriterium 4.2.1.1 (2) der Sicherheitsanforderungen müssen für den Notstandsfall jedoch mindesten 3 unabhängige redundante „Sicherheitssysteme“, die alle Auslegungsanforderungen für Sicherheitssysteme, also auch für die Erdbebensicherheit erfüllen, für die Nachwärmeabfuhr zu Verfügung stehen. Dies ergibt sich aus dem sog. „Einzelfehlerkriterium“, dem Sicherheitssysteme genügen müssen.²¹

Nach den Kriterien 2.1 (6) – 2.1 (8) der Sicherheitsanforderungen hinaus gilt der Grundsatz, dass Sicherheitssysteme nicht zugleich betriebliche Systeme sein dürfen, es sei denn, andere technische Lösungen sind nicht machbar. Die Not- und Nachkühlsysteme des Kernkraftwerks Gundremmingen haben jedoch die betriebliche Funktion des Nachkühlens nach dem betrieblichen Abfahren des Reaktors *und zugleich* die Funktion der Notkühlung, wenn die betriebliche Funktion im Störfall versagt. Das ist nach der genannten Regel unzulässig. Auch aus diesem Grund ist jedenfalls ein Nachkühlsystem (Redundanz 1) als betriebliches zu definieren.

Auch danach gibt es lediglich zwei reguläre unabhängige und redundante Notkühlsysteme (Redundanz 2 und 3), die als Sicherheitssysteme qualifiziert sind. Die BMU Sicherheitsanforderungen vom Nov. 2012 Sicherheitsfunktionen erfordern jedoch drei unabhängige Notkühlsysteme, die als „Sicherheitssysteme ausgelegt sind (s.o.).“²²

Diversitätskriterium

Nach Kriterium 3.1 (5) der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke sind

„redundante Sicherheitseinrichtungen, bei denen Möglichkeiten für Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache identifiziert sind,soweit technisch sinnvoll, diversitär auszuführen.“²³

Die Notkühlsysteme 2 und 3 des Kernkraftwerks Gundremmingen sind jedoch nicht ausreichend diversitär aufgebaut und entsprechen damit nicht den Anforderungen des kerntechnischen Regelwerks.

²¹ Bei einem Störfall wird unterstellt, dass ein System in Reparatur ist und deshalb ausfällt. Bei einem weiteren System wird unterstellt, dass es durch einen unabhängigen Einzelfehler ausgefallen ist. Dann muss noch mindestens ein System zur Verfügung stehen, welches in der Lage ist, die Sicherheitsfunktion zu erfüllen, d.h. hier, die gesamte Nachwärme abzuführen.

²² „Im Teilerrichtungsgutachten für die zweite Teilgenehmigung von September 1977 wiesen die beteiligten Gutachter im Rahmen der Begutachtung des Redundanzgrades des Nachkühlsystems auf Basis des Einzelfehlerkriteriums auf den verringerten Redundanzgrad in Bezug auf Einwirkungen von außen hin.“ (Deutscher Bundestag, 21.08.2013)

²³ Diversität: Vorhandensein von zwei oder mehr funktionsbereiten Einrichtungen zur Erfüllung der vorgesehenen Funktion, die physikalisch oder technisch verschiedenartig ausgelegt sind. (BMU, Januar 2013)

Zur Qualität des ZUNA als dritte Redundanz

Der Betreiber behauptet, das Zusätzliche Nachwärmeabfuhr – und Einspeisesystem „ZUNA“ erfülle als Sicherheitssystem die Funktion der erforderlichen dritten Redundanz (Kernkraftwerk Gundremmingen, 26. Juli 2013). Dann müsste nachgewiesen sein, dass das ZUNA auch wirklich die Anforderungen an Sicherheitssysteme (Sicherheitsebene 3) erfüllt. Ein formal durch die Aufsichts- und Genehmigungsbehörde geprüfter Nachweis liegt hierzu nicht vor.²⁴ Die nachträgliche Genehmigung und Errichtung des ZUNA erfolgte auch nicht vor dem Hintergrund, ein drittes Sicherheitssystem nachzurüsten, um die Redundanzanforderungen des Regelwerks zu erfüllen. Es ging vielmehr darum, ein zusätzliches System für den Fall zu errichten, dass die regulären Sicherheitssysteme versagen, also ein vom Betreiber als extrem selten eingestuft Fall eintritt, für den die Anlage nicht mehr ausgelegt sei.²⁵ Solche Systeme brauchen nicht allen Anforderungen an Sicherheitssysteme zu genügen, weil sie nur „zusätzlich“ als sog. „4. Sicherheitsebene“ installiert werden²⁶.

Das ZUNA wird nach Aussage des Betreibers (s.o.) als Sicherheitssystem der Sicherheitsebene 3 in Anspruch genommen. Nach Kriterium 2.1 (6) der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke sind

„Maßnahmen und Einrichtungen, die auf allen oder mehreren dieser Sicherheitsebenen wirksam sein müssen, gemäß den Anforderungen auszulegen, die auf der Sicherheitsebene mit den jeweils höchsten Anforderungen gelten.“ (BMU, Januar 2013)

Damit muss das ZUNA auch nach dieser Vorschrift allen Anforderungen für qualifizierte Sicherheitssysteme entsprechen. Solche Anforderungen beinhalten u.a. die Anforderungen der Dokumentation des Herstellungs- und Fertigungsprozesses, der Qualität der verwandten Werkstoffe, der erforderlichen Prüfungen, ihres Ablaufes und Ergebnisses etc. (KTA 1401, 2013). Sind solche Dokumentationen nicht bereits bei der Planung durchgeführt, mitgeplant und während Herstellung und Betrieb durchgeführt worden, ist eine nachträgliche Qualifizierung sehr schwer. In der Antwort auf eine kleine Anfrage im Bundestag vom 21. August 2013 teilte die Bundesregierung mit, dass abschließende Bewertungen zur Frage der erforderlichen Dokumentation des ZUNA nicht vorlägen. (Deutscher Bundestag, 21.08.2013).

²⁴ „Das StMUG geht der Fragestellung nach. Termine für weitere Besprechungen sind noch nicht geplant. Eine abschließende Bewertung liegt noch nicht vor“ (Deutscher Bundestag, 21.08.2013)

²⁵ Der Betreiber ging zum Zeitpunkt der Genehmigung davon aus, dass das Kraftwerk über drei unabhängige Redundanzen verfügte und damit die Anforderungen des Regelwerks erfüllt waren. Die bestehenden Not- und Nachkühlsysteme waren jedoch nicht diversitär aufgebaut und konnten - das hatte eine probabilistische Analyse aufgezeigt - auf Grund gleicher Ursache versagen (Common mode failure, CMF). Das „ZUNA“-System war dazu vorgesehen, „eventuelle zukünftige probabilistisch orientierte Diskussionen des als äußerst gering eingeschätzten CMF-Potentials der Nachkühlsysteme überflüssig zu machen“, vgl. (Rein, 1996 S. 35), so auch (Deutscher Bundestag, 21.08.2013)

²⁶ Die Sicherheitsebene 4 unterteilt sich in drei Unterebenen 4a, 4b, 4c für die unterschiedliche Anforderungen gelten.

Darüber hinaus müsste das ZUNA als Sicherheitssystem erdbebensicher sein. Das StMUG hat dem BMU mitgeteilt, die Erdbebensicherheit des ZUNA sei nachgewiesen (BMU, 30.08.2013). Nachvollziehbare Unterlagen oder Erläuterungen hierzu sind nicht bekannt. Es bestehen erhebliche Zweifel an dieser Aussage. Eine Auslegung gegen Erdbeben war bei der Genehmigung nicht vorgesehen und ein Genehmigungsnachweis hierfür existiert nicht. Soweit hierzu Nachrüstungen erfolgt sind, müssten diese nach § 7 AtG genehmigt worden sein, da es sich um Änderungen handelt, die nicht nur unwesentliche Bedeutung für die Sicherheit der Anlage haben. Derartige Genehmigungen nach § 7 AtG sind nicht bekannt. Soweit nur die Nachweise nachqualifiziert werden mussten, hätte der neue Stand von Wissenschaft und Technik angewandt und dokumentiert werden müssen. Dies setzte jedoch eine Neubewertung des Bemessungserdbebens für die gesamte Anlage voraus.

Darüber hinaus hat das ZUNA keinen Zwischenkühlkreislauf, wie es bei den beiden anderen Notkühlsysteme der Redundanzen 2 und 3 der Fall ist (Rein, 1996). Ob dies den Anforderungen an ein Notkühlsystem nach dem Stand von Wissenschaft und Technik genügt, ist zweifelhaft.

In der Antwort auf die bereits zitierte Kleine Anfrage im Bundestag erklärte die Bundesregierung:

„Aspekte des Notkühlsystems, der Erdbebenauslegung und zulässigen Nichtverfügbarkeiten des Kernkraftwerks Gundremmingen wurden am 24. und 25. Januar 2013 sowie am 21. Juni 2013 besprochen. Wie bereits in der Antwort zu den Fragen 5, 6 und 7 auf Bundestagsdrucksache 17/14454 erläutert, wurde insbesondere der Abgleich der Erdbebenauslegung des Kernkraftwerkes Gundremmingen mit den neuen Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke erörtert. Das StMUG geht der Fragestellung nach. Termine für weitere Besprechungen sind noch nicht geplant. Eine abschließende Bewertung liegt noch nicht vor.“ (Deutscher Bundestag, 21.08.2013)

Nachqualifizierung des ZUNA als Sicherheitssystem

Eine mögliche Nachqualifizierung des ZUNA könnte nur auf der Basis des heutigen Standes von Wissenschaft und Technik erfolgen. Danach wären zunächst die gesamten Auslegungsgrundlagen der Anlage gegen Erdbeben auf Basis des neuen Wissenstandes und der neuen Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke zu überprüfen und zu requalifizieren. Fraglich erscheint, ob die Qualitätsdokumentation nachträglich auf den heute erforderlichen Stand gebracht und ob und inwieweit das Fehlen des Zwischenkühlkreislaufs begründet werden kann (s.o.).

Fazit

Da sich das zum Nachweis der Störfallsicherheit erforderliche Sicherheitssystem nicht auf das betriebliche Nachkühlsystem (Redundanz 1) und nicht auf das ZUNA stützen kann, verbleiben für die Notkühlung im Störfall die beiden Redundanzen 2 und 3. Um den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke zu entsprechen, müssten diese beiden Stränge des Notkühlsystems diversitär ausgelegt sein. Das ist jedoch nicht der Fall.²⁷

Fallbeispiel Erdbebenszenario: Bei einem angenommenen Erdbeben müssten nach den vorliegenden belastbaren Informationen das erste Not- und Nachkühlsystem sowie das zusätzliche ZUNA wegen fehlender bzw. nicht nachgewiesener Erdbebenauslegung als ausgefallen betrachtet werden. Ist eines der beiden restlichen Systeme in Reparatur und das andere wegen eines zu unterstellenden Einzelfehlers nach Stand von Wissenschaft und Technik (Regelwerk) nicht verfügbar, stände kein Notkühlsystem mehr zur Verfügung. Selbst wenn kein Systemstrang in Reparatur wäre, muss unterstellt werden, dass durch das Erdbeben ein gleicher Fehler in beiden Anlagen wegen der mangelnden Diversität zu einem gleichzeitigen Ausfall führen würde. Auch in diesem Fall stände kein Notkühlsystem mehr zur Verfügung.

Konsequenzen

Das Kernkraftwerk Gundremmingen wäre wegen nach dem Stand der Technik mangelhafter Auslegung der Not- und Nachkühlung nicht genehmigungsfähig. Nach § 7 Abs.3 Nr. AtG kommt der Widerruf der Anlagengenehmigung in Betracht, wenn die Nachweise zur erforderlichen Vorsorge gegen Schäden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik nicht in angemessener Zeit geführt werden können. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob bis zum Nachweis der Genehmigungsvoraussetzungen eine einstweilige Stilllegung nach § 19 Abs.3 AtG in Betracht kommt.

Empfehlungen

Das bayerische Umweltministerium als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sollte zunächst verbindlich aufgefordert werden, darüber Auskunft zu geben,

- ob das ZUNA als Sicherheitssystem der Sicherheitsebene 3 eingesetzt wird
- ob und gegebenenfalls durch welche Genehmigungen oder nachträglichen Auflagen das ZUNA als Sicherheitssystem der Sicherheitsebene 3 genehmigt worden ist

²⁷ Vgl. Fußn. 23

- ob es der Auffassung ist, dass die Redundanzen 2 und 3 des Notkühl-systems des Kernkraftwerks Gundremmingen den Anforderungen der Diversität genügt.

4.4 Hochwasser

Bewertungsmaßstäbe

Kernkraftwerke müssen gegen Hochwasser ausgelegt sein (BMU, Januar 2013)²⁸. Damit muss es nach dem „Maßstab praktischer Vernunft“ des Bundesverfassungsgerichts²⁹ ausgeschlossen sein, dass ein Hochwasser zu Freisetzungen führt, die oberhalb der zulässigen Schwelle für Störfälle liegen³⁰. Nach der Strahlenschutzverordnung kann davon ausgegangen werden, dass der Schutz ausreichend ist, wenn die Einhaltung der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke nachgewiesen ist³¹.

Nach der KTA-Regel 2207, Anhang A, muss ein Kernkraftwerk gegen das zehntausend-jährige Hochwasser ausgelegt sein (KTA 2207). Dies bedeutet, dass die Sicherheit der Anlage bis zu einem solchen Hochwasserstand nachgewiesen sein muss.

Diese Festlegung des Kerntechnischen Ausschusses stammt aus dem Jahr 2004. Es ist bereits fraglich, ob die Anforderung den sonst üblichen Bewertungsmaßstäben für das kerntechnische Risiko entspricht.³² Für ein Erdbeben wird beispielsweise dasjenige Erdbeben zu Grunde gelegt, welches alle 100.000 Jahre zu erwarten ist. Wieso die Regeln des KTA unterschiedliche Schutzwerte festlegen, die sich um den Faktor zehn unterscheiden, ist nicht nachvollziehbar. Aus rechtlicher Sicht bedeutet eine Auslegung gegen das 10.000 jährige Hochwasser, dass Sicherheitsnachweise für seltenere und höhere Hochwasserstände nicht vorliegen müssen. Damit dürften Wasserstände

²⁸ Kap. 4.2.1.2

²⁹ BVerfGE 49, 89; Kalkar-Beschluss

³⁰ § 49 Abs.1 StrlSchV

³¹ a.a.O.

³² Die kerntechnischen Regeln des KTA gehören zu dem untergeordneten Regelwerk. Sie haben keine unmittelbar rechtliche Bindung und müssen neueren Erkenntnissen nach dem Maßstab des Standes von Wissenschaft und Technik weichen. Dies folgt unmittelbar aus dem Atomgesetz (u.a. § 7 Abs. 2 Nr.3 AtG) und ist auch in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (BMU, Januar 2013) festgeschrieben.

die seltener als alle 10.000 Jahre auftreten aber höher sind zu Kernkraftwerksunfällen mit Freisetzen oberhalb der Störfallplanningdosis führen.³³

Die Zulassung unfallbedingter Freisetzen mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 zu 10.000 pro Jahr widerspricht auch den Maßstäben, die bei allen anderen Störfallscenarien zu Grunde gelegt werden. Dagegen könnte auch nicht eingewendet werden, dass Überflutungseignisse über einen Zeitraum von 100.000 Jahren nicht abschätzbar seien. Denn dies rechtfertigt nicht eine Absenkung des Schutzmaßstabs. Die Regel könnte in diesem Fall einen ausreichenden zusätzlichen Sicherheitsabstand definieren, der die Unsicherheiten abdeckt. Das ist jedoch nicht der Fall.

Es ist auch fraglich, ob die Berechnungsmethode der KTA 2207 Anhang A dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Danach ist aus der statistischen Verteilung von hundertjährigen Hochwasserlagen aus einem langen Zeitraum der Vergangenheit auf das zehntausendjährige Hochwasser zu schließen. Die neueren Daten und Berechnungsmethoden der sich auf Grund der Klimaveränderung ergebenden höheren Zahl von Extremflutereignissen werden nicht berücksichtigt. Die reine Extrapolation von Daten der Vergangenheit auf die Zukunft führt nach dem Stand der Wissenschaft zu einer Unterschätzung der möglichen Fluthöhe.

Zur Festlegung der Hochwasserauslegung

Nach Betreiberangabe ist bei der Errichtung als „maßgebliches“ Hochwasser ein Wasserstand bis zur Höhe 433,5 m über NN bei einer Abflussmenge von 1800 m³/s zugrunde gelegt worden (KRB II Gundremmingen, 24.10.2011 S. 93 ff.). Die sicherheitstechnisch relevanten Gebäude seien auf eine Überflutungshöhe von 434,50 m über NN ausgelegt (a.a.O.). Eine neue Bemessungsgrenze ergab sich aus einer periodischen Sicherheitsüberprüfung aus dem Jahr 1997. Danach ergibt sich zwar eine höhere Abflussmenge von 2100 m³/s aber eine niedrigere Überflutungshöhe (433,33 m über NN) (a.a.O.). Laut Schreiben Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit vom 6.8.2013 wurde die Hochwasserproblematik für das Kernkraftwerk Gundremmingen zuletzt im Jahr 2000 bewertet und das 10 000 jährige Hoch-

³³ Vgl. KTA 2207 2 (1) (KTA 2207); Dagegen kann auch nicht eingewandt werden, probabilistische Analysen hätten gezeigt, dass ausgehend von einer Eintrittshäufigkeit von ca. 10⁻⁴/a für eine externe Überflutung, die „Häufigkeiten von Gefährdungszuständen (Risikobeiträge)“ bei kleiner als 10⁻⁶/a liegen und der einzelne „Risikopfad Hochwasser“ bezüglich der „Häufigkeiten von Gefährdungszuständen“ eine Größenordnung unterhalb der Gesamtwahrscheinlichkeit aller Versagensarten liege.“ Damit sei die Ausgewogenheit des Sicherheitskonzeptes für ein Hochwasser mit einer Eintrittshäufigkeit von ca. 10⁻⁴/a gewährleistet, da dieses Hochwasser keinen dominanten Risikobeitrag liefere (KTA 2207 S. 7). Denn danach ist nicht ausgeschlossen, dass ein höheres aber selteneres Hochwasser durchaus einen höheren Risikobeitrag liefern könnte.

wasser als „Bemessungshochwasser“ (433,33 m über NN) festgelegt (StMUG, 6.08.2013).³⁴

Zu diesem Zeitpunkt galt die veraltete Fassung der KTA 2207 „Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser, Fassung 6/92“. Diese Regel ist im Jahr 2004 überarbeitet und im Bundesanzeiger veröffentlicht worden (s.o).³⁵

In seinem Bericht zum Stresstest behauptet der Betreiber, dass seine Anlage gemäß KTA 2207 ausgelegt sei (KRB II Gundremmingen, 24.10.2011 S. 94). Nach welcher KTA Regel er die entsprechenden Nachweise geführt hat, ob er also die Nachweise nach der aktuellen KTA Regel oder nach der KTA Regel aus 1992 bei der Neufestlegung des Bemessungserdbebens im Jahre 2000 geführt hat, ob er dabei die Anforderungen an die Nachweisführung der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke beachtet hat oder nicht, lässt sich dem Bericht nicht entnehmen.

Aber selbst wenn man die geltende KTA 2207 für die Berechnung zu Grunde gelegt hätte, sind für das Kernkraftwerk Gundremmingen für die Bestimmung des Bemessungshochwassers in seinem Bericht zum europäischen Stresstest für Kernkraftwerke im Jahr 2011 jedenfalls nicht die Daten der letzten 15 Jahre zu Grunde gelegt worden, in der es eine bedeutende Zunahme von extremen Hochwasserlagen gegeben hat.

Nach den aktuellen Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, die den Regeln des KTA vorgehen, sind jedoch als die folgenschwersten Einwirkungen von außen diejenigen Einwirkungen zu unterstellen, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik standortspezifisch anzunehmen sind (BMU, Januar 2013 S. 52). Nach Aussage der Bayerischen Aufsichtsbehörde liegen denn auch keine nach aktuellem Regelwerk geführten Nachweise zum Hochwasserschutz vor (StMUG, 6.08.2013).

Zusammengefasst ergibt sich folgende Situation für den Hochwasserschutz des Kernkraftwerkes Gundremmingen: Das Anlagengelände liegt auf 433 m über NN. Die sicherheitstechnisch relevanten Gebäude liegen nach Betreiberangaben auf 434,5 m über NN. Für das 10.000 jährige Hochwasser beträgt der Wasserstand 433,33 m ü. NN.

³⁴ „Zur Errichtungszeit wurde das Kraftwerksgelände zum Schutz gegen ein zu erwartendes 100-jährliches Hochwasser auf 433,00 m ü NN aufgeschüttet, um bis zu diesem Hochwasserstand einen uneingeschränkten Kraftwerksbetrieb zu gewährleisten“ .

Das Anlagengelände wäre nach heutigen Maßstäben jedoch bis auf einer Mindesthöhe ausgelegt worden, die dem Hochwasserstand entspricht, das maximal zu erwarten ist, zusätzlich eines Sicherheitsabstands. Zum Zeitpunkt der Genehmigung wäre dies eine Höhe von 433,5 m ü NN + Sicherheitsabstand gewesen.

³⁵ Das Hochwasser wurde auch im Gutachten des TÜV Süd zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung auf 4000 MW „Kernkraftwerk Gundremmingen II, Blöcke B und C Gutachten“ im Jahr 2007 nicht neu betrachtet vgl. (TÜV SÜD, Dezember 2007).

Praktische Auswirkungen

Daraus folgt, dass das Kraftwerksgelände bei dem nach der alten KTA Regel berechneten Auslegungshochwasser ohne weitere temporäre und wirksame Schutzmaßnahmen 33 cm unter Wasser liegt. Damit wären die Zugänge zu den einzelnen Gebäuden und die Anfahrtswege stark behindert und bei einer extremen Flut weitgehend blockiert. Letztendlich hält der Betreiber die Versorgung mit Material und Personen je nach Überflutungshöhe mit wassertfähigen Fahrzeugen, Booten oder Hubschraubern für möglich (KRB II Gundremmingen, 24.10.2011 S. 99). Dringende sicherheitstechnische Reparaturen oder erforderliche Handmaßnahmen, die bei einer Überflutung auf dem Gelände oder in getrennten Gebäuden vorgenommen werden müssen, kämen so jedoch nicht in Betracht oder werden entscheidend behindert. Dies widerspricht den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (BMU, Januar 2013).

Für alle relevanten Gebäude sei durch permanenten Hochwasserschutz bis zum Wasserstand von 434,5 m über NN ein mögliches Eindringen von Wasser ausgeschlossen. (KRB II Gundremmingen, 24.10.2011 S. 95). Mit welcher Zuverlässigkeit es ausgeschlossen ist, dass Wasser in sicherheitstechnisch wichtige Bereiche eindringt, ist nicht dargestellt.

Die Anforderung des Europäischen Stresstests für Kernkraftwerke durch die ENSREG sah vor, sog. „cliff-edge-Effekte“ zu untersuchen. Dabei sollte unterstellt werden, dass auch Barrieren versagen, deren Versagen bislang nicht unterstellt worden sind. Ziel dieser Überprüfung sollte es sein, heraus zu finden, ob es in solchen Fällen zu einer gravierenden Verschlechterung einer sicherheitstechnischen Gesamtsituation kommt, zum Beispiel dann, wenn durch einen bislang nicht unterstellten Wassereinbruch in ein Kanal - System oder in Gebäude oder Gebäudeteile wichtige Komponenten von Sicherheitssystemen ausfallen, sei es durch elektrischen Kurzschluss oder andere Einwirkungen.

Eine solche Betrachtung ist vom Betreiber auch für eine mögliche Überflutung des Anlagengeländes nicht durchgeführt worden. Der Betreiber hat ohne weitere Angaben lediglich mitgeteilt, dass für alle sicherheitstechnisch relevanten Bauwerke ein mögliches Eindringen von Wasser durch permanenten Hochwasserschutz bis zum auslegungsüberschreitenden Wasserstand von 434,5 mNN ausgeschlossen sei (RSK, 11.- 14.05.2011 (437. RSK-Sitzung) S. 40).

Die Folgen solch eines Vorgehens sind aus gravierenden Störfällen auch aus der internationalen Praxis bekannt. Im Kernkraftwerk Le Blayais hatte im Jahr 1999 eine Überflutung des Anlagengeländes zum Eindringen von Wasser in für dicht gehaltene Kanalsysteme geführt und die Anlage an den Rand einer Katastrophe geführt.³⁶

³⁶ Vgl. im Einzelnen den Bericht des Gutachters der französischen Atomaufsicht: (Institut de Protection et de Sureté Nucleaire, 17.01.2000)

Hochwasser als Folge eines Erdbebens

Darüber hinaus hat der Betreiber nicht die Kombination gleichzeitig zu unterstellender Ereignisse berücksichtigt, wie von den übergeordneten Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke gefordert: Zu betrachten sind danach ...

„Kombinationen mehrerer zu unterstellender Einwirkungen von außen (z.B. Erdbeben, Hochwasser, Sturm, Blitz) sowie aus Notstandsfällen untereinander oder Kombinationen dieser Einwirkungen mit anlageninternen Ereignissen (z. B. Rohrleitungsbruch, Brände in der Anlage, Notstromfall). Diese Kombinationen müssen dann unterstellt werden, wenn die zu kombinierenden Ereignisse in einem kausalen Zusammenhang stehen können oder wenn ihr gleichzeitiges Eintreten auf Grund der Wahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes in Betracht zu ziehen ist.“ (BMU, Januar 2013)

Standortspezifisch ist die Überlagerung eines Erdbebens mit einem Überflutungsereignis zu unterstellen. Bei einem Erdbeben ist zu unterstellen, dass die Anlage durch ein Versagen der flussoberlaufseitig vorhandenen Staustufe der Donau überflutet wird.

Nach Angaben des Betreibers führe ein Wehrbruch der auf 434,5 m über NN liegenden Staustufe Gundelfingen aufgrund der Topographie und der bis zu 434,5 m über NN ausgelegten Gebäude zu keiner Beeinträchtigung der Sicherheitsfunktionen.

Bei einem Erdbeben kann nicht mehr unterstellt werden, dass temporäre Maßnahmen zum Hochwasserschutz, wie Sperrwände oder Sandsäcke o.ä. zum Schutz der Anlage wirksam beitragen können. Je nach dem Grad der Erdbebenauslegung der Anlage kann zum Beispiel nicht mehr unterstellt werden, dass dichte Verschließungen beispielsweise von Kabel- oder Rohrleitungskanälen weiterhin dicht sind. Zu prüfen wäre u.a., ob das Wasser in diesem Fall sicherheitstechnische wichtige Bereiche der Anlage erreichen kann. Darüber hinaus müsste im Einzelnen betrachtet werden, ob die Zugänglichkeit aller im Notfall sicherheitstechnischen wichtigen von Hand zu bedienenden Steuerelemente und Schalter bei einer solchen Überflutung nach einem angenommenen Erdbeben gewährleistet wäre und ob möglicherweise notwendig werdende Reparatur- und Schutzmaßnahmen noch rechtzeitig trotz der Überflutung des Anlagengeländes durchgeführt werden könnten. Hierzu gehörte möglicherweise der Anschluss an das Stromnetz, dessen Ausfall bei einem Auslegungserdbeben unterstellt werden muss oder auch das Löschen von Bränden.

Der Stresstestbericht des Betreibers enthält hierzu keine Angaben. Inwieweit diese Prüfungen durch den Betreiber gleichwohl durchgeführt worden sind und entsprechende Nachweise vorliegen, ist nicht bekannt.

Konsequenzen

Es besteht das Risiko, dass es durch Überflutungsereignisse insbesondere in Zusammenhang mit einem Erdbeben und einem nachfolgenden Dammbruch der Donaustaute zum Eindringen von Wasser in sicherheitsrelevante Bereiche der Anlage kommt.

Genehmigungspflichtige Änderungen, die den Nachweis des Hochwasserschutzes voraussetzen, können nicht auf der Basis der vorliegenden Nachweise zur Erdbebensicherheit genehmigt werden.

Soweit diese Nachweise fehlen, ist die erforderliche Schadensvorsorge nicht nachgewiesen. Dies ist ein Tatbestand, der grundsätzlich zum Widerruf der Anlagengenehmigung nach § 17 Abs.3 Nr. 2 AtG führen kann.³⁷

Empfehlungen

Das Bundesumweltministerium als atomrechtliche Bundesaufsichtsbehörde sollte verbindlich aufgefordert werden zu erläutern

- Aus welchen Gründen es den Schutzmaßstab des zehntausendjährigen Hochwasser im Vergleich zu anderen Risikobewertungen im Regelwerk und in der Praxis für ausreichend hält.

Das bayerische Umweltministerium als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sollte zunächst verbindlich aufgefordert werden, darüber Auskunft zu geben,

- ob und gegebenenfalls welche offenen oder verschlossenen Öffnungen (Kabelkanäle, Rohrleitungen, Gräben, Fenster, Türen oder sonstige wasserleitende Wegsamkeiten) unterhalb einer Höhe von 434,5 m über NN in sicherheitsrelevante Bereiche führen und ob diese Öffnungen innerhalb eines Genehmigungs- oder Aufsichtsverfahren erdbebensicher ausgelegt worden sind
- ob alle möglichen Szenarien, die bei einer Überflutung des Anlagenlandes zur Behinderung notwendiger sicherheitsrelevanter Maßnahmen durch des Anlagenbetreiber führen können, betrachtet worden sind und ob für diese Fälle nach den aktuellen Sicherheitsanforderungen nachgewiesen ist, dass sich hieraus keine unzulässige Risikoerhöhung ergibt
- ob die Kombinationen aller zu betrachtenden Einwirkungen von außen (z.B. Erdbeben, Hochwasser, Sturm, Blitz) sowie aus Notstandsfällen untereinander oder Kombinationen dieser Einwirkungen mit anlageninternen Ereignissen (z. B. Rohrleitungsbruch, Brände in der Anlage,

³⁷ „Genehmigungen und allgemeine Zulassungen können widerrufen werden, wenn,.....eine ihrer Voraussetzungen später weggefallen ist und nicht in angemessener Zeit Abhilfe geschaffen wird...“

Notstromfall) – wie von den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke gefordert (s.o.) – betrachtet worden sind

- ob die Aufsichtsbehörde zu den genannten Sachverhalten auf der Grundlage aller erforderlichen Pläne vor Billigung des Betreiberberichts zum Europäischen Stresstest oder zu anderer Zeit Anlagenbegehungen durchgeführt hat. Gegebenenfalls sollten die Begehungsprotokolle zur Verfügung gestellt werden
- ob und gegebenenfalls welche Änderungsmaßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes durchgeführt worden sind und welches Verfahren hierzu gewählt worden ist
- ob und gegebenenfalls welche Änderungsmaßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes in welchem Verfahren geplant sind
- ob sie bestätigen kann, dass die erforderliche Vorsorge gegen den Auslegungstörfall Hochwasser und gegen darüber hinausgehende Hochwasserereignisse nach Stand von Wissenschaft und Technik getroffen ist.

4.5 Kühlung des Brennelementlagerbeckens

Das Brennelementebecken wird gebraucht, um abgebrannte Brennelemente aus dem Reaktorkern zu entladen und sie zumindest so lange zu kühlen bis sie eine Temperatur erreicht haben, dass sie trocken gelagert werden können. Die von den Brennelementen freigesetzte Wärmeenergie reicht auch noch nach beträchtlicher Zeit der Abklinglagerung aus, um bei Ausfall der Kühlung die Brennstabtemperaturen so zu erhöhen, dass ihre Metallhülle versagt und letztendlich schmilzt und die in den Brennstäben enthaltene Radioaktivität freigesetzt wird. Zusätzlich besteht die Gefahr der Bildung von explosivem Wasserstoff durch Zirkoniumreaktionen mit Wasserdampf. Diese chemische Reaktion setzt Energie frei und kann sich deshalb selbsttätig beschleunigen. Die Kühlung des Brennelementebeckens bzw. des in ihm enthaltenen Wasserreservoirs und die Verhinderung von Wasserstoffexplosionen bei Ausfall der Kühlung sind deshalb spätestens seit Fukushima entscheidend wichtige Sicherheitsziele.

Nach Kriterium 3.10 (3) der Sicherheitsanforderungen ist

„die Kühlung der Brennelemente auf den Sicherheitsebenen 1 bis 4a, bei Einwirkungen von innen und außen sowie bei Notstandsfällen in allen Betriebsphasen sicherzustellen“ . (BMU, Januar 2013)

Die Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken hängt insoweit in gleicher Weise von der korrekten Auslegung der Anlage gegen Erdbeben nach Stand

von Wissenschaft und Technik ab wie die Kühlung der Brennelemente im Reaktordruckbehälter. Da die Bestimmung des Auslegungserdbebens nicht mehr dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik genügt (s.o.), kann sich der Betreiber insoweit nicht mehr auf den Nachweis der Erdbebensicherheit des Brennelementelagerbeckens und seiner Einrichtungen zur Nachwärmeabfuhr berufen. Dies betrifft das Lagerbecken selbst sowie die Kühlsysteme bis hin zur notwendigen diversitären Wärmesenke.

Gleiches gilt für die Behauptung, die Anlage sei gegen Brände zum Schutz vor Kernschäden oder zum Schutz der Brennelemente im Brennelementelagerbecken durch Brandschutzmaßnahmen ausgelegt. Diese bräuchten deshalb nicht als Folge eines Erdbebens betrachtet werden (KRB II Gundremmingen, 24.10.2011 S. 26). Dies setzte voraus, dass es einen ausreichenden Nachweis der Erdbebenauslegung des Brennelementelagerbeckens und der Brandschutzmaßnahmen gibt. In Fällen, in denen die Erdbebenauslegung nicht nachgewiesen ist, muss ein Folgebrand nach Kap. 3.2.1. (4) SiAnf unterstellt werden:

„Als ereignisbedingte Folgeereignisse bei Einwirkungen von außen sowie aus Notstandsfällen sind, soweit die jeweiligen Anlagenteile nicht gegen die Einwirkungen ausgelegt sind, die Möglichkeiten für [.....] d) anlageninterne Brände und Explosionen [...] zu unterstellen.“ (BMU, Januar 2013)

Wenn die Kühlung des Lagerbeckens bei einem angenommenen Erdbeben versagen sollte, kann die Aufheizung der Brennelemente und ihr Abbrand (Zirkoniumbrand) nicht durch Brandschutzeinrichtungen verhindert werden.³⁸

Für den Fall, dass es auslegungsüberschreitend zu einem Zirkoniumbrand mit der Freisetzung von explosivem Wasserstoff kommt, fordern die Sicherheitsanforderungen, durch Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes.....

„soll erreicht werden, dass bei Unfällen mit schweren Brennelementeschäden im Brennelementelagerbecken Verbrennungsvorgänge von Gasen (H₂), die die Integrität des Sicherheitsbehälters oder der umgebenden baulichen Hülle des Brennelementelagerbeckens gefährden, nicht eintreten.“ (Kriterium 3.6 (8)) . (BMU, Januar 2013)

Hierzu wären sog. „Rekombinatoren“ erforderlich, die den entstehenden Wasserstoff katalytisch mit dem Sauerstoff der Umgebungsatmosphäre in Wasser zurückverwandeln. Derartige Rekombinatoren sollen in Gundremmingen nachgerüstet werden. Solange diese Rekombinatoren nicht nachgerüstet sind, könnte es bei Ausfall der Beckenkühlung zu Wasserstoffexplosionen kommen.

³⁸ Zu diesem Zweck müsste der Wasserdampf von den Brennelementen ferngehalten werden. Da die Brennelemente in einer solchen Situation teilweise im Wasser stehen, ist die Verhinderung der Wasserdampf – Zirkonium Reaktion praktisch ausgeschlossen.

Die erforderliche Vorsorge zur Beherrschung dieser Notstandssituation wäre nicht getroffen.

Konsequenzen

Das Kernkraftwerk Gundremmingen gewährleistet zurzeit nicht die erforderliche Vorsorge gegen Schäden vor Wasserstoffexplosionen im Reaktorgebäude, da es noch nicht über einen Schutz vor kritischen Wasserstoffkonzentrationen verfügt, die sich im Notstandsfall aufgrund der Aufheizung der Brennelemente im BE-Lagerbecken bilden können.

Die erforderliche Vorsorge zum Schutz vor radioaktiven Freisetzungen aus Brennelementen im Lagerbecken ist für den Fall eines Erdbebens zurzeit nicht nachgewiesen.

Empfehlungen

Das bayerische Umweltministerium als atomrechtliche Aufsichtsbehörde sollte verbindlich aufgefordert werden, darüber Auskunft zu geben,

- wann und nach welchem atomrechtlichen Verfahren die Rekombinatoren des Kernkraftwerks Gundremmingen zur Beseitigung unzulässiger Wasserstoffkonzentrationen im Reaktorgebäude nachgerüstet sein werden
- nach welchem Standard und in welchem Verfahren die Feuerlöscheinrichtungen im Reaktorgebäude ausgelegt sind.

4.6 Venting

Nach Kap. 3.6 (8) SiAnf ist

„durch Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes... sicher zu stellen, dass ein Überdruckversagen des Sicherheitsbehälters durch einen stetigen Druckanstieg nicht eintritt.“ (BMU, Januar 2013)

Zu diesem Zweck ist im Kernkraftwerk Gundremmingen ein Druckentlastungssystem vorhanden, um einen Überdruck, der die Integrität des Sicherheitsbehälters gefährden könnte, nach außen gefiltert abzuleiten (Venting). Dieses System ist nach Aussage der Aufsichtsbehörde nicht gegen Erdbeben ausgelegt und braucht nach ihrer Aussage auch nicht dagegen ausgelegt zu werden.

„Die Venting-Systeme der deutschen Kernkraftwerke sind der Sicherheitsebene 4 zugeordnet und nicht zur Beherrschung des

Bemessungserdbebens erforderlich. Nachweise für eine Auslegung gegen Bemessungserdbeben liegen somit für das Venting-System des Kernkraftwerks Gundremmingen nicht vor.“ (BMU, Januar 2013)

Die Auffassung der Aufsichtsbehörde entspricht nicht den Kriterien der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke. Dort heißt es in Kap. 3.1 (11) SiAnf:

*„Die Maßnahmen und Einrichtungen des anlageninternen Notfallschutzes sollen auch im Falle von Einwirkungen von innen und von außen sowie bei Notstandsfällen wirksam bleiben, soweit diese Einwirkungen zu Mehrfachausfällen von in diesen Situationen erforderlichen Sicherheitseinrichtungen führen können und soweit diese Maßnahmen und Einrichtungen zur Minderung der Auswirkungen der jeweiligen Einwirkungen und Notstandsfälle beitragen.“
Kap. 3.1 (11) SiAnf (BMU, Januar 2013)*

Da die Notkühlstränge 2 und 3 nicht diversitär aufgebaut sind, kann es bei Einwirkungen von außen sowie bei Notstandsfällen zu einem gleichzeitigen Versagen dieser Sicherheitseinrichtungen kommen. Das Druckentlastungssystem des Kernkraftwerks Gundremmingen muss bereits deshalb auch bei einem Erdbeben funktionsfähig bleiben.

5. Risiken der beantragten Leistungserhöhung

Verfahren

Am 14.09.1999 beantragte die Betreiberin die Genehmigung nach § 7 AtG zur Erhöhung der thermischen Leistung von 3840 MW auf 4100 MW.³⁹ Am 21.02.2001 reduzierte sie die beantragte Leistungserhöhung auf 4000 MW. Das bayerische Umweltministerium legte im Dezember 2007 den Entwurf einer Genehmigung vor. Sie stützte sich dabei auf ein Gutachten des TÜV Süd (TÜV SÜD, Dezember 2007). Das Bundesumweltministerium hat zum Genehmigungsentwurf gegenüber dem Bayerischen Umweltministerium mit Schreiben vom 8.09.2009 eine Stellungnahme abgegeben und sich dabei auf eine Stellungnahme der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gestützt (GRS, Juli 2009). Die Reaktorsicherheitskommission hat eine Reihe von Fragen formuliert, deren Fassung vom 8.12.2008 vorliegt. Der TÜV Süd hat die Stellungnahme der GRS (TÜV SÜD, Juni 2010) und die Fragen der RSK (TÜV SÜD, Juni 2010) beantwortet und in weiteren Schreiben an das Bayerische Umweltministerium (TÜV SÜD, 28.09.2010) (TÜV SÜD, 20.04.2012) Stellung genommen. In seinem Schreiben vom 28.09.2010 kommt der TÜV zu dem Schluss, neue Erkenntnisse, die eine Änderung der Bewertungen in seinem Gutachten vom Dezember 2007 erforderlich machten, beständen - mit einer Ausnahme - nicht (TÜV SÜD, 28.09.2010 S. 3). Seit 2012 liegt eine Reihe kleiner Anfragen und parlamentarischer Äußerungen des Bundesumweltministeriums und des Bayerischen Umweltministerium vor, die zu einzelnen Sicherheitsfragen, die auch im Zusammenhang mit der Leistungserhöhung relevant sind.⁴⁰ Zurzeit werden die offenen Fragen im StMUG und im BMU weiter geklärt.

Antrag auf Leistungserhöhung: Prüfungsmaßstab und -umfang

Der Antrag auf Leistungserhöhung ist genehmigungspflichtig nach § 7 AtG, weil er eine Änderung der Anlage und des Anlagenbetriebs darstellt. Er darf nur dann genehmigt werden, wenn die

*„nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche
Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb
der Anlage getroffen ist.“ § 7 Abs.2 Nr.3 AtG*

³⁹ Erhöhung der thermischen Leistung bedeutet die Erhöhung der Zahl der Atomspaltungsvorgänge und eine Erhöhung der Radioaktivität im Reaktor pro Zeiteinheit. Die dazu erforderliche Erhöhung der Reaktivität des Reaktorkerns erfolgt - bei gleichbleibender nuklearer Auslegung der Nachlade BE und gleicher Zykluslänge - durch eine Erhöhung der Anzahl frischer Nachlade-BE und durch eine Erhöhung des Kühlmitteldurchsatzes von 90,5% auf 97,8 %. (TÜV SÜD, Dezember 2007 S. 21)

⁴⁰ (Deutscher Bundestag, 5. Juni 2013); (Deutscher Bundestag, 2012); (Deutscher Bundestag, 19.12.2012); (Deutscher Bundestag, 21.08.2013) (BMU, 21.01.2013)

Prüfungsmaßstab ist damit der Stand von Wissenschaft und Technik, also alles das, was an aktuellem Wissen über Risiken und mögliche Vorsorge-maßnahmen zum Zeitpunkt der Genehmigungserteilung vorhanden ist. Soll also eine ursprüngliche genehmigte Rohrleitung ausgetauscht werden, kann der Betreiber nicht einfach das Rohr qualitätsgleich, so wie ursprünglich genehmigt, ersetzen, sondern er muss u.a. nachweisen, dass das neue Rohr mit Blick auf die geforderten Funktionen dem jetzt nach Stand von Wissenschaft und Technik geltenden Qualitätsstandard entspricht.

Neben dem Prüfungsmaßstab kommt es auf den Prüfungsumfang an. Nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts muss nicht nur das unmittelbar geänderte Anlagenteil nach dem Stand von Wissenschaft und Technik überprüft werden, sondern auch alle Bereiche der Anlage auf die sich die Änderung auswirkt (BVerwG, Urteil vom 21.8.1996, NVwZ 1997, 161).

Wenn beispielsweise eine neue Dübelankerplatte in eine Betonwand eingelassen wird, so ist damit nicht die Erdbebenfestigkeit eines Nachbargebäudes erneut zu überprüfen. Wenn allerdings begründete Zweifel bestehen, dass die Standsicherheit der betroffenen Betonwand nach neuem Stand von Wissenstand und Technik nicht mehr nachgewiesen ist, kann der Einbau der Ankerplatte nach Stand von Wissenschaft und Technik nicht mehr genehmigt werden, auch wenn die Ankerplatte selbst alle Anforderungen erfüllt. Denn soweit die Auswirkung der Änderung reicht, muss ein Nachweis auch für die betroffenen Anlagenteile nach § 7 Abs.2 Nr.3 nahtlos und ohne Zweifel inhaltlich und methodisch nach Stand von Wissenschaft und Technik vorhanden sein oder neu geführt werden⁴¹. Einen Nachweisbonus für bestehende Anlagen gibt es insoweit nicht. Dabei kommt es nicht auf den Grund an, aus dem heraus der Nachweis der Standsicherheit der Betonwand nicht mehr gültig ist. Wenn dies daran liegt, dass frühere allgemeine Annahmen und Methoden zur Ermittlung der Erdbebenbeschleunigung nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und dies eine Auswirkung auf die Standsicherheit haben *kann*, muss ein neuer Nachweis nach Stand von Wissenschaft und Technik geführt werden.

„Welche Anlagenteile und Verfahrensschritte im Änderungs-genehmigungsverfahren in den Blick zu nehmen sind, lässt sich abstrakt nicht näher umschreiben, sondern richtet sich nach den konkreten Umständen des Einzelfalles“ (BVerwG, Urteil vom 21.8.1996, NVwZ 1997, 161 S. 164).

Durch den geänderten Anlagenzustand bei Nennbetrieb ergeben sich nach den Aussagen des TÜV SÜD die nachfolgend aufgeführten wesentlichen

⁴¹ Zu den methodischen Anforderungen an die Nachweisführung: Kap. 5 SiAnf (BMU, Januar 2013)

Änderungen, deren Einfluss bei der Bewertung der Leistungserhöhung zu betrachten sei:

- Erhöhung der thermischen Reaktorleistung bei Nennlast und damit der Wärmestromdichte im Reaktorkern⁴²
- Erhöhung der Nachzerfallsleistung⁴³
- Erhöhung der Neutronenflussdichte im Kern und damit der Fluenz auf den DB und dessen Einbauten⁴⁴
- Erhöhung der Speisewasser- und Frischdampfdurchsätze⁴⁵
- Veränderung der wärmetechnischen Daten im Wasser-Dampf-Kreislauf⁴⁶
- Erhöhung des Energieinhaltes des RDB Inventars⁴⁷
- Erhöhung des Dampfblasenanteils im Reaktorkern⁴⁸
- Erhöhung des Aktivitätsinventars Im Reaktorkern⁴⁹
- Erhöhung der Dosisleistung am Reaktorkreislauf⁵⁰
- Veränderung des Neutronenspektrums⁵¹
- Veränderung des Betriebskennfeldes sowie der festen Grenzmarken mit Einfluss insbesondere auf das Anlagenverhalten bei Transienten und Störfällen (TÜV SÜD, Dezember 2007)⁵²

Durch die o. g. Punkte werden nach dem Gutachten des TÜV Süd die nachfolgend genannten, aus sicherheitstechnischer Sicht zu betrachtenden Themenbereiche definiert:

- Auswirkungen auf die Auslegung und Überwachung des Reaktorkerns
- Auswirkungen auf die verfahrenstechnische Auslegung der Systeme und die festigkeitsmäßige Auslegung der Komponenten

⁴² Betrifft u.a. den Reaktordruckbehälter und seine Einbauten, insbesondere die Brennstäbe

⁴³ Betrifft die Notkühlung und Nachwärmeabfuhr im Reaktor und grundsätzlich auch im Brennelemente-becken

⁴⁴ Betrifft u.a. Materialversprödung und damit auch Materialalterung im gesamten Bereich des Reaktordruckbehälters

⁴⁵ Betrifft u.a. die Belastung aller betroffenen Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen mit möglicherweise erhöhter Abnutzung (Alterung) und höheren Lasten bei Druckstößen auch bei Störfällen

⁴⁶ Betrifft die Auslegung aller davon betroffenen Rohrleitungen, Armaturen und Komponenten

⁴⁷ Betrifft die Not und Nachkühlung, das Störfallverhalten insgesamt

⁴⁸ Betrifft u.a. die lokale Reaktivität und die lokale Temperaturverteilung im RDB

⁴⁹ Betrifft i.a. den Quellterm als wesentlicher Ausgangsgröße für zu betrachtende Freisetzungen; u.a. anderen auch Auswirkungen auf Brennelementeschäden beim Betrieb

⁵⁰ Betrifft Strahlenschutz des Personals

⁵¹ Reaktorsteuerung, Materialalterung s.o.

⁵² Auslegung des Reaktorkerns; Regel- Störfallsicherheit

- Auswirkungen auf das Anlagenverhalten bei Normalbetrieb
- Auswirkungen auf das Anlagenverhalten bei Betriebstransienten und Auslegungsstörfällen
- Auswirkungen auf den Strahlenschutz des Personals und der Umgebung
- Auswirkungen auf das Anlagenverhalten bei Auslegungsüberschreitenden Ereignissen

Für die Leistungserhöhung sei es darüber hinaus erforderlich, ein Programm zur Inbetriebsetzung (IBS) zu erstellen und die im Betriebshandbuch (BHB), Prüfhandbuch (PHB) und Notfallhandbuch (NHB) durchzuführenden Änderungen zu benennen. Die zur Sicherheitsspezifikation (SSP) gehörigen Unterlagen seien im Rahmen des Genehmigungsverfahrens vorzulegen und zu prüfen.

Die Leistungserhöhung wirkt sich nach den Aussagen des behördlichen Sachverständigen damit weitgehend auf die gesamte Anlage und die betroffenen Sicherheitsnachweise auf. Nach den geltenden Grundsätzen zu Prüfungsumfang und Prüfungsqualität (s.o.) muss praktisch die gesamte Anlage neu mit dem Ziel überprüft werden, ob ihre betroffenen Anlagenteile und die in der Anlage betroffenen Sicherheitsgrenzwerte noch dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und die erforderliche Vorsorge gewährleisten. Auf diese Prüfung können der Antragsteller und die prüfende Behörde nicht mit der Begründung verzichten, die Sicherheit der Anlage sei schon im Rahmen der ursprünglichen Genehmigung geprüft worden. Die Bindungswirkung der alten Genehmigung entfällt, soweit die Auswirkung der Änderung reichen (BVerwG, Urteil vom 21.8.1996, NVwZ 1997, 161 S. 164).

Diese Grundsätze sind vom TÜV Süd in seinem Gutachten aus dem Jahre 2007 (TÜV SÜD, Dezember 2007) in mehrfacher Hinsicht nicht beachtet worden.

Die Gesellschaft für Reaktorsicherheit, die den Antrag auf Leistungserhöhung auf der Grundlage dieses Gutachtens geprüft hat, kommt in seinem Bericht vom 24.07.2009 zusammenfassend zu dem Schluss,

„Bei einigen Bewertungsgegenständen (beispielsweise Störfallanalyse) ist ersichtlich, dass der heutige Stand von Wissenschaft und Technik nicht für eine Bewertung herangezogen wurde.“
(GRS, Juli 2009 S. 4)

Beispielsweise wurden:

„Ereignisse außerhalb des Leistungsbetriebes (Betriebsphasen B bis F gemäß Modul 3)⁵³ nicht untersucht, obwohl diese Ereignisse von der Leistungserhöhung beeinflusst sein könnten. Zu Ereignissen im Brennelementlagerbecken wird nur auf Störungen in der Lagerbeckenkühlung im Gutachten eingegangen. Bezüglich der Brennelementhandhabung sieht der TÜV keine relevanten Änderungen durch die Leistungserhöhung. Auf die Ereignisse der Tabelle 5.3 des Moduls 3 zum Brennelementlagerbecken geht das TÜV Gutachten nicht weiter ein. (GRS, Juli 2009 S. 59 f.)

..... „Die im Modul 6 (Kap. 3.3) /SIK 09/ geforderte Quantifizierung der Ergebnisunsicherheiten wurde nicht durchgeführt. Es wurde statt dessen eine abdeckende Nachweisführung gewählt. Aus dem Gutachten geht nicht hervor, welche der vier im Modul 6 beschriebenen abdeckenden Nachweismethoden eingesetzt wurden. Aus dem Gutachten ist nicht ersichtlich, ob die Nachweisführung die Anforderungen des Moduls 6 erfüllt.“ (GRS, Juli 2009 S. 60)

Insgesamt genügt die vom Gutachter herangezogene Ereignisliste nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik.“ (GRS, Juli 2009 S. 64)

..... „Mit einer Ausnahme wurden alle Analysen mit einer zu geringen Nachzerfallsleistung durchgeführt. Da die Nachweise für den KMV-Störfall mit dem niedrigsten Kühlmittelinventar mit der vorgeschriebenen Nachzerfallsleistung durchgeführt wurden, liegt für ein abdeckendes Leckereignis eine Analyse mit der im Bewertungsmaßstab /SIK 09/ vorgegebenen Nachzerfallsleistung vor. Damit liegt nur für ein abdeckendes Ereignis eine Analyse nach dem Stand von Wissenschaft und Technik vor.“ (GRS, Juli 2009 S. 69)“

Bei einer Reihe anderer Aussagen des TÜV Gutachtens gibt die GRS – wie hier beispielhaft zitiert – an, aus den Prüfungen des TÜV Süd ergebe sich nicht, ob der Stand von Wissenschaft und Technik herangezogen wurde.⁵⁴

Zur Auslegung der Brennelementstäbe

führt die GRS – zunächst den TÜV zitierend – aus:

⁵³ Gemeint sind hier die „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ (SIK), die als Beschreibung des Standes von Wissenschaft und Technik den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) vorangingen.

⁵⁴ Gleichwohl kommt die GRS in vielen Fällen zu dem Ergebnis, dass „alle erforderlichen Aspekte berücksichtigt wurden“. Mit der „Berücksichtigung aller Aspekte“ ist keine Aussage darüber getroffen, ob sie nach korrekten Maßstäben geprüft worden sind.

„Des Weiteren werden die maximalen Belastungen bei Störfällen betrachtet. Dabei seien die Störfälle durch Kühlmittelverlust, Sicherheitserdbeben und Flugzeugabsturz zu berücksichtigen. Die maximalen Belastungen werden nach eigenen Berechnungen des Gutachters aus der Zeit der Errichtung der Anlage beim Sicherheitserdbeben erreicht. Der Gutachter (der TÜV)⁵⁵ hat die Belastungen aus den verschiedenen Störfällen überprüft und kommt dabei zu dem Schluss, dass die Belastungen aus dem Sicherheitserdbeben auch nach der Leistungserhöhung noch diejenigen aus den anderen Störfällen einhüllen. Daher ändern sich die maximalen Belastungen nicht und die Auslegungsnachweise bleiben weiterhin gültig. (GRS, Juli 2009 S. 19)

Allerdings, so die GRS:

„ist aus dem Gutachten nicht ersichtlich, ob die zu Grunde gelegte Auslegung gegen Erdbeben und die anzusetzende Stärke des Sicherheitserdbebens noch dem aktuellen Kenntnisstand entsprechen.“ (GRS, Juli 2009 S. 20)

[.....]

„Das Vorgehen des Gutachters bei der Bewertung der Brennstabauslegung entspricht der bisher angewandten Genehmigungspraxis. Seine Schlussfolgerungen bezüglich dieser Kriterien sind insoweit zutreffend. Im Unterschied zum Gutachter ist die GRS im Zusammenhang mit einer Leistungserhöhung der Auffassung, dass zusätzlich zur deutschen Gutachtenspraxis auch der neuere Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend Modul 2 von /SIK 09/ Anwendung finden sollte.“ (GRS, Juli 2009 S. 21)

Zur Sprödbruchsicherheit des Reaktordruckbehälters:

„Für den Reaktordruckbehälter (RDB) ist die Sprödbruchsicherheit für den kernnahen Bereich, der der Neutronenstrahlung ausgesetzt ist, nachzuweisen. (S. 25) Entscheidende Randbedingungen sind konservativ gewählt (Erhöhung der Neutronenquellstärke am Kernrand um 40 %). Der Druck im RDB ändert sich allenfalls in der Form einer leicht veränderten Druckverteilung an der RDB-Wand infolge veränderter Differenzdrücke. Der (für die Regelung relevante) globale Druck ändert sich nicht.

Die Veränderung der Lastfälle durch die Leistungserhöhung wird vom Gutachter nicht im Hinblick auf die Beanspruchungen des RDB betrachtet.

⁵⁵ Ergänzung durch den Autor

Aus dem Gutachten ist nicht ersichtlich, ob für den RDB eine Neubewertung nach heutigen Auslegungsanforderungen vorgenommen wurde.“ (GRS, Juli 2009 S. 26)

Zu den Reaktordruckbehälter-Einbauten, Werkstoffverhalten:

„Für die Einbauten des RDB ist die maximale Fluenz an hochbestrahlten Teilen am Ende der Betriebszeit zu prognostizieren, um die Veränderung der Werkstoffeigenschaften durch die Bestrahlung beurteilen zu können. Dabei geht es vor allem um eine Abnahme der Zähigkeit und Duktilität der hier betroffenen austenitischen Werkstoffe (überwiegend 1.4550) sowie um die Möglichkeit des Auftretens von bestrahlungsinduzierter Spannungsrisskorrosion.

Danach tritt der maximale Wert der Fluenz von etwa 1022 n/cm² (E > 1 MeV) an der Unterkante des oberen Kerngitters auf. Die relativen Erhöhungen der Lebensdauerfluenz durch die Leistungserhöhung liegen nach diesen Berechnungen im Vergleich zu den ersten Betriebszyklen bei etwa 7 bis 19 % für verschiedene Positionen der Einbauten. (GRS, Juli 2009 S. 27)

..... Aus dem Gutachten ist nicht ersichtlich, ob für die RDB-Einbauten eine Neubewertung nach heutigen Auslegungsanforderungen vorgenommen wurde.

Zu den Abschaltsystemen:

„Sowohl das Vergiftungssystem als auch das Schnellabschaltsystem stellen die nach aktuellem Regelwerk geforderte Unterkritikalität – auch bei MOX-Einsatz sicher. Aus dem Gutachten ist nicht ersichtlich, ob eine Neubewertung der Abschaltsysteme nach heutigen Auslegungsanforderungen vorgenommen wurde.“ (GRS, Juli 2009 S. 32)

Zur Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung:

„Mit der Leistungserhöhung ist insbesondere bei Störfällen mit einer geringfügig erhöhten Aktivitätsabgabe zu rechnen. Der Gutachter bewertet die Messeinrichtungen auch für Störfälle und für die gefilterte Druckentlastung als ausreichend. Er verweist auf für 2006 geplante Ertüchtigungsmaßnahmen in der Aktivitätsüberwachung, um Anforderungen der KTA 1503.2 umzusetzen.

Die Bewertung bezieht sich auf die Überwachung der Abgabe radioaktiver Stoffe. Die KTA 1504 wurde mit der Fassung 2007 an

den Stand von Wissenschaft und Technik angepasst. Der Begutachtung wurde eine ältere Fassung (1994) zugrunde gelegt.“
(GRS, Juli 2009 S. 38)

Zur Nachwärmeabfuhr:

„Infolge der Leistungserhöhung ist nach dem Abschalten der Anlage eine erhöhte Nachwärme aus dem Reaktorkern und den Systemen über das Nachkühlsystem, das Zwischenkühlwassersystem und das Nebenkühlwassersystem abzuführen. Daraus resultiert eine Temperaturerhöhung in den Zwischenkühl- und Nebenkühlwassersträngen von weniger als 2 Kelvin.

Das gleiche gilt für die Wärmeabfuhr nach Ereignissen mit und ohne Kühlmittelverlust. Im ungünstigsten Fall (2F-Bruch Speisewasserleitung und ein verfügbarer Nachkühlstrang zur Wärmeabfuhr aus der Kondensationskammer) erhöht sich die maximale Kondensationskammertemperatur um 1,6 °C auf 85,1 °C. Infolge der Leistungserhöhung ist nach dem Abschalten der Anlage eine erhöhte Nachwärme aus dem Reaktorkern und den Systemen über das Nachkühlsystem, das Zwischenkühlwassersystem und das Nebenkühlwassersystem abzuführen. Daraus resultiert eine Temperaturerhöhung in den Zwischenkühl- und Nebenkühlwassersträngen von weniger als 2 Kelvin.

Das gleiche gilt für die Wärmeabfuhr nach Ereignissen mit und ohne Kühlmittelverlust. Im ungünstigsten Fall (2F-Bruch Speisewasserleitung und ein verfügbarer Nachkühlstrang zur Wärmeabfuhr aus der Kondensationskammer) erhöht sich die maximale Kondensationskammertemperatur um 1,6 °C auf 85,1 °C. Nach Aussage des Gutachters ist die Nachkühlkette weiterhin in der Lage, den erhöhten Wärmeabfall abzuführen. Karenzzeiten für Handmaßnahmen werden durch die Leistungserhöhung reduziert. Der Gutachter (TÜV)⁵⁶ sieht aber keine sicherheitstechnisch bedeutsame Verringerung der Karenzzeiten.

Im Rahmen der Leistungserhöhung wurden neue Notkühlanalysen durchgeführt und vom Gutachter bestätigt.

Nach Aussage des Gutachters ist die Nachkühlkette weiterhin in der Lage, den erhöhten Wärmeabfall abzuführen. Karenzzeiten für Handmaßnahmen werden durch die Leistungserhöhung reduziert. Der Gutachter sieht aber keine sicherheitstechnisch bedeutsame Verringerung der Karenzzeiten.

⁵⁶ Ergänzung durch den Autor

Bewertung der GRS

Unseres Erachtens hat der Gutachter alle Aspekte der Nachwärmeabfuhr bei einer erhöhten Reaktorleistung berücksichtigt.⁵⁷

Aus dem Gutachten des TÜV Süd ist nicht ersichtlich, ob für die Systeme der Nachwärmeabfuhr eine Neubewertung nach heutigen Auslegungsanforderungen vorgenommen wurde .“ (GRS, Juli 2009 S. 41 f.)

Zu den leittechnischen Einrichtungen:

„Aus dem Gutachten ist nicht ersichtlich, ob eine Neubewertung der betroffenen leittechnischen Einrichtungen nach heutigen Auslegungsanforderungen vorgenommen wurde.“ (GRS, Juli 2009 S. 40)

Zur gleichen Bewertung kommt die GRS u.a. beim zusätzlichen Wärmeabfuhrsystem „ZUNA“, bei der Brennelementelagerbeckenkühlung, bei der Frage der Verhinderung der Ansammlung von zündfähigen Radiolysegasen, bei den radiologischen Auswirkungen (GRS, Juli 2009).⁵⁸

Vergleichbare sehr ins Detail gehende Fragen, die sich auch konkret auf den jeweils verwendeten Prüfmaßstab beziehen, stellte auch die RSK Redaktionsgruppe KRB-II (RSK, 8.12.2008).

Das BMU hatte danach 2009 in einem Schreiben an das StMUG festgestellt:

„Der vorgelegte Genehmigungsentwurf, der sich im Wesentlichen auf das Gutachten Ihres Sachverständigen stützt, genügt nicht den gesetzlichen Anforderungen. Eine Genehmigung zur Veränderung eines Kernkraftwerks darf nur erteilt werden, wenn hinsichtlich des Änderungsgegenstandes und hinsichtlich dessen Auswirkungen auf die Anlage und ihren Betrieb die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden gewährleistet ist. Es muss also auch für unveränderte Anlagenteile und Betriebsweisen, soweit die beantragte Veränderung darauf Auswirkungen hat, die Ermittlung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik hinsichtlich der Vorsorge nachgewiesen werden. Es genügt deshalb z.B. nicht zu prüfen, ob die veränderte Anlage den Anforderungen der bisherigen Genehmigungslage

⁵⁷ Mit der Berücksichtigung aller Aspekte ist keine Aussage darüber getroffen, ob sie nach korrekten Maßstäben geprüft worden sind.

⁵⁸ Die GRS gibt eine ganze Reihe von Empfehlungen zu konkreten Nachweisdefiziten, die nicht das Problem betreffen, ob grundsätzlich der Stand von Wissenschaft und Technik angewandt wurde. Diese Punkte werden im Rahmen dieses Gutachtens nicht erörtert.

noch genügt. Sondern die veränderte Anlage ist - im Rahmen von Änderungsgegenstand und Auswirkungsbereich - wie eine Neuanlage auf den Prüfstand zu stellen.

Ich bitte Sie, nach dieser Maßgabe eine neue Entscheidung über die beantragte Leistungserhöhung zu treffen und mir als Entwurf vorzulegen.“ (BMU, 08.09.2009)

Die weiteren vom StMUG vorgelegten Dokumente, insbesondere die Stellungnahmen des TÜV SÜD gehen zwar auf einzelne Kritikpunkte der GRS ein. Diese folgen aber nicht dem Maßstab des BMU. Es liegt ihnen eine grundsätzlich andere Rechtsauffassung vom erforderlichen Prüfumfang und der Prüftiefe zu Grunde. Dies stellt der TÜV SÜD in der zentralen Antwort auf die GRS-Kritik an der Leistungserhöhung in einer Vorbemerkung klar:

„Im Rahmen der Prüfung der beantragten Leistungserhöhung bezog sich unsere Prüfung auf die unmittelbar betroffenen Anlagenteile und darüber hinaus auf diejenigen, auf die sich die Änderung tatsächlich auswirkt. Konkret heißt das am Beispiel der Belastungen, dass wir bezüglich der sich ändernden Belastungen infolge der Leistungserhöhung die auslegungsbestimmenden Lastfälle und Belastungen überprüft haben. Dabei wird die unmittelbare Auswirkung der Änderung auf die Belastung untersucht und geprüft, ob die bisherigen Auslegungsgrenzen eingehalten werden. Eine vollständige Neubewertung der Komponenten und Systeme, die im Auswirkungsbereich der Änderung liegen bzw. liegen könnten, war vom Auftrag nicht erfasst und ist aus gutachterlicher Sicht auch nicht erforderlich.“ (TÜV SÜD, Juni 2010 S. 2 f.)

Am Fallbeispiel „Ankerplatte“ (s.o.) bedeutete dies, dass die Ankerplatte auch dann die Betonwand eingedübelt werden dürfte, wenn nicht nachgewiesen ist, dass die Wand standsicher ist. Für den TÜV und das StMUG reichte es insoweit, dass die ursprünglich in der Genehmigung errechneten Grenzen für die Belastung der Betonwand nicht überschritten wären. Die Frage, ob die Wand standsicher ist, wäre danach nicht Genehmigungsvoraussetzung – eben auch dann nicht, wenn die ursprünglichen Nachweise der Standsicherheit jetzt nicht mehr belastbar sind und neu geprüft werden müssen.

Der TÜV reduziert darüber hinaus den Stand von Wissenschaft und Technik, wie an anderer Stelle formuliert, auf den „gesicherten Stand der Technik“ (TÜV SÜD, Juni 2010 S. 3).⁵⁹

Nur unter dieser Voraussetzung können Betreiber, TÜV und StMUG auf die vom BMU und der GRS im Jahr 2009 vorgetragene Kritik entgegnen und zu

⁵⁹ „Selbstverständlich haben wir jedoch geprüft, ob sich aus der vom BMU übermittelten Stellungnahme der GRS und den Fragen der RSK neue Erkenntnisse im Hinblick auf die nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Schadensvorsorge ergeben, die zum Zeitpunkt der Erstellung unseres Gutachtens noch nicht gesicherter Stand der Technik waren.“

der Auffassung kommen, dass die durchgeführten Prüfungen und vorgelegten Nachweise vollständig sind (StMUG, 29.06.2012):

„Unabhängig von Änderungsvorhaben hat eine Anlage immer der geltenden Genehmigungslage zu entsprechen. Beim KRB II ist dies der Fall. Dies dauerhaft zu gewährleisten, ist Gegenstand der laufenden Aufsicht. Gegenstand der Prüfung in einem Änderungs-genehmigungsverfahren ist es daher nicht festzustellen, ob der Betrieb der geänderten Anlage der alten Genehmigungslage ge-nügt (a.a.O.)“

Nach der hier auf Grundlage der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts vertretenen Auffassung (BVerwG, 1997) (s.o.) setzt die Genehmigung der beantragten Leistungserhöhung voraus, dass die von der Änderung betroffenen Anlagenteile, dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen müssen. Im Einzelnen⁶⁰:

- Ist aufgrund höheren Neutronenflusses der Reaktordruckbehälter und seine Einbauten durch eine Stärkung von Versprödungseffekten des Materials betroffen, muss sich der Sicherheitsnachweis nach dem Stand von Wissenschaft und Technik auch auf alle Nachweise beziehen, die die Festigkeit und das Alterungsverhalten betreffen. Werden durch die mit der Leistungserhöhung verbundene höhere Drehzahl der Pumpenwellen insbesondere bei störfallbedingten Drehzahländerungen höhere Lasten auf die Pumpenstutzen am RDB übertragen, wirkt sich die Leistungserhöhung auf die Bodenschweißnaht aus. Weder Konstruktion, noch Prüfbarkeit des RDB entsprechen in diesem Bereich jedoch den Anforderungen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik. Die Nachweise nach Einhaltung der Spannungsgrenzen an der Bodenschweißnaht des Reaktordruckbehälters und der erforderlichen Sicherheitsreserven sind zur Zeit nicht belastbar. Eine Genehmigung wäre auf dieser Grundlage unzulässig.
- Werden die Brennstäbe durch die Leistungserhöhung z. B. durch lokal höheren Wärmefluss stärker belastet und addieren sich diese Belastungen zu den Einwirkungen aus Flugzeugabsturz oder Erdbeben, so betrifft die Leistungserhöhung die Festigkeit all jener Komponenten und Bauwerke, die bei einem Erdbeben für die Stoß und Schwingungsübertragung auf den Brennstab ursächlich sind. Ist die Erdbebenauslegung jedoch nicht nach Stand von Wissenschaft und Technik für diese betroffenen Anlagenteile nachgewiesen, ist auch die Integrität des Brennelementes bei diesem Störfall nicht nachgewiesen. Eine Genehmigung der Erhöhung der Belastungen wäre nicht zulässig.

⁶⁰ Eine vollständige Analyse der Betroffenheit der einzelnen Anlagenteile kann im Rahmen dieses Gutachtens nicht durchgeführt werden. Die Betroffenheit ergibt sich jedoch weitgehend aus den vorliegenden zitierten Gutachten selbst. Hier werden – für die Beweisführung ausreichend – nur beispielhaft Einzelfälle genannt.

- Ist auf Grund einer höheren Nachzerfallsleistung die in das Brennelementlagerbecken eingetragene Wärme erhöht und damit die Kühlung des Brennelementlagerbeckens betroffen, muss die Kühlung den aktuellen Auslegungsanforderungen entsprechen. Da die Kühlung des Brennelementlagers u.a. auf Grund ihrer Abhängigkeit von der Nachwärmeabfuhr des Reaktors und des mangelhaften Erdbebennachweises, der Lage außerhalb des Sicherheitsbehälters und der noch nicht erfolgten Vorsorge gegen Wasserstoffexplosionen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik nicht genehmigungsfähig wäre, kann auch eine Änderung nicht genehmigungsfähig sein, die seine Nachkühlfunktionen betrifft.
- Ist auf Grund einer erhöhten Nachwärmeleistung mehr Wärme über das Not- und Nachkühlsystem abzuführen, ist dieses System von der Änderung betroffen. Wenn das Not- und Nachkühlsystem nicht den Leistungsanforderungen nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht (s.o.) und so nicht genehmigungsfähig wäre, kann auch eine Erhöhung der Nachzerfallsleistung nicht genehmigt werden.
- Ist auf Grund von mangelhaften Nachweisen die Störfallsicherheit bei einem Hochwasser nicht gegeben, kann nicht mehr davon ausgegangen werden, dass die Störfallplanungswerte für radioaktive Freisetzungen eingehalten werden. Da das erhöhte Spaltproduktinventar Auswirkungen auf die Freisetzung hat, kann eine solche Erhöhung in einem solchen Fall nicht genehmigt werden.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Gutachtens ist die Prüfung des Bundesumweltministeriums, ob das StMUG mit der Übersendung des neuen Genehmigungsentwurfs und den hierzu geführten Nachweisen den von ihm zugrunde gelegten Maßstäben entspricht, noch nicht abgeschlossen (BMU, 20.08.2012), (Deutscher Bundestag, 26.06.2013).

Schlussfolgerung

Der Antrag auf Genehmigung der Leistungserhöhung ist nach vorliegender Aktenlage nicht genehmigungsfähig, weil das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit die Auswirkungen der Änderungen auf betroffenen Anlagenteile nicht nach dem Stand von Wissenschaft und Technik bewertet hat, die insoweit erforderlichen Prüfungen nicht durchgeführt wurden und die vorgelegten Sicherheitsnachweise, insbesondere für die Störfallsicherheit nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

6. Literaturverzeichnis

BfS KTA-Regelprogramm / KTA Program of Standards, 15.11.2012.

BMI Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV (Störfall-Leitlinien), BAnz. 1983, Nr. 245a, 18.10.2013.

BMI Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke, Bundesanzeiger 1977, Nr.206, 21.10.1977.

BMU Antwort auf die Schriftliche Frage 1/78 vom 11.01.2013, Berlin, 21.01.2013.

BMU EU Stresstest, National Report of Germany, 2012.

BMU Nachrüstliste, 15.06.2012.

BMU Schreiben an das StMUG, 08.09.2009.

BMU Schreiben an StMUG, 20.08.2012.

BMU Schreiben an Sylvia Kottingg-Uhl MdB, 30.08.2013.

BMU Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, Bundesministerium der Justiz, Januar 2013, BAnz AT 24.01.2013 B3.

BVerwG Urteil vom 21.8.1996 (Krümmel), NVwZ 1997, 161, 1997.

BVerwG, Urteil vom 21.8.1996 Klagebefugnis Drittbetroffener gegen die atomrechtliche Genehmigung - KKW Krümmel, NVwZ 1997, 161.

Deutscher Bundestag Antwort der Parl. Staatssekretärin Katharina Reiche auf die Frage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl (Drucksache 17/13667), 17. Wahlperiode, Sitzungsprotokoll der 242. Sitzung, 5. Juni 2013.

Deutscher Bundestag Antwort der Parl. Staatssekretärin Katherina Reiche auf die Frage der Abgeordneten Sylvia Kottin-Uhl, DrS 17/14063, Frage 22, 26.06.2013.

Deutscher Bundestag Drucksache 17/11754, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting Uhl.... : "Fragen zum Kerntechnischen Regelwerk und zu möglichen Sicherheitsdefiziten im Atomkraftwerk Gundremmingen", 2012.

Deutscher Bundestag Drucksache 17/11947 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl..., 19.12.2012.

Deutscher Bundestag Drucksache 17/14511 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl....: Besonderheiten des Notkühlsystems im Atomkraftwerk Gundremmingen Bund C [Konferenz], 21.08.2013.

Gaßner, Haußmann Das Kernkraftwerk Gundremmingen (KRB II), Block B und C [Artikel] // VGB Kraftwerkstechnik, Januar 1980, Heft 1.

GRS Sicherheitsanalyse für Siedewasserreaktoren, November 1992.

GRS Stellungnahme zur Erhöhung der thermischen Leistung im Kernkraftwerk Gundremmingen (KRB-II), Juli 2009.

GRS Teil 1 SWR Sicherheitsanalyse, Abschlussbericht Teil 1, Juni 1993.

GRS Teil 2 SWR Sicherheitsanalyse Abschlussbericht Teil 2, Juni 1993.

Institut de Protection et de Surete Nucleaire Rapport sur l'inondation du site du Blayais sur venue le 27 decembre 1999, 17.01.2000.

Kernkraftwerk Gundremmingen Vortragsfolien zum Besuch von MdB Sylvia Kottingg-Uhl, Gundremmingen, 26. Juli 2013.

KRB II Gundremmingen Abschlussbericht zum Stresstest europäischer Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan), 24.10.2011.

Kromp et al. Kromp, Lahodynky, Nguyen, Meyer, Rindte, Seidelberger, Sholly, Tweer, Weimann, Zehn Siedewasserreaktoren Baulinie 69, Schwachstellenbericht, Wien, 2010.

KTa 1401 Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung (Entwurf), Salzgitter : BfS, 2013.

KTa 2201.1 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 1 Grundsätze, 2011.

KTa 2201.2 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 2: Baugrund, 2012-11.

KTa 2201.3 Auslegung von Kernkraftwerken gegen Seismische Einwirkungen, Teil 3: Bauliche Anlagen, Fassung 2012-11 (Regelentwurf).

KTa 2201.4 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen Teil 4: Anlagenteile, November 2012.

KTa 2201.5 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 5: Seismische Instrumentierung, Fassung 1996.

KTa 2207 Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser, Fassung Nov. 2004, BAnz 35 a vom 19.02.2005.

KTa-GS-12 Begriffe-Sammlung, Januar 2013.

Neumann, Becker Sicherheitsprobleme älterer Kernkraftwerke, Beispiel Isar 1,, Hannover, Januar 2010.

Nguyen, Zehn Berechnung des Spannungszustands an der Schweißnahtstelle eines Druckbehälters, unveröffentlicht, Juli 2010.

Rein Pamme, Meyer Zusätzliches Nachwärmeabfuhr- und Einspeisesystem, Kernkraftwerk Gundremmingen II, atw, 1996, Heft 1 Januar, S. 35 ff..

Renneberg Risiken alter Kernkraftwerke, Bonn : www.atomsicherheit.de, Oktober 2010.

RSK RSK-Stellungnahme, Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I (Japan), 11.- 14.05.2011 (437. RSK-Sitzung).

RSK Zusammenstellung von Fragen zur Leistungserhöhung KRB-II, 8.12.2008.

StMUG Schreiben an das BMU zur Leistungserhöhung, 29.06.2012.

StMUG Schreiben des StMUG zur Hochwasseresicherheit am AKW Gundremmingen, 6.08.2013.

TÜV SÜD Bewertung der aktualisierten Genehmigungsunterlagen, Schreiben an das Bayerische Umweltministerium, 20.04.2012.

TÜV SÜD Kernkraftwerk Gundremmingen II, Blöcke B und C, Gutachten zur Erhöhung der thermischen Leistung auf 4000 MW, München, Dezember 2007.

TÜV SÜD Nachtrag zu unserem Gutachten vom Dezember 2007, Schreiben an das Bayerische Umweltministerium, 28.09.2010.

TÜV SÜD Stellungnahme zu den Hinweisen in der GRS Stellungnahme zur Erhöhung der thermischen Reaktorleistung im Kernkraftwerk Gundremmingen (KRB II) auf 4000 MW vom Juli 2009, Juni 2010.

TÜV SÜD Stellungnahme zur Zusammenstellung von Fragen zur Leistungserhöhung KRB II (Stand 8.12.2008) der RSK Redaktionsgruppe KRB II, Juni 2010.

TÜV SÜD Stellungnahme: RDB des KKK: Festigkeitsnachweis des Übergangsbereiches unterer Stützring/Kalotte, 22.03.2010.

WENRA WENRA Statement on Safety Objectives for New Nuclear Power Plants, November 2010.

7. Glossar

AtG	Atomgesetz
BE	Brennelemente
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BHB	Betriebshandbuch
BMI	Bundesministerium des Inneren
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BVerfGE	Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts
CMF	Common mode failure
DWR	Druckwasserreaktor
ENSREG	European Nuclear Safety Regulators Group
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBS	Inbetriebsetzung
ISR	Institut für Sicherheits- und Risikowissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien
KRB	Kernkraftwerk Gundremmingen
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
MSK	Medwedew-Sponheuer-Kárník-Skala
NHB	Notfallhandbuch
NN	Normalnull
NVwZ	Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht
PHB	Prüfhandbuch
RDB	Reaktordruckbehälter
RSK	Reaktor- Sicherheitskommission
SiAnf	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke
SSP	Sicherheitsspezifikation
StMUG	Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit

StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SWR	Siedewasserreaktor
TÜV	Technischer Überwachungsverein
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
ZUNA	Zusätzliches Nachwärmeabfuhr- und Einspeisesystem