

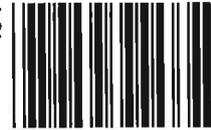


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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 11/1502

Datum

15. November 2011

Aktenzeichen

11KFX

Typ/Charakter

Aktennotiz

Klassifikation

öffentlich

Bearbeiter

D.Loy. D. Pfister / HOL

Visum

Sachbearbeiter: 

Vorgesetzter: 

Projekt, Thema, Gegenstand (Schlagwörter)

Verfügungen vom 18.03.11 und 05.05.11,
Verbesserungsmassnahmen, 11/11/003, 11/11/028

Seiten

12

Beilagen

-

Zeichnungen

-

Stellungnahme zu den vom KKM eingereichten Verbesserungsmassnahmen zur Erfüllung der Forderungen aus der Verfügung vom 5. Mai 2011

Inhaltsverzeichnis:

1 Anlass	2
1.1 Ausgangslage	2
1.2 Gegenstand und Grundlage der Beurteilung	3
2 Nachrüstung einer diversitären Kühlmittelversorgung	4
3 Nachrüstung eines neuen Brennelementbeckenkühlsystems	6
4 Erweiterung der anlageninternen Notfallmassnahmen	8
4.1 Nachspeisung des Brennelementbeckens	8
4.2 Überwachung des Brennelementbeckens	9
5 Zusammenfassung	10
6 Referenzen	12

Verteiler:

Extern: KKM (1 Exemplar)
ENSI: GL, KASI, Archiv



1 Anlass

1.1 Ausgangslage

Das ENSI hatte am 18. März 2011 /1/ aufgrund der Ereignisse in Fukushima unter anderem verfügt, dass das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) bis zum 31. März 2011 dem ENSI einen Bericht vorzulegen hat, in dem folgende Fragen zu beantworten waren:

- a. Ist im KKM die Kühlmittelversorgung für die Sicherheits- und Hilfssysteme aus einer diversitären, erdbeben-, hochwasser- und verunreinigungssicheren Quelle gesichert (Zusatzversorgung über Grundwasserbrunnen)?
- b. Sind im KKM allfällige ausserhalb des Primärcontainments befindliche Brennelementlagerbecken genügend gegen externe und interne Einwirkungen geschützt?
- c. Ist im KKM die Brennelementbeckenkühlung eine besonders geschützte Sicherheitsfunktion und kann sie über das gebunkerte Notstandssystem versorgt und gesteuert werden?

Das KKM reichte dem ENSI am 31. März 2011 fristgerecht einen Bericht mit Antworten auf die genannten Fragen ein. Das ENSI prüfte die Antworten und nahm am 5. Mai 2011 /2/ hierzu Stellung. Aus der Überprüfung ergaben sich folgende Befunde:

- Befund 1: Die Kühlmittelversorgung für das Notstandssystem stützt sich auf eine räumlich weit verzweigte Kühlwasserentnahme aus der Aare ab. Es steht aber keine diversitäre Alternative dazu zur Verfügung.
- Befund 2: Im KKM steht bei geschlossener Dammpfanne kein gegen Erdbeben und Überflutung ausreichend geschütztes System zur Brennelementbeckenkühlung zur Verfügung. Die Abstützung ausschliesslich auf vor Ort durchzuführende Handmassnahmen erachtet das ENSI vor dem Hintergrund der Erkenntnisse aus Japan als nicht ausreichend.
- Befund 3: Die im KKM vorhandenen anlageinternen Notfallmassnahmen zur Überwachung des Brennelementbeckens sowie zur Einspeisung sind aus Sicht des ENSI erweiterungsbedürftig.

Basierend auf diesen Befunden verfügte das ENSI gestützt auf Art. 94 Abs. 7 der Strahlenschutzverordnung /3/ im Sinne vorsorglicher Massnahmen u.a. folgende Forderungen /2/:

- Forderung 1:** Das KKM hat dem ENSI bis zum 31. August 2011 Massnahmen zur Nachrüstung einer erdbeben-, überflutungs- und verstopfungssicheren Kühlmittelversorgung für das Notstandssystem vorzuschlagen.
- Forderung 2:** Das KKM hat dem ENSI bis zum 31. August 2011 Massnahmen zur Ertüchtigung der Systeme zur Brennelementbeckenkühlung (einschliesslich der erforderlichen Hilfs- und Versorgungssysteme) gegen Erdbeben und Überflutung vorzuschlagen.
- Forderung 3:** Das KKM hat dem ENSI bis zum 31. August 2011 Massnahmen zur Erweiterung der anlageinternen Notfallmassnahmen zur Nachspeisung und Überwachung des Brennelementbeckens nach Ausfall der Beckenkühlsysteme vorzulegen.

Die weiteren in der Verfügung vom 5. Mai 2011 genannten Forderungen sind nicht Gegenstand dieser Stellungnahme, da diese erst zu einem späteren Zeitpunkt umzusetzen sind.



1.2 Gegenstand und Grundlage der Beurteilung

Mit dem Brief vom 31. August 2011 /4/ hat das KKM dem ENSI folgende Dokumente zu den oben angeführten Forderungen fristgerecht eingereicht.

- AN-MM-2011/085 „Bericht zur Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 über geplante Nachrüstungen im KKM Forderung 1: Diversitäre Wärmesenke“ vom 31. August 2011 /5/
- AN-MM-2011/087 „Bericht zur Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 über geplante Nachrüstungen im KKM Forderung 2: Brennelementlagerbeckenkühlung“ vom 31. August 2011 /6/
- AN-EM-2011/092 „Bericht zur Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 über geplante Nachrüstungen im KKM Forderung 3: Brennelementlagerbecken (BEB)-Instrumentierung“ vom 31. August 2011 /7/

In diesen Berichten legt das KKM unter Bezug auf die Forderungen aus der Verfügung vom 5. Mai 2011 konkrete Verbesserungsmassnahmen und den zeitlichen Rahmen für deren Umsetzung dar. Darüber hinaus hat das KKM bereits am 27. Juni 2011 einen Freigabeantrag /8/ zum Konzept der Nachrüstung von zwei Zuführungsleitungen zur externen Bespeisung des Brennelementlagerbeckens (BEB) beim ENSI eingereicht, mit dem ebenfalls Teile der Forderung 3 erfüllt werden.

Das ENSI hat diese Berichte geprüft und nimmt in den nachfolgenden Kapiteln zur Erfüllung der Forderungen jeweils Stellung. Grundlage der Beurteilung sind insbesondere die in der Verfügung vom 5. Mai 2011 /2/ entsprechend dem Stand der Nachrüsttechnik festgelegten Auslegungsgrundsätze und Anforderungen.

Für die Umsetzung der Forderung 2 hat das ENSI folgende Auslegungsgrundsätze festgelegt:

- Die Brennelementbeckenkühlung muss auch bei Eintreten eines beliebigen vom auslösenden Ereignis unabhängigen Einzelfehlers wirksam bleiben.
- Die zur Erfüllung der Brennelementbeckenkühlung eingesetzten redundanten Systemstränge müssen, soweit möglich, funktional unabhängig und räumlich getrennt sein.
- Die Kühlkette zur Abfuhr der Wärme aus dem Brennelementlagerbecken muss über eine zuverlässige Wasserquelle verfügen.

Für die Umsetzung der Forderung 3 hat das ENSI folgende Anforderungen festgelegt:

- Die verwendeten technischen Einrichtungen und Hilfsmittel müssen funktionsfähig und einsetzbar sein, ohne dass hierfür der Lagerbeckenbereich betreten werden muss.
- Die Temperatur und der Füllstand im Brennelementbecken müssen als Störfallübersichtsanzeigen in den Leit- und Steuerstellen zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus stützt sich das ENSI bei der Beurteilung auf weitere, hier relevante Anforderungen, die sich aus den Richtlinien ENSI-G01 /9/, ENSI-A01 /10/, ENSI-B12 /11/ und HSK-R101 /12/ ergeben.



2 Nachrüstung einer diversitären Kühlmittelversorgung

Angaben des Betreibers

Das KKM hat zunächst eine Reihe von Lösungsvarianten zur diversitären Kühlwasserversorgung untersucht. Als Lösungsvarianten wurden die Errichtung eines ergiebigen Grundwasserbrunnens auf dem Anlagengelände, die Errichtung eines hochgelegenen künstlichen Sees als Kühlwasserquelle, der Einbau eines sog. Isolation-Condensers und die Errichtung eines Kompaktkühlturms untersucht. Das KKM kam zu dem Ergebnis, dass der Kompaktkühlturm als eine der realisierbaren Lösungsvarianten weiter zu verfolgen ist, mit der alle Anforderungen erfüllt werden können.

Durch Anbindung des Kompaktkühlturms an das Notstand-Kühlwassersystem (CWS) soll langfristig die Nachwärmeabfuhr aus dem Torus und die Versorgung der Kühlstellen des Notstandsystems (SUSAN) unter Notstrombedingungen sichergestellt werden. Darüber hinaus kann auch das neue BEB-Einhängekühlsystem (s. Kapitel 3) direkt an den Kühlkreislauf des Kompaktkühlturms angeschlossen und gekühlt werden. Das KKM plant, dass von der Aare unabhängige Kühlsystem in einem freistehenden Kompaktkühlergebäude durchgängig zweisträngig aufzubauen (2x100%) und an das vorhandene SUSAN-Gebäude über unterirdische Kabel- und Leitungstrassen anzubinden.

Der Kompaktkühler soll nach dem Verdunstungsprinzip das Kühlwasser abkühlen (Nasskühlturm). Die notwendige Luftmenge wird durch redundante Ventilatoren sichergestellt. Der Vorrat in der Wassertasse des Kompaktkühlturms soll ca. 1000 m³ betragen. Die Nachspeisung von Verdunstungs- und Abschlammwasser wird über den vorhandenen Grundwasserbrunnen (ggf. alternativ über ein Hochreservoir) bereitgestellt. Dazu sollen in den Grundwasserbrunnen zwei Tauchpumpen (2 x100 %) installiert werden, die zusätzlich auch noch der Kühlung der Verbraucher im SUSAN-Gebäude dienen.

Der Kompaktkühler soll die Wärme aus dem Torus-Kühlsystem (7 MW), dem Brennelementlagerbecken (1,12 MW) und dem SUSAN-Gebäude (1,27 MW, Raum- und Dieselkühler) an die Umgebung abführen können. Inklusiv einer Reserve werden von KKM 11 MW als Leistung für die Auslegung einer Redundanz des Kompaktkühlers (100 %) angesetzt, wobei unter konservativen Randbedingungen eine maximale Kühlwassertemperatur von ca. 30 °C eingehalten werden soll.

Für den Notstandbetrieb des Kompaktkühlturms sind die zusätzlichen Verbraucher in der Notstrombilanz der SUSAN-Diesel zu berücksichtigen. Dabei handelt es sich um die Grundwasserbrunnenpumpen (je 10 kW) sowie die Ventilatoren (je 20 kW) und die Umwälzpumpen der Kompaktkühler (je 50 kW). Die Verbraucher werden den jeweiligen Divisionen A und B der SUSAN-Stromversorgung zugeordnet.

Der Kompaktkühlturm soll gegen Belastungen durch Erdbeben und Hochwasser ausgelegt werden. Die sicherheitstechnische Klassierung der Komponenten wird entsprechend der Richtlinie ENSI-G01 durchgeführt. Das KKM geht davon aus, dass die wesentlichen mechanischen Komponenten der Sicherheitsklasse SK 3 und der Erdbebenklasse EK I zugeordnet werden. Für die meisten elektrischen Komponenten sieht das KKM entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung die Sicherheitsklasse 1E vor. Die Zuordnung der neuen leittechnischen Funktionen zu den Kategorien gemäss IEC 61226 erfolgt im Rahmen der Detailplanung. Die Ausführung soll entsprechend der leittechnischen Kategorie und der erforderlichen Erdbebenklasse realisiert werden.

Das KKM plant, den Antrag auf Konzeptfreigabe für die Hierarchiestufe 1 innerhalb eines Betriebszyklusses beim ENSI einzureichen. Für die Umsetzung der geplanten Nachrüstmassnahmen erachtet das KKM einen Zeitrahmen von etwa 36 Monaten nach Freigabe durch das ENSI als realistisch.



Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat keine Einwände gegen die Errichtung eines Kompaktkühlturms für das KKM als alternative Wärmesenke zur Aare. Kompaktkühltürme bzw. Notkühltürme haben sich nach Erkenntnissen des ENSI im Kernkraftwerk Leibstadt und international bewährt. Die Gewährleistung der Funktion des Kompaktkühlturms nach einem Erdbeben und während einer Überflutung erfüllt eine wesentliche Anforderung aus der Verfügung vom 5. Mai 2011.

Mit der geplanten Realisierung eines Kompaktkühlturms als durchgängig zweisträngige Sicherheitseinrichtung (2 x 100 %) und der Versorgung durch zwei Brunnenwasserpumpen (2 x 100 %) mit Ergänzungswasser werden die Anforderung der Richtlinie ENSI-A01 hinsichtlich der Beherrschung des Einzelfehlers erfüllt. Die Auslegung des Kompaktkühlturms auf 11 MW bei einem Kühlbedarf von 9,39 MW erachtet das ENSI als ausreichend. *Die Umgebungsbedingungen sind hierfür in den weiteren Verfahrensschritten noch anzugeben.*

Zur räumlichen Trennung des Hilfskühlwassereinlaufs und des SUSAN-Einlaufbauwerks vom neuen Kompaktkühlturm findet sich in den eingereichten Unterlagen keine ausreichende Aussage. *In den weiteren Verfahrensschritten hat das KKM aufzuzeigen, dass bei einer äusseren Einwirkung (z. B. beim Flugzeugabsturz) maximal nur zwei der drei Bauwerke in ihrer Funktion beeinträchtigt werden können, damit die Nachwärmeabfuhr gewährleistet bleibt.*

Bei einem nutzbaren Vorrat von etwa 1000 m³ in der Wassertasse des Kompaktkühlturms ergibt sich bei einer Kühlleistung von 11 MW und ohne Nachspeisung von Ergänzungswasser über den Grundwasserbrunnen prinzipiell eine Kühldauer von etwa 50 bis 60 Stunden. Nutzbar wäre dieser Wasservorrat aber nur, wenn die SUSAN-Diesel und die zugehörigen Hilfssysteme weiter für die Versorgung der Ventilatoren und Umwälzpumpen des Kompaktkühlturms funktionstüchtig bleiben. Die Kühlung der Schaltanlage im SUSAN-Gebäude soll aber auch über den Grundwasserbrunnen gewährleistet werden. Bei Ausfall der redundant geplanten Kühlwasserversorgung über den Grundwasserbrunnen wäre längerfristig auch der Ausfall der Schaltanlage des SUSAN zu unterstellen, so dass die oben genannte Autarkiezeit von 50 bis 60 Stunden für den Betrieb des Kompaktkühlers ggf. hierdurch eingeschränkt würde. *Dieser Punkt ist in den weiteren Verfahrensschritten noch zu untersuchen.*

Die zusätzliche elektrische Leistung von 80 kW für die elektrischen Einrichtungen des Kompaktkühlturms muss durch die SUSAN-Dieselanlage bereitgestellt werden. Zudem steigt mit der erhöhten elektrischen Leistung der Kühlbedarf der SUSAN-Dieselanlage. *Das ENSI erwartet in den weiteren Verfahrensschritten den Nachweis, dass die SUSAN-Dieselanlage sowie der Grundwasserbrunnen über ausreichende Leistungs- bzw. Kühlreserven verfügen.*

Die vorläufige sicherheitstechnische Einstufung der Komponenten sowie die geplante Kategorisierung der leittechnischen Funktionen nach IEC 61226 entsprechen den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G01. *Die Einstufung des Kompaktkühlturms in eine Bauwerksklasse ist noch auf Basis der Komponentenklassierung in den weiteren Verfahrensschritten festzulegen.*

Mit dem dargestellten Konzept zur Nachrüstung eines Kompaktkühlturms, mit dem die Nachwärmeabfuhr redundant, unabhängig sowie verstopfungssicher sichergestellt werden kann, erfüllt das KKM entsprechend der Beurteilung des ENSI die Forderung 1 aus der Verfügung vom 5. Mai 2011. Die Zeit bis zur Realisierung des Kompaktkühlturms von 36 Monaten nach der Konzeptfreigabe erachtet das ENSI als angemessen.

Das ENSI fordert das KKM auf, die Antragsunterlagen der Hierarchiestufe 1 für die Nachrüstung einer erdbeben-, überflutungs- und verstopfungssicheren Kühlmittelversorgung des Notstandsystems bis Ende Juni 2012 einzureichen.



3 Nachrüstung eines neuen Brennelementbeckenkühlsystems

Angaben des Betreibers

In einem ersten Schritt hat das KKM verschiedene Ertüchtigungsmassnahmen der Brennelementbeckenkühlung evaluiert und miteinander verglichen. Eine Variante beinhaltet die Ertüchtigung des vorhandenen Brennelementbecken(BEB)-Kühlsystems mit Anschluss an die Kühlwasser- und Notstromversorgung des Notstandsystems (SUSAN). Als zweite Variante wurde die Machbarkeit eines zusätzlichen BEB-Kühlsystems mit Einhängenkühlern im BEB geprüft. Das KKM hat sich für die zweite Variante entschieden, da damit eine redundante und vom bestehenden Kühlsystem unabhängige BEB-Kühlung erreicht wird und im Gegensatz zum bestehenden Kühlsystem die Kühlung der Brennelemente durch die in das BEB eingehängten Kühler in einem grossen Bereich unabhängig vom Füllstandsniveau des BEB sichergestellt ist.

Das neue, unabhängige BEB-Einhängekühlsystems (Emergency Pool Cooling System – EPCS) soll so ausgelegt werden, dass es bei einem Erdbeben oder Überflutungsereignis und bei Ausfall des bisherigen BEB-Kühlsystems die Wärme aus dem BEB abführt. Das BEB-Einhängekühlsystems ist ein geschlossener Kreislauf, im Wesentlichen bestehend aus Kühlern, die im Brennelementbecken eingehängt werden, einem Zwischenkühler, über den die Wärme aus dem BEB an das SUSAN-Kühlwassersystem (CWS) und weiter an die Aare abgegeben wird, und zwei Pumpen, die eine aktive Umwälzung des Kühlmittels sicherstellen. Eine Beeinträchtigung der anderen Kühlstellen des Notstandsystems schliesst das KKM aus, weil das BEB-Einhängekühlsystem sein Kühlwasser erst nach den anderen Kühlstellen aus dem Rücklauf des SUSAN-Kühlwassersystems bezieht. Da der neu geplante Kompaktkühlturm (s. Kapitel 2) auch Teil des SUSAN-Kühlwassersystems wird, verfügt das unabhängige BEB-Einhängekühlsystem später auch über diese von der Aare unabhängige Wärmesenke.

Die Inbetriebnahme des BEB-Einhängekühlsystems soll von Hand vom SUSAN-Kommandoraum erfolgen, wobei diese erst 10 h nach Störfalleintritt unterstellt wird. Während dieser 10 h darf die Temperatur des Wassers im BEB nicht über 80 °C ansteigen. Damit die Wassertemperatur im BEB langfristig auf maximal 80 °C begrenzt bleibt, muss eine Wärmeabfuhr von 1,12 MW über die neue Kühlkette gewährleistet sein. Fällt das betriebliche BEB-Kühlsystem aus und muss das SUSAN-Kühlwassersystem keine weitere Wärme abführen, wird das BEB-Einhängekühlsystem die Temperatur des Wassers im BEB auf 53 °C bei einer maximalen Kühlwassertemperatur von 30 °C begrenzen. Die Überwachungseinrichtungen für den Betrieb des BEB-Einhängekühlsystems sind zusätzlich im Hauptkommandoraum störfallsicher und notstromversorgt untergebracht.

Das KKM plant, zur Beherrschung eines Einzelfehlers alle aktiven Komponenten des BEB-Einhängekühlsystems mehrfach vorzusehen (2 x 100 %). Die Umwälzpumpen werden räumlich getrennt (5° und 270°) im Reaktorgebäude (RGB) auf +16 m aufgestellt. Die passiven Komponenten, wie der Zwischenkühler (+ 0 m, RGB) und die Einhängenkühler, sind nur einfach vorhanden. Die Drücke in den Kühlern werden durch Blenden im SUSAN-Kühlwassersystem bzw. durch den Aufstellungsort des geplanten Volumenausgleichsbehälters (+28 m, RGB) des BEB-Einhängekühlsystems so eingestellt, dass bei Kühlerleckagen ein Aktivitätstransport in die Kühlkreisläufe verhindert wird.

Die elektrische Leistung der neuen Verbraucher des BEB-Einhängekühlsystems beträgt ca. 25 kW und kann von der bestehenden Leistungsreserve der SUSAN-Diesel abgedeckt werden. Die für die Erfüllung der sicherheitstechnischen Funktionen benötigten Komponenten werden an die Notstromschienen im SUSAN-Gebäude angeschlossen und werden entsprechend ihrer verfahrenstechnischen Auslegung (2 x100 %) auf die beiden Divisionen A und B aufgeteilt.



Die sicherheitstechnische Klassierung der Komponenten wird entsprechend der Richtlinie ENSI-G01 durchgeführt. Das KKM plant, die wesentlichen Komponenten der Sicherheitsklasse SK3, der Erdbebenklasse EK I sowie der Sicherheitsklasse 1E zuzuordnen. Die Zuordnung der neuen leittechnischen Funktionen zu den Kategorien gemäss IEC 61226 erfolgt im Rahmen der Detailplanung. Die Ausführung soll entsprechend der Kategorie und der erforderlichen Erdbebenklasse realisiert werden.

Das KKM plant, den Antrag auf Konzeptfreigabe für die Hierarchiestufe 1 innerhalb eines Betriebszyklus beim ENSI einzureichen. Für die Umsetzung der vorgestellten Nachrüstmassnahmen erachtet das KKM einen Zeitrahmen von etwa 36 Monaten nach Freigabe durch das ENSI als realistisch.

Beurteilung des ENSI

Die vom KKM ausgewählte Variante mit dem Bau eines zusätzlichen, unabhängigen BEB-Einhängekühlsystems (Emergency Pool Cooling System – EPCS) bewertet das ENSI aufgrund der von KKM genannten sicherheitstechnischen Vorteile gegenüber dem bestehenden BEB-Kühlsystem prinzipiell als die bessere der untersuchten Varianten. Mit der geplanten Klassierung des BEB-Einhängekühlsystems und dessen Anbindung an das SUSAN-Kühlwassersystem ist die Abfuhr der Nachzerfallsleistung aus dem Brennelementlagerbecken an die Aare bzw. zukünftig auch über einen störfallfesten Kompaktkühlturm an die Umgebung bei den Auslegungsstörfällen Überflutung und Erdbeben gewährleistet. Damit ist auch die Forderung nach einer zuverlässigen Kühlwasserquelle erfüllt. *Das ENSI erwartet in den weiteren Verfahrensschritten eine Darlegung der Störfälle, die für die Festlegung der Auslegungsrandbedingungen des BEB-Einhängekühlsystems bestimmend sind. In diesem Zusammenhang sind auch die der Auslegung des BEB-Einhängekühlsystems zugrunde gelegten Temperaturgrenzwerte von 53 °C und 80 °C zu begründen.*

Vor dem Hintergrund, dass die Inbetriebnahme des BEB-Einhängekühlsystems vom SUSAN-Kommandoraum erst nach 10 h geplant ist, *hat das KKM darüber hinaus in den weiteren Verfahrensschritten aufzuzeigen, dass bei hohen SUSAN-Kühlwassertemperaturen ein Wärmeeintrag in das BEB über das BEB-Einhängekühlsystem (z. B. auch durch Naturumlauf) verhindert wird.* Damit wäre die insbesondere für nicht-naturbedingte äussere Einwirkungen in der Richtlinie HSK-R-101 geforderte Autarkie im Notstandsfall von mindestens 10 h auch für die BEB-Kühlung konsistent im KKM umgesetzt.

Das KKM plant, zur Beherrschung des Einzelfehlers lediglich die aktiven Komponenten des BEB-Einhängekühlsystems redundant auszulegen. Diese Vorgehensweise ist entsprechend der Richtlinie ENSI-A01 zulässig, wenn die passiven Komponenten nachweislich eine hohe Qualität besitzen und keinem latenten Schädigungsmechanismus unterliegen. Aus Sicht des ENSI wird die Forderung nach einer hohen Qualität der eingesetzten Komponenten mit der vom KKM geplanten sicherheitstechnischen Klassierung der mechanischen und elektrischen Komponenten erfüllt. Diese Klassierung ist mit den Anforderungen der Richtlinie ENSI-G01 konform und gewährleistet, dass die Komponenten nach anerkannten Bauvorschriften mit hoher Qualität gefertigt werden. *Das KKM hat im Rahmen des Freigabeverfahrens noch darzulegen, welche Massnahmen zur Vermeidung eines latenten Schädigungsmechanismus ergriffen werden.*

Mit den Aufstellungsorten der Pumpen innerhalb des Reaktorgebäudes wird der Forderung nach räumlicher Trennung in der Verfügung vom 5. Mai 2011 ausreichend Rechnung getragen. Des Weiteren wird mit der vorgesehenen Druckstaffelung der Kühlwasserkreisläufe und dem geschlossenen Zwischenkühlkreislauf sichergestellt, dass bei einer Kühlerleckage oder Leitungsbrüchen keine radioaktiven Stoffe über das Kühlwassersystem an die Aare abgegeben werden kann. Die Anforderungen aus der Richtlinie HSK-R-101 sind damit erfüllt. *In den weiteren Verfah-*



rensschritten hat das KKM noch zu zeigen, dass angemessene Vorsorgemassnahmen getroffen werden, um bei Leitungsbrüchen im BEB-Einhängekühlsystem ein unzulässiges Entleeren des Brennelementbeckens zu verhindern.

Die für das BEB-Einhängekühlsystem benötigte, zusätzliche elektrische Leistung von 25 kW muss im Zusammenhang mit den weiteren geplanten Massnahmen wie der Errichtung des Kompaktkühlturms überprüft werden. *Das ENSI erwartet in den weiteren Verfahrensschritten einen detaillierten Nachweis, dass die Dieselanlage über ausreichende Leistungsreserven verfügt.*

Zusammenfassend kommt das ENSI zu dem Ergebnis, dass mit der geplanten Nachrüstung eines unabhängigen BEB-Einhängekühlsystems, das in das Notstandssystem integriert werden soll und das einschliesslich der erforderlichen Hilfs- und Versorgungssysteme gegen Erdbeben und Überflutung ausgelegt werden soll, die Forderung 2 der Verfügung vom 5. Mai 2011 erfüllt ist. Darüber hinaus sind die massgeblichen Anforderungen aus den Richtlinien HSK-R-101 /12/, ENSI-A01 /10/ und ENSI-G01 /9/ ebenfalls abgedeckt. Die Zeit bis zur Realisierung des BEB-Einhängekühlsystems von 36 Monaten nach Freigabe des Konzeptes erachtet das ENSI als angemessen.

Das ENSI fordert das KKM auf, die Antragsunterlagen der Hierarchiestufe 1 für die Nachrüstung eines unabhängigen BEB-Einhängekühlsystems bis Ende Juni 2012 einzureichen.

4 Erweiterung der anlageninternen Notfallmassnahmen

4.1 Nachspeisung des Brennelementbeckens

Angaben des Betreibers

Das KKM hat bereits am 27. Juni 2011 einen Antrag auf Konzeptfreigabe /13/ für die Nachrüstung von zwei Zuführungsleitungen zur externen Bespeisung des Brennelementlagerbeckens (BEB) eingereicht. Das neue BEB-Nachspeisesystem (319) zur externen Bespeisung des BEB besteht aus zwei redundanten und räumlich getrennten Zuführungsleitungen. Die beiden Zuführungsleitungen (DN80) führen um 180° gegeneinander versetzt ab einer Höhe von 10 m entlang der Aussenwand des Reaktorgebäudes bis auf 25 m, wo sie die Reaktorgebäudewand durchdringen. Im Reaktorgebäude verlaufen die beiden Leitungen unterhalb der Decke der +21 m-Ebene und erst in der Nähe des Brennelementlagerbeckens steigen diese auf +29 m. Auf dieser Ebene werden die Leitungen bis zum Brennelementlagerbecken am Boden verlegt und münden oberhalb der Wasseroberfläche ins Becken, so dass eine Entleerung des Brennelementlagerbeckens durch Siphoneffekte verhindert wird. Zwei Berstscheiben im jeweiligen Leitungsstrang stellen sicher, dass die Integrität des Sekundärcontainments gewährleistet bleibt, wenn das System nicht genutzt wird.

Aufgrund der sicherheitstechnischen Bedeutung stuft das KKM das neue BEB-Nachspeisesystem in die mechanische Sicherheitsklasse SK 3 und die Erdbebenklasse EK 1 ein.



Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat das Konzept basierend auf den eingereichten Unterlagen /13/, /14/ in seiner Freigabe vom 5. August 2011 /15/ bewertet. Das ENSI kommt zu dem Ergebnis, dass das vom KKM beantragte neue System die in den Verfügungen /2/, /6/ geforderten Auslegungsmerkmale zur Sicherstellung der Brennelementlagerbecken-Kühlung (Redundanz, räumliche Trennung und externe BEB-Nachspeisung ohne Betreten des Brennelementlagerbeckenbereiches) erfüllt.

4.2 Überwachung des Brennelementbeckens

Angaben des Betreibers

Vorhandene Füllstands- und Temperaturüberwachungen

Das KKM verfügt über eine betriebliche Messung zur Überwachung des Füllstandes des Brennelementlagerbeckens. Diese deckt einen Messbereich von +100 mm bis -2000 mm, basierend auf dem Normalniveau ab. Der zeitliche Füllstandsverlauf wird auf einem digitalen Datenschreiber im Hauptkommandoraum visualisiert und überwacht. Bei den Niveaus +50 mm „Niveau hoch“ und bei -2000 mm „Niveau tief“ wird ein Sammelalarm aktiviert, welcher im Hauptkommandoraum signalisiert und auf dem Zeitfolgemelder registriert wird.

Die erste betriebliche Temperaturmessung erfolgt ca. 650 mm unter Normalniveau mit einem Messbereich von 0 °C bis 100 °C. Der zeitliche Temperaturverlauf wird auf einem digitalen Datenschreiber im Hauptkommandoraum visualisiert und überwacht. Bei einer Temperatur von 35 °C (und höher) wird ein Sammelalarm aktiviert, welcher im Hauptkommandoraum signalisiert und auf dem Zeitfolgemelder registriert wird. Bei der zweiten Temperaturmessung wird die Oberflächentemperatur des Wassers im Brennelementlagerbecken mittels einer berührungslosen Infrarotmessung mit einem Messbereich von 0 °C bis 100 °C erfasst und auf einem digitalen Datenschreiber im Hauptkommandoraum visualisiert. Während des Brennelementwechsels, bei gefluteter Reaktorgrube, wird diese Messung über dem Kern eingesetzt.

Geplante Erweiterung: Störfallsichere Füllstands- und Temperaturinstrumentierung

Das KKM sieht vor, eine redundante, störfallsichere Instrumentierung bezüglich Füllstand und Temperatur des Brennelementbeckens zu installieren. Elektrisch sind die Messungen 1E-klasiiert. Die geplanten Messeinrichtungen sollen den Anforderungen der KTA 3502 (Störfallinstrumentierung) und KTA 3505 (Typprüfung) entsprechen. Sie sind für den Einsatz in Brennelementlagerbecken geeignet. Das vorgesehene Füllstandsmesssystem deckt einen Messbereich von -400 mm bis -10'000 mm ab und besteht aus einem Schwimmer, der bei Füllstandsänderungen magnetische Schalter betätigt. Das Messverfahren durchläuft aktuell die Qualifizierung nach KTA 3505. Das Temperaturmesssystem ist für einen Messbereich von 0 °C bis 400 °C geplant und basiert auf dem Messprinzip temperaturabhängiger Veränderungen des elektrischen Widerstands von Platin. Die Messungen werden im SUSAN-Gebäude entsprechend den SUSAN-Divisionen A und B aufgebaut, im SUSAN-Kommandoraum angezeigt und aufgezeichnet. Die Anzeige im Hauptkommandoraum erfolgt über das Prozessvisualisierungssystem.

Das KKM plant die Freigabebeanträge der Hierarchiestufen 1 und 2 für die Erweiterung der Instrumentierung des Brennelementbeckens bis zum 31. März 2012 dem ENSI einzureichen und die neue Instrumentierung in der Revision 2013 zu realisieren.



Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat die Angaben des Betreibers /7/ hinsichtlich der Anforderungen an die Auslegung und den Betrieb einer störfallsicheren Temperatur- und Füllstandsmessung zur Überwachung des Brennelementlagerbeckens geprüft.

Die geplante Instrumentierung ist elektrisch dem Notstandssystem zugeordnet. Durch die redundante Ausführung der Messungen wird der Einzelfehler beherrscht. Die neuen wie die bisherigen Messwerte stehen im SUSAN-Kommandoraum und im Hauptkommandoraum (über das Prozessvisualisierungssystem) zur Verfügung. Damit erfüllen die von KKM geplanten neuen Temperatur- und Füllstandsmessungen in den BE-Lagerbecken wichtige Anforderungen der Richtlinien ENSI-B12, Kapitel 5.2 /11/ und der KTA 3502 /16/ an eine Störfallinstrumentierung. Das ENSI erwartet, dass von KKM im Freigabeantrag detailliert aufgezeigt wird, dass die neuen Instrumentierungen alle spezifischen Anforderungen aus den beiden Richtlinien sinngemäss erfüllen und entsprechend den Anforderungen der KTA 3505 qualifiziert sind.

Das ENSI stimmt der Umsetzung der dargelegten Lösungen bis Ende 2013 zu.

Zusammenfassend kommt das ENSI zum Ergebnis, dass die vom KKM im Bericht /7/ beschriebene Nachrüstung einer störfallsicheren Füllstands- und Temperaturüberwachung des BE-Lagerbeckens den Anforderungen der Forderung 3 aus der ENSI-Verfügung vom 5. Mai 2011 /2/ entsprechen.

5 Zusammenfassung

Das ENSI hatte aufgrund der Ereignisse in Fukushima unter anderem die Überprüfung der Kühlmittelversorgung der Sicherheits- und Hilfssysteme sowie des Schutzes und der Kühlung der Brennelementbecken (BEB) im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) verfügt /1/. Basierend auf der Überprüfung der Ausführungen des KKM forderte das ENSI mit der Verfügung vom 5. Mai 2011 /2/ unter anderem die Ertüchtigung der Kühlmittelversorgung für das Notstandssystem (SUSAN) und der Systeme zur Brennelementbeckenkühlung sowie die Erweiterung der anlageinternen Notfallmassnahmen zur Nachspeisung und Überwachung des Brennelementbeckens.

Das KKM hat fristgerecht am 31.08.2011 drei Aktennotizen /5/, /6/, /7/ eingereicht, in denen die geplanten Ertüchtigungen dargelegt sind. Diese umfassen die Errichtung

- eines Kompaktkühlturms,
- eines zusätzlichen BEB-Einhängekühlsystems und
- eines zusätzlichen BEB-Nachspeisesystems sowie
- die Nachrüstung einer störfallfesten Instrumentierung für die Füllstands- und Temperaturüberwachung des Brennelementbeckens.

Die Nachrüstung des BEB-Nachspeisesystems wird in der ersten Hälfte des Jahres 2012, die Umsetzung der weiteren Massnahmen soll etwa drei Jahre nach Freigabe der erforderlichen Konzeptanträge abgeschlossen sein.

Das ENSI hat die vom KKM eingereichten Unterlagen geprüft und kommt zu dem Ergebnis, dass die Forderungen 1 bis 3 aus der Verfügung vom 5. Mai 2011 /2/ mit den geplanten Ertüchtigungsmassnahmen erfüllt sind. Das ENSI hat zusätzliche Hinweise (*kursiv gedruckt*) in die Stellungnahme aufgenommen, die bei Einreichung der Antragsunterlagen in den nachfolgenden Verfahrensschritten zu berücksichtigen sind.



Das ENSI hält den Zeitplan zur Umsetzung der geplanten Ertüchtigungsmassnahmen für angemessen und fordert das KKM auf, die erforderlichen Antragsunterlagen der Hierarchiestufe 1 wie folgt einzureichen:

- für die Erweiterung der BEB-Instrumentierung entsprechend dem geplanten Vorgehen des KKM bis Ende März 2012,
- für die Nachrüstung einer erdbeben-, überflutungs- und verstopfungssicheren Kühlmittelversorgung des Notstandsystems und eines BEB-Einhängekühlsystems bis Ende Juni 2012.

Das ENSI wird diese Antragsunterlagen der Hierarchiestufe H1 im Rahmen der sicherheitstechnischen Stellungnahme zum Langzeitbetrieb des KKM zusammen mit weiteren geplanten Nachrüstungen ganzheitlich prüfen und bewerten.



6 Referenzen

- /1/ ENSI-Brief vom 18. März 2011, Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima
- /2/ ENSI-Brief vom 5. Mai 2011, Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht vom 31. März 2011
- /3/ Strahlenschutzverordnung StSV vom 22. Juni 1994, Stand am 01. Januar 2009
- /4/ KKM-Brief vom 31.08.2011, Bericht zur Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 über geplante Nachrüstungen im KKM Forderungen 1, 2 und 3
- /5/ KKM-Aktennotiz vom 31.08.2011 AN-MM-2011/085 „Bericht zur Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 über geplante Nachrüstungen im KKM Forderung 1: Diversitäre Wärmesenke“
- /6/ KKM-Aktennotiz vom 31.08.2011, AN-MM-2011/087 „Bericht zur Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 über geplante Nachrüstungen im KKM Forderung 2: Brennelementlagerbeckenkühlung“
- /7/ KKM-Aktennotiz vom 31.08.2011, AN-EM-2011/092 „Bericht zur Verfügung des ENSI vom 5. Mai 2011 über geplante Nachrüstungen im KKM Forderung 3: Brennelementlagerbecken (BEB)-Instrumentierung“
- /8/ KKM-Brief vom 27. Juni 2011, Brennelementbecken Nachbespeisung, System 319; Installation von zwei Zuführungsleitungen zur externen Bespeisung des BEB, Hierarchiestufe H1
- /9/ Richtlinie ENSI-G01/d, Sicherheitstechnische Klassierung für bestehende Kernkraftwerke, 16.12.2010
- /10/ Richtlinie ENSI-A01/d, Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen: Umfang, Methodik und Randbedingungen der technischen Störfallanalyse 1.07.2009
- /11/ Richtlinie ENSI-B12/d, Notfallschutz in Kernanlagen, 27.05.2009
- /12/ Richtlinie HSK-R101/d, Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren 01.05.1987
- /13/ KKM-Brief vom 27. Juni 2011, Brennelementbecken Nachbespeisung, System 319, Installation von zwei Zuführungsleitungen zur externen Bespeisung des BEB, Hierarchiestufe H1“
- /14/ KKM-Aktennotiz vom 27.06.2011, AN-MM-2011/055 Rev. 0, „Brennelementbecken Nachbespeisung, System 319, Installation von zwei Zuführungsleitungen zur externen Bespeisung des BEB, Hierarchiestufe H1“
- /15/ ENSI-Brief vom 5. August 2011, Konzeptfreigabe zur Installation von zwei Zuführungsleitungen zur externen Bespeisung des Brennelementlagerbeckens, System 319
- /16/ Sicherheitstechnische Regel KTA 3502 Störfallinstrumentierung, Fassung 6/99