



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

ENSI, CH-5200 Brugg

Einschreiben

Kernkraftwerk
Leibstadt AG
Nukleare Sicherheit
5325 Leibstadt

Ihr Zeichen: drp - KOR/KKL/140630/0001

Unser Zeichen: [REDACTED] - 10KEX.AP13FUKU5; 12/13/[REDACTED]

Brugg, 9. Januar 2015

Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

Sehr geehrte Damen und Herren

Mit der Verfügung /1/ vom 22.4.2013 verlangte das ENSI eine Überprüfung der gefilterten Druckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen. Mit Brief vom 30.6.2014 /2/ hat das KKL die entsprechenden Unterlagen termingemäss eingereicht, ein Folgebericht wurde mit Brief vom 30.9.2014 /3/ übersandt.

Die Verfügung /1/ forderte die Überprüfung der Wasserstoffmessung, die Überprüfung des Severe Accident Management Guidance (SAMG), die Erarbeitung eines Lösungsansatzes zur Ausrüstung des Containments mit passiven autokatalytischen Rekombinatoren (PAR), gegebenenfalls in Kombination mit Zündern sowie die Analyse verschiedener Aspekte betreffend die Verbreitung von Wasserstoff ausserhalb des Primärcontainments. Das ENSI wird nachfolgend auf die einzelnen Punkte der Verfügung und die Untersuchungen von KKL eingehen.

1.1 Einrichtungen zur Wasserstoffmessung

Verfügungstext

Die Einrichtungen zur Wasserstoffmessung sind zu überprüfen. Diese Messungen und Messanzeigen sollen inklusiv ihrer Energieversorgung störfallfest und bezüglich ihrer Erdbebenfestigkeit eine signifikante Marge zum SSE gemäss der aktuellen Erdbebengefährdung aufweisen. Die Messanzeigen sollen in der Notsteuerstelle zur Verfügung stehen. Darüber hinaus ist darzulegen, ob eine allfällige

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
Industriestrasse 19, 5200 Brugg
Tel. +4156 460 8400, Fax +4156 460 8499
www.ensi.ch





Klassifizierung:
Betreff:

keine
Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

Messung der Sauerstoffkonzentration in einem Störfallszenario für die Unfallbekämpfung relevante zusätzliche Informationen liefern könnte.

Angaben des Betreibers

Das KKL verfügt über jeweils zwei Wasserstoffsensoren im Containment und im Drywell. In den Notsteuerstellen sind digitale Messanzeigen vorhanden. Die Wasserstoffsensoren und Messanzeigen sind elektrisch 1E-klassiert und der Erdbebenklasse 1 zugeordnet und sind inklusive ihrer Energieversorgung störfallfest. Zur Bewertung der Widerstandsfähigkeit der Wasserstoffsensoren gegen Erdbeben wurde jeweils eine Fragilityanalyse mit den relevanten Etagenantwortspektren für Nah- und Fernfeldbeben durchgeführt. Es werden für alle vier Sensoren HCLPF-Kapazitäten bezüglich der Funktionsfähigkeit nach dem Erdbeben von mehr als 0,4 g Peak Ground Acceleration (PGA) ausgewiesen, was das Safe Shutdown Earthquake (SSE) von 0,31 g deutlich übertrifft. Kabeltrassen wurden bereits 2013 im deterministischen Erdbebennachweis behandelt und dort mit für die Wasserstoffsensoren nicht begrenzenden Kapazitäten ausgewiesen.

Eine allfällige Messung der Sauerstoffkonzentration liefert in keinem Störfallszenario relevante zusätzliche Informationen für die Unfallbekämpfung. Die Implementierung eines Sauerstoffmesssystems im KKL-Containment wäre ein diversitäres, jedoch nicht zwingend notwendiges Messsystem zum redundant ausgeführten Wasserstoffüberwachungssystem.

ENSI-Stellungnahme

Die Einrichtungen zur Wasserstoffmessung erfüllen die Anforderungen des ENSI. Die für die Wasserstoffsensoren eingereichte Fragilityanalyse ist nachvollziehbar und entspricht dem Stand der Technik. Es wurde für die Wasserstoffmessung eine signifikante Marge zum SSE aufgezeigt. Das KKL ist nicht auf das vorhandene Probenahmesystem eingegangen. Mit diesem System kann die Sauerstoffkonzentration im Containment gemessen werden.

1.2 Severe Accident Management Guidance (SAMG)

Verfügungstext

Es ist zu überprüfen, ob die in den Erwägungen unter 1.2 /1/ beschriebenen Aspekte in den SAMG sowie in den zu Grunde gelegten Analysen abdeckend berücksichtigt werden. Bei diesen Überprüfungen sind sowohl der Vollastbetrieb wie auch der Stillstand zu betrachten. Wo relevant ist auch Kohlenmonoxid in diesen Überprüfungen zu berücksichtigen.

Zitat Erwägungen 1.2 /1/: „Bei den Berechnungen zu den Auswirkungen von Wasserstoffverbrennungen wurden aus Sicht des ENSI verschiedene Aspekte zu wenig betrachtet. Dies betrifft insbesondere folgende Punkte:

- Die Analysen zu den Auswirkungen von Wasserstoffverbrennungen basieren auf Modellen, bei denen Wasserstoffgemische bei vordefinierten Konzentrationen zünden. Damit erfolgt die Zündung jeweils bevor eine detonationsfähige Wasserstoffkonzentration erreicht wird. Die Betrachtung von höheren Wasserstoffkonzentrationen bzw. von möglichen Detonationen wird somit ausgeschlossen.
- Nicht berücksichtigt wird bislang auch das Phänomen der Flammbeschleunigung /4/, wodurch sich allenfalls aus einer Deflagration eine Detonation ergeben kann.
- Ferner wird nicht berücksichtigt, dass lokal allenfalls deutlich höhere Wasserstoffkonzentrationen auftreten können als bei einer kompletten Durchmischung. Zumindest qualitative, abdeckende Betrachtungen sind hierzu notwendig.

Diese Aspekte können sowohl im Vollastbetrieb wie auch während des Stillstandes relevant sein.“



Klassifizierung:
Betreff:

keine
Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten
Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren
Unfällen

Angaben des Betreibers

Bei einem schweren Störfall kann der Druck im Containment ansteigen. Grundsätzlich wird dann ein Druckabbau des Containments mit der gefilterten Druckentlastung so spät wie möglich durchgeführt. Ist ein Kernschaden eingetreten und wird Wasserstoff ins Containment freigesetzt, kann es unter Umständen sinnvoll sein, eine Druckentlastung des Containments zwecks Entfernung detonationsfähiger Gasgemische durchzuführen. Nach Detektion von Wasserstoff im Containment werden stufenweise Massnahmen zum Abbau des Wasserstoffs getroffen (Wasserstoffmischsystem, Wasserstoffzündsystem und Wasserstoffrekombinatoren). Steigt die Wasserstoffkonzentration weiter an, erfolgt bei Erreichen der sogenannten Wasserstofflimite eine Druckentlastung des Containments. Eine Druckentlastung ist ab einem Containmentdruck von $> 1,45$ bar möglich.

ENSI-Stellungnahme

Es werden im Wesentlichen die Störfallanweisungen und SAMG zur gefilterten Druckentlastung beschrieben. Es ist nicht erkennbar, inwiefern die Aspekte Flammbeschleunigung, Deflagration-Detonation-Transition (DDT) und lokal höhere Wasserstoffkonzentrationen in den SAMG berücksichtigt werden. Unter Punkt 1.3 geht das KKL im Rahmen des zu erarbeitenden Lösungsansatzes zur Ausrüstung des Containments mit PAR (resp. Zünder) auf diese Aspekte ein. Nach Umsetzung des erarbeiteten Lösungsansatzes werden die SAMG anzupassen sein.

1.3 Erarbeitung eines Lösungsansatzes zur Ausrüstung des Containments mit PAR, gegebenenfalls in Kombination mit Zündern

Verfügungstext

Unter Berücksichtigung der Erwägungen unter 1.2 /1/ ist ein Lösungsansatz zur Ausrüstung des Containments mit PAR, gegebenenfalls in Kombination mit Zündern, zu erarbeiten, um den Wasserstoff- und Kohlenmonoxidabbau im Containment sicherzustellen. Alternativ kann auch ein Lösungsansatz auf Basis einer Inertisierung des Containments in Kombination mit einem Verfahren zum Abbau des Wasserstoffs und Kohlenmonoxids aus dem Containment eingereicht werden.

Erwägungen 1.2 /1/: s. Kap. 1.2.

Angaben des Betreibers

Übergeordnetes Ziel einer Schadensbegrenzung bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen durch die Wirkung eines Systems von Zündern und Rekombinatoren ist es, die Häufigkeit für ein Containmentversagen durch Wasserstoffverbrennungsprozesse infolge eines Kernschmelzunfalls deutlich zu verringern. Das heisst, grossräumige brennbare Gasgemische mit höheren Wasserstoffkonzentrationen, deren Verbrennungslasten infolge schneller Deflagrationen mit Flammbeschleunigung die Integrität des Containments, des Hilfsanlagengebäudes oder des Filterbehälters der Druckentlastung gefährden könnten, sollen weitgehend vermieden werden. Zur Überprüfung der Zielerreichung wird auch der Adiabatic Isochoric Complete Combustion (AICC) Druck berechnet. Der AICC Druck entspricht dem Druck, der in einem abgeschlossenen Volumen durch vollständige Verbrennung bei einem adiabaten thermischen Prozess entstehen kann. Dieser AICC-Druck soll unterhalb des Druckes liegen, bei welchem es zum Versagen kommt.

Die Untersuchungen werden mithilfe des MELSIM/MELCOR-Modells durchgeführt, welches zu diesem Zweck erweitert wurde. Diese Erweiterung beinhaltet unter anderem eine wesentliche Verfeinerung der Containment-Nodalisierung und die Implementierung der Kriterien für Flammbeschleunigung und DDT aus dem entsprechenden State-of-the Art Report der NEA /4/. Dieses Vorgehen erlaubt es, realitätsnahe Szenarien unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen und Effekte aller Phänomene und Systeme im Containment zu analysieren. Ferner können auch die Wechselwirkungen übergeordneter,



Klassifizierung:
Betreff:

keine
Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

zeitabhängiger Prozesse wie Containment-Aufheizung, Containment-Leckagen in Annulus und Sekundärcontainment, Transport von Wasserstoff, Kondensation, Containmentdruckentlastung usw. berücksichtigt werden. Diese Vorteile überwiegen den Nachteil, dass keine detaillierten dreidimensionalen Simulationen von Wasserstofftransport- und -verteilung innerhalb eines Kontrollvolumens möglich sind. Die Kriterien für Zündfähigkeit, Flammbeschleunigung und DDT werden innerhalb eines Kontrollvolumens wie auch innerhalb eines übergeordneten Detonationsbereichs ausgewertet. Mittels dynamischer Shapiro-Diagramme werden der Zustand des Wasserstoff-Luft-Dampfgemischs der einzelnen Kontrollvolumen sowie die dynamisch berechneten Flammbeschleunigungs- und DDT-Bereiche protokolliert. Die Abbauleistung der PAR wird basierend auf einem Modell der GRS abgebildet. Eine Zündwirkung wird in der Modellierung nicht berücksichtigt.

Die Wirkung des Zünd- und Rekombinatorsystems wird für repräsentative Ereignisablaufsequenzen nachgewiesen. Die Ereignisablaufsequenzen werden so ausgewählt, dass sowohl die hinsichtlich ihrer Häufigkeit dominierenden Pfade als auch ein weiter Bereich der charakteristischen Zustände abgedeckt werden. Zur Auswahl werden Erkenntnisse aus probabilistischen Untersuchungen herangezogen. Bei den dominanten Anlagenschadenzuständen wird untersucht, wo die Freisetzungen aus der druckführenden Umschliessung des Reaktorkerns und wo die Freisetzungen aus dem Containment erfolgen. Ferner wurde zwecks Identifikation potentieller Wasserstofffreisetzungspfade eine weitere Anlagenbegehung durchgeführt. Insgesamt werden für den Leistungs- und Nichtleistungsbetrieb 6 Hauptszenarien definiert und mit mehr als 30 Berechnungen analysiert. Einzelne Hauptszenarien werden dabei rasch als weniger kritisch für die Entwicklung des Lösungsansatzes eingestuft und nicht weiter analysiert. So fokussieren die Analysen schliesslich auf im Hochdruckpfad verbleibende Station Blackout Szenarien, Containment-Bypass-Szenarien und Stillstandszenarien mit offenem RDB und Leck an der Rezirkulationsleitung. Abhängig vom Szenario wird auch eine gefilterte Druckentlastung nach 10 Stunden ausgelöst.

Die Analyseresultate zeigen, dass bei intakter Stromversorgung das im KKL vorhandene Wasserstoffzündsystem ausreichend ist, um den produzierten Wasserstoff soweit abzubauen, dass Wasserstoffdetonationen vermieden werden. Wird eine Unverfügbarkeit des Wasserstoffzündsystems postuliert, so weisen die Analysen folgende Erkenntnisse aus:

- Im Bereich der Druckabbaukammer ist eine schnelle Beseitigung von Wasserstoff mit 14 passiven Zündern gewährleistet. PAR wären aufgrund ihrer geringen Wasserstoffabbaurate alleine nicht geeignet, schnell entstehende grosse Mengen von Wasserstoff zeitnah abzubauen.
- Eine Akkumulation von Wasserstoff im Containmentdom lässt sich mit ca. 8 PAR in diesem Bereich beherrschen.
- Im Annulus ist aufgrund der auftretenden geringen Leckage eine langsame Wasserstoffansammlung festzustellen, die mit ca. 4 PAR im oberen Bereich des Annulus beherrscht werden kann.

Diese Konfiguration entspricht dem gemäss Verfügung auszuarbeitenden Lösungsansatz.

In einem luftdichten Containment ist sowohl für Zünder wie auch für PAR der Sauerstoff die begrenzendende Komponente beim Wasserstoffabbau. Im Fall einer Abkühlung des Containments kommt es infolge des kondensierenden Wasserdampfs zu einem Unterdruck im Containment und damit zu einer Luftansaugung ins Containment. PAR sind geeignet, ein wieder zur Verfügung gestelltes Sauerstoffangebot zu einer kontrollierten, langsamen Rekombination des Wasserstoffs und Kohlenmonoxids zu nutzen.



Klassifizierung:
Betreff:

keine
Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

ENSI-Stellungnahme

Das KKL hat den geforderten Lösungsansatz zur Ausrüstung des Containments mit PAR, gegebenenfalls in Kombination mit Zündern, ausgearbeitet. Die Implementierung der Kriterien zur Flammbeschleunigung und zu DDT ist geeignet, diese Aspekte in der Analyse zu berücksichtigen, ohne die Auswirkungen dieser Phänomene selbst zu berechnen. Dank der feineren Containmentnodalisierung können lokale Konzentrationsunterschiede angemessen gut modelliert werden. In allen berechneten Szenarien wurden zufällige Wasserstoffverbrennungen bei vordefinierten Wasserstoffkonzentrationen unterdrückt, so dass der Wasserstoff ausschliesslich durch die PARs und Zünder abgebaut wurde. Die verwendete Vorgehensweise, mit einem verfeinerten MELSIM/MELCOR-Modell repräsentative Szenarien zu entwickeln und auszuwerten, ist nach Ansicht des ENSI zur Ausarbeitung eines Lösungsansatzes geeignet. Das gewählte Vorgehen zur Identifikation der relevanten Szenarien ist sinnvoll.

Zu einigen Aspekten der Modellierung und des Lösungsansatzes hat das ENSI folgende Anmerkungen:

- Im Rahmen der Analysen zum Lösungsansatz wird bei verschiedenen Szenarien im Leistungsbetrieb und isoliertem Containment eine gefilterte Druckentlastung nach 10 Stunden ausgelöst, um die AICC-Drücke von Wasserstoffverbrennungen im Filterbehälter zu reduzieren. Dieser Aspekt wird im vorgeschlagenen Lösungsansatz nicht mehr angesprochen.
- Der entwickelte Lösungsansatz fokussiert stark auf im Hochdruckpfad verbleibende Station Blackout Szenarien. Aus Sicht des ENSI sollte der Lösungsansatz noch mit einem Niederdruck-Szenario (Leistungsbetrieb) untermauert werden, für das die PSA eine relevante Eintrittshäufigkeit aufweist.
- Die Analysen zeigen, dass mit dem bestehenden Zündsystem (verfügbar während 24 Stunden) die Gefährdung durch Wasserstoff weitgehend beherrscht wird. Während kurzen Zeitfenstern sind aber auch in diesem Fall gewisse Gefährdungen möglich.
- Bei wasserstoffarmen Gasgemischen wird Brennbarkeit ab ca. 4 % Wasserstoffanteil in Luft und bei Raumtemperatur beobachtet. Bei dieser Konzentration ist aber noch keine vollständige Verbrennung möglich und die Flamme kann sich bei vorgemischter Verbrennung nicht entgegen der Auftriebskräfte voran bewegen. Dies ist erst bei ca. 8 % Wasserstoffanteil möglich. In MELCOR werden oft grosse Raumbereiche jeweils zu einer Zone zusammengefasst. Die Lage des Zünder in einer Zone ist für die MELCOR-Simulation ohne Bedeutung. Im ungünstigsten Fall könnte der Zünder in der Realität im oberen Bereich einer Zone liegen, was eine weitere axiale Unterteilung erfordern würde.
- Momentan ist unklar, ob passive Zünder mit den modellierten Eigenschaften am Markt verfügbar sind.
- Durch die im KKL vorhandenen Vakuumbrecher wird ein grösserer Unterdruck im Containment vermieden. Bei der Weiterentwicklung des Lösungsansatzes ist darzulegen, wie gross die beim Öffnen der Vakuumbrecher einströmende Sauerstoffmenge ist und wie sich die Wasserstoffgefährdung dadurch ändert.

Aus Sicht des ENSI ist das KKL zielführend vorgegangen und hat einen plausiblen Lösungsansatz erarbeitet. Einige Aspekte sind, dem Stand der Arbeiten entsprechend, noch nicht abschliessend geklärt. Der erarbeitete Lösungsansatz ist daher weiter zu entwickeln.



Klassifizierung:
Betreff:

keine
Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

Forderung 1

Der erarbeitete Lösungsansatz /5/ ist unter Berücksichtigung der obigen Anmerkungen weiter zu entwickeln. Die Unterlagen für eine Hierarchie 1 Freigabe sind dem ENSI bis zum 31.03.2016 einzureichen.

1.4 Analyse verschiedener Aspekte betreffend Ausbreitung von Wasserstoff ausserhalb des Primärcontainments

Verfügungstext

Betreffend die Verbreitung von Wasserstoff ausserhalb des Primärcontainments sind die nachfolgend aufgelisteten Punkte zu analysieren. Wo relevant ist auch Kohlenmonoxid zu berücksichtigen.

- 1.4.1 Wo und wie Wasserstoff aus dem Containment in das Sekundärcontainment oder in andere angrenzende Gebäude und Raumbereiche austreten kann und inwieweit Ergebnisse aus den integralen Leckratentests auf Wasserstoff übertragbar sind. Zu betrachten sind auch Ereignisse mit Versagen der Containmentisolation, Bypass-LOCAs sowie die Gegebenheiten während des Stillstandes. Bei der Analyse sind auch die Erkenntnisse aus den schweren Unfällen in Fukushima zu berücksichtigen. Für den Zwischenbericht sind dazu mindestens die bis Mitte 2013 relevanten international vorliegenden Erkenntnisse auszuwerten.*
- 1.4.2 Ob Wasserstoffexplosionen im Containmentdruckentlastungspfad oder in allfällig vorhandenen Anschlussleitungen zu einem Versagen der entsprechenden Leitungen, Behälter und Komponenten führen können, so dass es zu einer Freisetzung in den Ringraum, das Sekundär-Containment oder andere Gebäude kommen kann. Dazu sind die Erwägungen unter den Punkten 1.3 /1/ und 1.6 /1/ zu beachten. Falls es in gewissen Situationen (z. B. abhängig von Druck und Wasserstoffkonzentration im Containment) Einschränkungen für die gefilterte Druckentlastung gibt, sollen diese in der Strategie der Containmentdruckentlastung berücksichtigt und nach Möglichkeit als grafisches Hilfsmittel in die SAMG aufgenommen werden.*
- 1.4.3 Welche Gefährdungen sich daraus ergeben und durch welche Massnahmen diese gegebenenfalls beherrscht werden können.*

Zitat Erwägungen 1.3 /1/: „Für eine Wasserstoffverbrennung braucht es neben einem brennbaren Gemisch auch eine Zündquelle. Bei den Unfällen von Three Mile Island und Fukushima ist es jeweils zu Zündungen gekommen. Aus Sicht des ENSI ist generell davon auszugehen, dass Zündquellen vorhanden sind. Für Bereiche, wo keine Zündquellen angenommen werden, ist dies aufgrund einer detaillierten Analyse zu belegen. Eine solche Analyse hat auch Ereignisse wie beispielsweise die Zerstörung eines Rohrleitungssegmentes der Deckelsprühleitung infolge einer Wasserstoffexplosion im KKW Brunsbüttel (14.12.2001), also Vorkommnisse ohne offensichtliche Zündquelle – elektrische Geräte, Funken usw. – zu berücksichtigen.“

Zitat Erwägungen 1.6 /1/: „Auch Wasserstoffdeflagrationen/-detonationen innerhalb des Containmentdruckentlastungspfads könnten die Dichtheit des Containments und die Funktionsfähigkeit von Sicherheitssystemen gefährden. Zu betrachten sind dafür unter anderem die erste Inbetriebnahme des Containmentdruckentlastungssystems während eines schweren Unfalls, eine mehrmalige Inbetriebnahme des Containmentdruckentlastungssystems in einem Unfallablauf und eine lang andauernde Containmentdruckentlastung. Damit sollen auch Situationen berücksichtigt werden, bei denen eine anfängliche Inertisierung nicht mehr wirksam ist. Entsprechende Analysen liegen nicht umfassend vor.“



Klassifizierung:
Betreff:

keine
Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

Angaben des Betreibers

Betreffend die Wasserstoffexplosionen in Fukushima ist gegenwärtig noch unklar, ob Undichtigkeiten an den Containments oder Leckagen in den Ventingsystemen für den Austritt von Wasserstoff in die Reaktorgebäude verantwortlich waren. Allerdings unterscheidet sich das Containment des KKL (Mark III) erheblich von den Containments der Blöcke 1 – 4 in Fukushima (Mark I) und darüber hinaus besitzt das KKL noch aktive Containmentsysteme. Damit, den Störfallanweisungen, den 5 Sicherheitsdivisionen und den im Lager Reitnau verfügbaren Einsatzmitteln ist ein Unfallszenario wie in Fukushima bereits jetzt nahezu ausgeschlossen.

Bei den Untersuchungen zur Wasserstoffproblematik hat sich gezeigt, dass die Funktionsfähigkeit der Quellterm-Instrumentierung im Kamin von nicht auszuschliessenden Wasserstoffverbrennungen betroffen sein könnte. Das KKL hat daraufhin ein Projekt gestartet, mit dem Ziel die seismische Widerstandsfähigkeit der gefilterten Druckentlastung zu erhöhen und die Reingasleitung ausserhalb des Kamins zu verlängern. In diesem Zusammenhang hat sich gezeigt, dass die bestehende Reingasleitung eine erhebliche Sicherheitsmarge gegenüber dem Auslegungsdruck aufweist. Die berechnete Druckspitze im Filterbehälter bei einer Wasserstoffverbrennung bleibt unterhalb des Auslegungsdrucks. Auswirkungen höherer Drücke auf die Agglomerator-Packungen der Filter-Endstufe (Abscheidung von Wassertröpfchen) wurden untersucht und zeigen Margen gegenüber dem Auslegungsdruck. Ferner wurden bei den Untersuchungen zu 1.3 Flammbeschleunigung und Deflagration-Detonation-Transition (DDT) im Filterbehälter berücksichtigt. Die Analysen zeigen, dass mit dem ermittelten Lösungsansatz im Filterbehälter kein DDT auftritt.

ENSI-Stellungnahme

Zu den Angaben des Betreibers hat das ENSI folgende Anmerkungen:

- Aus der Dokumentation der für den unter 1.3 geforderten Lösungsansatz durchgeführten Analysen geht hervor, dass das Versagen der Containmentisolation berücksichtigt wurde. So wurden unter anderem Leckagen an Türen, Leckagen an der Materialschleuse sowie auch das Offenstehen dieser Schleuse im Stillstand in verschiedenen Szenarien modelliert. Basierend auf diesen Untersuchungen werden die im Lösungsansatz enthaltenen ca. 4 PARs im Annulus vorgeschlagen. Bypass-LOCAs haben für das KKL eine minimale Bedeutung.
- Die Analysen zeigen, dass die gefilterte Druckentlastung von KKL eine gewisse Kapazität gegen die Beanspruchungen einer Wasserstoffverbrennung aufweist. Bei einigen auslegungsüberschreitenden Störfällen kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass AICC-Drücke oberhalb des Versagensdrucks des Filterbehälters möglich sind. Bei diesen Szenarien konnten die AICC-Drücke von Wasserstoffverbrennungen im Filterbehälter reduziert werden, indem eine gefilterte Druckentlastung nach 10 Stunden ausgelöst wurde. Es ist unklar, wie dies in die SAMG aufgenommen wird.
- Die geplante Verlängerung der Reingasleitung ist eine weitere Massnahme zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen von Wasserstoffverbrennungen. In deutschen Anlagen mit Venturiwäschern wird das Containmentdruckentlastungssystem vor der gefilterten Druckentlastung mit dem Ziel der Inertisierung mit Stickstoff gespült, ebenso nach der Druckentlastung, da langfristig Wasserstoff im Venturiwäscher durch Radiolyse entsteht.



Klassifizierung:
Betreff:

keine
Stellungnahme zum Schlussbericht betreffend Verfügung zur Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

Forderung 2

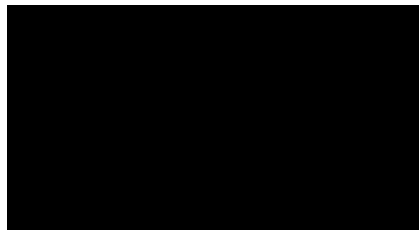
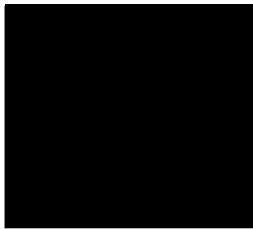
Die SAMG Strategie bezüglich der Auslösung einer gefilterten Druckentlastung ist zu klären und gegebenenfalls ein Konzept zur Überarbeitung der SAMG zu erstellen. In diesem Zusammenhang ist zu überprüfen, ob eine Spülung des Druckentlastungssystems zweckmässig ist. Die entsprechenden Dokumente sind dem ENSI bis zum 31.7.2015 einzureichen.

1.5 Zusammenfassung

Die vom ENSI mit der Verfügung /1/ geforderten Analysen wurden vom KKL eingereicht und vom ENSI überprüft. Es ergeben sich die unter Kap. 1.3 und 1.4 genannten Forderungen, welche in neuen Geschäften weiterverfolgt werden. Das Geschäft 12/13/004 wird geschlossen.

Freundliche Grüsse

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI



Referenzen

- /1/ ENSI-Verfügung vom 22.4.2013, „Verfügung: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen“
- /2/ KKL-Brief (KOR/KKL/140630/0001) vom 30. Juni 2014, „Antwort: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen“
- /3/ KKL-Brief (KOR/KKL/140930/0001) vom 30. September 2014, „Folgebericht: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen“
- /4/ Flame Acceleration and Deflagration-to-Detonation Transition in Nuclear Safety, State of the Art Report, NEA/CSNI/R(2000)7
- /5/ KKL, BET/13/0418 Rev. 3, „Überprüfung der gefilterten Druckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Störfällen“