

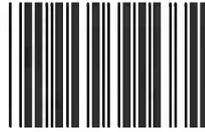


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI

Industriestrasse 19
5200 Brugg
Tel.: 056 / 460 84 00
Fax: 056 / 460 84 99

434



AN-Nummer

ENSI-AN-8033

Datum

3. September 2012

Aktenzeichen

40KRI.ACH

Typ/Charakter

Aktennotiz

Klassifikation

öffentlich

Projekt, Thema, Gegenstand (Schlagwörter)

KKM, Umweltbundesamt Österreich, Fachgutachten

Seiten 17

Beilagen

Zeichnungen

ENSI-Stellungnahme zu ausgewählten Aspekten des Fachgutachtens KKM der österreichischen Umweltbundesamt GmbH

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Hintergrund | 2 |
| 2 | Stellungnahme des ENSI zu den Empfehlungen der Kategorie 1 | 2 |
| 2.1 | Empfehlungen zur standortbezogenen Gefährdung | 2 |
| 2.2 | Empfehlungen zur Anlagentechnik | 3 |
| 3 | Stellungnahme des ENSI zu Quelltermen und radiologischen Auswirkungen | 14 |
| 3.1 | ENSI-Kommentare zu den postulierten Quelltermen | 14 |
| 3.2 | ENSI-Kommentare zu den radiologischen Auswirkungen | 15 |
| 4 | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen | 16 |



1 Hintergrund

Mit Brief /1/ vom 30. April 2012 hat das österreichische Bundesministerium für europäische und internationale Angelegenheiten dem BFE ein Fachgutachten /2/, erstellt von der österreichischen Umweltbundesamt GmbH im Auftrag des fachzuständigen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, zugestellt. Das Gutachten behandelt sicherheitstechnische Aspekte des KKM, „...die aus österreichischer Sicht einer vertieften bilateralen Erörterung bedürfen“ /1/. Das BFE bat das ENSI in seinem Brief vom 16. Mai /3/ um eine erste Sichtung der Fachstellungnahme, um das weitere Vorgehen gegenüber Österreich festlegen zu können.

In der vorliegenden Aktennotiz kommentiert das ENSI die im Fachgutachten aufgeführten Empfehlungen der Kategorie 1 („kurzfristig zu prüfen“) sowie die Aussagen zu den postulierten Quelltermen und radiologischen Auswirkungen.

2 Stellungnahme des ENSI zu den Empfehlungen der Kategorie 1

2.1 Empfehlungen zur standortbezogenen Gefährdung

Empfehlung 1:

„Die Erdbebengefährdung sollte ehebaldigst aktualisiert werden. Die aktuellen Werte von für einen PGA-Wert von 0,15 g sind längst nicht mehr Stand der Technik.“

Stellungnahme des ENSI:

Umfangreiche Arbeiten zur Aktualisierung der Erdbebengefährdungsanalyse nach dem aktuellen Stand der methodischen Grundlagen und unter umfassender Berücksichtigung des Kenntnisstandes der internationalen Fachwelt sind bereits im Gang. Das entsprechende Projekt, „Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz“ (PEGASOS) inklusive Folgeprojekt „PEGASOS Refinement Project“ (PRP), ist im internationalen Vergleich sehr anspruchsvoll und entsprechend langwierig. Es handelt sich um die erste und bisher einzige Studie dieser Art in Europa.

Die laufenden Analysen führten bereits zu einer Verschärfung der Erdbebengefährdungsannahmen. Dem von KKM auf Ende März 2012 erbrachten deterministischen Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens lag, basierend auf Zwischenergebnissen des PRP, ein Spektrum mit einem PGA-Wert von 0.24 g zugrunde. Nach dem auf Ende 2012 erwarteten Abschluss des PRP wird das ENSI im Anschluss an die darauf folgende Überprüfung der Ergebnisse die Erdbebengefährdungsannahmen neu festlegen. Auf dieser Grundlage wird der deterministische Nachweis zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens von KKM erneut zu erbringen sein.

/1/ Brief GZ.BMeiA-CH.3.19.04/0014-III.7a/2012 des Bundesministeriums für europäische und internationale Angelegenheiten, 30.04.2012

/2/ Umweltbundesamt, „Fachstellungnahme zu sicherheitstechnischen Aspekten des Schweizer Kernkraftwerks Mühleberg“, Report REP-0385, Wien 2012

/3/ BFE-Brief snf „Fachstellungnahme“ vom 15. Mai 2012



Empfehlung 2:

„Es sollte geprüft werden, inwieweit im Falle eines Bemessungshochwassers in Kombination mit einem leichten Erdbeben, Hangrutschungen in den Wohlensee zu einem unkontrollierten Ansteigen der Wasserspiegel um das KKW Mühleberg führen können, um lokale Schäden zufolge einer Flutwelle nach Hangrutschungen in den See und daraus folgende Unfallszenarien auszuschliessen.“

Stellungnahme des ENSI:

Die angesprochene Kombination von Bemessungshochwasser und leichtem Erdbeben hat eine sehr geringe Auftretenshäufigkeit, so dass der entsprechende Störfall gemäss Gesetzgebung auslegungsüberschreitend ist. Die Untersuchungen beim Bau des SUSAN-Notstandsystems und zum ehemals geplanten Ersatzkernkraftwerk Mühleberg (EKKM) zeigten, dass für das KKM keine direkte Gefahr von Hangrutschungen ausgeht.

Bei Stauanlagen, welche wie der Wohlensee der Aufsicht durch das BFE unterstehen, werden die Uferstabilität sowie die Gefährdung durch Rutsch- und Sturzmassen, welche in den Stauraum gelangen können, überwacht.

Im Zusammenhang mit dem 10'000-jährlichen Erdbeben wird eine Hangrutschung in den Wohlensee thematisiert. Die Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKM zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens enthält eine Nachforderung zur Vervollständigung des Nachweises, namentlich wird das Fehlen von Aussagen zur Stabilität der Uferbereiche des Wohlensees bemängelt. Die überarbeiteten Unterlagen sind dem BFE und dem ENSI bis zum 31.10.2012 einzureichen.

2.2 Empfehlungen zur Anlagentechnik

Empfehlung 1:

„Es sollte geprüft werden, ob durch ein erdbebenbedingtes Versagen von Einrichtungen des Feuerlöschsystems im Reaktorgebäude ein Potenzial für eine Überflutung der Kote -11 m besteht.“

Stellungnahme des ENSI:

Die Feuerlöschleitungen im Reaktorgebäude sind gegen ein Sicherheitserdbeben SSE ausgelegt. Falls es trotzdem zu einem Bruch in dem unter Druck stehenden Teil der Leitung kommen sollte, wird die Sumpfpumpe bei Überschreitung eines gewissen Pegels gestartet. Bei „Sumpfniveau hoch“ wird zusätzlich ein Alarm ausgelöst. Die Schicht wird nach einer Analyse der Situation in weiterer Folge Massnahmen wie z. B. das Schliessen der Zuleitungsarmaturen veranlassen.

Empfehlung 2:

„Es sollte analysiert werden, welche Transienten zu ihrer Beherrschung Leittechnikfunktionen erfordern, die nicht von der SUSAN Sicherheitsleittechnik ARSI gewährleistet werden können. Für diese Transienten sollte u. E. entweder gezeigt werden, dass ihr Auftreten in Kombination mit einem Sicherheitserdbeben ausgeschlossen werden kann bzw. sie nicht durch ein SSE induziert werden können, oder es sollten die entsprechenden leittechnischen Einrichtungen im Hinblick auf ihre Robustheit gegenüber Erdbebeneinwirkungen überprüft und ggf. ertüchtigt werden.“



Stellungnahme des ENSI:

Generell ist das Notstandssystem SUSAN für den Zweck, unabhängig alle durch externe Ereignisse ausgelösten Störfälle zu beherrschen, errichtet worden. Ein Erdbeben (SSE) ist dementsprechend Auslegungsgrundlage des SUSAN. Die SUSAN-Leittechnik erfüllt die Aufgaben Abschaltung Reaktor, Isolation und Nachkühlung.

Empfehlung 3:

„Im Rahmen einer geschlossenen Darstellung des Nachweises zur Beherrschung externer Überflutungen durch Vermeidung eines Wassereintrags in die sicherheitsrelevanten Gebäude sollten u. E. insbesondere folgende Aspekte behandelt werden:

- *Der Fortbestand der Dichtheit der Grundwasserisolation der sicherheitsrelevanten Gebäude.*
- *Das Verhalten der sicherheitsrelevanten Gebäude bei einem Wasserstand, der für längere Zeit die Höhe der Grundwasserisolation übersteigt.*
- *Das Eindringen von Wasser in das Maschinenhaus und das Betriebsgebäude bei einem Hochwasser Mitte Mai 1999 und ggf. daraus folgende Erkenntnisse für das Verhalten sicherheitsrelevanter Gebäude bei externen Überflutungen (Bemessungshochwasser, Flutwellen).*
- *Die Auftriebssicherheit von Kanälen und ggf. anderen Bauwerken.*
- *Vorkehrungen gegen ein Eindringen von Wasser in die sicherheitsrelevanten Gebäude über bestehende Wanddurchdringungen und Verbindungen zu anderen Gebäuden.*
- *Das Verhalten der sicherheitsrelevanten Gebäude bei einer kombinierten Einwirkung von Erdbeben und Überflutung im Hinblick auf ggf. auftretende Risse sowie ggf. mögliche Beschädigungen von Abdichtungen, Türen, Durchführungen, Kanälen und Leitungen.*
- *Die Vermeidung von Wassereintritten in sicherheitsrelevante Gebäude durch geöffnete Türen im Falle von erdbebeninduzierten Flutwellen, die im Gegensatz zum Hochwasser ggf. keine oder nur geringe Vorwarnzeiten haben (insbesondere relevant für die Stauanlage Mühleberg).“*

Stellungnahme des ENSI:

Spiegelstrich 1:

Auf dem Gelände des KKM kommt Grundwasser in den maximal ca. 10 m mächtigen Lockergesteinsschichten vor. Der darunter anstehende Molassefels wirkt als Grundwasserstauer.

Die sicherheitsrelevanten Gebäude wie das Reaktor-, SUSAN- oder das Lagergebäude für radioaktive Abfälle sind grundsätzlich gegen Überflutungshöhen von 6 bis 8 Metern über Terrain vor Hochwasser und im Baugrund vor Grundwasser geschützt. Dies schliesst sämtliche Durchdringungen mit ein. Der einwandfreie Zustand der Gebäude inkl. Grundwasserisolation, wasserdichten Trennfugen und Durchdringungen wird im Rahmen von Instandhaltungsprogrammen und der Alterungsüberwachung gewährleistet. Nicht zugängliche Abdichtungen im Erdreich können allerdings nur indirekt, durch Beobachtung der Verhältnisse und Veränderungen auf der Gebäudeinnenseite, geprüft werden. Bis heute gibt es keine Anzeichen, dass die Grundwasserisolation beschädigt ist. Die von Grundwasser berührten Gebäudeteile weisen keine Feuchtstellen auf.

Spiegelstrich 2:

Wie bereits erwähnt, sind die sicherheitsrelevanten Gebäude gegenüber Überflutungshöhen von mindestens 6 m sicher. Dies betrifft nicht nur Abdichtungsmassnahmen sondern schliesst auch die Bemessung der Gebäude mit ein. Die Aussenwände dieser Gebäude halten dem entsprechenden Wasserdruck stand.



Spiegelstrich 3:

Im Frühjahr und Sommer 2011 wurden die Gebäudeöffnungen im Erdgeschoss des KKM mit mobilen Hochwasserschutzwänden nachgerüstet. Dies schliesst das Maschinenhaus und das Betriebsgebäude mit ein. Die Wände sind auf ein 10'000-jährliches Hochwasserereignis ausgelegt, die Installation dieser Wände kann innerhalb der verfügbaren Vorwarnzeit durchgeführt werden.

Spiegelstrich 4:

Die Auftriebssicherheit sämtlicher sicherheitsrelevanter Gebäude und Kanäle ist gegeben und wurde bei der Auslegung für Überflutungshöhen zwischen 6 bis 8 m berücksichtigt.

Spiegelstrich 5:

Die Durchdringungen sind wasserdicht und auf einen Wasserdruck von 6 bis 8 m über Terrain ausgelegt.

Spiegelstrich 6:

Die Sicherheit des KKM sowohl gegenüber einem 10'000-jährlichen Erdbeben als auch gegenüber einem 10'000-jährlichen Hochwasser ist überprüft und bestätigt worden. Im Rahmen des per Ende März 2012 erstellten Erdbebennachweises hat das KKM zusätzlich nachgewiesen, dass der Bruch der Stauanlagen im Einflussbereich des KKM ausgeschlossen werden kann und somit nicht mit einer erdbebenbedingten Überflutung gerechnet werden muss. Die Überlagerung des 10'000-jährlichen Erdbebens mit dem 10'000-jährlichen Hochwasser liegt weit im auslegungsüberschreitenden Bereich und wird daher nicht untersucht.

Spiegelstrich 7:

In der Verfügung des ENSI vom 1. April 2011 wurde das KKM verpflichtet, die Auslegung der Anlage gegenüber Erdbebeneinwirkungen in Kombination mit erdbebenbedingter Überflutung, insbesondere hervorgerufen durch einen Bruch der Wohlensee Staumauer, zu überprüfen. Das KKM und auch das ENSI, aufgrund der eigenen Überprüfung und der Überprüfung der Analyseergebnisse durch die Sektion Talsperren des BFE, kamen zum Schluss, dass die Staumauer Wohlensee sowie die Stauanlagen Rossens und Schiffenen im Einflussbereich des KKM einem 10'000-jährlichen Erdbeben standhalten.

Die Definition des 10'000-jährlichen Erdbebens basiert dabei auf den neusten Zwischenergebnissen der Gefährdungsstudie PEGASOS-Refinement-Project, einer Studie internationaler Experten, durchgeführt nach neusten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Unter Annahme eines 10'000-jährlichen Erdbebens kann daher eine erdbebenbedingte Überflutung des Kraftwerkgeändes ausgeschlossen werden. Unabhängig davon wird der Betreiber des KKM den Baugrund der Staumauer Wohlensee durch eine Reihe von Bohrpfählen ertüchtigen, wodurch die Sicherheitsmarge der Stauanlage bei Erdbeben weiter erhöht wird. Das Projekt ist Gegenstand eines laufenden Bewilligungsverfahrens.

Empfehlung 4:

„Die zur RDB Bespeisung und Nachwärmeabfuhr vorgesehenen Sicherheitssysteme (Stränge I bis IV) sollten so nachgerüstet oder ertüchtigt werden, dass es bei einem Brand im Reaktorgebäude oder einer internen Überflutung auf der Kote –11 m nicht zu einem Ausfall aller Systeme kommen kann.“

Stellungnahme des ENSI:

Das KKM hat im Rahmen der PSÜ 2010 im Hinblick auf den angestrebten Langzeitbetrieb das Sicherheitskonzept der Anlage unter Berücksichtigung des im Art. 22 KEG geforderten Stands



der Nachrüsttechnik überprüft. Insbesondere wurden auch die Auswirkungen interner Überflutungen innerhalb des Reaktorgebäudes (RG) hinsichtlich der Gefährdung der sicherheitsrelevanten Systeme auf der -11 m-Ebene erneut untersucht.

Ausgehend von der vorliegenden risikotechnischen Bewertung möglicher Überflutungsszenarien innerhalb des RG hat das KKM für die Beherrschung allfälliger Leckagen im Hilfskühlwassersystem (HiKWS) im Jahre 2011 Nachrüstungen vorgenommen und einen neuen deterministischen Sicherheitsnachweis geführt. Es wurde nachgewiesen, dass sowohl ohne Annahme eines Einzelfehlers (erfolgreiche Absperrung der Leckagen, Auslegungsbereich) als auch mit Annahme eines Einzelfehlers (Versagen der Absperrung der Leckagen, auslegungsüberschreitender Bereich) die Anlage ohne Kreditierung betrieblicher Systeme ausschliesslich mit Sicherheitssystemen bzw. mit Notfallmassnahmen (im auslegungsüberschreitenden Bereich) in einen sicheren Zustand überführt werden kann. Leckagen im HiKWS stellen aufgrund des unbegrenzten Überflutungspotentials (direkte Anbindung an die Aare) und der Beeinträchtigung der Funktion des betrieblichen Speisewassersystems von allen Überflutungsszenarien die höchsten Anforderungen an die Störfallbeherrschung. Ungeachtet dieses Nachweises werden zur weiteren Reduzierung des Risikos kurzfristig (u. a. in der Jahresrevision 2012) Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt. Diese zielen darauf ab, Leckagen im HiKWS so absperrbar zu machen, dass die Funktion des betrieblichen Speisewassersystems nicht beeinträchtigt wird.

Darüber hinaus hat das KKM Ende Juni 2012 einen Freigabeantrag für ein umfangreiches Nachrüstkonzept eingereicht. Dieser Konzeptantrag beinhaltet unter anderem die Nachrüstung eines zusätzlichen Systems, welches die Kühlmittleinspeisung in den Reaktor Druckbehälter und die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktor übernimmt, falls sämtliche Sicherheitssysteme auf der -11 m-Ebene im RG ausgefallen sein sollten. Die Komponenten dieses neuen Nachwärmeabfuhrsystems werden von den sicherheitsrelevanten Systemen auf der -11 m-Ebene des RG räumlich und funktional getrennt, so dass in Zukunft weder eine Überflutung noch ein Brand auf der -11 m-Ebene des RG alle Sicherheitssysteme gefährden können. Diese Systeme werden Teil des SUSAN-Notstandssystems und auch über dessen Hilfssysteme mit Kühlwasser und Strom versorgt. Die Umsetzung dieser Nachrüstung ist bis Ende 2015 geplant.

Die Massnahmen des Brandschutzes auf der -11 m-Ebene im RG erfüllen sowohl die nationalen wie auch die internationalen Brandschutzvorschriften. Da die -11 m-Ebene aus betrieblichen Gründen bautechnisch nicht unterteilt werden kann, wurden diverse brandschutztechnische Massnahmen (kompensatorische Massnahmen) wie die Verwendung brandhemmender Kabel, lokale Brandabschottungen sowie Begrenzung der Brandlasten auf das absolut Notwendigste und der Einsatz von Nasslöschanlagen vorgenommen. Mit diesen Massnahmen kann ein redundanzübergreifender Brand wirksam unterbunden werden. Um bei einem Brand im Reaktorgebäude eine zu hohe Raumtemperatur zu verhindern, wurde auch ein Rauch- und Wärmeabzug installiert. Mit den vorhandenen Brandschutzmassnahmen ist gewährleistet, dass die Komponenten der Sicherheitssysteme auf -11 m-Ebene hinreichend gegen Brand geschützt sind.

Empfehlung 5:

„Das Verstopfungspotenzial des SUSAN Kühlwassersystems selbst (nicht nur des Einlaufs) sollte untersucht werden.“

Stellungnahme des ENSI:

Während der Revision im Frühjahr und Sommer 2011 wurde die Flusswasserfassung des SUSAN-Kühlwassersystems mit Periskoprohren nachgerüstet, so dass unter Annahme eines 10'000-jährlichen Hochwassers die Verstopfung des Einlaufbauwerks durch Geschiebe und Schwemmgut inzwischen ausgeschlossen werden kann. Die Fliessgeschwindigkeit in den nachgerüsteten flussabwärts gerichteten Periskoprohren ist kleiner als jene der Aare und die Fliess-



geschwindigkeit im Kanal zwischen Einlaufbauwerk und SUSAN-Gebäude liegt im Bereich von wenigen Zentimetern pro Sekunde. Es ist daher davon auszugehen, dass sehr wenig Geschiebe oder Schwemmgut angesaugt wird und sich dieses im Kanal absetzt, bevor der Feinrechen des SUSAN-Systems erreicht wird. Eine Verstopfung des SUSAN-Rechens ist daher unwahrscheinlich. Dennoch wurde für diesen unwahrscheinlichen Fall zusätzlich eine Einspeiseleitung realisiert, mit der mittels mobiler Pumpen Kühlwasser hinter dem SUSAN-Rechen ins SUSAN-System eingespeist werden kann.

Empfehlung 6:

„Die im KKM vorgesehenen Notfallmaßnahmen (AM Maßnahmen) sollten systematisch auf ihre Durchführbarkeit bei den zu unterstellenden Einwirkungen von Außen und von Innen hin überprüft und ggf. das Notfallschutzkonzept entsprechend weiterentwickelt werden. Hintergrund ist, dass in dem KKM Bericht zum EU Stress Test an einzelnen Stellen Notfallmaßnahmen in Bezug genommen werden, deren Durchführbarkeit unter den dort diskutierten Randbedingungen unklar erscheint.“

Stellungnahme des ENSI:

Ungünstige Faktoren infolge Einwirkungen von innen und aussen werden bereits bei der Analyse menschlicher Zuverlässigkeit (Englisch: Human Reliability Analysis, HRA) innerhalb einer Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) sowie bei der Entwicklung und Pflege schriftlicher Entscheidungshilfen zum Vorgehen in schweren Unfällen (Englisch: Severe Accident Management Guidance, SAMG) berücksichtigt.

Die PSA in der Schweiz umfasst die Stufen 1 und 2, sämtliche Betriebszustände sowie Einwirkungen von innen und aussen. Die Richtlinie ENSI-A05 verlangt explizit, in der HRA derartige Einwirkungen zu berücksichtigen. SAMG in der Schweiz deckt sämtliche Betriebszustände sowie den Verlust der Brennelementbeckenkühlung ab. Die Richtlinie ENSI-B12 verlangt, dass SAMG soweit wie möglich auch im Fall fehlender Informationen zur Unfallbewältigung beitragen und auf erschwerte Bedingungen bei der Durchführung bestimmter Massnahmen hinweisen soll. Die wiederkehrende Prüfung derartiger Anforderungen erfolgt insbesondere im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ). Die 2007 erschienene PSÜ-Stellungnahme (ENSI 11/1100) forderte beispielsweise die Anpassung der HRA an die geänderten Bedingungen bei internen systemübergreifenden Ereignissen und externen Ereignissen.

Gesamthaft wird der Entwicklungsstand bezüglich PSA und SAMG in der Schweiz von internationalen Experten als gute Praxis eingestuft /4/, /5/.

Als Lehre aus dem Fukushima-Unfall plant das ENSI darüber hinaus, weitere Detailuntersuchungen zur Durchführbarkeit von Notfallmassnahmen unter den bei schweren Unfällen zu erwartenden Bedingungen in Angriff zu nehmen (ENSI-AN-7746, Prüfpunkte 5, 11 und 15).

Empfehlung 7:

„Bei Lecks am Beckenkühlsystem könnte es über die Rückförderleitungen infolge einer Saugheberwirkung zu einem kontinuierlichen Füllstandsabfall kommen. Bei unterstelltem Versagen der pro Leitung einfach vorhandenen Rückschlagklappe wären Handmassnahmen zur Leckabsperzung erforderlich, da das Lagerbecken ansonsten komplett leergesaugt werden könnte. Das

/4/ "Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission To Switzerland", IAEA-NS-IRRS-2011/11, International Atomic Energy Agency

/5/ ENSREG 2012, "Peer Review Country Report: Switzerland", European Nuclear Safety Regulator Group, Stress Test Peer Review Board



Nachweiskonzept für derartige Szenarien sollte im Hinblick auf verfügbare Karenzzeiten, Leckerkennungsmöglichkeiten und die für den Fall vorgesehenen betrieblichen Vorschriften überprüft werden, da die automatische Leckabspernung nicht einzelfehlerfest ist. Ggf. sollten Umrüstungen vorgenommen werden, um Saugheberwirkungen auszuschließen oder gesichert zu unterbrechen. Dies könnte z. B. durch das Einbringen von Bohrungen (Siphonbrecher) in die Rückförderleitungen kurz unterhalb des Beckenwasserspiegels erreicht werden.“

Stellungnahme des ENSI:

Das KKM hat im Rahmen der Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 /6/ u. a. für alle Betriebszustände die Auswirkungen von seismisch induzierten Brüchen in Anschlussleitungen des Brennelementlagerbeckens (BEB) und der Reaktorgrube untersucht. Eine Entleerung des Brennelementlagerbeckens durch Saughebewirkung ist nur bei Versagen der tief anschliessenden Rückförderleitungen des BEB-Kühlsystems möglich. Neben der Absicherung dieser Leitungen mit jeweils einem Rückschlagventil befinden sich knapp unterhalb des Wasserspiegels Lüftungsbohrungen in den Leitungen, so dass ein schneller Füllstandabfall bei Nichtschliessen eines Rückschlagventils durch Saughebewirkung auf ca. 0,2 m begrenzt ist. Damit ist eine ausreichende Wasservorlage im BEB zur Kühlung der Brennelemente sichergestellt.

Als Ergebnis der durchgeführten Untersuchung hat das KKM in der Revision 2012 zusätzliche Massnahmen kurzfristig umgesetzt, um seismisch bedingte Leckagen in Anschlussleitungen der Reaktorgrube, die nur während der Revisionen direkt mit dem BEB in Verbindung steht, zu verhindern bzw. deren Auswirkungen zu begrenzen. Diese Massnahmen umfassen eine Anti-Siphon-Bohrung an der höchsten Stelle der Zuleitungen des BEB-Kühlsystems, das Setzen von Stopfen in den Entleerungsleitungen sowie eine Querschnittsverengung in der Leckageüberwachungsleitung am Einlauf.

Das ENSI kommt zum Ergebnis, dass mit diesen Massnahmen der Integritätserhalt des Brennelementlagerbeckens bzw. der Reaktorgrube deutlich verbessert wurde /7/.

Empfehlung 8:

„Eine Ertüchtigung der Dammpalte gegen seismische Einwirkungen sollte geprüft werden, um ein erdbebenbedingtes Versagen der Dammpalte mit hoher Sicherheit zu vermeiden.“

Stellungnahme des ENSI:

Das KKM hat im Rahmen der Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 /6/ u. a. die seismische Robustheit der Dammpalte zwischen Brennelementlagerbecken und Reaktorgrube untersucht.

Demnach ist die Arretierung der Dammpalte um ein Vielfaches überdimensioniert, so dass ein Absturz der Dammpalte ins Brennelementlagerbecken oder in die Reaktorgrube ausgeschlossen werden kann. Die Dichtfunktion der Dammpalte kann bei seismischen Einwirkungen derzeit jedoch nicht gewährleistet werden. Aus diesem Grund hat das ENSI gefordert /7/, dass das KKM hinsichtlich der Verbesserung der Dichtfunktion der Dammpalte eine Analyse durchzuführen hat und die Ergebnisse der Analyse dem ENSI bis zum 31. Dezember 2012 zur Beurteilung einzureichen sind.

Die daraus eventuell resultierenden konstruktiven Verbesserungsmassnahmen sind dann in der Revision 2013 umzusetzen. Das ENSI erachtet diesen Zeitrahmen aufgrund der begrenzten

/6/ ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 (), Stellungnahme zu Ihrem Bericht vom 31. März 2011

/7/ Aktennotiz ENSI 11/1562 vom 9. Juli 2012, Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKM zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens



Auswirkungen eines Versagens der Dichtwirkung der Dammplatte auf die Sicherstellung der Kühlung der Brennelemente im BEB für angemessen *17/*.

Empfehlung 9:

„Die zur Lagerbeckenkühlung vorgesehenen Notfallmaßnahmen sollten im Hinblick auf die Robustheit der hierfür erforderlichen Einrichtungen (z. B. Feuerlöschsystem) gegen Erdbebenwirkungen überprüft werden.“

Stellungnahme des ENSI:

Das KKM verfügt seit März 2012 über ein an der Aussenwand des Reaktorgebäudes fest installiertes, erdbebensicheres System zur externen Bespeisung des Brennelementlagerbeckens (BEB) mit Kühlmittel. Das System kommt zum Einsatz, falls die betriebliche BEB-Kühlung aufgrund von Erdbebeneinwirkungen ausgefallen sein sollte und besteht aus zwei redundanten, räumlich getrennten Zuleitungen, die über Feuerwehrschräume ausserhalb des Reaktorgebäudes an das Feuerlöschwassersystem angeschlossen werden können. Zusätzlich ist die Versorgung aus Feuerlöschfahrzeugen oder auch über mobile Feuerweerpumpen mit Aarewasser möglich. Die auf dem Kraftwerksareal untergebrachten Feuerwehrschräume und -pumpen sind erdbebensicher gelagert.

Aus Sicht des ENSI steht mit diesem neu installierten System neben den bisherigen Notfallmassnahmen eine seismisch robuste, ohne zeitintensive Vorbereitung und Betreten des BEB-Bereiches durchführbare Notfallmassnahme zur Sicherstellung der BEB-Kühlung im KKM zur Verfügung.

Empfehlung 10:

„Es sollte überprüft werden, ob und ggf. welche zusätzlichen Massnahmen möglich und erforderlich sind, um die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der SUSAN Notstromversorgung weiter zu erhöhen. Hierbei sollten u. E. folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- *Potenzial für eine Verstopfung des SUSAN Kühlwassersystems CWS;*
- *Konsequenzen aus der nicht vollumfänglichen räumlichen Trennung der Redundanzen;*
- *Potenzial für redundanzübergreifende Ausfälle infolge gebäudeinterner Überflutungen und Brände;*
- *Möglichkeiten für eine Erhöhung der Robustheit der SUSAN Notstromdieselaggregate gegenüber seismischen Einwirkungen;*
- *Gesamtkonzept zur externen Bespeisung der SUSAN Notstromschienen unter Berücksichtigung aller zu betrachtender Einwirkungen von Außen. Die Bespeisung sollte unter Beibehaltung des Gebäudeschutzkonzepts und der zu unterstellenden Ereignisrandbedingungen (z. B. Arealüberflutung) zuverlässig und kurzfristig möglich sind.“*

Stellungnahme des ENSI:

Spiegelstrich 1:

Siehe hierzu die Antwort auf die Empfehlung 5.

Spiegelstriche 2, 3:

Die Notstromstränge III und IV sind vollständig voneinander getrennt.



Spiegelstrich 4:

Es sind keine Nachrüstungen notwendig, da die SUSAN Notstromdieselaggregate gegen ein SSE ausgelegt wurden. Sobald die PRP-Ergebnisse (s. hierzu Kap. 2.1, Antwort zu Empfehlung 1) vorhanden und vom ENSI überprüft sind, werden diese mit den Auslegungsdaten verglichen.

Spiegelstrich 5:

Es ist eine elektrische Einspeisevorrichtung auf dem Dach des SUSAN-Gebäudes, welche die Anforderungen erfüllt, bereits vorhanden. Siehe hierzu auch die Antwort auf die Empfehlung 14.

Empfehlung 11:

„Sofern kein Austausch des Kernmantels erfolgt, sollte ein Nachweiskonzept erstellt werden, das auf der Festlegung eines ungünstigsten Zustands des Kernmantels (z. B. Annahme umlaufender Risse mit einer bestimmten Tiefe), der die real auftretenden Zustände auch bei fortschreitendem Risswachstum und Rissneubildung mit hoher Aussagesicherheit abdeckt, beruht.“

Stellungnahme des ENSI:

Die Sicherheitsnachweise für den Kernmantel im KKM werden erbracht durch regelmässige Ultraschallprüfung der Rund- und Längsnähte einschliesslich der Ausmessung der bekannten Risse in den Rundnähten 4 (H3) und 11 (H4) und der anschliessenden struktur- und bruchmechanischen Bewertung der gemessenen Rissanzeigen und des prognostizierten Zustandes des Kernmantels zum Zeitpunkt der nächsten Prüfung. Dabei hat das ENSI gefordert, dass sowohl die Messtechnik als auch die Modelle der struktur- und bruchmechanischen Bewertung stets dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik nachzuführen sind.

1990, als die Kernmantelrisse entdeckt wurden, gab es noch kein standardisiertes Verfahren zur strukturmechanischen Bewertung. Ein solches Verfahren wurde von General Electric (GE) bis 1994 entwickelt. Es basiert auf den Anforderungen der Bauvorschrift ASME Section XI, Appendix C (Evaluation of Flaws in Austenitic Piping). Für die Kombination benachbarter Risse und für die Verteilung von Rissen am Umfang wurden einfache und sehr konservative s. g. „Screening“-Kriterien definiert. Die Sicherheitsfaktoren sind im Appendix C festgelegt. Diese Regeln wurden weitgehend in die EPRI-Richtlinie für den Kernmantel /8/ übernommen.

Die struktur- und bruchmechanischen Berechnungen zum Nachweis der geforderten Sicherheitsmargen des Kernmantels im KKM, die bis 2005 angestellt wurden, beruhten im Einklang mit der EPRI-Richtlinie auf einer analytischen Lösung des Spannungsintensitätsfaktors, die für einen langen Zylinder gilt. Im Hinblick auf den langfristigen Betrieb war es angezeigt, von dieser Vereinfachung abzusehen und ein verfeinertes Vorgehen zu wählen. Gemäss dem neuen Vorgehen wurde der Kernmantel für die struktur- und bruchmechanischen Analysen mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM) modelliert. Das entwickelte dreidimensionale Modell enthält alle wesentlichen Details des Kernmantels und dessen Abstützung. Die Risse werden bisher konservativ als Durchrisse über die gesamte Wanddicke dargestellt. Die für die Nachweise der strukturellen Integrität für einen Inspektionszyklus modellierte Konfiguration und Ausdehnung der Risse entlang der horizontalen Schweissnähte basiert jeweils auf den aktuellen Ultraschallbefunden, der Extrapolation des langjährigen Risswachstums je Anzeige und der Messungenauigkeit des Prüfsystems. Das Geometriemodell wurde 2011 weiter verfeinert, um alle Rund- und Längsnähte des Kernmantels bruchmechanisch analysieren zu können. Für die auf 2013, den Zeitpunkt der nächsten Ultraschallprüfung, extrapolierte Risskonfiguration ergaben sich mit dieser konservativen Modellierung Sicherheitsfaktoren, die mehr als doppelt so hoch sind wie in /8/ gefordert.

/8/ BWRVIP-76-A: BWR Vessel and Internals Project, BWR Core Shroud Inspection and Flaw Evaluation Guidelines, EPRI, Palo Alto, USA, EPRI Report 1019057, 2009



Die durch langjährige Analysen und Prüfungen gewonnenen Erfahrungen bezüglich Risswachstum sowie die dank des neuen, qualifizierten Ultraschall-Prüfsystems verlässlichen Aussagen über die Tiefenausdehnung der Risse bestätigen die bisherigen Überlegungen zum erwarteten Risswachstum am KKM-Kernmantel. Treibende Kraft dieses Wachstums sind die axial wirkenden Schweisseigenspannungen, die ein Wachstum der Kernmantelrisse entlang der horizontalen Schweissnähte bewirken. Wie die Erfahrung im KKM zeigt, kommt dieses radiale Wachstum aufgrund der Eigenspannungen zum Stillstand, sobald die Tiefe eines Anrisses etwa die halbe Wandstärke des Kernmantels erreicht hat.

Ab 2013 plant das KKM im Rahmen des neuen Instandhaltungskonzeptes für den Kernmantel die bruchmechanische Modellierung besser auf den Langzeitbetrieb auszurichten. An Stelle der äusserst konservativen Annahme von ausschliesslich wanddurchdringenden Rissen wird je betroffene Schweissnaht eine 360° umlaufende Rissfront angenommen, welche die Tiefe der Befunde vollständig abdeckt. Ein stabiles Risswachstum vorausgesetzt, ist diese Konfiguration für einen für den Langzeitbetrieb relevanten Zeitrahmen zeitlich unabhängig. Diese geplante Massnahme entspricht damit genau dem Vorgehen, das in der o. g. Empfehlung 11 vorgeschlagen wird. Das ENSI wird dieses Vorgehen im Zusammenhang mit den anderen Massnahmen des neuen Instandhaltungskonzeptes des Kernmantels im KKM prüfen und das Ergebnis der Prüfung in der Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des KKM veröffentlichen.

Empfehlung 12:

„Es sollten Analysen zu den sicherheitstechnischen Konsequenzen des Versagens eines Zugankers aus sich heraus sowie des Versagens eines oder mehrerer Zuganker bei Störfällen vorgelegt werden (Entstehung loser Teile im RDB). Sofern sich unzulässige Konsequenzen ergeben oder diese nicht zuverlässig ermittelt werden können, sollten die Zuganker ausgebaut werden.“

Stellungnahme des ENSI:

Die allfällige Präsenz loser Teile („lost parts“) im Primärkreis und speziell im RDB ist eine Thematik, die schon bei der Entwicklung kerntechnischer Anlagen berücksichtigt wird und wurde. Die Bauweise ausnahmslos aller Komponenten des Primärkreises (darin sind die Zuganker mit eingeschlossen) sowie die Vorschriften bei der Montage und bei Wartungs- und Inspektionsarbeiten legen grosses Augenmerk auf die unbedingte Vermeidung von Fremdmaterialeintrag und von betriebs- und störfallbedingten Schäden, die zu losen Teilen führen könnten. Die Werkstoffe, die Abmessungen, die Befestigungen und die Fertigung aller Komponenten sind darauf ausgelegt, dass deren Integrität durch Vibrationen, Korrosion oder die zu erwartenden mechanischen Lasten nicht gefährdet ist. Der RDB und seine Einbauten unterliegen zusätzlich einem umfangreichen Wiederholungsprüfprogramm. Mit zerstörungsfreien Prüfmethoden wird die Integrität regelmässig überprüft. Die Prüfungen werden vom ENSI bzw. dem SVTI im Auftrag des ENSI überwacht. Die Abstände zwischen den Prüfungen der Zuganker im KKM liegen viel dichter beieinander als im internationalen Vergleich.

Darüber hinaus liegen dem ENSI für den Reaktortyp des KKM (BWR/4) und speziell für das KKM entsprechende Analysen des Gefährdungspotentials durch lose Teile vor, die entweder vom Hersteller General Electric oder vom Betreiber selbst vorgenommen wurden. Woher die losen Teile stammen, ist für die Analyse allfälliger negativer Auswirkungen zunächst unbedeutend, sofern die relevanten Kriterien wie Form, Grösse, chemische und physikalische Eigenschaften abdeckend berücksichtigt wurden. Dies ist für allfällige lose Teile der Zuganker der Fall.

Im Einzelnen werden in diesen Analysen folgende Punkte behandelt:

- Potential zur Blockade des Kühlmittelflusses mit anschliessender Beschädigung der Brennstabhüllrohre durch Überhitzung,



- Potential von Fremdkörperreibung mit Beschädigung von Brennstabhüllrohren,
- Potential zur Behinderung von Steuerstäben und Steuerstabantrieben,
- Potential zur Schädigung durch Korrosion oder andere chemische Reaktionen,
- Potential zur Beeinträchtigung der Containment-Isolationsarmaturen,
- Potential zur Beeinträchtigung des Reaktorwasserreinigungssystems,
- Potential zur Beeinträchtigung des Abfahr- und Toruskühlsystems,
- Potential zur Verstopfung der RDB-Entleerungsleitung,
- Potential zur Beeinträchtigung der Umwälzschleifenleistung,
- Potential zur Beschädigung der Reaktoreinbauten,
- Potential zur Beeinträchtigung der Instrumentierungen im RDB- oder der Neutronenflussmessinstrumente.

Die Analysen, die abdeckend auch für allfällige lose Teile der Zuganker gelten, kommen zu dem Ergebnis, dass die sicherheitsrelevanten Anforderungen an den Reaktor und direkt verknüpfter Systeme durch die Anwesenheit allfälliger loser Teile nicht beeinträchtigt werden. Nach Einschätzung des ENSI ist die Thematik der losen Teile im KKM hinreichend analysiert worden, und es besteht keine Notwendigkeit, die Zuganker aus diesem Grund auszubauen.

Empfehlung 13:

„Ein Leistungsbetrieb des KKM sollte aus Gründen der Risikominimierung nur bei inertisiertem Primärcontainment erfolgen. Etwaig bestehende Ausnahmen für begrenzte Zeiträume vor einer geplanten Abschaltung bzw. nach einem Wiederanfahren der Anlage sollten entfallen.“

Stellungnahme des ENSI:

Das Primärcontainment (Drywell) des KKM muss entsprechend den Technischen Spezifikationen nach dem Stillstand und Anfahren der Anlage nach zwei Tagen inertisiert sein. Dazu wird ausreichend Wärme benötigt, die bei etwa 25 % Reaktorleistung ausgekoppelt wird. Die Inertisierung des Drywells dauert danach noch etwa vier Stunden. Insgesamt vergehen nach dem Anfahren der Anlage etwa 30 Stunden, bis der Drywell vollständig inertisiert ist.

Einen Tag vor dem Abfahren der Anlage darf die Inertisierung des Drywells entsprechend den Technischen Spezifikationen aufgehoben werden. KKM hat in der Vergangenheit diese Zeit nicht ausgenutzt, sondern hat in der Regel nie früher als vier Stunden vor dem Abfahren der Anlage mit dem Deinertisieren begonnen.

Das ENSI erachtet die Vorgaben in den Technischen Spezifikationen des KKM wegen der betrieblichen Vorteile für gerechtfertigt. Darüber hinaus zeigt die von KKM in der Vergangenheit umgesetzte Praxis, dass KKM mit diesen Vorgaben verantwortungsvoll umging und diese nur soweit nutzte, wie es betrieblich notwendig war. Auch aus risikotechnischen Gründen ist der knapp zweitägige Betrieb aus Sicht des ENSI ohne Inertisierung des Drywells vertretbar, da die Anlage innerhalb dieses Zeitraumes nur begrenzt mit voller Leistung betrieben wird und die Inertisierung vornehmlich eine vorbeugende Massnahmen gegen schwere Unfälle darstellt, deren Eintrittswahrscheinlichkeit in diesem knappen Zeitfenster als äusserst gering zu beurteilen ist.

Empfehlung 14:

„Vor dem Hintergrund der in Fukushima Daiichi aufgetretenen Probleme, eine ausreichende RDB Bespeisung sicherzustellen, sollte die Einspeisekapazität der im KKM vorhandenen Notfalleinrichtungen zur RDB Bespeisung überprüft werden. Die entsprechenden Einrichtungen sollten



unter den Bedingungen eines Station Blackout und einer RDB Druckentlastung ausschließlich mittels der PRV in der Lage sein, auch im Kurzzeitbereich (ca. 1 h Stunde nach Abschaltung des Reaktors) ausreichend Kühlmittel in den RDB zu fördern.“

Stellungnahme des ENSI:

Voraussetzung für den Eintritt eines „Station Blackout“ im KKM ist, dass die externe Netzversorgung, das Abfangen auf Eigenbedarf und alle Notstromdieselaggregate ausgefallen sind und somit die gesamte Wechselstromversorgung unverfügbar ist. In diesem Fall erfolgt im KKM automatisch eine RESA. Aufgrund des Ausfalls des Speisewasserssystems sinkt der Reaktorfüllstand.

Bei Reaktorniveau 2 (-107 cm) starten automatisch die beiden batteriegestützten, aus dem SUSAN-Reaktorschutz angesteuerten Hochdruckeinspeisesysteme RCIC und heben das Reaktorniveau bis auf +154 cm. Der Reaktordruck wird ohne Handeingriffe durch das Ansprechen der Sicherheits- und Regelventile SRV während 30 Minuten nach der RESA konstant gehalten. Die für die Funktion der SRV erforderliche Stickstoffversorgung ist über SUSAN-Druckspeichertanks zusätzlich gesichert. Nach Ablauf von 30 Minuten öffnen automatisch die beiden batteriegestützten Druckentlastungsventile PRV und reduzieren den Reaktordruck automatisch soweit, dass die Funktion der RCIC-Systeme übergangslos durch Niederdruckeinspeisesysteme übernommen werden kann.

Aufgrund der Erkenntnisse aus den Ereignissen in Fukushima hat das KKM zwischenzeitlich auf dem Dach des SUSAN-Gebäudes ein zusätzliches 1000 kVA Notstromaggregat installiert, das im Fall eines Station Blackout die SUSAN-Notstromschienen über vorbereitete Kabelverbindungen versorgen kann. Mit diesem Notstromaggregat besteht die Möglichkeit, anstatt auf Notfallmassnahmen zurückzugreifen, die Niederdruckeinspeisung und die Nachwärmeabfuhr mittels einer SUSAN-Division (Systeme ALPS und TCS) langfristig sicherzustellen. Unter den oben genannten Störfallbedingungen verfügt das KKM über Batteriekapazitäten, die einen etwa 14-stündigen geregelten Betrieb der Hochdruckeinspeisesysteme RCIC sicherstellen würden. Damit besteht ausreichend Zeit, das neuinstallierte Notstromaggregat in Betrieb zu nehmen, um eine durchgehende Kühlmittelversorgung des Reaktors zu gewährleisten.

Aus Sicht des ENSI wurden im KKM mit der Installation des zusätzlichen Notstromaggregates die Vorsorge gegen einen Station Blackout weiter verbessert und die richtigen Lehren aus den Ereignissen in Fukushima gezogen.

Empfehlung 15:

„Das im KKM realisierte Konzept zur Beherrschung von Transienten mit Überspeisung des RDB sollte einer Überprüfung unterzogen werden, die folgende Aspekte beinhalten sollte:

- *Qualität der Leittechnikfunktionen zur Gewährleistung einer zuverlässigen Beendigung der RDB Bespeisung (zumindest die Abschaltung der Speisewasserpumpen ist gemäß HSK (1991) keine Reaktorschutzmaßnahme);*
- *Beendigung der Einspeisung durch das RCIC und das Speisewassersystem über diversitäre Maßnahmen (z. B. durch Auslösung eines Durchdringungsabschlusses in der RCIC Zudampfleitung und den Speisewasserleitungen);*
- *Auslösung von Reaktorschnellabschaltung sowie von Umleitschnellschluss und Durchdringungsabschluss in den dampfführenden Leitungen in Abhängigkeit von erhöhten Reaktorniveaus zur Beendigung der Leistungserzeugung und zur Isolation des RDB von dampfführenden Systemen.“*



Stellungnahme des ENSI:

Spiegelstrich 1:

Die Abschaltung der Speisewasserpumpen ist zwar keine Reaktorschutzmassnahme, die Leittechnik ist jedoch in gleicher hochwertiger Qualität ausgeführt (1E-klassiert).

Spiegelstrich 2:

Das ENSI hat im Rahmen der Begutachtung des Langzeitbetriebes auch den Überspeisungsschutz des RDB behandelt. Im KKM greifen bei hohem Füllstand im RDB zwei Massnahmen: Umschalten der Speisewasserpumpen auf Mindestdrehzahl und Stromlosschalten der Speisewasserpumpen. Ähnliches gilt für die Abschaltung des RCIC. Bei hohem Füllstand wird zunächst das RCIC-Schnellschlussventil geschlossen. Steigt der Füllstand weiter, schliessen die Isolationsventile der RCIC-Zudampfleitungen.

Spiegelstrich 3:

Im KKM erfolgt bei hohem Füllstand im RDB ein Turbinenschnellschluss mit Reduktion der Reaktorleistung auf etwa 50 % durch Einschliessen ausgewählter Steuerstäbe und Umwälzpumpen-Runback als Begrenzungsmassnahme. Das ENSI hat im Rahmen der Begutachtung des Langzeitbetriebes vom KKM eine Untersuchung der Notwendigkeit der Auslösung der RESA bei hohem Füllstand gefordert.

Grundsätzlich unterscheiden sich amerikanische Siedewasserreaktoren in der Sicherheitsphilosophie bezüglich der Anregung des Durchdringungsabschlusses des Frischdampfsystems insbesondere von deutschen Anlagen. In amerikanischen Anlagen wird der Kondensator solange als Hauptwärmesenke in Betrieb gelassen, wie dieser verfügbar ist. Eine Frischdampfisolierung ist nicht in jedem Fall sicherheitsgerichtet. Das ENSI wird unter Berücksichtigung aller sicherheitstechnischen Aspekte nach Vorliegen der Untersuchungsergebnisse über die Notwendigkeit einer weiteren Ertüchtigung des Überspeisungsschutzes im KKM entscheiden.

3 Stellungnahme des ENSI zu Quelltermen und radiologischen Auswirkungen

3.1 ENSI-Kommentare zu den postulierten Quelltermen

Die wichtigste - und insbesondere für die in Kapitel 14 der Fachstellungnahme dargelegten radiologischen Auswirkungen von schweren Unfällen auf Österreich alles entscheidende - Annahme betrifft die Wahl der postulierten Quellterme. Mangels Detailinformation zu den KKM-Quelltermen geht die Studie von generischen Quelltermen in parametrisierter Form aus, ohne jedoch die anlagenspezifischen Eigenschaften von Mühleberg zu berücksichtigen. Zudem werden weder absolute noch relative Angaben zu den Eintrittshäufigkeiten der angenommenen Freisetzungsszenarien gemacht, so dass schlussendlich auch keine Aussagen über das potentielle Risiko für die Bevölkerung möglich sind.

Mit dem gewählten Ansatz werden hypothetische Quellterme bereitgestellt, auf deren Basis beurteilt werden soll, welche der Freisetzungsszenarien für Österreich eine radiologische Relevanz besitzen. Wie erwähnt, berücksichtigen die verwendeten Quellterme keine anlagenspezifischen Gegebenheiten und dem Sicherheitsniveau des Kernkraftwerks Mühleberg wird nicht Rechnung getragen. Damit entsteht der Eindruck, dass alle Quellterme gleichberechtigt sind, was in Wirklichkeit nicht zutrifft. Die meisten der postulierten Quellterme sind sehr gross. Basierend auf der aktuellen werkspezifischen probabilistischen Sicherheitsanalyse haben derart



grosse Quellterme für das KKM eine äusserst geringe Eintrittshäufigkeit. Einzelne in der Fachstellungnahme verwendete Quellterme sind grösser als der von der IAEA geschätzte Quellterm für die drei Kernschmelzen in Fukushima.

Die postulierten Quellterme für I-131 und Cs-137 werden in Tabelle 1 mit den abgeschätzten Werten aus Tschernobyl und Fukushima verglichen. Mit wenigen Ausnahmen (R03 bis R05) stellen die postulierten Freisetzungen allesamt "Worst-Case"-Szenarien dar. Nach heutigem Wissensstand sind Szenarien mit massiven Fukushima- oder Tschernobyl-ähnlichen Freisetzungen nicht repräsentativ für mögliche schwere Unfallabläufe in Schweizer Kernanlagen.

Tabelle 1: In der Fachstellungnahme verwendete Quellterme für I-131 und Cs-137

| Freisetzungsszenario | Freigesetzte Aktivität in [Bq] | |
|----------------------------|--------------------------------|----------|
| | I-131 | Cs-137 |
| Quellterm R01 | 1.76E+17 | 2.92E+16 |
| Quellterm R02 | 8.20E+17 | 1.07E+17 |
| Quellterm R03 | 5.16E+15 | 1.02E+15 |
| Quellterm R04 | 1.31E+15 | 0.00E+00 |
| Quellterm R05 | 1.64E+15 | 3.30E+14 |
| Quellterm R06 | 4.69E+16 | 1.65E+16 |
| Quellterm R07 | 1.17E+17 | 2.54E+16 |
| Quellterm R08 | 1.77E+17 | 3.84E+16 |
| Quellterm R09 | 4.10E+17 | 8.90E+16 |
| Tschernobyl (UNSCEAR 2000) | 1.80E+18 | 8.50E+16 |
| Fukushima (IAEA 2011) | 1.60E+17 | 1.50E+16 |

3.2 ENSI-Kommentare zu den radiologischen Auswirkungen

Die Ausbreitungsberechnungen erfolgten mit dem Lagrangeschen Partikelmodell FLEXPART. Aus der Vielfalt der möglichen Wetterlagen wurden 10 spezifische Wettersituationen ausgewählt, die radiologische Auswirkungen auf verschiedene Regionen Österreichs haben. Die Maximaldosen sind für die postulierten Quellterme in Tabelle 2 jeweils für die ungünstigste Wettersituation zusammengefasst. Beschränkt man sich auf die realistischeren Quellterme (R03 bis R05), so sind die radiologischen Auswirkungen auf Österreich eher unbedeutend.



Tabelle 2: Maximalwerte der Dosen für Erwachsene und Kleinkinder

| Maximale Dosis in AT (mSv) | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|----------|-------|------|------|-------|-------|--------|--------|
| Dosisart | R01 | R02 | R03 | R04 | R05 | R06 | R07 | R08 | R09 |
| 07d_1st_adu_thy | 65,55 | 142,7 | 0,82 | 0,33 | 0,15 | 5,22 | 14,43 | 19,58 | 135,00 |
| 07d_max_adu_thy | 65,55 | 142,7 | 0,82 | 0,33 | 0,15 | 5,22 | 14,43 | 19,58 | 135,00 |
| 07d_max_inf_thy | 83,33 | 181,40 | 1,02 | 0,40 | 0,19 | 6,46 | 18,24 | 24,65 | 170,90 |
| 07d_max_adu_eff | 19,94 | 169,50 | 1,06 | 0,03 | 0,04 | 2,71 | 6,90 | 5,60 | 54,08 |
| 07d_max_inf_eff | 27,13 | 253,20 | 1,57 | 0,05 | 0,06 | 4,00 | 10,26 | 7,74 | 74,55 |
| 30d_1st_adu_eff | 42,14 | 347,90 | 2,48 | 0,05 | 0,14 | 7,96 | 16,24 | 16,90 | 111,20 |
| 30d_max_adu_eff | 43,58 | 350,20 | 2,50 | 0,05 | 0,14 | 8,19 | 16,62 | 17,41 | 113,60 |
| 30d_max_inf_eff | 65,49 | 525,60 | 3,75 | 0,07 | 0,21 | 12,30 | 24,94 | 26,13 | 170,40 |
| 1a_____adu_eff | 268,40 | 1.577,00 | 13,23 | 0,04 | 0,96 | 53,86 | 90,87 | 116,00 | 659,70 |

Grundsätzlich erachtet das ENSI die dargelegten Ausbreitungs- und Dosisberechnungen zwar als methodisch richtig. Grundlage für die Berechnung der Auswirkungen von schweren Unfällen auf Österreich bilden jedoch die postulierten Quellterme, womit vor allem Unfallabläufe mit massiven Freisetzungen berücksichtigt werden. Da wie bei den angenommenen Freisetzungsszenarien auch bei den ausgewählten Wettersituationen keine Eintrittshäufigkeiten angegeben werden, ist eine Bewertung der radiologischen Relevanz der berechneten Ergebnisse schwierig.

Gemessen an der komplexen Topographie der Schweiz hat das verwendete Ausbreitungsmodell insbesondere in der näheren Umgebung des Kernkraftwerks Mühleberg eine schlechte räumliche Auflösung (5 km x 5 km), so dass die Ergebnisse bis zu einer Abwinddistanz von ca. 50 km nur als grobe Approximation angesehen werden können. Im Bericht wird davon ausgegangen, dass die Details der atmosphärischen Ausbreitung in der näheren Umgebung keinen grossen Einfluss auf die Verhältnisse in grösserer Entfernung haben sollten. Das ENSI ist aber der Meinung, dass die komplexe Topographie in der näheren Umgebung über die stärkere lokale Verdünnung und Deposition sehr wohl einen Einfluss auf die Luft- und Bodenaktivitäten in grösseren Abwinddistanzen haben kann, speziell bei den angenommenen bodennahen Freisetzungen. Ohne detaillierte Berechnungen mit einer besseren räumlichen Auflösung im Nahbereich lässt sich der Effekt jedoch nicht quantifizieren.

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das ENSI hat die Empfehlungen der Kategorie 1 und die radiologischen Untersuchungen aus dem Fachgutachten der österreichischen Umweltbundesamt GmbH geprüft und hierzu in den vorangehenden Kapiteln im Detail Stellung genommen. Die Empfehlungen betreffen im Wesentlichen die Themenbereiche Erdbeben, Hochwasser, Sicherheitssysteme der -11 m-Ebene, Notstandssysteme, Notfallmassnahmen und Störfallbeherrschung, Lecks am Beckenkühlsystem und den Kernmantel. Das ENSI konnte keine neuen Aspekte im Zusammenhang mit den aufgeworfenen Sicherheitsfragen identifizieren.



Zu den im Fachgutachten verwendeten Quelltermen ist festzuhalten, dass diese zumeist sehr gross und gemäss anlagenspezifischer PSA äusserst unwahrscheinlich sind („worst-case-Szenarien“).

Zusammenfassend ergibt sich aus Sicht des ENSI kein Handlungsbedarf aus den Empfehlungen der Kategorie 1 und den Untersuchungen zu Quelltermen und radiologischen Auswirkungen.