



ENSI.CH-5200 Brugg

Einschreiben

Axpo Power AG
Kernkraftwerk Beznau
Beznau
5312 Döttingen

Ihr Zeichen: KBR-B 021/511 ri/smk

Unser Zeichen: [REDACTED] - 10KEX.AP13FUKU5; 14/13/003

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 30.6.2014 /2/ hat das KKB den entsprechenden Schlussbericht termingemäss eingereicht.

Die Verfügung /1/ forderte die Überprüfung der Wasserstoffmessung, die Überprüfung des Severe Accident Management Guidance (SAMG), die Überprüfung des bestehenden Konzeptes zur Auslegung der passiven autokatalytischen Rekombinatoren (PAR), die Analyse verschiedener Aspekte betreffend die Verbreitung von Wasserstoff ausserhalb des Primärcontainments sowie die Überprüfung der Auslegung des gesamten Containmentdruckentlastungspfads. Das ENSI wird nachfolgend auf die einzelnen Punkte der Verfügung und die Untersuchungen von KKB 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 Messung der Sauerstoffkonzentration in einem Störfallszenario für die Unfallbekämpfung relevante zusätzliche Informationen liefern könnte.



Klassifizierung:
Betreff:

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

Angaben des Betreibers

In jedem Block des KKB sind fünf Wasserstoffsensoren installiert. Drei davon wurden im Rahmen des NANO-Projekts nachgerüstet. Sie sind 1E-klassiert und werden von der Notstand-Gleichstromversorgung bespeist. Ihre Werte werden im Hauptkommandoraum und dem Notstandleitstand angezeigt. Die anderen beiden Sensoren sind 0E-klassiert.

Für die Wasserstoff-Sensoren wurden Fragility-Berechnungen durchgeführt und dabei HCLPF-Spektralbeschleunigungskapazitäten von 1,03 g ermittelt. Dies liegt über der SSE-Gefährdung nach dem Pegasos Refinement Project intermediate seismic hazard (PRP-IH) von 0,348 g /3/, /4/.

Eine Messung des Sauerstoffgehalts in der Containment-Atmosphäre ist im KKB von keinem sicherheitstechnischen Nutzen. Wenn die passiven, autokatalytischen Wasserstoffrekombinatoren (PAR) auslegungsgemäss arbeiten, so besteht im KKB kein Sicherheitsproblem bezüglich brennbarer Gase. Sollten die PAR ausfallen, zeigt bereits die Wasserstoffmessung an, dass Vorsicht geboten ist. Eine Bestimmung der O₂-Konzentration ist durch Probenahme bereits jetzt möglich.

ENSI-Stellungnahme

Die Energieversorgung und Messanzeigen der Wasserstoffmessung erfüllen die Anforderungen des ENSI.

Die Bestimmung der Fragilities für die Wasserstoff-Sensoren entspricht dem Stand der Technik. Die Kapazität der PAR liegt über der relevanten Gefährdung nach PRP-IH.

Aus Sicht des ENSI ist eine Messung des Sauerstoffgehaltes mittels Probenahme ausreichend.

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 Volllastbetrieb wie auch der Stillstand zu betrachten. Wo relevant ist auch Kohlenmonoxid in diesen Überprüfungen zu berücksichtigen.

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

- Nicht berücksichtigt wird bislang das Phänomen der Flammbeschleunigung /5/, 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 Volllastbetrieb wie auch während des Stillstandes relevant sein.“

Angaben des Betreibers

Zu dieser Thematik wurden Analysen mithilfe der CFD-Programme GASFLOW und COM3D durchgeführt. Für verschiedene Szenarien während des Leistungs- und Nichtleistungsbetriebs wurden mit GASFLOW die räumlichen Gasverteilungen berechnet und die Geschwindigkeit der Verbrennungsfreund sowie die räumliche Verteilung des Drucks einer möglichen Deflagration/Detonation mit COM3D bestimmt. Die für die CFD-Rechnungen verwendeten Freisetzung von Wasserstoff und Dampf ins Containment werden aus früher durchgeführten MELCOR-Analysen abgeleitet.



Klassifizierung:
Betreff:

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

Die Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Selbst bei konservativer Überhöhung der Wasserstofffreisetzung ins Containment (lokal höhere H₂-Konzentrationen) resultiert keine Flammbeschleunigung mit Transition zur Detonation (DDT).
- Lokale Wasserstoffverbrennungen führen zu Druckspitzen mit deutlich geringeren Drücken als bei einer Gesamtverbrennung allen Wasserstoffs. Diese Aussage gilt auch für die Phase nach RDB-Versagen, welche in den GASFLOW- und COM3D-Analysen nur wenige Stunden simuliert wurde, da wegen der langsamen Produktion von Wasserstoff und Kohlenmonoxid von einer Gleichverteilung der brennbaren Gase ausgegangen werden kann.

Aus diesen Gründen sind die früher durchgeführten Analysen bezüglich H₂-Verbrennung bei angenommener Gleichverteilung des Wasserstoffs weiterhin konservativ. Ferner weist das KKB darauf hin, dass bei einer realistischen Betrachtung von deutlich weniger als 400 kg bei „in-vessel“-Wasserstoffproduktion auszugehen ist und die Reduktion der H₂-Menge durch die Funktion der PARs bereits in der „in-vessel“-Phase greift. Somit bestehen aus Sicht des KKB zusätzliche Sicherheitsmargen gegenüber der konservativen Betrachtung, welche von einer maximalen Wasserstoffmenge im Containment von 400 kg ausgeht.

Das bestehende KKB-Sicherheitskonzept bezüglich Wasserstoffbeherrschung wurde somit aus Sicht des KKB vollumfänglich bestätigt und hat sich dabei als sehr konservativ erwiesen: Ein Verlust der Containmentintegrität infolge einer Wasserstoffverbrennung kann praktisch ausgeschlossen werden. Die KKB-SAMG überwachen die Wasserstoffkonzentration wann immer ein System zur Containmentdruckbegrenzung in Betrieb genommen wird oder in Betrieb bleibt. Das dafür entwickelte Diagramm zeigt, ob eine Gefahr für die Containmentintegrität oder für das Containmentdruckentlastungssystem durch Wasserstoff- und/oder Kohlenmonoxidverbrennungen besteht.

ENSI-Stellungnahme

Das KKB hat mittels verschiedener Computer-Codes zahlreiche Berechnungen zum Nachweis der Sicherheit des Konzepts bezüglich Wasserstoffbeherrschung durchgeführt. Positiv hervorzuheben ist die detaillierte Abbildung des KKB-Containments mit einem feinen Gitter, der hohe Grad der Validierung von GASFLOW und COM3D und der Umfang der Berechnungen. Andererseits werden verschiedene Vereinfachungen vorgenommen wie:

- ein geringeres freies Containmentvolumen (wegen des groben Gitters für innere Strukturen), woraus ein höherer Ausgangsdruck für eine Verbrennung resultiert, aber auch eine geringere Sauerstoffmasse,
- eine verkürzte Einspeisezeit von Wasser und Dampf vor der Wasserstofffreisetzung (Reduktion der Rechenzeit) und
- die Annahme eines hermetisch dichten Containments ohne Leckage und ohne Modellierung des Wärmeaustausches mit der Umgebung.

Da es bei schweren Störfällen häufig keine klar „konservativen“ Vereinfachungen gibt, wird generell die Durchführung von best estimate Analysen empfohlen /6/. Die berechneten Flammbeschleunigungen und Druckspitzen der lokalen Verbrennungen sind derart gering, dass die aus den oben aufgeführten Vereinfachungen resultierenden Unsicherheiten aus Sicht des ENSI keinen relevanten Einfluss auf die Schlussfolgerungen haben. Es ist deshalb plausibel, dass lokale Deflagrationen keine Gefährdung des Containments darstellen.

Das in den SAMG von KKB enthaltene Diagramm zu den Einsatzgrenzen für Containmentdruckbegrenzungssysteme ist aus Sicht des ENSI ein geeignetes Hilfsmittel.



Klassifizierung:
Betreff:

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

1.3 Überprüfung des bestehenden Konzepts der PAR-Auslegung

Verfügungstext

Unter Berücksichtigung der Erwägungen unter 1.2 /1/ ist das bestehende Konzept der PAR-Auslegung anhand des heutigen Standes der Technik zu überprüfen und allenfalls anzupassen. Dabei ist auch Kohlenmonoxid zu berücksichtigen.

Erwägungen 1.2 /1/: s. Kap. 1.2.

Angaben des Betreibers

Die PAR des KKB sind primär während der Langzeitphase der Kernschmelze-Beton-Wechselwirkung von sicherheitstechnischer Bedeutung. Gründe dafür sind die offene Bauweise des KKB-Containments und die Tatsache, dass die Stahldruckschale des Containments Deflagrationen von bis zu 400 kg Wasserstoff standhält.

Die 400 kg Wasserstoff entsprechen einer Zirkoniumoxidation von 75 % des Reaktorkerns und stellen damit eine konservative obere Schranke für die Phase innerhalb des RDB dar, da gemäss den aktuellen MELCOR-Rechnungen deutlich geringere Wasserstoffmengen in der „in-vessel“-Phase freigesetzt werden und die PAR bereits auch in dieser Phase Wasserstoff abbauen. Ferner sind die 7 PAR des KKB explizit auch für die Rekombination von CO ausgelegt. Insgesamt gewährt das PAR-Konzept des KKB einen hohen Schutz der Containmentintegrität bei schweren Reaktorunfällen.

Für die PAR wurden Fragility-Berechnungen durchgeführt und dabei HCLPF-Spektralbeschleunigungskapazitäten von 1,04 g ermittelt. Dies liegt über der SSE-Gefährdung nach dem PRP-IH von 0,348 g.

ENSI-Stellungnahme

Das KKB-Sicherheitskonzept, die Masse von Wasserstoffäquivalenten im Containment auf 400 kg zu begrenzen, wurde auf Basis von systematischen Berechnungen entwickelt. Das Konzept wurde durch die neu durchgeführten Untersuchungen zu lokalen Verbrennungen bestätigt. Ferner beinhaltet die für das Sicherheitskonzept herangezogene Masse an Wasserstoffäquivalenten bereits eine gewisse Sicherheitsmarge. Allerdings ist das ENSI der Meinung, dass es heute üblich ist, grossräumige Deflagrationen möglichst zu vermeiden. Aus Sicht des ENSI ist es deshalb angemessen, die Gefährdung durch Wasserstoffverbrennungen weiter zu reduzieren. So können einerseits die Zeitfenster verkürzt werden, in denen eine Wasserstoffverbrennung auftreten kann, andererseits kann, solange noch Sauerstoff vorhanden ist, die Kohlenmonoxidkonzentration in der Langzeitphase stärker reduziert werden. Mit einer Erhöhung der Wasserstoffabbaukapazität kann so die Sicherheitsmarge vergrössert werden.

Die Fragilityanalyse der PAR entspricht im Allgemeinen dem Stand der Technik. Da bei der Aufstellung der verwendeten Etagenantwortspektren auf ein 1 g-pga-SSE normiert wurde, bei der Berechnung für die Rekombinatoren jedoch eine SSE-Beschleunigung von 1,1 g-pga angesetzt wurde, wird deren Kapazität um 10 % überschätzt. Auf die Schlussfolgerung hat das keinen Einfluss. Die Kapazität der PAR liegt über der relevanten Gefährdung nach PRP-IH.

Forderung

Das KKB hat für jeden Block die Wasserstoffabbaukapazität durch PAR zu erhöhen. Die entsprechenden Unterlagen für eine Hierarchie 1 Freigabe sind bis zum 31.12.2015 einzureichen.



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

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. Es ist zu prüfen, ob die Unfallbegrenzungs-Richtlinie UR-R-CA-6 anzupassen ist.*
- 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 Containmentdruckentlastungspfades 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. Zu diesem Zweck existiert im KKB die Unfallbegrenzungs-Richtlinie UR-R-CA-6. Allerdings geht aus dieser Unfallbegrenzungs-Richtlinie nicht explizit hervor, ob alle oben erwähnten Punkte berücksichtigt wurden.“

Angaben des Betreibers

Anhand von drei Störfallszenarien (Leistungs- und Nichtleistungsbetrieb) berechnet das KKB die Wasserstoffleckagen in relevante angrenzende Räume und bestimmt die dort resultierenden maximalen Wasserstoffkonzentrationen. Die Analysen zeigen, dass keine zündfähigen Gemische erreicht werden und somit eine Gefährdung des Ringraums oder der angrenzenden Nebengebäude durch Wasserstoffleckagen ausgeschlossen werden kann. Das Fukushima-Szenario, bei dem Wasserstoff über das gemeinsame Lüftungssystem von einem Reaktorblock in den benachbarten Reaktorblock gelangte, ist



Klassifizierung:
Betreff:

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

nicht auf das KKB übertragbar, da die Lüftungssysteme beider Blöcke mit Ausnahme des Maschinenhauses vollständig getrennt sind.

Im KKB sind alle Leitungen, welche mit der Containmentatmosphäre, dem Containmentsumpf oder dem Primärkreis in Verbindung stehen, mit mindestens zwei automatischen Isolationsarmaturen ausgestattet. Sollten dennoch Durchdringungen unisoliert bleiben, könnte Wasserstoff aus dem Containment in verschiedene angrenzende Gebäude austreten. Allerdings stellt in einem solchen Fall die Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus dem Containment für den Einsatz von Ausrüstungen im Rahmen des Accident Management die weit grössere Beeinträchtigung dar als eine mögliche Wasserstoffdeflagration. Die vorhandenen Strategien des Accident Management (Betrieb der Containment-Umluftkühler, Containmentsprühung und der gefilterten Containmentdruckentlastung) sind auch in diesen Fällen geeignet, die Freisetzung zu reduzieren.

Das System der gefilterten Druckentlastung des KKB ist explizit gegen eine Wasserstoffdeflagration innerhalb des Systems ausgelegt. Dabei ist eine konservative Wasserstoffmenge von 400 kg, welche innerhalb des Containments homogen verteilt ist, als Auslegungsgrösse für das System der gefilterten Druckentlastung angenommen worden. In diesem für einen Druck von 6 bar absolut ausgelegtem System ist primär der Wäscher bezüglich einer Wasserstoffdeflagration relevant, da in der Anfangsphase des Druckentlastungsvorgangs der Wasserdampf im kalten Wasser kondensiert, wodurch die Konzentrationen von Wasserstoff und Sauerstoff gegenüber der Containmentatmosphäre deutlich erhöht werden. Eine Detonation ist aufgrund der Gemischzusammensetzung allerdings nicht möglich. Die resultierende Druckspitze bei einer Wasserstoffdeflagration innerhalb des Wäschers liegt mit 5,1 bar absolut unterhalb der Auslegung. Die aus einer Kernschmelze-Beton-Wechselwirkung produzierte Kohlenstoffmonoxidmenge wird in eine äquivalente Menge Wasserstoff umgerechnet und bei den Analysen berücksichtigt.

Die Richtlinie UR-R-CA-6 berücksichtigt alle notwendigen Informationen zur gefilterten Containmentdruckentlastung und es gibt aus heutiger Sicht keine Veranlassung, an dieser grafischen Entscheidungshilfe etwas zu ändern.

ENSI-Stellungnahme

Aus Sicht des ENSI sind die geforderten Analysen systematisch durchgeführt worden. Bei der Analyse zur Wasserstoffbeherrschung bei der Druckentlastung wurde allerdings nicht untersucht, ob aufgrund einer Flammbeschleunigung eine Deflagration in eine Detonation (DDT) übergehen könnte. Diese Untersuchung ist, unter Berücksichtigung der zusätzlichen Wasserstoffabbaukapazität, noch durchzuführen.

Betreffend Wasserstoffleckagen in relevante ans Containment angrenzende Räume konnte das KKB basierend auf Rechnungen zu auslegungsüberschreitenden Szenarien zeigen, dass dadurch keine zündfähigen Gemische erreicht werden. Da bei diesen Rechnungen keine Operateurhandlungen zur Begrenzung des Containmentdrucks berücksichtigt werden, sind sie konservativ bezüglich des Druckverlaufs im Containment. Höhere Wasserstoffkonzentrationen in den angrenzenden Räumen sind nur bei grösseren, auslegungsüberschreitenden Leckagen denkbar. Im Rahmen des Accident Managements soll deshalb überprüft werden, ob Gegenmassnahmen zur Erhöhung der Sicherheitsmargen möglich sind.

Das ENSI wird die oben aufgeworfenen Fragen im Rahmen der Stellungnahme zur laufenden PSÜ weiterverfolgen.



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 Auslegung des gesamten Containmentdruckentlastungspfads

Verfügungstext

Die Auslegung des gesamten Containmentdruckentlastungspfads bis zur Abgabe an die Umgebung ist zu überprüfen. Dabei sind die Erdbebenfestigkeiten (gemäss der aktuellen Erdbebengefährdung) der verschiedenen Komponenten und Leitungen zu beachten.

Angaben des Betreibers

Die Erdbebenfestigkeit des Containmentdruckentlastungspfads hat eine HCLPF-PGA-Kapazität von 0,85 g, was über der Gefährdung nach PRP-IH von 0,348 g liegt /3/, /4/.

ENSI-Stellungnahme

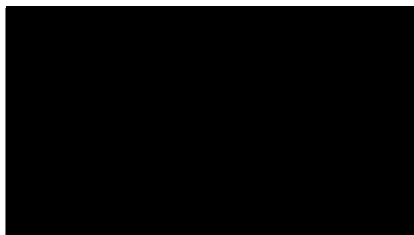
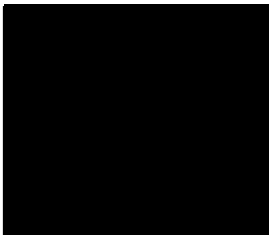
Die Bestimmung der Fragilities für den Containmentdruckentlastungspfad wird nicht beanstandet. Die Kapazität liegt über der relevanten Gefährdung nach PRP-IH.

1.6 Zusammenfassung

Die vom ENSI mit der Verfügung /1/ geforderten Analysen wurden vom KKB eingereicht und vom ENSI geprüft. Es ergibt sich die unter Kap. 1.3. genannte Forderung, welche in einem neuen Geschäft weiterverfolgt wird. Das Geschäft 14/13/003 wird geschlossen.

Freundliche Grüsse

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI





Klassifizierung:
Betreff:

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

Referenzen

- /1/ ENSI-Verfügung vom 22.4.2013, „Verfügung: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen“
- /2/ KKB-Brief (KBR-B 021/511 ri/smk) vom 30. Juni 2014, „Kernkraftwerk Beznau, Schutz gegen Wasserstoffverbrennungen, Schlussbericht“
- /3/ Intermediate Seismic Hazard (Mai 2011): Evaluation of an intermediate seismic hazard for the existing Swiss nuclear power plants, swissnuclear - Nuclear Energy Section of swisselectric, Olten, 27.6.2011, KKB 213D0028
- /4/ Intermediate Soil Hazards Results for Beznau - July 2011, Interoil E&P Switzerland AG, Bericht 1011-TA0387, Zürich, Juli 2011, KKB 213D0027
- /5/ Flame Acceleration and Deflagration-to-Detonation Transition in Nuclear Safety, State of the Art Report, NEA/CSNI/R(2000)7
- /6/ IAEA Safety Guide No. NS-G-2.15, Severe Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants, 2009