



Aktennotiz

Datum: 29.01.2021

Seiten: 40

Anhänge: -

Beilagen: -

Verteiler intern:

Verteiler extern:

Sachbearbeiter:

Visum

Visum Vorgesetzte

Klassifizierung keine
Aktenzeichen 14KEX.SEG15, 14/19/001
Referenz ENSI 14/2951

Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbeben- nachweisen des KKB



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Veranlassung und Gegenstand | 3 |
| 2 | Bewertung der Gefährdungsannahmen | 4 |
| | 2.1 Erdbebengefährdung | 4 |
| | 2.2 Gefährdung Erdbeben in Kombination mit Hochwasser | 7 |
| 3 | Methodik zur Überprüfung der Erdbebenauslegung | 9 |
| | 3.1 Methodische Vorgaben | 9 |
| | 3.2 Prüfverfahren des ENSI | 11 |
| | 3.3 Nachweisführung durch den Betreiber | 12 |
| 4 | Erdbebennachweis für die Kernkühlung | 15 |
| | 4.1 Erforderliche Bauwerke und Systeme | 15 |
| | 4.2 Erdbebengefährdung für die Bauwerke und Ausrüstungen | 19 |
| | 4.3 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Ausrüstungen | 20 |
| | 4.3.1 Bauwerke | 20 |
| | 4.3.2 Mechanische und elektrische Ausrüstungen | 22 |
| | 4.4 Radiologische Auswirkungen | 23 |
| 5 | Erdbebennachweis für die Brennelementbeckenkühlung | 25 |
| | 5.1 Erforderliche Bauwerke und Systeme | 25 |
| | 5.2 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Systeme | 26 |
| | 5.3 Radiologische Auswirkungen | 27 |
| 6 | Nachweis Kombination von Erdbeben und Hochwasser | 28 |
| 7 | Zusammenfassung und Schlussfolgerung | 29 |
| | 7.1 Zusammenfassung | 29 |
| | 7.2 Schlussfolgerung | 31 |
| 8 | Referenzen | 32 |



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

1 Veranlassung und Gegenstand

Mit der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ legte das ENSI unter der Dispositivziffer 1 fest, dass für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke neu die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 gelten. Mit Forderung 2.A in /71/ verlangte das ENSI vom KKB das mit Brief vom 31. Oktober 2016 /99/ eingereichte Konzept zur Erarbeitung der vom ENSI verlangten Sicherheitsnachweise hinsichtlich der neuen Erdbebengefährdung ENSI-2015. Das Konzept wurde vom ENSI mit Stellungnahme vom 10. Juli 2017 /94/ bewertet. Mit den Forderungen 2.B und 3 in /71/ verfügte das ENSI, dass das KKB unter Berücksichtigung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 die nach Fukushima durchgeführten Erdbebennachweise zu aktualisieren und die Etagenantwortspektren neu zu berechnen hat.

Forderung 2.B) aus der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/:

Auf den 21. Dezember 2018 sind die nach Fukushima vom ENSI verlangten Nachweise «Erdbeben» (Abschnitt 3.1) /95/ und «Kombination von Erdbeben und Hochwasser» (Abschnitt 3.3) /95/ zu aktualisieren. Die Nachweise sind für den Betriebszustand «Leistungsbetrieb» zu führen. Die Vorgabe B entfällt, falls innerhalb der Frist der Vorgabe B die Vorgaben C bis E unter Mitberücksichtigung des Betriebszustands «Leistungsbetrieb» erfüllt werden.

Forderung 3. aus der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/:

Die Kraftwerkspraxis und die Freigabeanträge sind auf die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 abzustellen, sobald neue qualitätsgesicherte auf den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 basierende Etagenantwortspektren verfügbar sind. Die Etagenantwortspektren sind dem ENSI auf den 21. Dezember 2018 einzureichen und treten in Kraft, sobald sie vom ENSI geprüft und akzeptiert sind. Zuvor sind absehbare Auswirkungen der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 angemessen zu berücksichtigen.

In seiner Verfügung /71/ stützte sich das ENSI auf den Art. 22 Abs. 2 des Kernenergiegesetzes /123/ ab, wonach der Bewilligungsinhaber während der ganzen Lebensdauer der Kernanlage unter anderem Nachprüfungen und systematische Sicherheitsbewertungen durchzuführen hat. Zusätzlich gilt gemäss Art. 13 der Verordnung über die Gefährdungsannahmen /124/, dass der Bewilligungsinhaber die deterministische Störfallanalyse und die probabilistische Sicherheitsanalyse durchzuführen und das Risiko zu bewerten hat, sobald neue Gefährdungsannahmen vorliegen.

Gegenstand dieser Stellungnahme sind die aktualisierten Fukushima-Nachweise des KKB gemäss Forderung 2.B aus der Verfügung /71/. Diesbezüglich reichte das KKB mit Brief vom 21. Dezember 2018 /1/ termingerecht die Unterlagen /2/ bis /70/ ein. Mit Stellungnahme vom 30. April 2019 /101/ gab das ENSI die Ergebnisse der Grobprüfung für die vom KKB eingereichten Dokumente /2/ bis /70/ bekannt.

Mit Brief vom 18. Juni 2019 /110/ hat das KKB die korrigierten Etagenantwortspektren (EAS) der Notstromdieselgebäude /111/ nachgereicht.

Zur Erfüllung der Forderungen 4 bis 10 aus den Grobprüfungsergebnissen /101/ reichte das KKB mit Brief vom 29. Mai 2019 /102/ die Unterlagen /103/ bis /109/ ein. Zur Erfüllung der Forderung 11 verwies das KKB im Brief vom 28. Juni 2019 /132/ auf den Bericht TM-511-RN19029, welcher mit Brief vom 28. Juni 2019 /133/ eingereicht wurde. Zur Erfüllung der Forderung 3 aus /101/ wurde mit dem KKB am 2. Oktober 2019 ein Fachgespräch /131/ geführt. Zur Diskussion der Forderungen 1, 2 und 12 fand ein Fachgespräch am 24. Juni 2019 /134/ statt. Mit Schreiben der Axpo vom 20. Dezember 2019 wurden die Unterlagen /135/ zu den Forderungen 1 und 2, der Unterlage /119/ zur Dispositivziffer 1, der Unterlagen /113/ und /136/ zur Forderung 2 sowie der Unterlage /114/ zur Forderung 12 eingereicht.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Die Erfüllung der Forderungen aus der Grobprüfung /101/ ist ebenfalls Gegenstand dieser Stellungnahme.

Die vom KKB eingereichten Etagenantwortspektren (EAS) gemäss Forderung 3 aus der Verfügung /71/ wurden vom ENSI bereits geprüft und mit Stellungnahme vom 28. Februar 2020 beurteilt /112/. Zur Information wird die Berechnung der EAS sowie deren Überprüfung durch das ENSI im Kapitel 4.2 dieser Stellungnahme verkürzt wiedergegeben.

Im Zusammenhang mit der Aktualisierung der Fukushima-Nachweise wurde am 30. Januar 2020 eine ENSI-Inspektion zur Erdbebensicherheit /129/ durchgeführt.

2 Bewertung der Gefährdungsannahmen

2.1 Erdbebengefährdung

Ausgangslage

In Anbetracht der fortwährenden Entwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik verlangte das ENSI im Jahre 1999 von den Kernkraftwerksbetreibern, die Erdbebengefährdung nach dem aktuellsten Stand der methodischen Grundlagen neu zu berechnen. Zur Umsetzung der Forderung des ENSI gaben die Kernkraftwerksbetreiber das Projekt PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) in Auftrag. In Anlehnung an eine in den USA neu entwickelte Methode wurde in diesem Projekt die Erdbebengefährdung unter umfassender Berücksichtigung des Kenntnisstandes der internationalen Fachwelt ermittelt. Dazu wurden Fachleute von erdwissenschaftlichen und unabhängigen fachtechnischen Organisationen aus dem In- und Ausland beigezogen. Mit dem Projekt PEGASOS betrat die Schweiz Neuland.

Das Projekt wurde vom ENSI von Anfang an mit einem Expertenteam überprüft. Das ENSI kam zum Schluss, dass mit dem Projekt PEGASOS die methodischen Vorgaben erfüllt wurden und dass hinsichtlich der Qualitätssicherung sowie der Erweiterung der Methode auf die Charakterisierung des Standorteinflusses sogar ein neuer Stand der Technik erzielt wurde. Doch stellte das ENSI auch fest, dass die in den PEGASOS-Ergebnissen ausgewiesene Bandbreite der Unsicherheiten recht gross war und durch weitere Untersuchungen verkleinert werden könnte.

Mit dem Ziel, die Unschärfe der PEGASOS-Ergebnisse zu reduzieren, starteten die Kernkraftwerksbetreiber im Jahr 2008 das von der Swissnuclear geleitete «PEGASOS Refinement Project» (PRP). Das PRP berücksichtigte neu vorliegende Erkenntnisse aus der Erdbebenforschung und die Resultate aus neuen Messungen der seismologischen Bodenkennwerte an den Kernkraftwerkstandorten. Ende 2013 reichte die Swissnuclear dem ENSI den Schlussbericht zum PRP ein.

Infolge des schweren Seebebens vor Japan vom 11. März 2011 und den katastrophalen Auswirkungen auf das Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi verfügte das ENSI am 18. März 2011 /122/, dass das KKB die Sicherheit bezüglich Erdbeben sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser erneut nachzuweisen hat. In seinen Verfügungen /122/ und /95/ stütze sich das ENSI auf den Art. 2 Abs. 1 Bst. d der Verordnung für die vorläufige Ausserbetriebnahme /125/, wonach der Bewilligungsinhaber die Auslegung des Kernkraftwerks unverzüglich zu überprüfen habe, wenn dies die Aufsichtsbehörde anordnet sowie auf den inzwischen gestrichenen Art. 3 der damaligen Fassung der Verordnung /125/, wonach das Kernkraftwerk vorläufig ausser Betrieb zu nehmen sei, wenn die Dosiswerte nach Strahlenschutzverordnung nicht eingehalten werden. Anstelle des erwähnten Art. 3 aus /125/ gilt heute der Art. 44,



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Abs. 1 Bst. a der Kernenergieverordnung /126/, wonach die Dosis von 100 mSv bei einem Störfall nicht überschritten werden darf. Da sich der Art. 2 und der damalige Art. 3 der Verordnung /125/ nur auf die Kernkühlung einschliesslich Integrität des Primärkreislaufs und des Containments bezieht, forderte das ENSI in seiner Verfügung vom 5. Mai 2011 /127/, dass das KKB zusätzlich zur Kernkühlung auch die Auslegung der Brennelementlagerbecken, -gebäude sowie -kühlsysteme zu überprüfen hat. Die vom KKB mit Briefen /96/ und /97/ in den Jahren 2011 und 2012 eingereichten ursprünglichen Fukushima-Nachweise wurden vom ENSI mit der Stellungnahme vom 9. Juli 2012 /98/ beurteilt.

Die zur Nachweisführung erforderlichen, in der Folge als «PRP Intermediate Hazard» (PRP-IH) bezeichneten, seismischen Gefährdungsannahmen waren laut der Verfügung vom 1. April 2011 /95/ auf der Grundlage der im PRP bereits erhobenen Standortdaten und des neuen Erdbebenkatalogs des Schweizerischen Erdbebendienstes zu ermitteln.

Die Prüfung des PRP durch das ENSI zeigte, dass insgesamt bedeutende Weiterentwicklungen erzielt wurden und das Projekt hinsichtlich der Bearbeitung der hauptsächlichen Projektschwerpunkte, der Verfeinerung der Teilprojekte 2 (Erschütterungsausbreitung) und 3 (Baugrundeinfluss am Standort), einen bedeutenden Fortschritt darstellte. Im Teilprojekt 1 (Charakterisierung der Erdbebenherde) wurden zwar ebenfalls Fortschritte erzielt, es gelang jedoch nicht mehr, die vom ENSI bereits im Verlauf des Projekts, insbesondere in Bezug auf die Bearbeitungstiefe geäusserten Vorbehalte zu beseitigen.

Im Juli 2015 initiierte das ENSI eigene Berechnungen, wobei im Rechenmodell des PRP die nicht akzeptierte Modellierung zum Teilprojekt 1 (sicherheitsgerichtet) durch jene des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED) ersetzt wurde. Die für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke derart erzielten Erdbebengefährdungsergebnisse wurden unter der Bezeichnung «Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015» per Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ in Kraft gesetzt.

Angaben des Betreibers

Gemäss der Verfügung des ENSI /71/ sind die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 als Grundlage für den Erdbebennachweis zu verwenden. Die Ergebnisse der Studie sind in /6/ dokumentiert und umfassen für das KKB:

- Probabilistische Gefährdungskurven (Überschreitungshäufigkeit vs. horizontale Spektralbeschleunigung SA und analog für vertikale Spektralbeschleunigungen) für die Frequenzen 1 Hz, 2,5 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 33 Hz, 50 Hz und 100 Hz für Standortoberfläche, Fels und Fundamentniveau des Reaktorgebäudes bei 5 % Dämpfung.
- Gefährdungskonsistente Antwortspektren (UHS – Uniform Hazard Spectra, Horizontalbeschleunigung) für die Überschreitungshäufigkeiten $10^{-3}/a$, $10^{-4}/a$, $10^{-5}/a$, $10^{-6}/a$ und $10^{-7}/a$, für Standortoberfläche, Fels und Fundamentniveau des Reaktorgebäudes (Mittelwerte und die Quantile 5 %, 16 %, 50 %, 84 % und 95 %) und analog für vertikale Beschleunigungen bei 5 % Dämpfung.
- Bestimmung des Gefährdungshintergrunds mittels Deaggregation der Ergebnisse in Form einer diskreten trivariaten Wahrscheinlichkeitsverteilung mit den Variablen Magnitude M, Distanz zum Standort D und die Zahl der Standortabweichungen oberhalb des Medians der Unsicherheitsverteilung der aleatorischen Variabilität ϵ der magnitudenabhängigen Bodenbeschleunigung.



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:
Datum / Sachbearbeiter:

keine
14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB

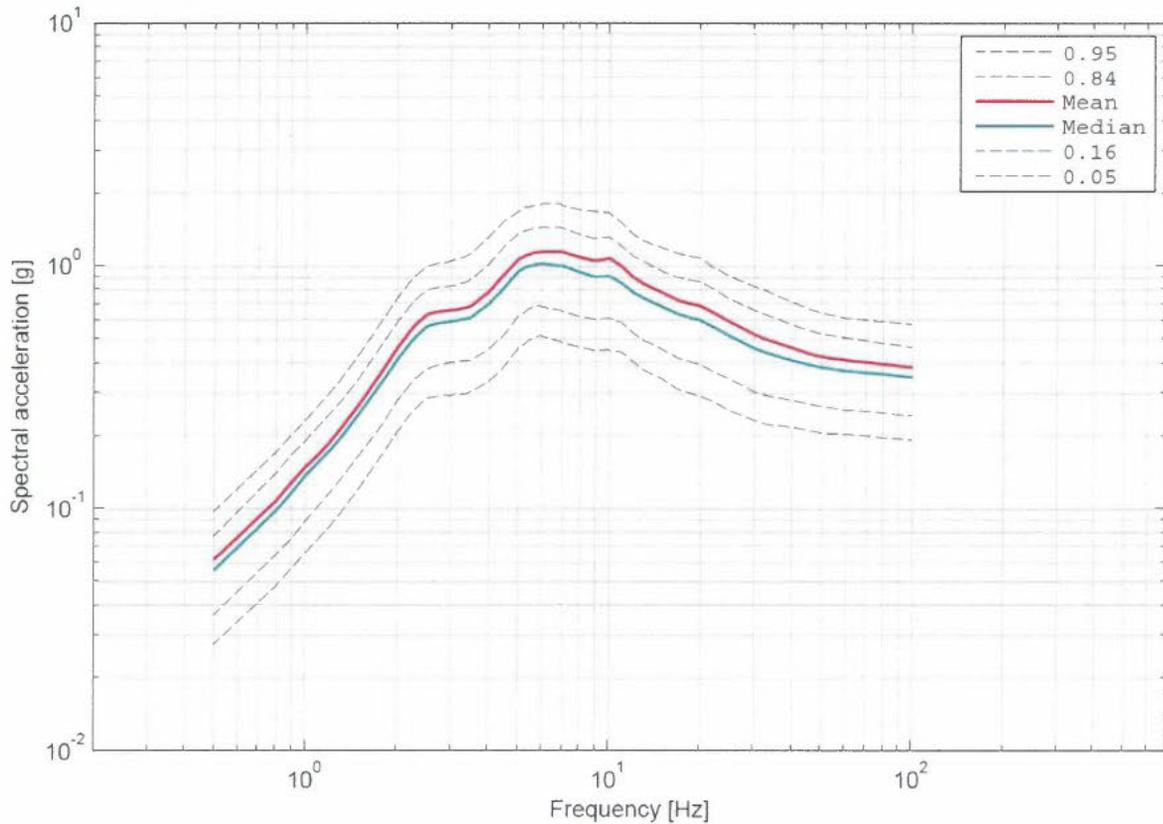


Abbildung 1: ENSI-2015 gefährdungskonsistentes Spektrum (UHS), Standortoberfläche $10^{-4}/a$, Dämpfung 5 %, (mean PGA=0,383 g) aus /6/

Als Nachweiserdbeben für die Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise dient das mittlere (mean) Antwortspektrum (Uniform Hazard Spectrum UHS) des 10'000-jährlichen Erdbebens aus der Gefährdungsstudie ENSI-2015 /6/ an der Terrainoberfläche am Standort des KKB (Abbildung 1). In der Abbildung 2 werden die Mean-UHS für eine Überschreitungshäufigkeit von $10^{-4}/a$ der Gefährdungsstudien PRP-IH und ENSI-2015 auf Terrainoberfläche miteinander verglichen. In dem für Gebäude relevanten Frequenzbereich zwischen 2 bis 10 Hz sind das PRP-IH- und das ENSI-2015-Spektrum ähnlich, wobei die Beschleunigungen des ENSI-2015-Spektrums teilweise bis zu 10 % höher liegen als die entsprechenden Beschleunigungen des PRP-IH-Spektrums. Ab 10 Hz sind die Beschleunigungen des PRP-IH-Spektrums überwiegend höher als jene des ENSI-2015-Spektrums. Die maximale Bodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration PGA) aus PRP-IH liegt bei 0,348 g, die PGA aus ENSI-2015 beträgt 0,383 g. Sämtliche Erdbebenfestigkeiten (Fragilities) beziehen sich auf das verwendete Nachweiserdbeben der Störfallkategorie 3 (NESK 3) mit der PGA von 0,383 g.



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:
Datum / Sachbearbeiter:

keine
14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB

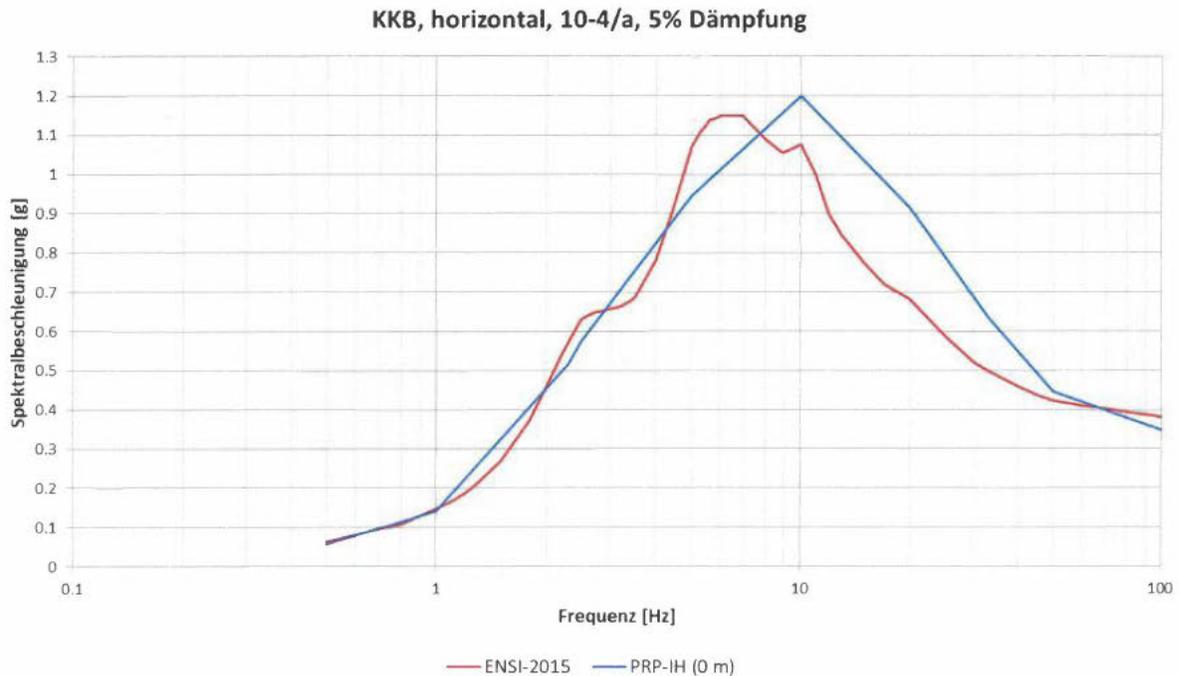


Abbildung 2: Vergleich mean UHS 10⁻⁴ /a für PRP-IH (±0 m, Freifeld) und ENSI-2015 (±0 m, Freifeld)

Beurteilung des ENSI

Mit Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ legte das ENSI die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 als neue Erdbebengefährdungsannahmen für das KKB fest. Das vom KKB in seinen Berechnungen zugrunde gelegte Erdbebenantwortspektrum entspricht dem UHS für eine Überschreitungshäufigkeit von 10⁻⁴/a auf der Terrainoberfläche aus der Erdbebengefährdung ENSI-2015. Das KKB erfüllt im Rahmen der Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise somit die Vorgabe gemäss Dispositivziffer 1 aus der Verfügung /71/. Das KKB verwendet für seine Gebäudeanalysen das für die Terrainoberfläche gültige Antwortspektrum statt dem üblicherweise verwendeten UHS auf Fundamentniveau des Reaktorgebäudes. Dieses Vorgehen beurteilt das ENSI als akzeptierbar, da das UHS auf Terrainkote in etwa jenem auf Fundamentniveau des Reaktorgebäudes entspricht.

Insgesamt beurteilt das ENSI die vom KKB verwendete Erdbebengefährdung als korrekt und der aus der Erdbebengefährdung ENSI-2015 abgeleitete Wert von 0,383 g (PGA) ist als Nachweiskriterium für die Beurteilung der Erdbebensicherheit geeignet.

2.2 Gefährdung Erdbeben in Kombination mit Hochwasser

Die Beherrschung der Kombination von Erdbeben und dem durch das Erdbeben potentiell ausgelöste Versagen der Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerks kann gemäss Verfügung vom 1. April 2011 /95/ auf zwei verschiedene Arten geführt werden. Bei der Variante 1 ist für alle Stauanlagen, welche die Kernkraftwerke potenziell gefährden können, deterministisch nachzuweisen, dass bei einem 10'000-jährlichen Erdbeben eine unkontrollierte Wasserabgabe ausgeschlossen werden kann. Bei Variante 2, bei der bei einem 10'000-jährlichen Erdbeben ein unkontrollierter Wasserabfluss deterministisch nicht ausgeschlossen werden kann, ist der deterministische Nachweis für die Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Versagen der Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerks zu führen.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Seit dem letzten Erdbebensicherheitsnachweis, wie er im vorliegenden Bericht behandelt wird, wurde das Projekt EXAR (Extremhochwasser an Aare und Rhein) gestartet. Das Projekt EXAR wird vom BAFU (Bundesamt für Umwelt) geleitet und ist national breit abgestützt. Die Ergebnisse von EXAR lagen dem KKB für die Nachweisführung nicht vor.

Angaben des Betreibers

Das KKB geht auf den Bruch des Wehrs Wettingen sowie der Wehre Rapperswil/Auenstein und Wildegg/Brugg ein. Gemäss früher eingereichten Analysen kann von den einzelnen Wehrbrüchen einzig der Bruch des Wehrs Wettingen eine Überflutung der Insel Beznau verursachen.

Der gleichzeitige Bruch aller Wehre im Einzugsbereich des KKB führt aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten der Wellen bis zum Standort Beznau nicht zu höheren Wasserständen als der Bruch des Wehrs Wettingen alleine. Auch ein sequentieller Bruch der Wehre Rapperswil/Auenstein und Wildegg/Brugg führt nicht zu einer Überflutung der Insel.

Für das Wehr Wettingen hat das KKB die Grenztragfestigkeit untersucht. Der HCLPF-Wert beträgt PGA 0.47 g gegenüber der Anforderung beim 10'000-jährlichen Erdbeben von 0.383 g. Damit ist zu erwarten, dass beim Auslegungstörfall Erdbeben das KKB nicht überflutet wird, sofern das Epizentrum des Erdbebens nicht in der Nähe des Wehrs Wettingen liegt.

Für den Fall, dass das Wehr Wettingen doch versagen würde, geht das KKB unter Verweis auf frühere Analysen von einer Überflutungshöhe im Bereich der KKB-Gebäude von 0.11 m aus. Für die Herleitung dieser Überflutungshöhe wird angenommen, dass die Schützen des Wehrs Beznau geschlossen sind und die Turbinen des Wasserkraftwerks nicht mehr in Betrieb sind. Diese Überflutungshöhe ist mit 11 cm im Bereich der Gebäude minimal und weit unterhalb der Auslegungsfluthöhe des KKB von 1,65 m.

Das KKB weist in /3/ auch die Beherrschung der Überflutung von 0.11 m nach, legt jedoch dar, dass es diesen Störfall als auslegungsüberschreitend einstuft.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI erachtet den Nachweis der Standfestigkeit des Wehrs Wettingen als nicht erbracht, da er nicht gemäss den Vorgaben der Verfügung vom 1. April 2011 /95/ geführt wurde. Die Ausführungen zur Erdbebenfestigkeit des Wehrs Wettingen haben für das ENSI deshalb nur informativen Charakter. Aus Sicht des ENSI ist das Szenario des erdbebenbedingten Versagens des Wehrs Wettingen damit nicht auslegungsüberschreitend und es wurde nicht gezeigt, dass es in diesem Fall nicht zu einer erdbebenbedingten Überflutung kommen kann.

Die Annahme des KKB, dass es bei einem gleichzeitigen und vollständigen Bruch der Wehre Wettingen, Rapperswil-Auenstein und Wildegg-Brugg aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten der Wellen nicht zu einer relevanten Überlagerung der Abflussspitzen kommt, ist anhand der Laufzeiten, der Stauvolumina sowie der Ausbreitung der Wassermassen aus Sicht des ENSI grundsätzlich plausibel.

Dies, weil das Stauvolumen des Wehrs Wettingen deutlich grösser ist als jenes der anderen Wehre und deshalb auch bei einer Überlagerung der Flutwellen, keine deutlich grössere Überflutungshöhe zu erwarten ist.

Im Rahmen der PSA hat das KKB eine Sensitivitätsstudie erstellt, in welcher der vom Bruch der Sihl-Staumauer resultierende Wasserstand auf dem KKB Areal in Abhängigkeit des Verklauungsgrads des Wehrs Beznau ermittelt wird. Gemäss dieser Studie weist die durch den Bruch der Sihl-Staumauer erzeugte Flutwelle einen Abfluss in Beznau auf, der unter 2000 m³/s liegt. Dieser Abfluss kann durch 4



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

(von 5) Wehröffnungen abgeführt werden, ohne dass es zu einer Überflutung des KKB-Areals kommt. Bei der Worst-Case-Unterstellung der vollständigen Verklauung aller 5 Wehröffnungen bis zu einer Höhe, die keine Überströmung mehr zulässt, resultiert eine Überflutungshöhe von maximal 90 cm im Bereich der Gebäudekanten. Für den vorliegenden Nachweis ist betreffend Verklauung von der Regel «n-1»-Regel gemäss ENSI-AN-8567 auszugehen (welche diesbezüglich auf den Vorgaben des BfE beruht) /72/. Diese besagt, dass vom Ausfall des leistungsfähigsten Entlastungsorgans auszugehen ist. Somit bleiben 4 von 5 Wehröffnungen verfügbar und es kommt für dieses Szenario nicht zu einer Überflutung des KKB-Areals.

Das ENSI erachtet daher den gleichzeitigen Bruch der Wehre Wettingen, Rupperswil-Auenstein und Wildegg-Brugg als massgeblich für die maximale erdbebenbedingte Überflutung. Das Szenario führt zu einer Überflutungshöhe von 11 cm. Das ENSI geht aufgrund der erwarteten Erkenntnisse von EXAR davon aus, dass die maximale Überflutungshöhe durch den postulierten Bruch der genannten Wehre etwas höher als die angegebenen 11 cm sein wird, jedoch deutlich unterhalb der ursprünglichen Auslegungshöhe des KKB von 1.65 m liegen wird.

Weiterführende Grundlagen zur Beurteilung der Hochwassergefährdung werden im Rahmen des Projekts EXAR geschaffen. Dabei wird der Einfluss von Phänomenen wie Verklauungen, Feststofftransport und Versagen wasserbaulicher Einrichtungen auf die Überflutungsgefährdung nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik erneut bewertet.

Im Rahmen der Erfüllung der Verfügung vom 26. Mai 2016 Ziffer 2.D /71/ erwartet das ENSI zur Beurteilung der seismisch induzierten Hochwasser die Behandlung sämtlicher Punkte gemäss Kapitel 2.2.2 und 4.2.2 von /72/, die Betrachtung der Sihl-Staumauer sowie eine Verfeinerung der Behandlung der verschiedenen Wellenlaufzeiten bei gleichzeitigem Bruch der drei Stauanlagen Wettingen, Rupperswil-Auenstein und Wildegg-Brugg.

3 Methodik zur Überprüfung der Erdbebenauslegung

3.1 Methodische Vorgaben

In der Forderung 2.B aus der Verfügung /71/ verlangte das ENSI, dass die nach Fukushima vom ENSI geforderten Nachweise für Erdbeben (Abschnitt 3.1 aus der Verfügung /95/) und für die Kombination von Erdbeben und Hochwasser (Abschnitt 3.3 der Verfügung /95/) zu aktualisieren sind. Im Abschnitt 3.1 der Verfügung /95/ wurde für den Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens unter anderem festgelegt, dass:

- nur Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) mit nachgewiesener, ausreichender Festigkeit kreditiert werden dürfen;
- ein Ausfall der externen Stromversorgung zu unterstellen ist;
- die Anlage in einen sicheren Zustand überführt und für mindestens 3 Tage im sicheren Zustand gehalten werden muss ohne Zuhilfenahme externer Notfallschutzmittel;
- die Berechnung der resultierenden Dosis aufgrund der während der Dauer des Analysezeitraums emittierten radioaktiven Stoffe nach Vorgaben der Richtlinie ENSI-G14 /130/ zu erfolgen hat.

Falls ein erdbebenbedingtes Versagen von Staumauern mit dem damit verbundenen unkontrollierten Wasserabfluss im Einflussbereich des Kernkraftwerks nachweislich nicht ausgeschlossen werden kann,



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

wurde für den Nachweis der Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser (Abschnitt 3.3 der Verfügung /95/) zusätzlich zu den bereits erwähnten Randbedingungen für den Erdbebennachweis festgelegt, dass:

- ein instantanes, vollständiges Versagen der Staumauern zu unterstellen ist;
- die von der Flutwelle betroffenen Kühlwasserfassungen ausfallen;
- interne Notfallschutzmassnahmen nur kreditiert werden dürfen, falls für deren Durchführung ein genügend grosses Zeitfenster vorhanden ist und die erforderlichen Hilfsmittel auch nach dem Erdbeben und dem Versagen der Staumauern zur Verfügung stehen.

Die in der Forderung 2.B aus der Verfügung /71/ verlangte Aktualisierung der Fukushima-Nachweise bezieht sich hauptsächlich auf die Neuberechnung der Erdbebenfestigkeiten der SSK mittels Fragility-Analysen auf Grundlage der mit /71/ in Kraft gesetzten Gefährdungsannahmen ENSI-2015. Aufbauend auf den neuen Fragilities soll der Nachweis der ausreichenden Kühlung und Einhaltung des radiologischen Dosishöchstwerts von 100 mSv geführt werden. Nicht gefordert waren insbesondere:

- Nachweise für ein 1'000-jährliches Erdbeben (NESK2);
- Anwendung der Aktennotiz AN-8567 /72/ inkl. numerischer Analyse mit einem gekoppelten Gesamtmodell des Reaktorgebäudes und der druckführenden Umschliessung des Reaktorkühlsystems oder normbasierte deterministische Nachweise für eine Auswahl von Komponenten.

In der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ ist festgelegt, dass diese Aspekte vom KKB erst im Rahmen der deterministischen Störfallanalyse gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /71/ zu berücksichtigen sind.

In seiner Verfügung vom 1. April 2011 /95/ akzeptiert das ENSI, dass der deterministische Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens im Hinblick auf das Vorliegen eines Kriteriums für eine vorläufige Ausserbetriebnahme gemäss Art. 44 der Kernenergieverordnung mit Hilfe der Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) geführt werden kann.

Die Fragility beschreibt die seismisch bedingte Versagenswahrscheinlichkeit eines Gebäudes oder einer Systemkomponente in Abhängigkeit der Erdbebenanregung, wobei als Bezugsparameter z. B. die Spitzenbodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration, PGA) an der Geländeoberfläche dient. Definiert ist die Fragility in ihrer gebräuchlichen Form durch die drei Parameter A_m , β_U , β_R . Die Mediantragfähigkeit A_m entspricht dem 50 %-Fraktile der (z. B. in Funktion der PGA ausgedrückten) Belastbarkeit des Gebäudes oder der Systemkomponente. Die Unsicherheit von A_m wird durch die beiden logarithmischen Standardabweichungen repräsentiert. Diese berücksichtigen sowohl die Unsicherheit der Modellierung (epistemische Unsicherheit β_U) als auch die zufällige Variation der betrachteten Grössen (aleatorische Unsicherheit β_R).

Aus der Fragility lässt sich der HCLPF-Tragfähigkeitswert (High Confidence of Low Probability of Failure) ableiten. Beim HCLPF-Wert beträgt die Versagenswahrscheinlichkeit der SSK ca. 1 %. Der HCLPF-Tragfähigkeitswert ist ein Wert des verwendeten Erdbebenanregungs-Bezugsparameters (z. B. PGA an Geländeoberfläche). Er berechnet sich wie folgt:

$$HCLPF = A_m e^{-1.65(\beta_R + \beta_U)}$$

Anhand des HCLPF-Werts kann z. B. die Sicherheitsmarge beim 10'000-jährlichen Erdbeben (NESK3) ausgewiesen werden. Im deterministischen Sicherheitsnachweis gilt der Nachweis als erbracht, wenn der HCLPF-Tragfähigkeitswert mindestens so gross ist wie der Wert des Bodenbeschleunigungs-



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

parameters beim Nachweiserdbeben. Für das KKB liegt dieser Bodenbeschleunigungsparameter bei 0,383 g, was der maximalen Bodenbeschleunigung (PGA) des 10'000-jährlichen Erdbebens auf der Terrainoberfläche gemäss Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 entspricht.

Ein vom ENSI akzeptiertes Vorgehen zur Bestimmung der Fragilities ist in der Richtlinie ENSI-A05 /120/ dargelegt. Zusätzliche dient dem ENSI insbesondere der EPRI-Bericht /121/ aus dem Jahr 2018 als Orientierung zum aktuellen Stand der Technik. Es gilt jedoch zu beachten, dass dieser Bericht erst wenige Monate vor der Einreichung des hier geprüften Nachweises erschien.

3.2 Prüfverfahren des ENSI

In einem ersten Schritt hat das ENSI die mit Schreiben /1/ vom KKB eingereichte Dokumentation /2/ bis /70/ einer Grobprüfung unterzogen. Hierbei überprüfte das ENSI hauptsächlich die Vollständigkeit der Unterlagen und die angewendeten Methoden. Stichprobenartig wurden auch Erdbebenfestigkeiten (Fragilities) einzelner Komponenten geprüft. In seiner Stellungnahme zur Grobprüfung /101/ stellte das ENSI 12 Forderungen. Ein Teil der Forderung 3 aus /101/ betreffend Revision des Detailkonzepts /100/ ist noch offen (siehe Kapitel 3.3). Für alle übrigen Forderungen aus den Grobprüfungsergebnissen /101/ bestätigt das ENSI, dass diese erfüllt wurden. Die Dokumente zur Erfüllung dieser Forderungen hat das KKB dem ENSI mit Schreiben /102/, /132/ und /135/ eingereicht.

Bei der Prüfung der Dokumente und Daten, welche sich auf die Berechnung der Etagenantwortspektrien der Gebäude beziehen, wurde das ENSI durch externe Experten der Stangenberg und Partner Ingenieur-GmbH unterstützt. Hierbei wurden die Erdbebenzeitverläufe, die Bodenprofile, die Streubreiten der Boden- und Bauwerksparameter, die Gebäudebeanspruchungen, die Etagenantwortspektrien und für die Reaktor- und Notstandsgebäude auch die Finite-Elemente-Modelle der Gebäude im Detail und teilweise mit eigenständigen Berechnungen geprüft. Zur Überprüfung der EAS der Reaktorgebäude und der Notstandsgebäude berechneten die externen Experten des ENSI eigene deterministische EAS und verglichen diese numerisch mit den probabilistischen EAS des KKB. Die neuen EAS der übrigen klassierten Gebäude wurden mittels Quervergleichen zu den 2011/2012 berechneten EAS mit Gefährdung PRP-IH geprüft. Hierbei wurden systematische Differenzen zwischen den ENSI-2015 EAS und den PRP-IH EAS der Reaktor- und Nebengebäude berücksichtigt. Die Prüfung der neuen, mit der Gefährdung ENSI-2015 berechneten EAS fasste das ENSI in seiner Stellungnahme vom 28. Februar 2020 /112/ zusammen.

Bezüglich Vollständigkeit der vom KKB für die Nachweise berücksichtigten SSK prüfte das ENSI, ob sämtliche zur Erreichung der Schutzziele Kritikalitätskontrolle und Kernkühlung und zur Erreichung des Anlagenzustands «kalt abgestellt» erforderlichen SSK vom KKB erfasst wurden. Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 1 wurde auch geprüft, ob unter den in der Verfügung vom 5. Mai 2011 /127/ festgelegten Randbedingungen ebenfalls die Brennelement (BE)-Lagerbeckenkühlung sichergestellt ist. Hierzu bedarf es der Wärmeabfuhr aus den BE-Lagerbecken und des Erhalts der Integrität der BE-Lagerbecken.

Ebenso kontrollierte das ENSI, ob das KKB die Vorgaben gemäss Kapitel 3.1 sowie die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten hat.

Die Fragilities und die HCLPF-Werte der SSK wurden in Bezug auf folgende Aspekte stichprobenartig geprüft:

- Eignung der zur Bestimmung der Fragilitywerte verwendeten Verfahren;
- Vollständigkeit der in den Fragilityanalysen untersuchten Versagensmechanismen;



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

- Herleitung der HCLPF-Werte aus den Fragilitywerten.

Ferner wurden die Fragilityanalysen einzelner ausgewählter Komponenten vertieft überprüft. Dabei wurden die Berechnungsschritte nachvollzogen und die Plausibilität der ermittelten Fragilitywerte beurteilt.

Die deterministische Überprüfung der Fragility-Berechnungen von mechanischen Komponenten erfolgte auf der Basis von Auslegungsberechnungen oder vergleichbaren regelwerksbasierten Analysen. Durch Vergleich der ursprünglichen angesetzten Lasten und der vorhandenen Sicherheitsmargen der Spannungsnachweise mit den aus der neuen Gefährdungsannahme abgeleiteten Werten lassen sich die HCLPF-Werte unabhängig plausibilisieren.

Für die unabhängige Überprüfung der seismischen Festigkeit von elektrischen Ausrüstungen wurde auf die Resultate von Schwingungstests zurückgegriffen. Der Plausibilitätsnachweis basiert auf dem Vergleich der bei der Qualifikation in Rütteltischversuchen angesetzten Testspektren mit den neuen Etagenantwortspektren, die mit den Gefährdungsannahmen ENSI-2015 berechnet wurden. Die Prüfung einer Auswahl von Fragilities aufgrund von Auslegungsberechnungen und Testspektren war auch Thema der Inspektion vom 30. Januar 2020 /129/.

Hinsichtlich der radiologischen Analysen hat das ENSI geprüft, ob das den Ausbreitungsberechnungen zugrunde liegende Schadensbild nachvollziehbar und plausibel ist. Hierzu untersuchte das ENSI, ob die massgebenden aktivitätsführenden SSK vollständig erfasst und die Aktivitätsinventare in den SSK abdeckend bestimmt wurden. Stichprobenartig prüfte das ENSI, ob die dem Einschluss der Radioaktivität dienenden SSK über ausreichende Erdbebenfestigkeiten verfügen. Das ENSI hat eigene Ausbreitungs- und Dosisberechnungen nach Vorgaben der Richtlinie ENSI-G14 /130/ durchgeführt und diese mit den Berechnungen des KKB verglichen.

3.3 Nachweisführung durch den Betreiber

Angaben des Betreibers

Das grundsätzliche Vorgehen für die Erdbebennachweise mit Erdbebengefährdung ENSI-2015 gemäss der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ legt das KKB in seinem Konzept vom 27. Oktober 2016 /92/ fest. Das Konzept /92/ wurde vom ENSI in seiner Stellungnahme vom 10. Juli 2017 /94/ grundsätzlich positiv bewertet. Das Konzept /92/ ist nicht gemäss den einzelnen Forderungen aus der Verfügung /71/ gegliedert, sondern das KKB teilt das Gesamtpaket der Erdbebennachweise in vier fachlich begründete Teilprojekte auf.

- Im Teilprojekt 1 werden die EAS und die Fragilities der Bauwerke bearbeitet. Die Boden-Bauwerk-Interaktion (Soil Structure Interaction SSI) soll mit dem 10'000-jährlichen Erdbeben berechnet und die Ergebnisse auf das 1'000-jährliche Erdbeben skaliert werden. Als Erdbebenwirkungen auf die SSK werden die probabilistischen EAS verwendet.
- Im Teilprojekt 2 werden die probabilistischen Analysen durchgeführt, die Fragilities berechnet und die radiologischen Nachweise geführt. Die Bestimmung der für die Erdbebennachweise und für die radiologisch relevanten SSK ist ebenfalls Bestandteil des Teilprojekts 2.
- Im Teilprojekt 3 werden die deterministischen Nachweise für maschinentechnische Komponenten geführt. Das gekoppelte Gesamtmodell mit Primärkreislauf und Reaktorgebäude inkl. Baugrund gehört ebenfalls in den Verantwortungsbereich dieses Teilprojekts.
- Im Teilprojekt 4 werden die deterministischen Nachweise der elektrotechnischen Komponenten geführt. Hierzu werden Testergebnisse aus eigenen Rütteltischversuchen sowie



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Ergebnissen anderer Kraftwerksbetreiber zusammengestellt und im Hinblick auf die neuen EAS gemäss Gefährdung ENSI-2015 bewertet.

Die Aktualisierung der Fukushima-Nachweise betrifft überwiegend die Teilprojekte 1 und 2 gemäss Konzept /92/. Auf Grundlage der Gefährdungsannahmen ENSI-2015 /6/ wurden neue probabilistische EAS berechnet. Darauf aufbauend wurden die Fragilityanalysen für die SSK der Abfahrpfade und für die radiologisch relevanten SSK erneuert. Der Umfang der betrachteten SSK wurde gegenüber den Fukushima-Nachweisen von 2011/2012 mit den SSK des geschützten Teils des BX-Stranges erweitert, welcher seit Umsetzung des Projekts AUTANOVE über eigene Notstromdieselgeneratoren sowie eine eigene Wassernachspeisung aus dem Notstandsbrunnen verfügt. Die Randbedingungen der Verfügung vom 1. April 2011 (siehe Kapitel 3.1) wurden gemäss Angaben im Bericht /3/ berücksichtigt.

Für die Berechnung der EAS bestimmte das KKB in einem ersten Schritt je 30 Erdbebenzeitverläufe pro Einwirkungsrichtung, die kompatibel sind mit den Antwortspektren des 10'000-jährlichen Erdbebens gemäss ENSI-2015 auf Terrainkote des Kraftwerkstandortes (siehe Abbildungen 1 und 2). Als nächstes generierte das KKB 30 Bodenprofile, deren Streubreiten die Bodenprofile der im PEGASOS-Refinement-Project (PRP) involvierten Experten abdecken. Anschliessend führte das KKB die probabilistischen Boden-Bauwerk-Interaktionsanalysen (Soil-Structure-Interaction SSI) anhand von dreidimensionalen Gebäudemodellen durch. Pro Gebäude führte das KKB 30 Rechengänge mit zufällig gestreuten Eingangsparametern gemäss der Latin-Hypercube Samplingmethode (LHS) durch. Im letzten Schritt folgte die Berechnung der 30 probabilistischen EAS für jene Gebäudeknoten, an denen die zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens relevanten SSK befestigt sind.

Basierend auf den gemäss Gefährdung ENSI-2015 neu berechneten EAS wurden die Fragilitywerte der SSK neu bestimmt. Kommentare zu früheren Fragilityanalysen, wie sie sich aus der Begutachtung der PSA-Studie im Rahmen der PSÜ 2012 ergaben, wurden berücksichtigt, soweit sich diese als anwendbar erwiesen. Die neu gültigen Fragilityanalysen sowie die daraus für die relevanten Systeme und Komponenten der Abfahrpfade resultierenden Fragility- und HCLPF-Werte sind im Bericht TM-511-R 18046 /2/ in Tabelle 7 aufgeführt. Die Tabelle 8 im Bericht /2/ enthält die Fragilities der Systeme und Komponenten für die Brennelementbeckenkühlung, die Tabelle 9 fasst die Fragilities der Gebäude zusammen. Für das BOTA-Gebäude, die Nebengebäude UN(A) und UN(D) sowie den Notstandsbrunnen führte das KKB neue Fragility-Analysen durch: Bei den anderen relevanten Gebäuden wurden die Fragilities aus früheren Analysen skaliert.

Im Erdbebennachweis für die SSK verwendet das KKB die PGA an der Geländeoberfläche als Erdbebenanregungs-Bezugsparameter. Bezogen auf diese Referenzgrösse beträgt die Belastung beim 10'000-jährlichen Erdbeben (NESK3) gemäss Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 $PGA_{NESK3} = 0,383 \text{ g}$. Die maximal zulässige Belastbarkeit einer Komponente ist durch deren (ebenfalls als Wert des Erdbebenanregungs-Bezugsparameters «PGA an der Geländeoberfläche» berechneten) Tragfähigkeitswerts PGA_{HCLPF} , kurz HCLPF, gegeben. Die Erdbebensicherheit der Komponente ist somit deterministisch nachgewiesen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist.

$$HCLPF \geq 0.383 \text{ g}$$

Basierend auf den neuen Fragility- resp. HCLPF-Werten gemäss Bericht /2/ der untersuchten SSK erneuerte das KKB den Nachweis zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens /3/, die radiologische Analyse /4/ sowie den Nachweis für das Brennelementlagerbecken /5/.

In Beantwortung der Forderung 3 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /112/ betreffend Studie zur halben Einbettung des Reaktor Gebäudes und entsprechender Überarbeitung des Detailkonzepts vom 26. Oktober 2016 /100/, zeigte das KKB am Fachgespräch vom 2. Oktober 2019 /131/ auf, dass die



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Annahme der halben Einbettung des Reaktorgebäudes nur einen geringen Einfluss auf die EAS hat. Die Überarbeitung des Detailkonzepts /100/ wird im Rahmen des deterministischen Nachweises gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung vom 26.05.2016 /71/ erfolgen.

Beurteilung des ENSI

Das Konzept /92/ und somit auch das Vorgehen des KKB zur Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise wurden vom ENSI mit Schreiben vom 10. Juli 2017 /94/ beurteilt und akzeptiert. Das ENSI stellt fest, dass das KKB die Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise gemäss Vorgaben aus dem Konzept /92/ und unter Beachtung der methodischen Vorgaben aus der Verfügung vom 1. April 2011 /95/ (siehe Kapitel 3.1) durchführte.

Die Fragilityanalysen der Komponenten sind im aktualisierten Nachweis im Vergleich zum ursprünglichen Nachweis bedeutend weiterentwickelt worden. Das im Rahmen der Stellungnahme zur PSÜ 2012 des KKB identifizierte Verbesserungspotenzial wurde mit einbezogen. Generell gelten die in den Fragilityanalysen der aktualisierten Nachweise verwendeten Ansätze als Stand der Technik. Im Einzelnen zeichnen sich die nun kreditierten Fragilityanalysen durch folgende spezifische Punkte aus:

- Neue Fragilityanalysen wurden erstellt und bestehende in grösserem Umfang überarbeitet.
- Die Erdbebengefährdungsannahmen der nun gültigen Fragilityanalysen entsprechen der Festlegung des ENSI.
- Neue Anlagenbegehungen wurden durchgeführt und deren Ergebnisse in den Fragilityanalysen berücksichtigt.

Bei der Umsetzung der in den Fragilityanalysen der Komponenten verwendeten Methoden haben die stichprobenartigen Prüfungen des ENSI folgendes Verbesserungspotenzial aufgezeigt:

- In den Fragilityanalysen ist nicht systematisch dokumentiert, wie die Wahl des kreditierten Versagensmodus begründet ist und wie abgeklärt wurde, ob ggf. mehrere Versagensmodi relevant sind und womöglich eine kombinierte Fragility zu betrachten ist.
- In mehreren Fragilityanalysen ist nicht ersichtlich, ob die Festigkeit der Verankerung sowie mögliche (z. B. räumliche) Interaktionen mit anderen Anlageteilen berücksichtigt sind.
- Mehrere Fragilityanalysen enthalten nicht ausreichend begründete Annahmen, z. B. hinsichtlich der komponentenspezifischen Eignung generischer Fragilitywerte.

Die im aktualisierten Fukushima-Nachweis kreditierten Fragilityanalysen sind auch Teil der im Rahmen der PSÜ 2017 eingereichten probabilistischen Sicherheitsanalyse (BERA2020). In einer vorgezogenen Stellungnahme zur BERA2020 hat das ENSI die Umsetzung des oben identifizierten Verbesserungspotenzials mit Termin Ende September 2021 bereits gefordert /143/.

Aus der Umsetzung des Verbesserungspotenzials sind nach Wertung des ENSI keine einschneidenden Änderungen zu erwarten. Insgesamt liegen die im aktualisierten Nachweis kreditierten Fragility- und HCLPF-Werte in plausiblen Bereichen. Nach der Umsetzung des Verbesserungspotenzials wird dessen Bedeutung für den deterministischen Sicherheitsnachweis des KKB in der Stellungnahme des ENSI zu dem gemäss Verfügung vom 26. Mai 2016 Dispositivziffer 2.D einzureichenden Nachweis abschliessend bewertet.

Die Beschleunigung von 0,383 g entspricht der maximalen Bodenbeschleunigung des 10'000-jährlichen Erdbebens gemäss Erdbebengefährdung ENSI-2015. Deshalb ist das vom KKB verwendete Kriterium $HCLPF \geq 0,383 \text{ g}$ zum Nachweis der Erdbebensicherheit geeignet.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Generell beurteilt das ENSI die Methodik des KKB zur Aktualisierung der Fukushima-Nachweise, d. h. das Vorgehen zur Bestimmung des Umfangs der erforderlichen Komponenten, zur Berechnung der EAS und der Fragilities sowie die darauf aufbauende Nachweisführung zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens als nachvollziehbar und korrekt.

Mit der Vorstellung einer Sensitivitätsstudie betreffend halber Einbettung des Reaktorgebäudes im Baugrund am Fachgespräch vom 2. Oktober 2019 /131/ hat das KKB den ersten Teil der Forderung 3 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /101/ erfüllt (siehe Kapitel 4.2). Offen bleibt der zweite Teil der Forderung 3 aus der Grobprüfung /101/, wonach das Detailkonzept zum Teilprojekt 1 /100/ des KKB zu überarbeiten sei. Das ENSI erklärt sich damit einverstanden, dass das Detailkonzept erst im Rahmen der deterministischen Nachweise gemäss Forderung 2.D der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ revidiert wird, da im Verlauf der Erarbeitung der Erdbebennachweise weitere Änderungen in der Vorgehensweise gemäss Detailkonzept /100/ zu erwarten sind. Das ENSI erwartet, dass das überarbeitete Detailkonzept /100/ dem ENSI zusammen mit den Unterlagen des deterministischen Erdbebennachweises gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /71/ per Ende September 2021 eingereicht wird.

Die Beurteilung radiologischer Störfallfolgen erfolgt anhand von Dosishöchstwerten nach Art. 123 der Strahlenschutzverordnung. Diese Nachweisziele stellen keine Grenzwerte im Sinne der Strahlenschutzverordnung dar.

4 Erdbebennachweis für die Kernkühlung

4.1 Erforderliche Bauwerke und Systeme

Angaben des Betreibers

Das KKB reichte hinsichtlich der Aktualisierung der Erdbebennachweise die technische Mitteilung /3/ beim ENSI ein, in welcher der Umfang der für die Sicherstellung der Kernkühlung erforderlichen Bauwerke, Systeme und Komponenten dargestellt ist.

Zur Sicherstellung der Kernkühlung konnten im Erdbebennachweis 2012 nur die bestehenden, seismisch qualifizierten Notstandsstränge (Sicherheitsstränge BV und BV «erweitert») herangezogen werden. Zum Sicherheitsstrang BV gehören

- der Borwasser-Vorratstank (BOTA);
- das Notstands-Sperrwassersystem;
- das Notstands-Speisewassersystem;
- das Notstands-Brunnenwassersystem;
- die blockeigene Notstands-Notstromversorgung; sowie
- die Dampferzeuger-Sicherheitsventile und die Frischdampf-Abblaseventile.

Zum Sicherheitsstrang BV «erweitert» gehören

- die Ausrüstungen für den Feed-and-Bleed-Betrieb (Notstands-Sicherheitseinspeisesystem, Druckhalter-Sicherheitsabblaseventile, Notstands-Rezirkulationssystem);
- die Notstands-Notstromversorgung des anderen Blocks mit der notwendigen 6-kV-Querverbindung; sowie



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

- die Querverbindung zwischen den Notstands-Brunnenwassersystemen beider Blöcke.

Mit der Realisierung des Projekts AUTANOVE im Jahre 2015 ist zusätzlich zu den beiden bestehenden Abfahrpfaden mit Notstandssystemen ein weiterer Abfahrpfad hinzugekommen, um den Reaktor nach Einwirkungen von aussen (z. B. Erdbeben und Überflutung) in den heiss-abgestellten Anlagenzustand zu überführen und zu halten. Dieser neue Abfahrpfad (Sicherheitsstrang BX) dient der Wärmeabfuhr über die Dampferzeuger und der Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen. Der vorhandene Sicherheitsstrang BV «erweitert» ist nicht mehr zwingend für die einzelfehlersichere Beherrschung des Erdbebens erforderlich, da mit dem Sicherheitsstrang BV und dem neuen Sicherheitsstrang BX zwei Redundanzen zur Nachwärmeabfuhr und Sicherstellung der Unterkritikalität des Reaktors verfügbar sind.

Der neue BX-Sicherheitsstrang, der auf qualifizierte Ausrüstungen zurückgreift, wurde im Rahmen des Projektes AUTANOVE neu aufgebaut und ist vollständig gegen Einwirkungen von aussen geschützt sowie komplett unabhängig von der ursprünglichen Anlage. Die diesem Abfahrpfad zugehörigen Ausrüstungen sind

- ein neuer Notstromdieselmotor zur Versorgung der BX-Notstromschiene;
- das bestehende Notspeisewassersystem, dessen Nachwärmeabfuhrkapazität aufgrund der neuen Nachspeisemöglichkeit aus dem Notstandsbrunnenwasser nicht mehr durch die Kapazität des Notspeisewassertanks begrenzt ist; und
- das neue Notsperrowassersystem.

Diese Ausrüstungen sind jeweils in geschützten Gebäuden angeordnet (Diesel-, Notspeisewasser- und Notstandsgebäude) und verfügen über eine eigene Leittechnik.

Das Notstands-Schutzsystem löst bei einer auslegungsgemässen Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens die Reaktorschnellabschaltung aus. Zur sekundärseitige Wärmeabfuhr und Stabilisierung der Anlage bis in den Anlagenzustand „heiss abgestellt“ kommen die beiden Abfahrpfade mit Wärmeabfuhr aus den Dampferzeugern zum Einsatz. Ein weiteres Abkühlen der Anlage in den Zustand „kalt abgestellt“ muss von der Notfallleitung angeordnet werden und erfordert den Einsatz der Notstands-Kaltfahrleitung bei einer Temperatur im Reaktorkühlsystem von unter 120 °C und des Notstands-Rezirkulationssystems. Während die Versorgungssysteme für die Notstandsrezirkulation über die Querverbindungen zum anderen Block einzelfehlersicher ausgeführt sind, kann bei einem Einzelfehler der Notstands-Rezirkulationspumpe das Kaltabfahren nicht eingeleitet werden, sondern es bedarf erst des Austauschs dieser Pumpe durch eine vorhandene Ersatzpumpe.

Für das Kaltabfahren wie auch den Feed-and-Bleed Betrieb ist eine Sicherheitsgebäudeisolation erforderlich, da Primärkühlmittel in das Containment abgelassen werden muss. Der Nachweis, dass alle Containment-Durchdringungen auch bei einem 10'000-jährlichen Erdbeben (ENSI-2015) dicht abgesperrt werden, wird in /2/ erbracht. Dabei werden bei den Leitungen, die direkt an den Primärkreislauf anschliessen, zwei Absperrarmaturen berücksichtigt. Bei den Durchdringungen, die nicht direkt an den Primärkreislauf anschliessen, aber mit der Containment-Atmosphäre in Verbindung stehen, ist eine Armatur berücksichtigt. Bei den Leitungen, die nicht direkt am Primärkreislauf anbinden und für die innerhalb des Containments der Integritätserhalt bei Erdbeben nachgewiesen wurde, ist keine Armatur erforderlich. Die Beschränkung auf eine Armatur für den Integritätsnachweis wird damit begründet, dass neben dem Einzelfehler bei der sekundären Wärmeabfuhr kein weiterer Einzelfehler zu unterstellen ist.

Die Auslösung des Containment-Abschlusses bei einem Erdbeben erfolgt in den meisten Fällen über Armaturen, die entweder infolge Rohrleitungsbrüchen selbsttätig schliessen (z. B. Rückschlagarmaturen) oder die bei einem Ausfall der Spannungs- oder Steuerluftversorgung ein „fail-closed“ Verhalten



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

aufweisen. Das Reaktorschutzsystem, über das die Armaturen auch direkt angesteuert werden, ist seismisch deutlich robuster als insbesondere die Spannungsversorgung, sodass von einer zuverlässigen Auslösung des Containment-Abschlusses ausgegangen werden kann. In einzelnen Fällen bedarf es des Schliessens von Motorarmaturen, die direkt über das Notstands-Schutzsystem angesteuert werden und vom Notstand elektrisch versorgt sind.

Die für den Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens erforderlichen Bauwerke sind gemäss /3/

- das Notstandsgebäude;
- das Reaktorgebäude;
- das BOTA-Gebäude;
- die Nebengebäude C, D und E;
- das neue Dieselgebäude; und
- das Notspeisewassergebäude.

Der Standfestigkeitsnachweis für das Nebengebäude E soll sicherstellen, dass die Operateure vom Hauptkommandoraum in den Notstandsleitstand gelangen können.

Sicherheitsnachweis

Aufgrund der 10'000-jährlichen Erdbebeneinwirkung wird hinter den Frischdampf-Schnellschlussarmaturen der Bruch der seismisch nicht qualifizierten Frischdampfleitungen unterstellt. Für die abdeckende Störfallanalyse werden nur Notstandskomponenten kreditiert, obwohl der Sicherheitsstrang BX ebenfalls für die Störfallbeherrschung zur Verfügung steht. Die beiden, jeweils einem Dampferzeuger zugeordneten Frischdampf-Abblaseventile bleiben mechanisch intakt und können manuell vor Ort bedient werden. Eine Bedienung der Ventile aus dem Hauptkommandoraum ist nicht möglich, da von einem Versagen des Ölversorgungsystems zur Ansteuerung der Ventile auszugehen ist.

Kurz nach Eintritt des Erdbebens wird die Frischdampfisolierung ausgelöst aber nur ein Dampferzeuger isoliert. Wegen des angenommenen Einzelfehlers schliesst die Frischdampfschnellschlussarmatur des anderen Dampferzeugers nicht, sodass dieser im weiteren Verlauf des Störfalls ausdampft. Im Primärkreis stellt sich aufgrund des Ausfalls der Hauptkühlmittelpumpen (Verlust der Stromversorgung) ein Naturumlauf ein. Die verstärkte Wärmeabfuhr über den nicht isolierten Dampferzeugern führt zu einem schnellen Abfall des Primärkreisdruckes, sodass es in der Folge zur Einspeisung von Borwasser durch die Notstands-Sicherheitseinspeisepumpe kommt. Die Hauptkühlmittelpumpendichtungen werden kontinuierlich mit Sperrwasser versorgt, welches zu einer weiteren langsamen Aufborierung führt. Innerhalb der ersten 30 Minuten des Störfalls werden keine Handmassnahmen kreditiert. In der letzten Phase des Störfalls wird die Bereitschaft für das Notstandskaltfahren erstellt. Durch die Notstandsrezirkulation wird ein sicherer und stabiler Anlagezustand erreicht. Die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 werden eingehalten.

Beurteilung des ENSI

Das KKB hatte die technische Mitteilung /3/ bereits im Jahre 2012 für den Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens eingereicht. Damals konnten aber nur die beiden Notstandsstränge (Sicherheitsstränge BV und BV «erweitert») kreditiert werden. In der neu eingereichten, aktualisierten technischen Mitteilung /3/ sind die im Rahmen des Projektes AUTANOVE umgesetzten Anlagenverbesserungen berücksichtigt worden.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Mit der Umsetzung der Anlagenänderungen im Rahmen des Projektes AUTANOVE im Jahre 2015 wurde die einzelfehlersichere Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens deutlich verbessert. Das ENSI hatte diese Änderungen im Rahmen eines Freigabeverfahrens beurteilt und freigegeben. Mit dem neu verfügbaren Sicherheitsstrang BX steht nun ein weiterer seismisch durchgängig qualifizierter Abfahrpfad zur Verfügung, mit dem die sekundärseitige Wärmeabfuhr und die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen zur Vermeidung eines Kühlmittelverlustes einzelfehlersicher gewährleistet ist. Der erweiterte Notstandsstrang, mit dem die Nachwärme direkt primärseitig abgeführt werden kann, hat damit an Bedeutung verloren und ist als dritter Strang nur noch bei einem Ausfall der Systeme zur sekundärseitigen Wärmeabfuhr erforderlich. Der Umfang der nachzuweisenden Gebäude wurde aufgrund der Nachrüstung des Sicherheitsstranges BX pro Block von KKB korrekterweise um die räumlich getrennten Dieselgebäude und die Notspeiswassergebäude erweitert.

Die bisher fehlende Einzelfehlersicherheit der Notstandsrezirkulation und die für das Kaltabfahren erforderliche Öffnung des Primärkreises stellen aus Sicht des ENSI noch Auslegungsschwächen des KKB dar, die aber aufgrund der zur Verfügung stehenden Zeiten für Gegenmassnahmen den Erdbebennachweis nicht in Frage stellen. In der Stellungnahme zur PSÜ mit Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb (Projekt SÜSILA) wird das ENSI diesen Punkt aufgreifen.

In der Stellungnahme im Jahre 2012 /98/ hatte das ENSI eine Überprüfung gefordert, inwieweit die nicht durchgängig erdbebenfeste Ansteuerung der Frischdampf-Abblaseregelventile verbessert werden könnte, um damit das erforderliche Notöffnen der Ventile von Hand im Erdbebenfall zu vermeiden. Das KKB konnte aufgrund der Komplexität kein Erdbebennachweis für die Ansteuerung der Frischdampf-Abblaseregelventile erbringen. Auf eine Nachrüstung wurde jedoch aufgrund der ausreichend zur Verfügung stehenden Zeitfenster für die Durchführung von Handmassnahmen verzichtet. In der Stellungnahme zur PSÜ mit Sicherheitsnachweis für den Langzeitbetrieb (Projekt SÜSILA) wird das ENSI diesen Punkt erneut nochmals aufgreifen.

Sicherheitsnachweis

Nach Wertung des ENSI ist es nachvollziehbar, dass in der abdeckenden Sicherheitsanalyse /120/ nur Notstandssysteme kreditiert werden. Die Ausrüstungen des Notspeisewassersystems und des Notsperrwassersystems sind auch seismisch qualifiziert und erhöhen die Zuverlässigkeit der erforderlichen Sicherheitsfunktionen, aber diese beeinflussen das Anlagenverhalten bei dem unterstellten Störfallszenario nicht grundsätzlich. Das von KKB angenommene Versagen des Schliessens einer Frischdampf-Schnellschlussarmatur stellt den wirksamsten Einzelfehler dar. Handmassnahmen werden korrekterweise erst nach 30 Minuten entsprechend den Vorgaben der Störfallvorschriften kreditiert.

Der Störfall wurde bis zur Inbetriebnahme der Notstands-Kaltfahrleitung simuliert, womit ein stabiler und sicherer Anlagenzustand erreicht ist. Die Unterkritikalität, der Wärmeübergang von den Brennstab-Hüllrohren zum Kühlmittel und die Integrität der Barrieren (Containment und Brennstab-Hüllrohre) sind gewährleistet. Nach Wertung des ENSI kann die Anlage KKB auch unter den neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 einzelfehlersicher in einen sicheren Zustand überführt und dort über 72 h ohne externe Notfallmassnahmen gehalten werden.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu dem Ergebnis, dass in /3/ alle zur zuverlässigen und langfristigen Sicherstellung der Kernkühlung bei einem 10'000-jährlichen Erdbeben erforderlichen Systeme und Gebäude identifiziert wurden und von KKB nachgewiesen wurde, dass die in der UVEK-Verordnung SR 732.112.2 /124/ festgelegten Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten werden.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

4.2 Erdbebengefährdung für die Bauwerke und Ausrüstungen

Angaben des Betreibers

Die Bauwerke wurden als räumliche Finite-Elemente-Modelle (FE-Modelle) mit der Software ANSYS abgebildet. Die Gebäudemodelle stammen aus den früheren Fukushima-Nachweisen von 2011/2012. Für die Gebäudeanalysen und für die Nachweise einzelner Gebäudestrukturen verwendete das KKB feinmaschige Gebäudemodelle. Zusätzlich wurde für jedes Gebäude ein zweites ANSYS-Modell mit ungefähr doppelter Maschenweite gebildet, das in die Software ACS-SASSI exportiert wurde und womit das KKB die SSI-Analysen durchführte. Für die Gebäude- und SSI-Analysen wurde ein linear-elastisches Rechenverfahren angewendet.

Aus den SSI-Analysen resultierten Beschleunigungszeitverläufe für ausgewählte Gebäudeknoten, verteilt über die verschiedenen Gebäudeknoten und Grundrisse der Gebäude. Gleichgerichtete Beschleunigungen aus unterschiedlichen Erregungsrichtungen wurden mit der Wurzel der Summe der Quadrate (Square Root of the Sum of the Squares SRSS) überlagert.

Auf Grundlage der Beschleunigungszeitverläufe ermittelte das KKB probabilistische EAS der ausgewählten Gebäude. Im Rahmen der Aktualisierung der Fukushima-Nachweise verwendete das KKB diese als Grundlage für die Berechnung der HCLPF-Tragfähigkeitswerte der SSK.

Am Fachgespräch vom 2. Oktober 2019 /131/ legte das KKB zur Erfüllung der Forderung 3 aus /101/ eine Sensitivitätsstudie betreffend Einbettungstiefe des Reaktorgebäudes vor und zeigte auf, dass die Einbettungstiefe nur einen geringen Einfluss auf die resultierenden EAS hat.

Beurteilung des ENSI

Die Prüfergebnisse zu den vom KKB eingereichten EAS fasste das ENSI in seiner Stellungnahme vom 28. Februar 2020 /112/ zusammen. Bei der Überprüfung der EAS wurde das ENSI von Prüferingenieuren der Stangenberg und Partner Ingenieur-GmbH unterstützt. Generell wurden die mit Brief vom 21. Dezember 2018 /1/ eingereichten Dokumente /7/ bis /53/ hinsichtlich Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Plausibilität beurteilt. Für das Reaktorgebäude und das Notstandsgebäude führten die Prüferingenieure eigenständige Bauwerksanalysen durch.

Im Rahmen der Beurteilung der EAS hat das ENSI folgende Zwischenergebnisse geprüft:

- die in den deterministischen und probabilistischen Analysen verwendeten Eingangszeitverläufe der Erdbebenbeschleunigungen;
- die Bodenprofile und die LHS-Faktoren für die Scherwellengeschwindigkeiten und Dämpfungen des Bodens sowie für die Betonsteifigkeit und die Dämpfung der Bauwerke;
- die Qualität des FE-Netzes der Gebäudemodelle und der Boden-Bauwerk-Modelle; und
- die Gebäudeantworten, unter anderem die Extremwerte der Beschleunigungen und Verschiebungen von ausgewählten Gebäudeknoten.

Bezüglich Prüfung der EAS als Endergebnisse wurden zwei verschiedene Vorgehensweisen gewählt.

Für das Reaktorgebäude und das Notstandsgebäude wurden die neuen EAS des KKB mit den EAS des KKB von 2011/2012 verglichen. Zusätzlich fand ein Vergleich mit den von den Prüferingenieuren eigenständig berechneten deterministischen EAS statt. Die deterministischen EAS der Prüferingenieure umhüllend die Ergebnisse von SSI-Analysen mit mittlerem (Best Estimate BE), weichem (Lower Bound LB) und steifem (Upper Bound UB) Bodenprofil.

**Klassifizierung:**

Aktenzeichen/Referenz:

Titel:

Datum / Sachbearbeiter:

keine

14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951

Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB

Für die übrigen Gebäude führten die Prüfsingenieure keine eigenständigen SSI-Analysen durch und die Prüfung stützte sich auf die EAS des KKB ab. Um die Plausibilität zu prüfen, wurden hierzu die neuen probabilistischen EAS an ausgewählten Punkten mit den EAS von 2011/2012 verglichen, welche auf der Erdbebengefährdung PRP-IH basieren.

Die neuen probabilistischen EAS mit Gefährdung ENSI-2015 wurden vom ENSI mittels Quervergleichen zu den deterministischen EAS mit Gefährdung PRP-IH und zu den von den Prüfsingenieuren des ENSI gerechneten deterministischen EAS mit Gefährdung ENSI-2015 geprüft. Das ENSI stellte in der Stellungnahme /112/ fest, dass die 84 %-Fraktile der neuen probabilistischen EAS gut mit den eigenständig berechneten deterministischen EAS und den mit der Gefährdung PRP-IH bestimmten EAS übereinstimmen. Mit diesem positiven Prüfergebnis sind nach Wertung des ENSI die vom KKB eingereichten probabilistischen EAS für die Anwendung in den Fragilityanalysen des KKB geeignet.

In seiner Stellungnahme zu den probabilistischen EAS /112/ bestätigte das ENSI unter anderem, dass der Teil der Forderung 3 betreffend Studie zur Einbettungstiefe des Reaktorgebäudes erfüllt wurde. Die Überarbeitung des Detailkonzepts /100/ erfolgt im Rahmen der Forderung 2.D aus der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ (siehe Kapitel 3.3).

4.3 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Ausrüstungen

4.3.1 Bauwerke

Angaben des Betreibers

Im Zuge der 2011/2012 durchgeführten Fukushima-Nachweise wurden Fragility-Analysen für die relevanten Gebäude durchgeführt, indem das KKB die β -Werte für die epistemischen und aleatorischen Unsicherheiten berechnete und nicht generische Werte verwendete. Im Rahmen der jetzigen Fragility-Nachweise wurden vollständig neue Berechnungen für

- die Nebengebäude A (Berichte /18/ und /19/);
- die Nebengebäude D (Berichte /29/ und /30/);
- das BOTA-Gebäude (Bericht /50/) und den
- Notstandsbrunnen (Bericht /53/)

durchgeführt. Für die übrigen Gebäude der Bauwerksklasse I, mit Ausnahme der Notstromdieselgebäude, erfolgten keine Neuberechnungen, sondern die Fragilities aus den früheren Fukushima-Nachweisen von 2011/2012 oder aus dem ERSIM-Projekt wurden skaliert. Die Fragilities der Notstromdieselgebäude, welche erst in den Jahren 2014/2015 den Betrieb aufnahmen, wurden aufgrund von Auslegungsberechnungen bestimmt.

Wie bereits in den ursprünglichen Fukushima-Nachweisen von 2011/2012 berechnete das KKB die neuen Fragilities der Nebengebäude A und D und des BOTA-Gebäudes mittels nichtlinearer Pushover-Analysen. Aufbauend auf den Kraft-Verformungskurven aus den Pushover-Analysen wurden nichtlineare Einmassenschwinger mit gleichen Eigenschaften entwickelt, um die β -Werte der Fragilities anhand einer Reihe von Berechnungen unter Berücksichtigung von variierenden Berechnungsparametern zu bestimmen. Die Fragility des Notstandsbrunnens wurde mit der CDFM-Methode (Conservative Deterministic Failure Margin) anhand eines im Baugrund gebetteten Stabmodells berechnet.

**Klassifizierung:**

Aktenzeichen/Referenz:

Titel:

Datum / Sachbearbeiter:

keine

14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951

Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB

Die Skalierung berechnete das KKB auf Grundlage eines Best-Estimate-SSI-Modells. Dafür wurden die Auswirkungen von Erdbebenzeitverläufen kompatibel zu den Bodenantwortspektrern ENSI-2015 und PRP-IH an ausgewählten Knoten des SSI-Modells berechnet. Anschließend ermittelte das KKB die Beschleunigungsverhältnisse für die Spektralwerte bei Starrkörperbeschleunigung (100 Hz) und 2 % kritischer Dämpfung für jeden Knoten pro Hauptrichtung (X-, Y- und Z-Richtung). Über die Mittelung sämtlicher Knoten und beider horizontaler Hauptrichtungen X und Y wurde schliesslich der Skalierungsfaktor berechnet.

Die aktualisierten HCLPF-Werte der Gebäude sind in der Tabelle 9 des Berichts /2/ aufgelistet. Der HCLPF-Wert für das Reaktorgebäude liegt bei 1,12 g, das Notstandsgebäude weist einen HCLPF-Wert von 1,54 g auf.

Beurteilung des ENSI

Die grundsätzliche Vorgehensweise des Betreibers, die Grenztragfähigkeiten der Gebäude über die Mediantragfähigkeit A_m und ihre Unsicherheiten β_U , β_R zu ermitteln und daraus die HCLPF-Tragfähigkeit zu berechnen, wird vom ENSI im Rahmen der aktualisierten Fukushima-Nachweise akzeptiert.

Im Rahmen der Prüfung der vom KKB neu berechneten Fragilities für die Nebengebäude A und D, das BOTA-Gebäude sowie den Notstandsbrunnen führte das ENSI angesichts der hohen Sicherheitsmargen keine eigenen Pushover-Analysen durch. Stattdessen wurden diese Berechnungen auf Plausibilität der Annahmen und der Ergebnisse hin geprüft. Das heisst, dass das ENSI unter anderem die vom KKB angegebenen HCLPF- und Median-Tragfähigkeitswerte anhand der Gesamtmassen der Gebäude in Horizontalkräfte umrechnete und anschliessend abschätzte, ob diese Horizontalkräfte von den betroffenen Baustrukturen abgetragen werden können. Zusätzlich hat das ENSI aufgrund der mit den Pushover-Analysen bestimmten Kraft-Verformungskurven des KKB die Verformungen der Gebäude berechnet und mit den Ergebnissen des KKB verglichen.

Das Vorgehen bei der Skalierung der bereits aus älteren Studien vorliegenden Fragilities auf die geänderte Form des Bodenantwortspektrums aus ENSI-2015 gegenüber PRP-IH wird grundsätzlich als gangbarer Weg zur Abschätzung der Gebäude-Fragilities angesehen. Die hierbei herangezogenen Berichte /13/, /14/, /15/, /23/, /24/, /26/, /35/, /38/, /41/ und /45/ akzeptierte das ENSI mit der Stellungnahme vom 9. Juli 2012 /98/. Sie wurden daher hier nicht erneut geprüft. Bei der Skalierung ist für das ENSI jedoch nicht nachvollziehbar, dass die Skalierungsfaktoren für beide Horizontalrichtungen gemittelt wurden, da die meisten Gebäude in den beiden horizontalen Hauptrichtungen ein unterschiedliches Tragverhalten und unterschiedliche dynamische Eigenschaften aufweisen.

Mit Ausnahme des Nebengebäudes C spielt diese Mittelung der Hauptrichtungen aufgrund der hohen Sicherheitsmargen der Gebäude keine Rolle. Beim Nebengebäude C bestehen weniger hohe Sicherheitsmargen. Trotzdem ist es für das ENSI plausibel, dass auch für das Nebengebäude C eine ausreichende Erdbebenfestigkeit ausgewiesen werden kann, falls die Skalierungsfaktoren richtungsgetrent ermittelt werden. Im Rahmen der deterministischen Erdbebenachweise gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /71/ sind die Skalierungsfaktoren für das Nebengebäude C richtungsgetrent und getrennt für den unteren und oberen Bereich (ab Kote +338 m) nachzureichen.

Insgesamt bewertet das ENSI die vom KKB mittels Skalierung bestimmten oder neu berechneten HCLPF-Werte der Gebäude als plausibel. Die für die Störfallbeherrschung erforderlichen Gebäude weisen eine ausreichende Erdbebenfestigkeit auf.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: [REDACTED] zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

4.3.2 Mechanische und elektrische Ausrüstungen

Angaben des Betreibers

Die Erdbebenfestigkeiten (HCLPF-Werte) für die vom vorliegenden Sicherheitsnachweis betroffenen SSK wurden auf Basis der probabilistischen EAS mit Gefährdung ENSI-2015 entweder neu berechnet oder sie wurden anhand der früheren mit Gefährdung PRP-IH berechneten Fragilities auf die Gefährdung ENSI-2015 skaliert. Für die relevanten Systeme und Komponenten der Abfahrpfade sind die aktualisierten Fragility- und HCLPF-Werte in Tabelle 7 des Berichts TM-511-R 18046 /2/ aufgelistet.

Gemäss den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 liegt die Belastung beim 10'000-jährlichen Erdbeben mit der PGA an der Geländeoberfläche als Erdbebenanregungsbezugsparameter bei 0,383 g. Die maximal zulässige Belastbarkeit einer Komponente ist durch deren ebenfalls als Wert der PGA an der Geländeoberfläche berechneten Tragfähigkeitswert HCLPF gegeben. Die Erdbebensicherheit der Komponente ist somit nachgewiesen, wenn die Bedingung $HCLPF \geq 0,383$ g erfüllt ist.

Als Ergebnis des aktualisierten Nachweises zeigt sich, dass die HCLPF-Tragfähigkeitswerte der für die Erdbebensicherheit des KKB massgebenden Systeme und Komponenten die Belastung durch das 10'000-jährliche Erdbeben mit ausreichender Sicherheitsmarge übertreffen. Die HCLPF-Tragfähigkeitswerte der für die einzelfehlersichere Kühlung des Reaktors notwendigen Systeme und Komponenten des KKB betragen für die zwei Abfahrpfade BV und BV-erweitert mindestens 0,47 g und für den neuen Abfahrpfad BX mindestens 0,41 g.

Unter Annahme eines 10'000-jährlichen Erdbebens mit nachfolgender Überflutung werden zudem im Bericht /114/ die Gebäude des KKB und die in ihnen untergebrachten Systeme systematisch hinsichtlich potentieller Aktivitätsfreisetzungen untersucht. Aus dem Gesamtverzeichnis aller KKB-Systeme wurden zuerst alle Systeme ausgeschieden, bei welchen auf Grund ihrer Anlagenkennzeichnung (AKZ) eindeutig ist, dass sie keine Aktivität enthalten. In einem zweiten Schritt wurden alle nicht ausgeschiedenen Systeme vertieft untersucht und auf ihre seismische Robustheit hin bewertet. Alle nicht seismisch robusten Behälter, Wärmetauscher und Filter wurden als beschädigt angenommen und bei der Dosisberechnung berücksichtigt. Von den Gebäuden mit nuklearer Bedeutung verbleiben mit Ausnahme des Maschinenhauses alle relevanten intakt, also Reaktorgebäude, Notstandsgebäude, Notspeisewassergebäude, BOTA-Gebäude, Dieselgebäude sowie alle Nebengebäude- und die Frischdampfabblassestation. Die freigesetzten Mengen verbleiben in den entsprechenden Gebäudesümpfen.

Die Gebäude des KKB und die in ihnen untergebrachten Systeme wurden in einer überarbeiteten radiologischen Untersuchung /114/ betrachtet. Dabei wurden vor allem Leitungen, Behälter, Filter und Ionentauscher von aktivitätsführenden Systemen berücksichtigt.

Beurteilung des ENSI

Die meisten als Basis für die Fragilityanalysen verwendeten Auslegungsberechnungen sind seit dem letzten Fukushima-Nachweis unverändert geblieben. Für einige Komponenten wurden detailliertere Bewertungen auf Basis von neu durchgeführten FE-Analysen vorgenommen. Das ENSI hat die Berechnungsannahmen dieser Nachweise stichprobenartig geprüft und ist zum Schluss gekommen, dass die Berechnungen fachgerecht vorgenommen wurden und die Ergebnisse unter der Voraussetzung einer ausreichenden Verankerung plausibel sind.

Zudem hat das ENSI anlässlich seiner Inspektion vom 30. Januar 2020 stichprobenartig die Erdbebennachweise sowie den Zustand der Anlage überprüft. Bewertungsgrundlagen waren ursprüngliche Auslegungsberechnungen sowie Berichte von Rütteltischversuchen. Das ENSI hat insbesondere inspiziert, ob die ursprüngliche seismische Auslegung der mechanischen Komponenten dokumentiert ist, ob die



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: [REDACTED] den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Testspektren für elektrische Komponenten die Anforderungsspektren abdecken und ob die Fragilityanalysen im Vergleich zu den Auslegungsberechnungen und seismischen Testergebnissen plausibel sind. Es zeigte sich, dass die seismische Auslegung und deren Bewertung nachvollziehbar dokumentiert sind, die Testspektren der Rütteltischversuche die Anforderungsspektren abdecken und die Angaben aus den Auslegungsdokumenten und seismischen Versuchsberichten in den Fragilityanalysen korrekt berücksichtigt wurden.

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung kommt das ENSI zum Schluss, dass der Nachweis der Erdbbensicherheit für die Komponenten der Abfahrpfade BV und BV-erweitert sowie den Abfahrfad BX auch ohne die Umsetzung des in Kapitel 3.3 identifizierten Verbesserungspotenzials bei den Fragilities erbracht ist.

Die am 7. Dezember 2020 festgestellten Montageabweichungen bei Schwingungsdämpfern von zwei Notstandsdieseln stellen die vorgenannte Schlussfolgerung nicht in Frage, weil diese bis zum 21. Dezember 2020 ordnungsgemäss instandgesetzt wurden.

Die radiologische Analyse von 2012 /83/ hat das KKB aufgrund der Forderung des ENSI aus der Grobprüfung /101/ unter Berücksichtigung weiterer aktivitätsführender Komponenten und methodischen Vorgaben überarbeitet. Das ENSI hat die KKB-Auswahl der aktivitätsführenden Komponenten stichprobenartig geprüft und kommt zu dem Schluss, dass diese Auswahl nachvollziehbar abgeleitet wurde. Weiter hat das ENSI die Volumina der nicht seismisch robusten Behälter und Tanks stichprobenartig geprüft und erachtet die aus diesen Komponenten freigesetzten Mengen als plausibel.

Der Umfang der betrachteten SSK und das Schadensbild wird für den Zweck des Nachweises im Rahmen der Forderung 2.B aus der Verfügung /71/ vom ENSI akzeptiert. Die detaillierte Bestimmung aller aktivitätsführenden Komponenten ist Bestandteil der Verfahrensstufe 2.D aus der Verfügung /71/ und geht über die Anforderungen der Aktualisierung des Fukushima-Nachweises (Stufe 2.B) hinaus. Das ENSI wird dies detailliert im Rahmen der Verfahrensstufe 2.D prüfen.

4.4 Radiologische Auswirkungen

Angaben des Betreibers

Das KKB identifizierte verschiedene Beiträge zur Dosis in der Umgebung /3/:

1. infolge Abfahrens des Reaktors /4/;
2. infolge Versagens von Ausrüstungen auf der Primär- und Sekundärseite /114/, /86/ und /85/.

Abfahren des Reaktors

Die maximale Dosis tritt beim fehlerhaften Offenbleiben einer Frischdampfschnellschlussarmatur auf, was das radiologisch abdeckende Störfallszenario für das Abfahren des Reaktors unter Berücksichtigung eines Einzelfehlers repräsentiert. Diese beträgt pro Block für die am höchsten betroffene Bevölkerungsgruppe der Kleinkinder 3,6 mSv.

Versagen von Ausrüstungen auf der Primär- und Sekundärseite

Für einen Block setzt das KKB die nach den Technischen Spezifikationen für den zeitlich nicht befristeten Betrieb maximal zulässige Primärkühlmittelaktivität an. Die radiologischen Analysen betrachten ebenfalls das Versagen von Hilfssystemen, Komponenten und Behältern auf der Primär- und Sekundärseite. Dabei werden alle Systeme des KKB in die Betrachtung mit einbezogen und alle mit



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

relevantem Beitrag genauer analysiert. Die maximale Gesamtdosis, die sich aus dem seismischen Versagen von Systemen ergibt, ist für die Bevölkerungsgruppe der Kleinkinder am grössten. Sie beträgt für einen Reaktorblock, welcher bei der gemäss der Tech-Spez maximal erlaubten Primärkühlmittelaktivität betrieben wird, 10,6 mSv.

Beurteilung des ENSI

Beim Abfahren der Anlage mit Einzelfehler gibt es neben den Freisetzungen über Dampferzeuger zusätzliche Freisetzungspfade über Containmentleckagen (infolge Notstands-Kaltabfahren bzw. Notstands-Rezirkulation), die vom KKB ausreichend konservativ unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Containmentleckagen und des Containmentdrucks modelliert wurden.

Die vom KKB berücksichtigten Quellen radioaktiver Nuklide umfassen die Aktivitätsinventare im Primärkühlkreislauf und die zu Störfallbeginn vorhandenen Aktivitätsinventare auf der Sekundärseite der Dampferzeuger. Letztere Inventare haben sich durch die nach den Technischen Spezifikationen maximal zulässige Dampferzeugerleckage im vorangehenden Normalbetrieb gebildet. Diese Annahmen sind nach Einschätzung des ENSI konservativ.

Das KKB hat die möglichen Abgabepfade radioaktiver Stoffe in die Umgebung nach dem 10'000-jährlichen Erdbeben (unter Einbezug verschiedener Einzelfehlerszenarien) und infolge Versagens von Ausrüstungen auf der Primär- und Sekundärseite eingehend betrachtet und nachvollziehbar beschrieben.

Die in den radiologischen Analysen aufgeführten Quellen radioaktiver Stoffe sind nach Auffassung des ENSI für den vorliegenden Nachweiszweck ausreichend erfasst. Sie berücksichtigen ebenso Spiking-Effekte gemäss Vorgabe der Richtlinie ENSI-A08 /144/. Die möglichen Freisetzungspfade unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Verhaltens der Edelgase, des Iods und der Aerosole wurden vom KKB nachvollziehbar beschrieben. Die verwendeten Transportmodelle sind akzeptabel.

Das ENSI hat die Quellterm- und Dosisberechnungen des KKB für das Szenario «Abfahren des Reaktors mit Einzelfehler» mit eigenen Modellen überprüft und ähnliche Werte wie vom KKB angegeben erhalten.

Das KKB hat die möglichen Freisetzungsquellen radioaktiver Stoffe systematisch und strukturiert ermittelt und ihre Abgabepfade radioaktiver Stoffe in die Umgebung nach dem 10'000-jährlichen Erdbeben infolge Versagens von Ausrüstungen auf der Primär- und Sekundärseite nachvollziehbar beschrieben.

Das ENSI hält die Methodik des KKB zur Berechnung des Quellterms für das 10'000-jährliche Erdbeben durch Versagen von Ausrüstungen auf der Primär- und Sekundärseite für akzeptabel. Die wesentlichen Beiträge zu einem Quellterm und damit zur Dosis in der Umgebung werden erfasst.

Die in den Modellen verwendeten Freisetzunganteile wurden begründet oder sind plausibel. Die unterstellten Freisetzungsteile ergeben nach Auffassung des ENSI insgesamt ausreichend konservative Ergebnisse für die Dosen in der Umgebung.

Das ENSI konnte sich davon überzeugen, dass der Dosishöchstwert von 100 mSv deutlich eingehalten wird.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: [REDACTED] den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

5 Erdbebennachweis für die Brennelementbeckenkühlung

5.1 Erforderliche Bauwerke und Systeme

Angaben des Betreibers

Das KKB reicht hinsichtlich des Erdbebennachweises für die Brennelementbeckenkühlung im Januar 2020 die Revision 3 der technischen Mitteilung /5/ ein.

Das Brennelement-Becken des KKB ist sehr robust ausgeführt und besitzt einen hohen Schutzgrad gegen Erdbeben. Das darüber liegende Gebäude hält dem 10'000-jährlichen Erdbeben mit wesentlicher Sicherheitsmarge stand.

Das Verhältnis Wasserinventar zu thermischer Leistung der Brennelemente ist sehr günstig und führt dazu, dass beim Ausfall aller Kühlsysteme selbst im ungünstigsten Betriebszustand (d. h. Reaktorkern in das Brennelement-Lagerbecken ausgeladen) die gelagerten Brennelemente während mindestens drei Tagen mit Wasser bedeckt und gekühlt bleiben. Im Rahmen von vorbereiteten Notfallmassnahmen kann innerhalb dieser Zeitspanne eine Wassernachspeisung in das Becken erstellt und die langfristige Kühlung der Brennelemente gewährleistet werden. Die Nachspeisung wird dadurch begünstigt, dass das Becken ausserhalb des Reaktorgebäudes angeordnet, gut zugänglich ist und unboriertes Wasser nachgespeist werden darf. Die dafür notwendigen betriebseigenen Feuerwehropumpen sind erdbeben- und flutsicher gelagert und auch bei einer Überflutung zugänglich. Zudem stehen für den Fall, dass alle eigenen Pumpen ausfallen, Einsatzmittel im externen Lager in Reitnau bereit. Zum Schutz der Lagerbeckengebäude wurde eine Druckentlastungsmöglichkeit geschaffen, um einen möglichen Druckanstieg in den Gebäuden zu begrenzen.

Das existierende, zweisträngige Lagerbecken-Kühlsystem FAC greift auf die Kühlkette KAC/PRW (KAC: primäres Zwischenkühlsystem, PRW: primäres Nebenkühlwassersystem) zurück, die keine durchgängige Qualifizierung gegenüber den Störfällen Erdbeben und Überflutung aufweist. Das vor einigen Jahren nachgerüstete alternative Lagerbecken-Kühlsystem FEC ist bei einer Überflutung grundsätzlich einsetzbar. Bei einem Erdbeben ist aber der Einsatz aufgrund der beschränkten seismischen Robustheit der Kühlwasser- und Stromversorgung nur bedingt möglich.

Das KKB rüstet zurzeit ein vollumfänglich für Erdbeben und Überflutung qualifiziertes Lagerbecken-Kühlsystem nach. Zusätzlich wird das KKB bei der Kühlwasserrückgabe des FEC-Systems einen Siphonbrecher einbauen.

Als einzige Leitungen mit einem Potential für eine grössere Entleerung der Lagerbecken wurden bereits im Jahre 2012 die Beckenkühlwasser-Rücklaufleitungen mit ihren Abzweigungen zum Ionentauscher FAC 28-A identifiziert. Diese Abzweigungen sind seit dem Jahr 2015 durch eine zweite Rückschlagklappe in Reihe gegen das Entleeren geschützt. Die Rückschlagklappen schliessen durch Federkraft auch im drucklosen Zustand und weisen deshalb nur sehr geringe Auslegungsleckagen auf. Grössere Wasserverluste aus den Lagerbecken infolge eines Erdbebens können deshalb praktisch ausgeschlossen werden, kleinere Verluste fliessen ins Untergeschoss des Nebengebäudes C und sind sicherheitstechnisch unbedenklich.

Beurteilung des ENSI

Das KKB reicht für das Brennelement-Lagerbecken Anfang 2020 die Revision 3 der technischen Mitteilung /5/ ein, die bereits im Jahre 2012 aufgrund der Verfügung des ENSI /95/ ihr als Revision 0 vorgelegt worden war. Das ENSI kam im Jahre 2012 in seiner Stellungnahme /98/ zu dem Ergebnis, dass alle



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

erforderlichen Bauwerke und Baustrukturen in dem Erdbebennachweis berücksichtigt sind. Ausserdem stimmte das ENSI in /98/ der Beurteilung des KKB zu, dass mit Ausnahme der Beckenkühlwasser-Rücklaufleitungen vor dem Ionentauscher bei allen Anschlussleitungen an das Becken eine Füllstandsabsenkung infolge des seismischen Versagens der Leitungen unbedenklich ist. Das ENSI forderte aber für das Versagen der Rücklaufleitungen während des Betriebs der Ionentauscher Massnahmen zur Verhinderung einer unzulässigen Füllstandsabsenkung durch Saug-Hebe-Wirkung. Dieser Forderung kam das KKB mit der Nachrüstung von Rückschlagklappen in die Rücklaufleitungen beider Blöcke im Jahre 2015 nach.

Das ENSI stellt nach einem Vergleich der verschiedenen Revisionen der technischen Mitteilung /5/, die in den Jahren 2012 und 2020 eingereicht wurden, fest, dass sich hinsichtlich der Bauwerke und Systeme sowie der Anschlussleitungen an die Becken bis auf die nachgerüsteten Rückschlagklappen keine Änderungen ergeben haben und damit die Beurteilungen des ENSI in /98/ weiterhin Bestand haben.

Die Massnahmen zur erdbeben- und überflutungssicheren Nachspeisung in die Lagerbecken und zur kontrollierten Abfuhr des verdampften Beckenwasserinventars aus dem Brennelement-Lagergebäude, die das KKB in der technischen Mitteilung /5/ im Vergleich zur Revision 0 ergänzt hat, waren im Rahmen des Projektes NABELA vom ENSI bereits mit erhöhten Erdbebengefährdungen freigegeben worden.

Mit den Ausführungen in /5/ berücksichtigt das KKB die Forderung 2 des ENSI aus der Grobprüfung /101/ zum Nachweis der auslegungsgemässen Funktion der Rückschlagklappen in den Beckenkühlwasser-Rücklaufleitungen vor dem Ionentauscher bei geringen Gegendrücken. Auf die in der Grobprüfung /101/ geforderte periodische Funktionsprüfung der einzelnen Rückschlagklappen wird in /5/ nicht eingegangen.

Forderung

Das KKB hat bis zum 30. Juni 2021 aufzuzeigen, dass die Funktion der Rückschlagklappen FAC 688-A/B und FAC 690 mittels wiederkehrenden Tests geprüft wird.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu dem Ergebnis, dass alle zur langfristigen Sicherstellung der Integrität und zur Aufrechterhaltung des Kühlmittelinventars des Brennelementbeckens erforderlichen Bauwerke und Ausrüstungen über den vom KKB eingereichten Erdbebennachweis abgedeckt sind. Die Brennelementbecken werden im Rahmen des Projekts NABELA mit einem zusätzlichen, seismisch robusten Brennelementbeckenkühlsystem nachgerüstet.

5.2 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Systeme

Angaben des Betreibers

Die aktualisierten Fragility- und HCLPF-Werte der für das BE-Lagerbecken relevanten Komponenten sind in Tabelle 8 des Berichts TM-511-R 18046 /2/ aufgelistet. Der HCLPF-Wert des Nebengebäudes B befindet sich in der Tabelle 9 des Berichts /2/.

Es zeigt sich, dass die HCLPF-Tragfähigkeitswerte der für die Erdbebensicherheit des KKB massgebenden Systeme und Komponenten die Belastung durch das 10'000-jährliche Erdbeben (PGA = 0,383 g) mit wesentlicher Sicherheitsmarge übertreffen. Der HCLPF-Tragfähigkeitswert der klassierten Rohrleitungen des BE-Lagerbeckenkühlsystems beträgt 0,44 g. Der HCLPF-Wert für das Nebengebäude B liegt bei 1,07 g.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: [REDACTED] den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Beurteilung des ENSI

Die Feststellungen des ENSI in den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 der vorliegenden Stellungnahme gelten auch für die aktualisierten Fragility- und HCLPF-Werte der relevanten SSK des BE-Lagerbeckens.

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung kommt das ENSI zum Schluss, dass der Nachweis der Erdbebensicherheit für die relevanten SSK des BE-Lagerbeckens erbracht ist. Eine abschliessende Überprüfung der Fragilities erfolgt im Rahmen der Verfügung vom 26. Mai 2016 Dispositivziffer 2.D.

5.3 Radiologische Auswirkungen

Angaben des Betreibers

Für den deterministischen Sicherheitsnachweis für das Brennelement-Lagerbecken /113/ wurden Szenarien für den Leistungsbetrieb und für die Revision analysiert. Betreffend Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Brennelementlagerbecken wird eine Füllstandsabsenkung aufgrund der nicht seismisch robusten Anschlussleitung von 1,5 m angenommen. Aufgrund des fehlenden erdbebenfesten Kühlstranges wird die Nachzerfallwärme mittels «Feed-and-Boil» abgeführt.

Das KKB hat basierend auf der radiologischen Analyse von 2012 /87/ keine aktualisierte Version eingereicht. Im Jahr 2012 wurden Szenarien für den Leistungsbetrieb und für den abgestellten Reaktor analysiert. Betreffend Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Brennelementlagerbecken wurde u. a. ein sehr konservatives Szenario (frisch ausgeladener Kern mit Brennelementschäden) untersucht. Dabei wurde unterstellt, dass der Kern mit seinen Brennelementschäden erst beim Erreichen der Limite der Technischen Spezifikation bzgl. der Primärkühlmittelaktivität in das Brennelementlagerbecken transferiert wird. Es wurde unterstellt, dass das gesamte Iodinventar freigesetzt wird und die übrigen Stoffe (Cobalt, Antimon, Cäsium) entsprechend dem Anteil des verdampften Brennelementbeckeninventars.

Die Ausbreitungs- und Dosisberechnungen wurden mit einer Abgabehöhe von 10 m und für eine minimale Abwinddistanz von 300 m vom Abgabeort durchgeführt. Für den wahrscheinlicheren Fall des Eintritts des Erdbebens im Leistungsbetrieb beträgt die Dosis aus dem Versagen der Brennelementbeckenkühlung für Kleinkinder 0,6 mSv. Für das andere Szenario (abgestellter Reaktor) wurde eine Dosis für die meistbetroffene Bevölkerungsgruppe der Kleinkinder von 18,5 mSv ermittelt.

Beurteilung des ENSI

Das KKB hat eine weitere Rückschlagklappe im BE-Beckenreinigungssystem nachgerüstet, so dass Leckagen durch Saug-Hebe-Wirkung einzelfehlersicher ausgeschlossen werden können. Die restlichen Leitungen tauchen maximal 1,5 m tief in das BE-Becken ein, so dass eine Füllstandsabsenkung darüber hinaus nicht erfolgen kann.

Das ENSI hatte die radiologische Analyse bereits in seiner Stellungnahme vom 9. Juli 2012 /98/ bewertet und den Quellterm als sehr konservativ eingestuft. Das ENSI hat die damalige Analyse neu beurteilt und kommt zum Schluss, dass der Dosishöchstwert von 100 mSv inklusive des Dosisbeitrags aus dem Brennelementbecken nicht überschritten wird.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

6 Nachweis Kombination von Erdbeben und Hochwasser

Angaben des Betreibers

Im deterministischen Sicherheitsnachweis für das 10'000-jährliche Erdbeben /3/ legt das KKB dar, dass von den betrachteten Stauanlagenbrüchen (siehe Kapitel 2.2) nur der Bruch des Wehrs Wettingen potenziell zu einer Überflutung führt. Falls das Wehr Wettingen brechen sollte, so wird die Überflutungshöhe im Bereich der Gebäudekanten mit maximal 11 cm angegeben.

Diese resultierende Überflutung ist minimal und liegt weit unter der Auslegungsfluthöhe von 1,65 m der für die Störfallbeherrschung benötigten Gebäude (Notstandsgebäude, Notspeisewassergebäude, Dieselgebäude). Selbst gegenüber auslegungsüberschreitenden Erdbeben/Überflutungs-Szenarien (beispielsweise ein sequenzielles Versagen der Wehre Ruppertswil-Auenstein und Wildegg-Brugg) besitzt das KKB grosse Sicherheitsreserven.

Diese Überflutungshöhe stellt aufgrund der Gebäudeauslegungen sowohl für den Abfahrpfad 2 (Hochwasserschutz Notstandssystem bis 7 m /117/) als auch für den mit AUTANOVE nachgerüsteten Abfahrpfad 1 (Hochwasserschutz BX-Strang bis 3,2 m /116/) keine relevante Gefährdung dar. Die betrachtete Kombination aus Erdbeben und Hochwasser kann im KKB einzelfehlersicher mit den Abfahrpfaden 1 und 2 beherrscht werden. Eine detaillierte Analyse zur Beherrschung des Szenarios mit dem Notstandssystem und unter Berücksichtigung des einzelfehlerbedingten Ausfalls der sekundärseitigen Wärmesenke erfolgte mit /118/. Zusätzlich wurde die Beherrschung des seismisch induzierten Bruchs beider Frischdampfleitungen mit /119/ analysiert. Details zu den Störfallanalysen finden sich in Kapitel 4.1.

Bei einer infolge Wehrbruch Wettingen nur wenigen Stunden andauernden Überflutung mit Überflutungshöhe von 11 cm werden nur geringe Mengen an Aarewasser in das Nebengebäude C eindringen, nämlich höchstens über Ritzen einer Aussentüre des Nebengebäudes C /114/. Auch der neu aufgebaute und gegen Einwirkungen von aussen geschützte BX-Sicherheitsstrang ist gegen externe Überflutung geschützt, da die neuen Dieselgebäude sowie das Notspeisewassergebäude gegen externe Überflutung ausgelegt sind /3/. Im Rahmen der radiologischen Analyse muss dieses auslegungsüberschreitende Szenario nicht betrachtet werden. Unabhängig davon hat das KKB die Dosis aus Abgaben über den Wasserpfad mit kleiner als 0,001 mSv abgeschätzt und als vernachlässigbar bewertet/114/.

Beurteilung des ENSI

Die für den vorliegenden Nachweis angenommene Überflutungshöhe liegt deutlich unterhalb der ursprünglichen Auslegungsfluthöhe des KKB von 1,65 m. Zudem erachtet es das ENSI aufgrund der vorliegenden Erdbebennachweise als plausibel, dass die sicherheitsrelevanten Gebäude auch unter Erdbebeneinwirkungen ausreichend dicht bleiben /77/. Insgesamt wird nach Wertung des ENSI die Verfügbarkeit der SSK der Abfahrpfade 1 und 2 im Zuge einer Überflutung der Anlage nach einem 10'000-jährlichen Erdbeben durch deren Auslegung mit grosser Marge sichergestellt.

Mit den im Rahmen des Projektes AUTANOVE durchgeführten Anlagenänderungen existieren zwei seismisch qualifizierte Systeme zur langfristigen Nachzerfallswärmeabfuhr. Nach Wertung des ENSI zeigen die Störfallanalysen, dass die Anlage damit auch unter den neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 in Kombination mit einer Überflutung in einen stabilen und sicheren Zustand überführt werden kann und die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten werden (siehe Kapitel 4.1).

Nach Auffassung des ENSI ist der Dosisbeitrag für dieses Szenario vernachlässigbar. Infolge der erhaltenen Dichtheit der Gebäude nach dem Erdbeben resultieren aus der Überflutung keine zusätzlichen Schäden, die zu weiteren Aktivitätsfreisetzungen führen.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

7.1 Zusammenfassung

Veranlassung und Gegenstand

Mit Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ legte das ENSI unter der Forderung 1 fest, dass für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke neu die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 gelten. Mit den Forderungen 2.B und 3 in /71/ verfügte das ENSI, dass das KKB unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 die nach Fukushima durchgeführten Nachweise zur Beherrschung eines 10'000-jährlichen Erdbebens sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser zu aktualisieren und die Etagenantwortspektren neu zu berechnen hat.

Zur Erfüllung der Forderung 2.B und 3 aus der Verfügung /71/ reichte das KKB mit Brief vom 21. Dezember 2018 /1/ termingerecht umfangreiche Unterlagen ein. Darin legt das KKB dar, dass das 10'000-jährliche Erdbeben sowie die Kombination von Erdbeben und Hochwasser unter Einhaltung der vom ENSI vorgegebenen Randbedingungen und des nach Art. 44 Abs. 1 Bst. a der Kernenergieverordnung /126/ geltenden Dosiswerts von 100 mSv beherrscht werden.

Prüfverfahren des ENSI

Das ENSI hat im ersten Schritt die eingereichten Unterlagen einer Grobprüfung unterzogen. Dabei überprüfte das ENSI insbesondere die Vollständigkeit der Unterlagen, die angewendeten Methoden sowie die Einhaltung der Vorgaben aus der Verfügung vom 1. April 2011 /95/ und aus dem Konzept /92/. Aus der Grobprüfung /101/ resultierten 12 Forderungen, die zur Nachreichung weiterer Unterlagen im Mai 2019 /102/, im Juni 2019 /132/ und im Dezember 2019 /135/ geführt haben. Aus den 12 Forderungen ist die Forderung 3 betreffend die Überarbeitung des Detailkonzepts zum Teilprojekt 1 /100/ noch offen und wird im Rahmen der Forderung 2.D aus der Verfügung /71/ erfüllt (siehe Kapitel 3.3). Im Weiteren ist die Forderung 2 bezüglich der Rückschlagklappen noch nicht vollständig erfüllt und wird hier als Forderung 1 formuliert. Das ENSI bestätigt in der vorliegenden Stellungnahme, dass die übrigen Forderungen im Hinblick auf die Aktualisierung der Fukushima-Nachweise erfüllt wurden.

Die Etagenantwortspektren (EAS), welche die Erdbebeneinwirkung auf die Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) in den Gebäuden darstellen und die für die Berechnung der EAS erforderlichen Zwischenergebnisse wie Erdbebenzeitverläufe, Bodenprofile und Boden-Bauwerk-Interaktionsanalysen (SSI) wurden für das Reaktor- und das Notstandsgebäude mit eigenständigen Berechnungen geprüft. Die Prüfung der EAS der übrigen relevanten Gebäude erfolgte mit Quervergleichen zu früheren, bereits validierten Ergebnissen. Die Etagenantwortspektren wurden vom ENSI mit der Stellungnahme vom 28. Februar 2020 /112/ bereits positiv beurteilt.

Bezüglich Vollständigkeit der vom KKB für die Nachweise berücksichtigten SSK prüfte das ENSI, ob sämtliche bis zum sicheren Anlagenzustand «kalt abgestellt» erforderlichen SSK sowie die für die Brennelementbeckenkühlung benötigten SSK vom KKB erfasst wurden. Die Erdbebenfestigkeiten resp. Fragilitäten der SSK beurteilte das ENSI, indem die Verfahren, Versagensmechanismen und Skalierungsmethoden des KKB analysiert wurden. Stichprobenartig wurde eine Auswahl von Fragilitäten vertieft geprüft, z. B. durch Vergleiche mit Auslegungsdokumenten oder seismischen Testergebnissen. Zusätzlich führte das ENSI diesbezüglich mehrere Fachgespräche sowie eine Inspektion durch.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Hinsichtlich der radiologischen Analysen hat das ENSI geprüft, ob das den Ausbreitungsberechnungen zugrunde liegende Schadensbild nachvollziehbar und plausibel ist. Das ENSI hat eigene Ausbreitungs- und Dosisberechnungen durchgeführt und diese mit den Berechnungen des KKB verglichen.

Bewertung der Gefährdungsannahmen

Die vom KKB im aktualisierten Fukushima-Nachweis angesetzten Erdbebeneinwirkungen entsprechen den in der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ in Kraft gesetzten Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015.

Für das 10'000-jährliche Erdbeben gemäss den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 liegt die maximale horizontale Bodenbeschleunigung (PGA) auf der Terrainoberfläche des Kraftwerkstandortes bei 0,383 g. Dieser Wert gilt als Referenz für die Erdbebenfestigkeitsnachweise.

Erforderliche SSK für die Kernkühlung und die Brennelementbeckenkühlung

Bei auslegungsgemässer Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens erfolgt im KKB die Auslösung der Reaktorschnellabschaltung sowie die sekundärseitige Wärmeabfuhr und Stabilisierung der Anlage bis in den Anlagenzustand „heiss abgestellt“ mit dem Notstandssystem oder dem nachgerüsteten, ebenfalls seismisch robusten Sicherheitsstrang BX. Primärseitig erfolgt die Borierung zur Sicherstellung der Unterkritikalität und der Erhalt der Integrität der Hauptkühlmittelpumpendichtungen einzelfehlersicher über die beiden Sperrwasser-Versorgungssysteme. Ein weiteres Abkühlen der Anlage in den Zustand „kalt abgestellt“ erfolgt durch den Einsatz der Notstands-Kaltfahrleitung und des Notstands-Rezirkulationssystems.

Das betriebliche Brennelementlagerbeckenkühlssystem wurde mit einer zweiten Rückschlagklappe nachgerüstet. Damit kann eine Saug-Hebe-Wirkung aus dem BE-Becken als Folge einer Leckage einzelfehlersicher ausgeschlossen werden. Das ENSI erwartet, dass die Funktionstüchtigkeit der Rückschlagklappen mit regelmässigen Tests sichergestellt wird (siehe Forderung 1 in Kapitel 5.1).

Das ENSI kommt zum Ergebnis, dass die für die Kernkühlung sowie für die langfristige Sicherstellung der Integrität und für die Aufrechterhaltung des Kühlmittelinventars des Brennelementbeckens erforderlichen Bauwerke und Ausrüstungen über den vom KKB eingereichten Erdbebennachweis abgedeckt sind. Die Brennelementbecken werden im Rahmen des Projekts NABELA mit einem zusätzlichen, seismisch robusten Brennelementbeckenkühlssystem nachgerüstet.

Bestimmung der Erdbebenfestigkeiten und Nachweisführung

Im Zuge der 2011/2012 durchgeführten Fukushima-Nachweise wurden Fragility-Analysen für die relevanten Gebäude durchgeführt, indem das KKB die β -Werte für die epistemischen und aleatorischen Unsicherheiten berechnete und nicht generische Werte verwendete. Im Rahmen der jetzigen Fragility-Nachweise wurden vollständig neue Berechnungen mit gleicher Methodik wie 2011/2012 für die Nebengebäude A und D, das BOTA-Gebäude sowie den Notstandsbrunnen durchgeführt. Für die übrigen relevanten Gebäude erfolgten keine Neuberechnungen, sondern die Fragilities aus den früheren Fukushima-Nachweisen von 2011/2012 oder aus dem ERSIM-Projekt wurden skaliert. Die Fragilities der neuen Notstromdieselgebäude wurden aufgrund von Auslegungsberechnungen hergeleitet. Das ENSI erwartet, dass die Fragilities für das Nebengebäude C im Rahmen der Forderung 2.D aus der Verfügung /71/ überarbeitet werden (siehe Kapitel 4.3.1).

Die Erdbebenfestigkeiten (HCLPF-Werte) für die vom vorliegenden Sicherheitsnachweis betroffenen Systeme und Komponenten wurden auf Basis der probabilistischen EAS mit Gefährdung ENSI-2015



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

entweder neu berechnet oder sie wurden anhand der früheren mit Gefährdung PRP-IH berechneten Fragilities auf die Gefährdung ENSI-2015 skaliert.

Gemäss der Erdbebengefährdung ENSI-2015 liegt die maximale Bodenbeschleunigung (PGA) beim 10'000-jährlichen Erdbeben bei 0,383 g. Die HCLPF-Tragfähigkeitswerte der für die einzelfehlersichere Kühlung des Reaktors notwendigen Systeme und Komponenten des KKB betragen für die zwei Abfahrpfade BV und BV-erweitert mindestens 0,47 g und für den neuen Abfahrpfad BX mindestens 0,41 g. Der HCLPF der schwächsten Komponente für die Brennelementlagerbeckenkühlung liegt bei 0,44 g. Aufgrund der durchgeführten Überprüfungen kann das ENSI die vom KKB vorgelegten Fragilities der zur Kern- und Brennelementbeckenkühlung erforderlichen SSK grundsätzlich bestätigen. Eine abschliessende Überprüfung der Fragilities erfolgt im Rahmen der Verfügung vom 26. Mai 2016, Dispositivziffer 2.D.

Nachweis von Erdbeben in Kombination mit Hochwasser

Als zu betrachtende Stauanlagen wurden vom KKB die Wehre Wettingen, sowie Rupperswil/Auenstein und Wildegg/Brugg identifiziert. Für diese wird angegeben, dass einzig das Versagen des Wehrs Wettingen zu einer Überflutung führt, ein Versagen desselben jedoch auslegungsüberschreitend ist. Das gleichzeitige Versagen der übrigen betrachteten Staumauern führt aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten der Wellen nicht zu einer höheren Überflutung, als das Versagen des Wehrs Wettingen alleine. Die seismisch induzierten Überflutungshöhen bleiben unterhalb der Auslegungsluthöhe des KKB, womit die Verfügbarkeit der SSK der Abfahrpfade 1 und 2 sichergestellt ist.

Aus Sicht des ENSI ist der Nachweis für die Standfestigkeit des Wehrs Wettingen nicht gemäss den Vorgaben /71/, /95/ erbracht worden. Im Rahmen der Erfüllung der Verfügung vom 26. Mai 2016, Ziffer 2.D /71/, erwartet das ENSI bei der Verfeinerung der Gefährdungsanalyse die Berücksichtigung des Klärungsbedarfs, wie er in Kapitel 2.2 dargestellt ist.

Da die für die Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens relevanten SSK bis zu einer Überflutungshöhe von 1,65 m geschützt sind, erachtet das ENSI den Nachweis zur Beherrschung der erdbebenbedingten Überflutung als erbracht.

Radiologische Auswirkungen

Das KKB hat die Dosisbeiträge infolge Abfahrens des Reaktors, Versagens von Ausrüstungen auf der Primär- und Sekundärseite und Versagens der Brennelementbeckenkühlung abgeschätzt und aufgezeigt, dass der Dosishöchstwert von 100 mSv gesamthaft nicht überschritten wird. Dies gilt auch für die Kombination von Erdbeben und Überflutung. Das ENSI konnte sich mit eigenen Quellterm- und Ausbreitungsrechnungen davon überzeugen, dass der Dosishöchstwert von 100 mSv deutlich eingehalten wird.

7.2 Schlussfolgerung

Im Rahmen der gemäss Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ Forderung 2.B verlangten Aktualisierung der Fukushima-Nachweise mit den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 kommt das ENSI aufgrund der Prüfung der vom KKB eingereichten Dokumente zur Schlussfolgerung, dass die Kernkühlung und die Kühlung der Brennelementlagerbecken unter Einwirkung des 10'000-jährlichen Erdbebens und der Kombination von Erdbeben und erdbebenbedingtem Hochwasser gewährleistet sind. Der Dosishöchstwert von 100 mSv wird bei diesen Störfällen deutlich eingehalten.



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

Im Rahmen der Erfüllung der weiteren Forderungen der Verfügung vom 26. Mai 2016 /71/ werden die probabilistischen Sicherheitsanalysen (Forderung 2.C) und die detaillierten deterministischen Nachweise (Forderung 2.D) vom ENSI noch geprüft und bewertet. Zu den Fragilities wurde Verbesserungsbedarf identifiziert, dessen Umsetzung bereits gefordert wurde. Eine abschliessende Überprüfung der Fragilities erfolgt im Rahmen der Verfügung vom 26. Mai 2016, Dispositivziffer 2.D.

Das KKB hat die nachfolgende Forderung zu erfüllen:

Forderung

Das KKB hat bis zum 30. Juni 2021 aufzuzeigen, dass die Funktion der Rückschlagklappen FAC 688-A/B und FAC 690 mittels wiederkehrenden Tests geprüft wird.

8 Referenzen

- /1/ Brief Axpo: „Aktualisierung der Fukushima-Nachweise auf Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015“, KBP 021 ribe vom 21.12.2018
- /2/ Übersichtsbericht Axpo: „Aktualisierung der Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) für KKB gemäss ENSI-Verfügung vom 26.05.2016“, TM-511-R 18046, Rev. 0 vom 20.12.2018
- /3/ Übersichtsbericht Axpo: „Deterministischer Sicherheitsnachweis für das 10'000-jährliche Erdbeben“, TM-511-RA12014, Rev. 1 vom 15.12.2018
- /4/ Übersichtsbericht Axpo: „Radiologische Analyse des 10 000-jährlichen Erdbebens inkl. Beilage 1“, TM-511-RA12016, Rev. 1, mit Anhang A, vom 21.12.2018
- /5/ Übersichtsbericht Axpo: „Deterministischer Sicherheitsnachweis für das Brennelement-Lagerbecken“, TM-511-R 12011, Rev. 1, (seit 16.01.2020 gilt Rev. 3), mit Anhang, vom 20.12.2018
- /6/ Technischer Bericht Proseis: „Calculation of the Seismic Hazard at the Four NPP Sites Based on the Hybrid SED – PRP Model“, PS-TA-1587 vom 01.09.2015
- /7/ Technischer Bericht Swissnuclear: „UHS compatible 30 acceleration time histories for hazard level 1E-4 and soil surface (0 m elevation), based on ENSI- 2015 hazard, for Beznau nuclear power plant site (KKB)“, KKB 213D0040, Rev.0; FGK-AN-17.092, Rev. 1 vom 21.03.2017
- /8/ Technischer Bericht Swissnuclear: „TECHNICAL NOTE – Evaluation of mean and median UHS of a set of hazard-consistent ground-motion time histories for Beznau nuclear power plant site (KKB)“, SN-AN-18.047 vom 05.10.2018
- /9/ Technischer Bericht Axpo: „Development of Strain-Compatible Soil Properties for Probabilistic and Deterministic SSI-Analyses According to ENSI-2015 UHS“, KKB 213D0041, Rev. 0 vom 09.02.2018
- /10/ Technischer Bericht Axpo: „Development of Latin Hypercube Sampling (LHS) Multipliers for Probabilistic SSI Analyses at Beznau NPP with ENSI-2015“, KKB 213D0042, Rev. 0 vom 14.03.2018
- /11/ Technischer Bericht NOK: „Sicherheitsgebäude, Überprüfung der Erdbebensicherheit beim SSE-Erdbeben“, KKB 233 D0100, Rev. 0 vom 15.08.2003



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

- /12/ Technischer Bericht Axpo: „Reactor Buildings 1/2US/UR – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 233 D0401, Rev. 0 vom 21.08.2018
- /13/ Technischer Bericht Cervenka: „Pushover Calculation for Reactor Building of Beznau Power Plant“, KKB 234D0149, Rev. 0 vom 28.11.2011
- /14/ Technischer Bericht Axpo: „Probabilistische Erdbebenfestigkeitsanalyse (Fragility) des Reaktorgebäudes anhand PRP Intermediate Hazard“, KKB 233 D0150, Rev. 0 vom 29.11.2011
- /15/ Technischer Bericht ABS Consulting: „Seismic Fragility of Reactor Building“, 1480423-C-036, Rev. 1 vom 20.12.2007
- /16/ Technischer Bericht Axpo: „Development of Finite Element Model for the Auxiliary Buildings 1/2UN(A) in SAP2000“, KKB 234 D0505, Rev. 0 vom 25.05.2018
- /17/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Buildings 1/2UN(A) – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 234 D0506, Rev. 0 vom 26.05.2018
- /18/ Technischer Bericht Cervenka: „Pushover Analysis of Intermediate Building 1UN(A) at Beznau“, 2018-04-09-0022 vom 29.11.2018
- /19/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Buildings 1/2UN(A) – Seismic Fragility based on ENSI-2015“, KKB 234 D0521, Rev. 0 vom 21.11.2018
- /20/ Technischer Bericht Axpo: „Development of Finite Element Model for the Auxiliary Buildings 1/2UN(B) in SAP2000“, KKB 234 D0507, Rev. 0 vom 07.08.2018
- /21/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Buildings 1/2UN(B) – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 234 D0508, Rev. 0 vom 13.08.2018
- /22/ Technischer Bericht Axpo: „Probabilistische Erdbebenfestigkeitsanalyse (Fragility) des BE-Lagergebäudes anhand PRP Intermediate Hazard“, KKB 234D0148, Rev. 0 vom 29.11.2011
- /23/ Technischer Bericht ABS Consulting: „Seismic Fragility of Auxiliary Building B“, 1480423-C-038, Rev. 1 vom 25.10.2007
- /24/ Technischer Bericht NOK: „Gebäude C Überprüfung der Erdbebensicherheit beim SSE-Erdbeben“, KKB 234D0092, Rev. 1 vom 26.05.2004
- /25/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Buildings 1/2UN(C) – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 234 D0510, Rev. 0 vom 26.09.2018
- /26/ Technischer Bericht Axpo: „Probabilistische Erdbebenfestigkeitsanalyse (Fragility) des Dachaufbaus von UN(C) anhand PRP Int. Hazard“, KKB 234D0155, Rev. 0 vom 19.03.2012
- /27/ Technischer Bericht Axpo: „Development of Finite Element Model for the Auxiliary Building 1UN(D) in SAP2000“, KKB 234 D0511, Rev. 0 vom 08.08.2018
- /28/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Building 1UN(D) – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 234 D0512, Rev. 0 vom 14.09.2018
- /29/ Technischer Bericht Cervenka: „Pushover Analysis of Intermediate Building 1UN(D) at Beznau“, KKB 234D0524, Rev. 0 vom 17.12.2018



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

- /30/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Buildings 1/2UN(D) – Seismic Fragility based on ENSI-2015“, KKB 234 D0525, Rev. 0 vom 16.11.2018
- /31/ Technischer Bericht Axpo: „Development of Finite Element Model for the Auxiliary Building 2UN(D) in SAP2000“, KKB 234 D0513, Rev. 0 vom 09.08.2018
- /32/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Building 2UN(D) – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 234 D0514, Rev. 0 vom 17.09.2018
- /33/ Technischer Bericht APA Consulting: „PROBABILISTIC SEISMIC ANALYSIS OF BEZNAU NPP AUXILIARY E1 BUILDING FOR INTERMEDIATE PRP UNIFORM HAZARD SPECTRA“, APA Consulting, Revision 1 vom 21.05.2012
- /34/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Building 1UN(E) – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 234 D0516, Rev. 0 vom 19.09.2018
- /35/ Technischer Bericht Axpo: „Probabilistische Erdbebenfestigkeitsanalyse (Fragility) des UN(E) anhand PRP Intermediate Hazard“, KKB234D0147, Rev. 0 vom 29.09.2011
- /36/ Technischer Bericht Axpo: „Development of Finite Element Model for the Auxiliary Building 2UN(E) in SAP2000“, KKB 234 D0517, Rev. 0 vom 13.08.2018
- /37/ Technischer Bericht Axpo: „Auxiliary Building 2UN(E) – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 234 D0518, Rev. 0 vom 25.09.2018
- /38/ Technischer Bericht Cervenka: „Pushover analysis of Building E of Beznau Power Plant“, KKB 234D0150 vom 28.11.2011
- /39/ Technischer Bericht NOK: „NANO-Gebäude 2UP (Notstandsgebäude) Dreidimensionales Finite-Element-Modell“, KKB 240 D0037 vom 18.01.2006
- /40/ Technischer Bericht Axpo: „Bunkered Emergency Building(s) 1-2UP/UY – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 241 D0087, Rev. 0 vom 07.05.2018
- /41/ Technischer Bericht ABS Consulting: „Seismic Fragility of Notstand Building“, 1480423-C-042, Rev. 1 vom 24.10.2007
- /42/ Technischer Bericht Axpo: „Auslegungsspezifikation für die Komponenten im Dieselgebäude Nord und Süd Etagenantwortspektren für SSE und OBE“, KKB 246 D0025, Rev. 1 vom 15.06.2011
- /43/ Technischer Bericht Axpo: „Emergency Diesel Generator Building(s) 1/2UT – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 246 D0478, Rev. 0 vom 17.08.2018
- /44/ Technischer Bericht Axpo: „Notstromdieselgebäude Nord und Süd Seismische Fragilities“, KKB 246 D0017 vom 21.05.2010
- /45/ Technischer Bericht NOK: „Notspisewassergebäude Seismische Berechnungen“, KKB 245 D0002, Rev. 1 vom 02.03.1998
- /46/ Technischer Bericht Axpo: „ERGES LSE Building 1/2UU – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 245 D0015, Rev. 0 vom 14.08.2018



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: 2 [REDACTED]

- /47/ Technischer Bericht ABS Consulting: „Seismic Fragility of Emergency Feedwater Building (LSE, ERGES)“, 1480423-C-044, Rev. 1 vom 24.10.2007
- /48/ Technischer Bericht NOK: „BOTA-Gebäude 1UU/2UU (Borwasser-Vorratstank) Dreidimensionales Finite-Element-Modell“, KKB 244 D0005, Rev. 0 vom 17.01.2006
- /49/ Technischer Bericht Axpo: „BOTA Building 1/2UU – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 244 D0009, Rev. 0 vom 15.08.2018
- /50/ Technischer Bericht Axpo: „BOTA Building 1/2UU – Seismic Fragility based on ENSI-2015“, KKB 244 D0010, Rev. 0 vom 27.11.2018
- /51/ Technischer Bericht ABS Consulting: „Development of SASSI Structural Model – Turbine Building East“, 1480423-C-022 vom 29.05.2007
- /52/ Technischer Bericht Axpo: „Turbine Buildings 1/2UM – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 236 D0056, Rev. 0 vom 10.12.2018
- /53/ Technischer Bericht Axpo: „Emergency Water Well 0X–Review of Seismic Capacity and Fragility Evaluation based on ENSI-2015“, KKB 243 D0033, Rev. 0 vom 15.10.2018
- /54/ Walkdown Bericht ABS Consulting: „Report on Seismic Walkdown of Beznau Unit 2“, 1480423-R-004, Rev. 2, KKB511D0270 vom 31.10.2007
- /55/ Walkdown Bericht Rizzo: „SEISMIC FRAGILITY WALKDOWN REPORT SPSA FRAGILITY UPDATE PROJECT BEZNAU NPP, SWITZERLAND“, R03 18-5944, REVISION 0 vom 17.12.2018
- /56/ Technischer Bericht Axpo: „NEUSI – TP1, Ermittlung der Skalierungsfaktoren der Fragilities für ausgewählte Strukturen“, TM-511-KG18008, Rev. 0 vom 14.12.2018
- /57/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility of Reactor Coolant System“, 18-5944-C-27, Rev. 0, KKB511D0381 vom 17.12.2018
- /58/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility of Control Rod Drive System and Fuel Assembly“, 18-5944-C-28, Rev. 0, KKB511D0382 vom 18.12.2018
- /59/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility of REQUAL II Piping, Supports, and Valves, MS Piping and KCH Piping“, 18-5944-C-29, Rev. 0, KKB511D0383 vom 26.11.2018
- /60/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility of Piping, Supports, and Valves of SSE Qualified Safety Systems“, 18-5944-C-30, Rev. 0, KKB511D0384 vom 20.11.2018
- /61/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility of Service Water, Component Cooling Piping and KHV Heat Exchanger in Containment“, 18-5944-C-31, Rev. 0, KKB511D0385 vom 28.11.2018
- /62/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility for Notstand and LSE Electrical and I&C Equipment“, 18-5944-C-32, Rev. 0, KKB511D0386 vom 20.11.2018
- /63/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility for Notstand Mechanical Equipment“, 18-5944-C-33.A, Rev. 0, KKB511D0387 vom 26.11.2018
- /64/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility for LSE Mechanical Equipment“, 18-5944-C-33.B, Rev. 0, KKB511D0388 vom 19.11.2018
- /65/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility of Non-Seismically Qualified Equipment That Meets 2.0g“, 18-5944-C-35, Rev. 0, KKB511D0389 vom 19.12.2018



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

- /66/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility for BOTA Tank“, 18-5944-C-54, Rev. 0, KKB511D0390 vom 28.11.2018
- /67/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility of Spent Fuel Racks“, 18-5944-C-55, Rev. 0, KKB511D0391 vom 20.11.2018
- /68/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility for Diesel Generator Building Electrical Equipment“, 18-5944-C-58, Rev. 0, KKB511D0392 vom 23.11.2018
- /69/ Technischer Bericht Rizzo: „Fragility for Diesel Generator Building Mechanical Equipment“, 18-5944-C-59, Rev. 0, KKB511D0393 vom 23.11.2018
- /70/ Technischer Bericht Axpo: „Fragility Analysis of the Steam Generator Supports based on ENSI-2015“, KKB 581 D0258, Rev. 0 vom 31.10.2018
- /71/ Verfügung ENSI: „Verfügung: Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke“, ENSI - 10KGX.PEG vom 26.05.2016
- /72/ Aktennotiz ENSI: „Methodik deterministischer Nachweise der Schweizer Kernkraftwerke für Erdbeben der Störfallkategorien 2 und 3“, ENSI-AN-8567 vom 03.03.2014
- /73/ Technische Mitteilung KKB: «Aktualisierung der Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) für KKB gemäss ENSI-Verfügung vom 1.4.2011», TM-511-RN11048, Rev. 1 vom 30.03.2012
- /74/ KKB, Technische Mitteilung TM-511-RA12015; Einzelfehlersicherheit des KKB-Notstandsystems bei Einwirkungen von aussen; Rev. 0; 30.03.2012
- /75/ ENSI, Brief (ARLTVOB -14/12/058); Kernkraftwerk Beznau, Stellungnahme des ENSI zum Nachweis der seismischen Robustheit der Isolation des Containments und des Primärkreislaufes; 01.07.2013
- /76/ KKB, Technische Mitteilung TM-511-RN14024; Stellungnahme des ENSI zur Erhöhung der Sicherheitsmargen (ERSIM) des KKB bzgl. Erdbeben und externer Überflutung; 19.03.2015
- /77/ ENSI, Aktennotiz ENSI-AN-9152; Stellungnahme des ENSI zur Erhöhung der Sicherheitsmargen (ERSIM) des KKB bzgl. Erdbeben und externer Überflutung; 19.03.2015
- /78/ ENSI-Brief, Kernkraftwerk Beznau, Block 2 – Sicherheitstechnischer Nachweis 10'000-jährliches Erdbeben, Forderung 2 vom 9.7.2012, 23.01.2013
- /79/ WCAP-10943, "Structural Analysis of the Reactor Coolant System for the NOK Nuclear Power Plant Beznau Unit 1 and 2," Revision 1, Westinghouse Electric Corporation, Energy Systems, Pittsburgh, PA, October 1992
- /80/ ENSI, „Aktionsliste zur BERA2013“, Aktennotiz ENSI 14/2422, 09.12.2016
- /81/ Brief Axpo: „KKB SEG15: Beantragung einer Terminverschiebung für die Aktualisierung der repräsentativen Komponenten betreffend die Verfügung vom 26. Mai 2016“, KBP 021 ribe, vom 21.12.2018
- /82/ ENSI-Brief, „KKB-Projekt NEUSI, Stellungnahme zu den Anträgen 01 bis 05 bezüglich Eingangsparameter für Boden-Bauwerk-Interaktions-Berechnungen“, vom 12.02.2018
- /83/ KKB, Technische Mitteilung, TM-511-RA12009, „Radiologische Untersuchung durch Austrag aus Behältern nach einem Erdbeben mit nachfolgendem Hochwasser“, Rev. 0 vom 30.03.2012
- /84/ Technischer Bericht Axpo, KKB 511D0288, „Quellterme KKB für Störfälle bei Hilfssystemen“, Rev. 0 vom 01.02.2012



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

- /85/ Technischer Bericht Axpo, KKB 511D0289, „Quellterme KKB Hilfssysteme - Sekundärseite“, Rev. 0 vom 19.03.2012
- /86/ Technischer Bericht Axpo, KKB 511D0290, „Quellterme KKB Hilfssysteme - Primärseite“, Rev. 0 vom 19.03.2012
- /87/ KKB, Technische Mitteilung, TM-511-RA12008, „Radiologische Freisetzung bei Wärmeabfuhr des BE-Beckens über Verdampfung des Beckeninventars“, Rev. 0 vom 30.03.2012
- /88/ KKB, Technische Mitteilung, TM-511-RA12010, „Analyse der Dichtheit der Containment-Ab-sperrung nach einem Erdbeben mit nachfolgendem Hochwasser“, Rev. 0 vom 30.03.2012
- /89/ Technischer Bericht Axpo, KKB 511D0291, „Radiologische Analyse primärseitiges Bleed & Feed“, Rev. 0 vom 20.03.2012
- /90/ Technischer Bericht Axpo, KKB 511D0233, „Frischdampfleitungsbruchanalyse mit R/P/C“, Rev. 1 vom 11.09.2006
- /91/ Technischer Bericht Axpo, KKB 511D0236, „Frischdampfleitungsbruchanalyse unter Best Estimate Randbedingungen mit R/P/C“, Rev. 1 vom 11.09.2006
- /92/ KKB, Technische Mitteilung, TM-511-P 16001, „Gesamtkonzept Erdbebennachweise“ vom 27.10.2016
- /93/ KKB, Technische Mitteilung, TM-511-RN16804, „Teilprojekt TP2/4 – Detailkonzept für die Umsetzung der Erdbebengefährdung ENSI-2015“ vom 27.10.2016
- /94/ Stellungnahme ENSI: «Stellungnahme zum Konzept des KKB für die Sicherheitsnachweise zu den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015», [REDACTED] – 14KEX.SEG15, 14/16/035 vom 10.07.2017
- /95/ Verfügung ENSI: „Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung“, [REDACTED] – 14/11/015 vom 01.04.2011
- /96/ Axpo; „Forderung aus ENSI-Verfügung vom 1. April 2011: Aktualisierung der KKB-Erdbeben-grenztragfestigkeitsnachweise (Fragilities)“, KBR 021/511 ri/smk vom 30.11.2011
- /97/ Axpo; „Forderung aus ENSI-Verfügung vom 1. April 2011: Deterministischer Nachweis der Beherrschung des 10 000-jährlichen Erdbebens“, KBR-A 021/511 mlr/smk vom 30.03.2012
- /98/ Aktennotiz ENSI: „Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKB zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens“ ENSI 14/1658 vom 09.07.2012
- /99/ Axpo; Brief „Einreichung eines Konzeptes zur Erfüllung Punkt (A), aus der Verfügung Erdbe-bengefährdungsannahmen ENSI-2015 für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke“ vom 31.10.2016
- /100/ Bericht KKB: «Teilprojekt TP1 - Detailkonzept für die Umsetzung der Erdbebengefährdung ENSI-2015», TB-010-KG16002 Rev. 0 vom 26.10.2016
- /101/ Brief ENSI „Kernkraftwerk Beznau, Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 14/19/001, Ergebnisse der Grobprüfung“, [REDACTED] -14/19/001 vom 30.04.2019
- /102/ Brief Axpo: «Stellungnahme des KKB; Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 14/19/001, Ergebnisse der Grobprüfung, Erfüllung von Forderungen», KBP-P 021 ribe vom 29.05.2019



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: 2 [REDACTED]

- /103/ KKB234D0515 Rev. 1, PROBABILISTIC SEISMIC ANALYSIS OF BEZNAU NPP AUXILIARY E1 BUILDING FOR INTERMEDIATE PRP UNIFORM HAZARD SPECTRA, 21.05.2012
- /104/ KKB234D0181 Rev. 0, Probabilistische Erdbebenfestigkeitsanalyse des Nebengebäudes A (HCLPF-Wert) anhand PRP Intermediate Hazard, 01.10.2014
- /105/ KKB234D0162 Rev. 0, Nebengebäude UN(B), Massnahmen zur Verbesserung des Erdbebenverhaltens B2/B3 Hierarchiedokument, 15.03.2013
- /106/ KKB234D0179 Rev. 1, Nebengebäude UN(A), Projekt NASE Massnahmen zur Verbesserung des Erdbebenverhaltens B2/B3 Hierarchiedokument, 19.01.2015
- /107/ KKB570D0019 Rev. 1, STRUCTURAL ANALYSIS OF THE REACTOR COOLANT SYSTEM FOR THE NOK NUCLEAR POWER PLANT BEZNAU UNIT 1 AND 2, 10.1992
- /108/ Datenbank EQESEWS via ENSI Webtransfer, übermittelt am 29.05.2019
- /109/ KKB511 D0380 Rev. 01, SEISMIC FRAGILITY WALKDOWN REPORT SPSA FRAGILITY UPDATE PROJECT BEZNAU NPP, SWITZERLAND, 20.03.2019
- /110/ Brief Axpo: «Projekt NEUSI: ENSI-2015, Etagenantwortspektren der Notstromdieselgebäude 1/2UT», KG19006/kuv/021 vom 18.06.2019
- /111/ Technischer Bericht Axpo: „Emergency Diesel Generator Building(s) 1/2UT – Probabilistic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra (FRS) based on ENSI-2015“, KKB 246 D0478, Rev. 1 vom 29.01.2019
- /112/ ENSI-Stellungnahme [REDACTED] – 14/19/001, «Stellungnahme zu den Etagenantwortspektren für die aktuelle Erdbebengefährdung ENSI-2015, ENSI-Geschäft 14/19/001» vom 28.02.2020
- /113/ Übersichtsbericht Axpo: „Deterministischer Sicherheitsnachweis für das Brennelement-Lagerbecken“, TM-511-R 12011, Rev. 3, mit Anhang, vom 16.01.2020
- /114/ KKB, TM-511-R 19045, «Dosisbeitrag infolge seismischem Versagen von Ausrüstungen beim 10'000-jährlichen Erdbeben NESK3», Rev. 1 vom 20.12.2019
- /115/ Bundesamt für Energie BFE, «Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen - Teil C3: Erdbebensicherheit», Sektion Aufsicht Talsperren, Version 2.0 (Februar 2016)
- /116/ ENSI, Brief vom 10. August 2016, «Kernkraftwerk Beznau, Stellungnahme zur Überprüfung der Überflutungssicherheit der neuen AUTANOVE-Gebäude (Projekt ERSIM, ENSI-AN-9152 /1/, Forderung 3)», KBR-N 021 prd/smk vom 10.08.2016
- /117/ Brief ENSI: «Kernkraftwerk Beznau, Stellungnahme zu der Ertüchtigung der Entlüftungsleitung und des Mannlochdeckels in der Abdeckung des Notstandbrunnens (Projekt ERSIM, ENSI-AN-9152 /3/, Forderung 4)», [REDACTED] – 10KEX.AO13FUKU4 vom 16.09.2016
- /118/ Axpo, «Deterministischer Sicherheitsnachweis für das 10'000-jährliche Erdbeben», TM-511-RA12014, (aktuelle Version ist /3/), 30.03.2012
- /119/ Axpo, «Seismisch induzierter Frischdampfleitungsbruch – Ergebnisse und Analysen der Simulatorfahrten», TM-511-RA19048, 16.12.2019
- /120/ Richtlinie ENSI-A05, «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang»
- /121/ EPRI-3002012994, „Seismic Fragility and Seismic Margin Guidance for Seismic Probabilistic Risk Assessments“, 27.09.2018



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: 2 [REDACTED]

- /122/ Verfügung ENSI: «Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima», FLP/SAN – 14/11/015 vom 18.03.2011
- /123/ Kernenergiegesetz BFE: «Kernenergiegesetz», SR 732.1 vom 21.03.2003
- /124/ Verordnung UVEK: «Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen», SR 732.112.2 vom 17.06.2009, Stand am 01.02.2019
- /125/ Verordnung UVEK: «Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken», SR 732.114.5 vom 16.04.2008, Stand am 01.02.2019
- /126/ Verordnung Bundesrat: «Kernenergieverordnung», SR 732.11 vom 10.12.2004, Stand am 01.02.2019
- /127/ Verfügung ENSI: «Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht vom 31. März 2011», FLP-14/11/015 vom 05.05.2011
- /128/ KTA-Norm; KTA3205.3, Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen - Teil 3: Serienmäßige Standardhalterungen
- /129/ ENSI, Inspektionsbericht: «Inspektion Erdbebensicherheit, KKB, 30.01.2020», ENSI 14/2942, [REDACTED] 16.12.2020
- /130/ Richtlinie ENSI-G14, «Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen», Ausgabe Februar 2008, Revision 1, 21.12.2009
- /131/ Protokoll ENSI: «KKB; Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 14/19/001, Zwischen-Ergebnisse von Detailprüfungen der Etagenantwortspektren mit Erdbebengefährdung ENSI-2015; Fachgespräch vom 02. Oktober 2019 mit Axpo / KKB», ENSI 14/2812 vom 05.12.2019
- /132/ Brief Axpo: «Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 14/19/001, Forderung 11 aus Grobprüfung», KBP-P 021 ribe vom 28. Juni 2019
- /133/ Brief KKB: «PSÜ2012 Forderung 7.3-1 – PSA Aktionsliste» vom 28. Juni 2019
- /134/ Protokoll ENSI: «Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 14/19/001, Ergebnisse der Grobprüfung; Fachgespräch vom 24. Juni 2019 mit dem KKB zu den Forderungen 1, 2 und 12 sowie Axpo-Brief [1]»
- /135/ Brief Axpo: «Kernkraftwerk Beznau, Projekt NEUSI; Stellungnahme zu Forderungen aus den Verfügungsschritten 2A und 2B», KBP-P 021 ribe vom 20. Dezember 2019
- /136/ KKB622D0091, «Nachweis des FAC-Systems zwischen den Rückschlagventilen und BE-Lagerbecken KKB1 und KKB2», Dezember 2019
- /137/ Technischer Bericht Axpo: «Erdbeben-Etagenantwortspektren auf Basis der Gefährdungsannahmen ENSI-2015 für die Ertüchtigung des PWR-Systems im Containment (Block 1 und 2)», Bericht TB-233-KG16015, Rev. 1, 24.02.2017
- /138/ Brief ENSI: «KKB SEG15: Einreichung der Liste repräsentativer Komponenten und des Pilotprojekts „Reaktorgebäude“ betreffend die Verfügung vom 26. Mai 2016», [REDACTED] – 14KEX.SEG15, 14/16/035 vom 24.07.2017



Klassifizierung: keine
Aktenzeichen/Referenz: 14KEX.SEG15, 14/19/001 / ENSI 14/2951
Titel: Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKB
Datum / Sachbearbeiter: [REDACTED]

- /139/ Brief Axpo: «Kernkraftwerk Beznau, Projekt NEUSI, KKB-Anträge 01 bis 05 bezüglich Eingangsparameter zur Ermittlung der probabilistischen Boden-Bauwerk-Interaktions-Berechnungen auf Basis der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015», 12.12.2017
- /140/ Swissnuclear: «PEGASOS Refinement Project, soil model for the Beznau site (KKB)», Technical Note TP3-TN-1068, 07.05.2010
- /141/ E-Mail ENSI an KKB: «Detailprüfung der probabilistischen SSI-Berechnung – Berechnung KKB – Prüfergebnisse (formlos) per Ende August 2019», 12.09.2019, 17:42 h
- /142/ Protokoll ENSI: «KKB; Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 14/19/001, Weitere Zwischen-Ergebnisse von Detailprüfungen der Etagenantwortspektren mit Erdbebengefährdung ENSI-2015»; Fachgespräch mit Axpo / KKB vom 11. Dezember 2019
- /143/ Brief ENSI: «PSA-Aktionsliste», [REDACTED] – 14/20/062 vom 10.12.2020
- /144/ Richtlinie ENSI-A08, "Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen"