



ENSI, CH-5200 Brugg

Einschreiben

BKW FMB ENERGIE AG
Kernkraftwerk Mühleberg
3203 Mühleberg

Ihr Zeichen:

Unser Zeichen: [REDACTED] - 10KEX.AP13FUKU5; 11/13/006

Sachbearbeiter: [REDACTED]

Brugg, 22. April 2013

Verfügung: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

Sehr geehrte Damen und Herren

Die Aufarbeitung der kerntechnischen Unfälle in Fukushima zeigt, dass in den Schweizer Kernkraftwerken einige Punkte bezüglich Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen noch genauer und detaillierter zu untersuchen und, wo notwendig, Massnahmen zu treffen sind (1/1, 1/2, 1/3/ und 1/4/). Die bereits im Rahmen der Schwerpunktinspektion zur Containmentdruckentlastung und der Verfügung vom 5.5.2011 1/5/ erhobenen Forderungen betreffend Containmentdruckentlastung und Schutz gegen Wasserstoffexplosionen und –deflagrationen im Bereich der Brennelementbecken werden hier nicht behandelt. Die vorliegende Verfügung behandelt ausschliesslich die Vorsorge gegen auslegungsüberschreitende Störfälle und steht damit nicht im Zusammenhang mit der Ausserbetriebnahmeverordnung des UVEK (SR 732.114.5).

1. Erwägungen des ENSI

Nachfolgend geht das ENSI auf die in (1/1, 1/2, 1/3/ und 1/4/) festgehaltenen offenen Punkte betreffend gefilterter Containmentdruckentlastung und Beherrschung von Wasserstoffverbrennungen ein.

- 1.1. Eine wichtige Information bei einem schweren Unfall ist die im Containment vorhandene Wasserstoffkonzentration. Diese Information wird unter anderem für die SAMG verwendet. Bei einem schweren Unfall kann nicht mehr davon ausgegangen werden, dass der Hauptkommandoraum und die nicht notstandgesicherten Systeme zur Verfügung stehen, was die Verfügbarkeit der Wasserstoffkonzentrationsmessungen beeinträchtigen kann. Aus Sicht des ENSI wurde diesem Punkt bis anhin nicht die notwendige Bedeutung zugemessen. Um die Zusammensetzung der Containmentatmosphäre genauer bestimmen zu können, ist möglicherweise auch eine Sauer-



Verfügung: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

Klassifizierung: keine

stoffmessung erforderlich. Dies könnte allenfalls eine exaktere Beurteilung der Entflammbarkeit der Containmentatmosphäre ermöglichen.

- 1.2. 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 /6/, 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.

- 1.3. 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.
- 1.4. Ist das Primärcontainment bei schweren Unfällen undicht, beziehungsweise sind Isolationsarmaturen nicht geschlossen, kann Wasserstoff aus dem Primärcontainment in andere Anlagenbereiche gelangen und dort allenfalls eine zündfähige Konzentration erreichen. Aus Sicht des ENSI wurde dieser Punkt bis anhin nicht genügend analysiert.
- 1.5. 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. Entsprechende Analysen liegen nicht umfassend vor.
- 1.6. Die Leitungen des Containmentdruckentlastungssystems führen aus dem Containment durch das Reaktorgebäude in die Umgebung. Sollten die entsprechenden Rohrleitungen oder Behälter im Reaktorgebäude undicht werden oder versagen, könnte Wasserstoff austreten und schliesslich explodieren. Da im Reaktorgebäude Sicherheitssysteme und Rohrleitungen untergebracht sind, bedarf es einer robusten Auslegung des Containmentdruckentlastungssystems. Eine systematische Dokumentation hierzu fehlt.



2. Entscheid

Auf Basis der oben dargelegten Erwägungen verfügt das ENSI gestützt auf Art. 36 der Kernenergieverordnung (SR 732.11), dass die nachfolgend aufgeführten Untersuchungen durchgeführt werden und dem ENSI bis Ende November 2013 ein Zwischenbericht einzureichen ist, der den Stand der Abklärungen zu den einzelnen Punkten bzw. soweit vorliegend, die Ergebnisse technischer Abklärungen darlegt. Der abschliessende Bericht ist dem ENSI bis Ende Juni 2014 einzureichen (Geschäftsnummer 11/13/006).

- 2.1. 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.
- 2.2. Es ist zu überprüfen, ob die in den Erwägungen unter 1.2 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.
- 2.3. Betreffend die Verbreitung von Wasserstoff ausserhalb des Primärcontainments sind die nachfolgend aufgelisteten Punkte zu analysieren. Wo relevant ist auch Kohlenmonoxid zu berücksichtigen.
 - 2.3.1. Wo und wie Wasserstoff aus dem Containment in das Reaktorgebäude 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.
 - 2.3.2. 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 und 1.5 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.
 - 2.3.3. Welche Gefährdungen sich daraus ergeben und durch welche Massnahmen diese gegebenenfalls beherrscht werden können. Insbesondere ist das Verfahren zum Abbau des Wasserstoffs aus dem Containment darzulegen.



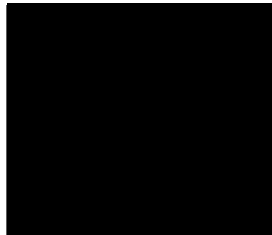
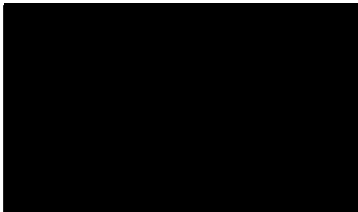
Verfügung: Überprüfung der gefilterten Containmentdruckentlastung und des Schutzes gegen Wasserstoffverbrennungen bei schweren Unfällen

Klassifizierung: keine

2.4. 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.

Freundliche Grüsse

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI



Rechtsmittelbelehrung

Gegen diese Verfügung kann innert 30 Tagen seit Zustellung Beschwerde erhoben werden. Die Beschwerde ist beim Bundesverwaltungsgericht, Postfach, 9023 St. Gallen, einzureichen. Die Frist steht still:

- a) vom 7. Tag vor Ostern bis und mit dem 7. Tag nach Ostern;
- b) vom 15. Juli bis und mit dem 15. August;
- c) vom 18. Dezember bis und mit dem 2. Januar.

Die Beschwerde ist mindestens im Doppel einzureichen und hat die Begehren, deren Begründung mit Angabe der Beweismittel und die Unterschrift des Beschwerdeführers oder seines Vertreters zu enthalten. Die Ausfertigung der angefochtenen Verfügung (oder eine Fotokopie) und die als Beweismittel angerufenen Urkunden sind beizulegen, soweit der Beschwerdeführer sie in Händen hat.

Referenzen:

- /1/ Lessons Learned und Prüfpunkte aus den kerntechnischen Unfällen in Fukushima, ENSI-AN-7746, Oktober 2011
- /2/ EU Stresstest, Swiss National Report, ENSI Review of the operators' reports, ENSI-AN-7798, December 2011
- /3/ Reaktorkatastrophe in Fukushima, Folgemaassnahmen in der Schweiz, KNS-AN-2435, März 2012
- /4/ Peer Review report on EU Stress Tests for Switzerland, ENSREG, April 2012
- /5/ ENSI-Brief vom 5.5.2011 an KKW: Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht vom 31.3.2011 (3. Verfügung an die Kernkraftwerke)
- /6/ Flame Acceleration and Deflagration-to-Detonation Transition in Nuclear Safety, State of the Art Report, NEA/CSNI/R(2000)7