



ENSI, CH-5200 Brugg

Einschreiben

Kernkraftwerk
Gösgen-Däniken AG
Postfach
4658 Däniken

Ihr Zeichen: BRI-D-73782

Unser Zeichen: [REDACTED] - 10KEX.AP13FUKU5; 17/13/002

Sachbearbeiter: [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 27.6.2014 /2/ hat das KKG die entsprechenden Unterlagen termingemäss eingereicht.

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, die Analyse verschiedener Aspekte betreffend die Verbreitung von Wasserstoff ausserhalb des Primärcontainments sowie die Überprüfung der Strategie der Containmentdruckentlastung. Das ENSI wird nachfolgend auf die einzelnen Punkte der Verfügung und die Untersuchungen von KKG 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



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

Aufgrund der auslaufenden Qualifikation der bestehenden Wasserstoffmessungen im Containment werden in einem ersten Schritt die 10 bestehenden Messungen im Containment durch qualifizierte Messungen eines neueren Typs ersetzt. Der Ersatz ist für das Jahr 2015 vorgesehen, was aber aufgrund langer Lieferzeiten nicht garantiert werden kann. Die Anzeigeorte der Messungen im Hauptkommandoraum werden im Rahmen eines laufenden Programms (2014 – 2016) seismisch verstärkt.

Im Anschluss ist die Erweiterung der Wasserstoffmessung und deren Anzeige im Notstandssystem geplant. Das KKG bevorzugt eine Realisierung der dafür vorgesehenen Messungen im Zusammenhang mit der geplanten Erweiterung der Notstandsfunktionen.

ENSI-Stellungnahme

Der Austausch der bestehenden Wasserstoff-Messungen im Containment ist eine sicherheitsgerichtete Massnahme. Aus Sicht des ENSI ist es zielführend, die Erweiterung der Wasserstoffmessungen und deren Anzeigen im Notstandssystem in das Projekt zur Erweiterung der Notstandsfunktionen zu integrieren. Auf die Sauerstoffmessung geht das KKG nicht ein. Allerdings besteht bereits jetzt mit dem vorhandenen Probenahmesystem eine Möglichkeit, den Sauerstoffgehalt im Containment zu bestimmen.

Forderung

Die bestehenden Wasserstoffmessungen im Containment sind auszutauschen. Die Erweiterung der Wasserstoffmessung im Containment und deren Anzeige im Notstandssystem sind im Rahmen der geplanten Erweiterung der Notstandsfunktionen zu realisieren.

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 /3/, 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

Sämtliche Aspekte der Wasserstoff- und Kohlenmonoxidbildung bei schweren Unfällen wurden im Zusammenhang mit einer früheren PSÜ-Massnahme analysiert und die sicherheitstechnischen Auswirkungen bewertet. Die als Grundlage verwendeten Analysen berücksichtigen keine vorzeitige Zündung und beinhalten ein weites Spektrum unterschiedlicher Randbedingungen für den Störfallablauf. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden in den SAMG in den Strategien zur Reduktion des Risikos für das Versagen eines isolierten Containments umgesetzt. Dabei wurden sowohl der Leistungsbetrieb wie auch der Nichtleistungsbetrieb berücksichtigt. Wesentliche Elemente der Sicherheitsvorsorge und der implementierten SAMG-Strategien sind eine robuste Auslegung des Containments gegen Überdruckspitzen, eine Selbstinertisierung des Containments bei schweren Unfällen durch Dampffreisetzung ins Containment, ein Verzicht auf ein Containmentsprühsystem, wodurch die Dampfkondensation erheblich reduziert wird, eine passive Durchmischung des Containments, eine feine Raumaufteilung des Containments was dazu führt, dass Brände lokal begrenzt bleiben und bei Zündung mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit in Form einer laminaren Verbrennung ablaufen, eine Abschaltung von Lüftungs- und Klimaanlage, eine gezielte Zündung von brennbaren Gasgemischen und eine gezielte gefilterte Druckentlastung zur Reduktion brennbarer Gaskonzentrationen.

Als kritisch bezüglich der Gefährdung des Containments werden schnelle Wasserstofffreisetzungen angesehen, welche auch die Kapazität von passiven autokatalytischen Rekombinatoren (PAR) übersteigen können /4/, /5/. Da reine Wasserstoffverbrennungen im Vergleich zur Verbrennung eines Gasgemischs aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid zu höheren Verbrennungsdrücken führen, hat das KKG im Zusammenhang mit der Vorbereitung eines Einsatzes von PARs ein bezüglich der Menge des freigesetzten Wasserstoffs konservatives schnelles Wasserstofffreisetzungsszenarium (Station Blackout mit Kriechversagen einer Hauptkühlmittelleitung und Sicherheitszuschlag) definiert und die Wasserstoffausbreitung im Containment mit Hilfe des Rechenprogramms GOTHIC analysieren lassen /6/. Durch das Kriechversagen kommt es zu einer sehr schnellen Freisetzung einer grossen Wasserstoff- und Dampfmasse. Dies führt zu einem Öffnen der Überströmdecken der Dampferzeugertürme. Im Basisszenario werden diese Überströmdecken anschliessend offen gehalten. Der Einfluss des Containmentsumpfs wird in dieser Berechnung vernachlässigt. Mit einer Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss eines Wiederschliessens der Überströmdecken untersucht. Eine weitere Sensitivitätsanalyse untersucht den Einfluss des Containmentsumpfs.

Die Sensitivitätsanalyse mit dem Schliessen der Druckausgleichsklappen auf den Dampferzeugertürmen nach dem Druckausgleich zeigt höhere Wasserstoffkonzentrationen in den Dampferzeugertürmen und im unteren Bereich des Containments, dafür geringere Wasserstoffkonzentrationen im Containmentdom. Die Durchmischung im Containment ist also weniger gut. Bei der weiteren Sensitivitätsstudie zum Einfluss des Containmentsumpfs zeigt sich insgesamt ein etwas geringeres Verbrennungsrisiko. Die Analysen /6/ bestätigen die Möglichkeit eines kurzzeitigen Auftretens (~1 min) hoher lokaler zündfähiger Wasserstoffkonzentrationen. Zugleich bestätigen diese Analysen erneut die hohe Wirksamkeit des passiven Durchmischungssystems, welches schnell zu einer Reduktion der lokalen Wasserstoffkonzentrationen führt. Die Analysen bestätigen somit grundsätzlich das geringe Risiko eines Versagens des Containments im KKG, was primär dem erwähnten Durchmischungssystem und dem hohen Versagensdruck des Containments geschuldet ist. Nach der kurzen Zeitperiode mit einer hohen lokalen Wasserstoffkonzentration kann von der Möglichkeit einer wirksamen Begrenzung der Wasserstoffkonzentration mit Hilfe von PAR ausgegangen werden. Einem Einsatz von PARs im Containment des KKG zur weiteren Reduktion des Risikos von Wasserstoff- und Kohlenmonoxidverbrennungen steht nichts entgegen.



Klassifizierung:
Betreff:

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

ENSI-Stellungnahme

Die Aussagen des Betreibers sind weitgehend zutreffend. Es wurden umfangreiche Analysen durchgeführt und moderne Programme verwendet. Aus der Überprüfung ergeben sich folgende Kommentare.

- Mit den GOTHIC-Berechnungen werden für verschiedene Szenarien die Gasverteilungen im Containment modelliert. Zu verschiedenen Modellierungsaspekten hat das ENSI Verbesserungspotential identifiziert, beispielsweise zur Wahl der Anfangsbedingungen (Containmentdruck, -temperatur und einheitlicher Dampfgehalt in der Containmentatmosphäre), zur Ermittlung der Leckausströmung und zum analysierten Basisszenario. Die Analysen zeigen, dass sich hohe lokale Wasserstoffkonzentrationen schnell mit der Containmentatmosphäre mischen. Die Aussage, dass „eine feine Raumaufteilung dazu führt, dass Brände lokal begrenzt bleiben und bei Zündung mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit in Form einer laminaren Verbrennung ablaufen“ ist aus Sicht des ENSI zu pauschal. Offene Türen können als Hindernisse ähnlich einem Beschleunigungsrohr wirken, was zu einer Flammbeschleunigung führt.
- Mit den CFX-Rechnungen (siehe Kap. 1.3) werden die aus lokal erhöhten Wasserstoffkonzentrationen resultierenden Flammbeschleunigungen und Verbrennungslasten berechnet. Bei diesen Berechnungen erfolgt die Zündung zum jeweils ungünstigsten Moment (höchste Wasserstoffkonzentrationen).
- Das ENSI schliesst sich der KKG-Schlussfolgerung an, dass einem Einsatz von PAR im Containment des KKG zur weiteren Reduktion des Risikos von Wasserstoff- und Kohlenmonoxidverbrennungen nichts entgegensteht.
- In den KKG-SAMG werden in Abhängigkeit der gemessenen Wasserstoffkonzentration Massnahmen zur Wasserstoffkontrolle getroffen. Unter anderem kann das Durchmischungssystem auch aktiv in Betrieb genommen werden. Die vorgesehenen PARs werden einen Einfluss auf das NHB haben. Nach Umsetzung des erarbeiteten Lösungsansatzes zur Ausrüstung des Containments mit PAR werden die SAMG anzupassen sein.
- Kohlenmonoxid wird in den Analysen /6/ nicht betrachtet. Auf diesen Aspekt wird das ENSI unter 1.3 eingehen.

Insgesamt zeigen die neu durchgeführten Analysen keine neuen Gefährdungen, welche zusätzlich in den SAMG-Strategien berücksichtigt werden sollten.

1.3 Erarbeitung eines Lösungsansatzes zur Ausrüstung des Containments mit PAR

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.

Erwägungen 1.2 /1/: s. Kap. 1.2.

Angaben des Betreibers

Das KKG hat ein Konzept zur Erweiterung des Wasserstoffabbaus ausgearbeitet. Für die Ausarbeitung wurde die Gesamtabbaukapazität einer deutschen Anlage vergleichbarer Leistungsgrösse herangezogen und auf die Leistung des KKG skaliert. Auf diese skalierte Gesamtkapazität wird eine zusätzliche Sicherheitsmarge von 20 % aufgeschlagen. Ferner flossen die Ergebnisse einer Anlagenbege-



Klassifizierung:
Betreff:

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

hung in dieses Konzept ein. Das konzeptionierte Wasserstoffabbausystem besteht aus 56 PAR, welche im gesamten Containment verteilt sind. Wesentliche Kriterien für die Positionierung der PAR im Containment sind:

- Konzentration der Abbauleistung in grossen Raumbereichen
- Positionierung in den Hauptströmungspfaden und nahe möglicher Freisetzungsorte
- Anordnung zur Förderung der natürlichen globalen Konvektion im Containment, bzw. der guten Durchmischung in den jeweiligen Raumbereichen
- Zusätzliche Positionierung in Sackräumen
- Berücksichtigung der Einwirkungen durch Störfallfolgen
- Berücksichtigung betrieblicher Belange

Das System wird so ausgelegt, dass beim Auftreten einer Verbrennung oder Deflagration ein Maximaldruck von 7 bar absolut nicht überschritten wird und der Druck bei Adiabatic Isochoric Complete Combustion (AICC) bei laminaren Verbrennungen unter dem Auslegungsdruck des Containments bleibt. Die Wirksamkeit des Wasserstoffabbausystems wird unter Verwendung von CFX /7/ anhand verschiedener Unfallabläufe analysiert. MELCOR-Rechnungen dieser Unfallabläufe liefern die notwendigen Informationen für deren detaillierte Simulation mit CFX. Um die generischen Unsicherheiten dieser Simulationen zu berücksichtigen, werden bei der Betrachtung des Gefährdungspotentials bestimmte Sicherheitszuschläge auf die Wasserstoffproduktion angewendet.

Die Analysen zeigen, dass in den verschiedenen Unfallszenarien eine effektive Durchmischung der Containment-Atmosphäre erreicht wird. Durch die gute Konvektion können in den untersuchten Szenarien kurzfristige Freisetzungen grosser Mengen an Wasserstoff effektiv verteilt und verdünnt werden. Die Auswertungen des Drucks im Containment sowie des potentiellen AICC-Drucks zeigen, dass die vorgegebenen Kriterien eingehalten werden. Flammbeschleunigungen können begrenzt auftreten, bleiben aber limitiert. Dadurch können dynamische Drucklasten sowie ein potentieller Überschlag einer Deflagration in eine Detonation sicher ausgeschlossen werden. Das Konzept erfüllt alle in der Zielsetzung geforderten Kriterien. Die PAR sind in der Lage, zündfähige Gemische wirksam abzubauen und stellen eine wirksame Gegenmassnahme gegen die mittel- und langfristige Ansammlung von Wasserstoff im Containment dar. Die Berechnungen zur späten Unfallphase (nach RDB-Versagen und einschliesslich Kohlenmonoxidbildung) waren zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht abgeschlossen, weshalb dazu keine definitiven Aussagen gemacht werden können.

Für den Fall von Leckagen vom Containment in den Reaktorgebäude-Ringraum oder von Leckagen an Stellen der Containmentdurchführung in den Ringraum soll das Wasserstoffabbausystem in der Lage sein, zündfähige Gasgemische wirksam abzubauen. Aus diesem Grund sind im Kuppelraum des Reaktorgebäude-Ringraums zwei räumlich getrennt aufgestellte, leistungsfähige Rekombinatoren vorgesehen.

ENSI-Stellungnahme

Das vorgelegte PAR-Konzept entspricht in wesentlichen Punkten den Anforderungen an PAR-Konzepte in Deutschland. Das Konzept stützt sich auf die umfangreichen Arbeiten und Analysen die zum Wasserstoffmanagement in Deutschland durchgeführt wurden. Das verwendete Skalierungsverfahren wird auch bei deutschen Kraftwerken verwendet. Die so berechnete Gesamtkapazität erscheint angemessen und plausibel. Im Einzelnen hat das ENSI folgende Kommentare zu den Analysen.

- Im Unterschied zu deutschen Kernkraftwerken sind im KKG die Druckausgleichsklappen auf den Dampferzeugertürmen je nach Öffnungsmechanismus widerschiessend. Aus Sicht des ENSI



Klassifizierung:
Betreff:

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

sind daraus resultierende Unterschiede im Strömungsverhalten durch die zusätzliche Sicherheitsmarge von 20 % bei der Abbaukapazität der PAR abgedeckt.

- Grundsätzlich sind die verwendeten Rechenmethoden und Modelle für die durchgeführten Berechnungen der Wasserstoffverteilungen geeignet. Zur Verbrennungssimulation gibt es noch Unklarheiten, welche aber angesichts der guten Basis des Konzepts nicht relevant sind.
- Mit Brief vom 11.12.2014 /9/ hat das KKG bereits einen Freigabeantrag für die Hierarchiestufe 1 gemäss der Richtlinie ENSI-A04 für die Installation der PAR eingereicht. In diesen Unterlagen ist auch die Rechnung zur späten Unfallphase enthalten.

Insgesamt wird das vorgelegte, sehr umfassende PAR-Konzept /8/ begrüsst.

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 den Ringraum oder in andere angrenzende Gebäude und Raumbereiche austreten kann und inwieweit Ergebnisse aus den integralen Leckratentests des Containments auf die Rückhaltung von 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 oder in 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 Sicher-



Klassifizierung:
Betreff:

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

heitssystemen 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.“

Angaben des Betreibers

Zweck der Schutzmassnahmen zum Abbau zündfähiger Gaskonzentrationen im Containment ist die Sicherstellung der Integrität des Containments im isolierten Zustand zur Sicherstellung der Aktivitätsrückhaltung. Bei einem Bypass-LOCA ist die Funktion der Aktivitätsrückhaltung nicht mehr gegeben.

Ein Austrag von zündfähigen Gasen in den Reaktorgebäude-Ringraum ist auch über Leckagen des Sicherheitsbehälters möglich. Im isolierten Zustand ist die Leckage des Containments in den Reaktorgebäude-Ringraum jedoch auch bei hohem Innendruck wesentlich niedriger als die Leckage des Reaktorgebäude-Ringraums nach aussen. Aufgrund dieses Sachverhalts ist die Akkumulation grosser Mengen zündfähiger Gase im Reaktorgebäude-Ringraum bei isoliertem Containment nicht möglich.

Das System der gefilterten Druckentlastung ist inertisiert und im Bereich des Schmutzgassystems gegen Wasserstoffdeflagrationen bemessen. Auch bei einer postulierten Wasserstoffdeflagration im Reingassystem mit Schädigung des Systems in diesem Bereich bleibt die Filterwirkung der vorgelagerten Systeme erhalten. Es ändert sich lediglich die Höhe der Aktivitätsabgabe, was nur zu einer sehr geringen Veränderung bezüglich der Ausbreitung des Quellterms führt. Zusätzliche Schutzmassnahmen sind daher nicht erforderlich.

Grössere Mengen Kohlenmonoxid können nur durch eine Schmelze-Beton-Wechselwirkung produziert werden. Ausserhalb des Containments kann dies erst nach einer Verletzung der Containmentintegrität erfolgen, also nachdem bereits eine grosse Aktivitätsfreisetzung eingetreten ist. Zusätzliche Massnahmen führen deshalb zu keinem signifikanten Sicherheitsgewinn.

Um den Spielraum für Langzeitgegenmassnahmen nach einem schweren Unfall zu erweitern und zur Minimierung möglicher Aktivitätsfreisetzungen sind im Konzept für den Einsatz von PARs des KKG zwei räumlich getrennt aufgestellte, leistungsfähige Rekombinatoren im Reaktorgebäude-Ringraum vorgesehen.

ENSI-Stellungnahme

Aus Sicht des ENSI ist die im PAR-Konzept enthaltene Aufstellung zweier leistungsfähiger PAR im Reaktorgebäude-Ringraum eine sinnvolle Massnahme und führt zur Erhöhung der Sicherheit gegen Wasserstoffverbrennungen.

Im Wäscher der gefilterten Containmentdruckentlastung kann nach einem Druckentlastungsvorgang durch die in der Waschflüssigkeit abgeschiedenen radioaktiven Partikel durch Radiolyse Wasserstoff und Sauerstoff entstehen. Dadurch wird Wasserstoff und Sauerstoff in die Atmosphäre des Wäschers freigesetzt und kann sich dort anreichern. Um auch langfristig eine inerte Atmosphäre im Wäscher zu gewährleisten, kann Stickstoff in den Wäscher eingespeist werden. Dieser Sachverhalt wird im NHB berücksichtigt. Damit ist aus Sicht des ENSI eine geeignete Vorsorge gegen Wasserstoffverbrennungen im Wäscher getroffen. Das KKG geht nicht auf die Auswirkungen von Wasserstoffverbrennungen im Kamin ein. Es ist nicht klar, ob dadurch beispielsweise die Funktionsfähigkeit von Messstellen oder der Kamin gefährdet werden könnte. Das ENSI wird im Rahmen des Freigabeverfahrens auf diesen Aspekt eingehen.



Klassifizierung:
Betreff:

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

1.5 Überprüfung der Strategie der Containmentdruckentlastung

Verfügungstext

Die Strategie der Containmentdruckentlastung ist zu überprüfen. Insbesondere ist zu begründen, weshalb die Berstscheibe im Normalbetrieb abgesperrt ist. Die Vor- und Nachteile der Strategie sind insbesondere unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit der Operateure und der Absperrarmatur zu bewerten.

Angaben des Betreibers

Die Vorabspernung der Berstscheibe ist mit dem in der nuklearen Sicherheit üblicherweise verwendeten Konzept des „Defence in Depth“ begründet. Danach ist eine sich gegenseitig überlappende Staffellung der Massnahmen der Sicherheitsvorsorge auf den verschiedenen Sicherheitsebenen zu gewährleisten. Insbesondere dürfen Massnahmen auf der Sicherheitsebene 4 (gefilterte Druckentlastung des Containments) nicht Massnahmen auf der Sicherheitsebene 3 gefährden. Die Integrität des Containments ist die wichtigste Schutzfunktion bezüglich der Begrenzung möglicher radiologischer Auswirkungen auf die Umwelt für Auslegungsstörfälle (Sicherheitsebene 3). Im Falle einer generell im Leistungsbetrieb nicht vorabgesperrten Berstscheibe ist eine Beeinträchtigung dieser Schutzfunktion nicht auszuschliessen. Dieses Problem besteht unabhängig von der Verfügbarkeit des Personals oder dem Zustand der Absperrarmatur.

Das Containment im KKG verfügt rechnerisch über grosse Auslegungsreserven gegen Überdruck und ist damit deutlich robuster als der Ansprechwert für das Öffnen der Berstscheibe. Bei Auslegungsstörfällen (KMV) ist gemäss Richtlinie HSK-R-101 in Übereinstimmung mit der internationalen Praxis eine Wasserstoffbildung entsprechend einer Zirkoniumoxidation von 1 % des im Kern befindlichen Zirkoniums zugelassen. Für das KKG entspricht diese zugelassene Wasserstoffproduktion einer Wasserstoffmenge von ca. 10 kg. Diese Menge ist theoretisch ausreichend, um bei einer lokalen Akkumulation von Wasserstoff und Zündung, die Berstscheibe zu durchschlagen. Die dabei erzeugte Druckspitze bleibt aber unterhalb des Versagensdrucks des Containments bei dynamischer Last.

Eine erneute Überprüfung dieses Konzepts kann nach Installation der PARs und im Falle der Realisierung einer zweiten Jodabscheidestufe im System der gefilterten Druckentlastung erfolgen.

ENSI-Stellungnahme

Das ENSI nimmt die Argumentation des KKG zur Absperrung der Berstscheibe bei der derzeitigen Anlagenkonfiguration zur Kenntnis und wird sich im Rahmen der Hierarchie 1 Freigabe dazu äussern.

1.6 Zusammenfassung

Die vom ENSI mit der Verfügung /1/ geforderten Analysen wurden vom KKG eingereicht und vom ENSI geprüft. Es ergibt sich die unter Kap. 1.1 genannte Forderung, welche in einem neuen Geschäft weiterverfolgt wird. Für das Freigabeverfahren der Installation der PAR wird ebenfalls ein neues Geschäft eröffnet. Das Geschäft 17/13/002 wird geschlossen.

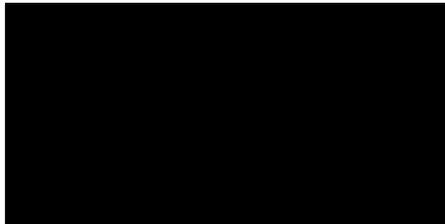
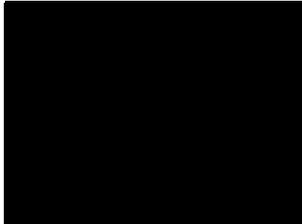


Klassifizierung:
Betreff:

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

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/ KKG-Brief (BRI-D-73782) vom 27. Juni 2014, „Verfügung: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen“ – Geschäftsnummer 17/13/002“
- /3/ Flame Acceleration and Deflagration-to-Detonation Transition in Nuclear Safety, State of the Art Report, NEA/CSNI/R(2000)7
- /4/ KNS, „Reaktorkatastrophe von Fukushima Folgemassnahmen in der Schweiz,“ 2012
- /5/ IAEA, „Mitigation of Hydrogen Hazards in Severe Accidents in Nuclear Power Plants“, Vienna, TECDOC-1661, 2011
- /6/ PSI, „Analysis of hydrogen distribution in KKG’s containment resulting from fast hydrogen release“, TM-42-14-07, PEG-X-53968, 31.05.2014
- /7/ AREVA, „Analyse des Wasserstoffverhaltens sowie der Effektivität passiver autokatalytischer Rekombinatoren zur Wasserstoffbeherrschung in Schweren Störfällen“, 2014
- /8/ AREVA, „Konzept zur Erhöhung der Abbaukapazität für brennbare Gase bei schweren Unfällen durch passive autokatalytische Rekombinatoren“, 2014
- /9/ KKG, BRI-M-76457, Schutz gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen, Freigabeantrag Hierarchiestufe 1 gemäss Richtlinie ENSI-A04, 11.12.2014