



## Aktennotiz

Datum: 29.01.2021

Seiten: 38

Anhänge: -

Beilagen: -

Verteiler intern:

Verteiler extern:

Sachbearbeiter:

Visum

Visum Vorgesetzte

Klassifizierung

keine

Aktenzeichen

12KEX.SEG15, 12/19/002

Referenz

ENSI 12/2967

## Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbeben- nachweisen des KKL



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung und Gegenstand</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Bewertung der Gefährdungsannahmen</b>	<b>4</b>
2.1	Erdbebengefährdung	4
2.2	Gefährdung Erdbeben in Kombination mit Hochwasser	7
<b>3</b>	<b>Methodik zur Überprüfung der Erdbebenauslegung</b>	<b>9</b>
3.1	Methodische Vorgaben	9
3.2	Prüfverfahren des ENSI	11
3.3	Nachweisführung durch den Betreiber	12
<b>4</b>	<b>Erdbebennachweis für die Kernkühlung</b>	<b>14</b>
4.1	Erforderliche Bauwerke und Systeme	14
4.2	Erdbebengefährdung für die Bauwerke und Ausrüstungen	16
4.3	Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Ausrüstungen	18
4.3.1	Bauwerke	18
4.3.2	Mechanische und elektrische Ausrüstungen	20
4.4	Radiologische Auswirkungen	23
<b>5</b>	<b>Erdbebennachweis für die Brennelementbeckenkühlung</b>	<b>24</b>
5.1	Erforderliche Bauwerke und Systeme	24
5.2	Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Systeme	25
5.3	Radiologische Auswirkungen	25
<b>6</b>	<b>Nachweis Kombination von Erdbeben und Hochwasser</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerung</b>	<b>27</b>
7.1	Zusammenfassung	27
7.2	Schlussfolgerung	30
<b>8</b>	<b>Referenzen</b>	<b>31</b>



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

## 1 Veranlassung und Gegenstand

Mit der Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/ 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 /76/ verlangte das ENSI vom KKL das Konzept /60/ zur Erarbeitung von Sicherheitsnachweisen hinsichtlich der neuen Erdbebengefährdung ENSI-2015. Das Konzept wurde vom ENSI mit Stellungnahme vom 30. August 2017 /61/ kommentiert. Mit den Forderungen 2.B und 3 in /76/ verfügte das ENSI, dass das KKL unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdung ENSI-2015 die nach Fukushima durchgeführten Erdbebennachweise zu aktualisieren (Forderung 2.B) und die Etagenantwortspektren (Forderung 3) neu zu berechnen hat.

Forderung 2.B aus der Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/:

*Auf den 21. Dezember 2018 sind die nach Fukushima vom ENSI verlangten Nachweise «Erdbeben» (Abschnitt 3.1) /87/ und «Kombination von Erdbeben und Hochwasser» (Abschnitt 3.3) /87/ 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 Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/:

*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 /76/ bezieht sich das ENSI auf den Art. 22 Abs. 2 Bst. d des Kernenergiegesetzes /112/, 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 /114/, dass der Bewilligungsinhaber die deterministische Störfallanalyse und die probabilistische Sicherheitsanalyse durchzuführen und das Risiko zu bewerten hat, sobald neue Gefährdungsannahmen vorliegen.

Gegenstand der vorliegenden Stellungnahme sind die aktualisierten Fukushima-Nachweise des KKL gemäss Forderung 2.B aus der Verfügung /76/. Diesbezüglich reichte das KKL mit Brief vom 19. Dezember 2018 /1/ termingerecht die Unterlagen /2/ bis /62/ ein. Mit Stellungnahme vom 30. April 2019 /63/ gab das ENSI die Ergebnisse der Grobprüfung für die vom KKL eingereichten Dokumente /2/ bis /62/ bekannt. Zur Erfüllung der Forderungen 3, 4 und 6 aus den Grobprüfungsergebnissen /63/ reichte das KKL mit Brief vom 29. Mai 2019 /64/ die elektronischen Daten /65/, die zusätzlichen Referenzberichte /66/ bis /72/ sowie die Notiz /73/ ein. Zur Erfüllung der Forderungen 2, 5 und 8 folgte mit Schreiben vom 21. September 2020 /74/ die Einreichung der Aktennotiz /75/. Die Erfüllung der Forderungen aus der Grobprüfung /63/ ist ebenfalls Gegenstand dieser Stellungnahme. Die vom KKL eingereichten Etagenantwortspektren (EAS) gemäss Forderung 3 aus der Verfügung /76/ wurden vom ENSI bereits geprüft und mit Stellungnahme vom 30. Januar 2020 beurteilt /101/. Zur Information wird die Berechnung der EAS sowie deren Überprüfung durch das ENSI im Kapitel 4.2 dieser Stellungnahme verkürzt wiedergegeben.



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

## 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 unabhängigen erdwissenschaftlichen und 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 /86/, dass das KKL die Sicherheit bezüglich Erdbeben sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser erneut nachzuweisen hat. In seinen Verfügungen /86/ und /87/ stützte sich das ENSI auf den Art. 2 Abs. 1 Bst. d der Ausserbetriebnahmeverordnung /113/, wonach der Bewilligungsinhaber die Auslegung des Kernkraftwerks unverzüglich zu überprüfen hat, wenn dies die Behörde anordnet sowie auf den inzwischen gestrichenen Art. 3 der damaligen Fassung der Verordnung /113/, wonach das Kernkraftwerk vorläufig ausser Betrieb zu nehmen sei, wenn die einzuhaltenden Dosiswerte nach Strahlenschutzverordnung nicht nachgewiesen werden können. Anstelle des erwähnten Art. 3 aus /113/ gilt heute der Art. 44 Abs. 1 Bst. a der Kernenergieverordnung /115/, wonach die Dosis von 100 mSv bei einem Auslegungsstörfall nicht überschritten werden darf. Da sich der Art. 2 und der damalige Art. 3 der Verordnung /113/ nur auf die Kernkühlung einschliesslich Integrität des Primärkreislaufs und des Containments bezieht, forderte das ENSI in seiner Verfügung vom 5. Mai 2011 /88/, dass das KKL zusätzlich zur Kernkühlung auch die Auslegung der Brennelementlagerbecken, -gebäude sowie -kühlsysteme zu überprüfen hat. Die vom KKL mit Briefen /89/ und /90/ in den Jahren 2011 und 2012 eingereichten ursprünglichen Fukushima-Nachweise wurden vom ENSI mit der Stellungnahme vom 9. Juli 2012 /84/ 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 /87/ auf der Grundlage der im PRP bereits erhobenen Standortdaten und des neuen Erdbebenkatalogs des Schweizerischen Erdbebedienstes zu ermitteln. Die Prüfung des PRP durch das ENSI zeigte, dass insgesamt



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

bedeutende Weiterentwicklungen erzielt wurden und das Projekt hinsichtlich der Bearbeitung der hauptsächlichsten 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 /76/ in Kraft gesetzt.

#### Angaben des Betreibers

Gemäss der Verfügung des ENSI /76/ sind die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 als Grundlage für den Erdbebennachweis zu verwenden. Die Ergebnisse der Studie sind in /62/ dokumentiert und umfassen für das KKL:

- 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 (PGA) 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  $\epsilon$  der magnitudenabhängigen Bodenbeschleunigung.



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

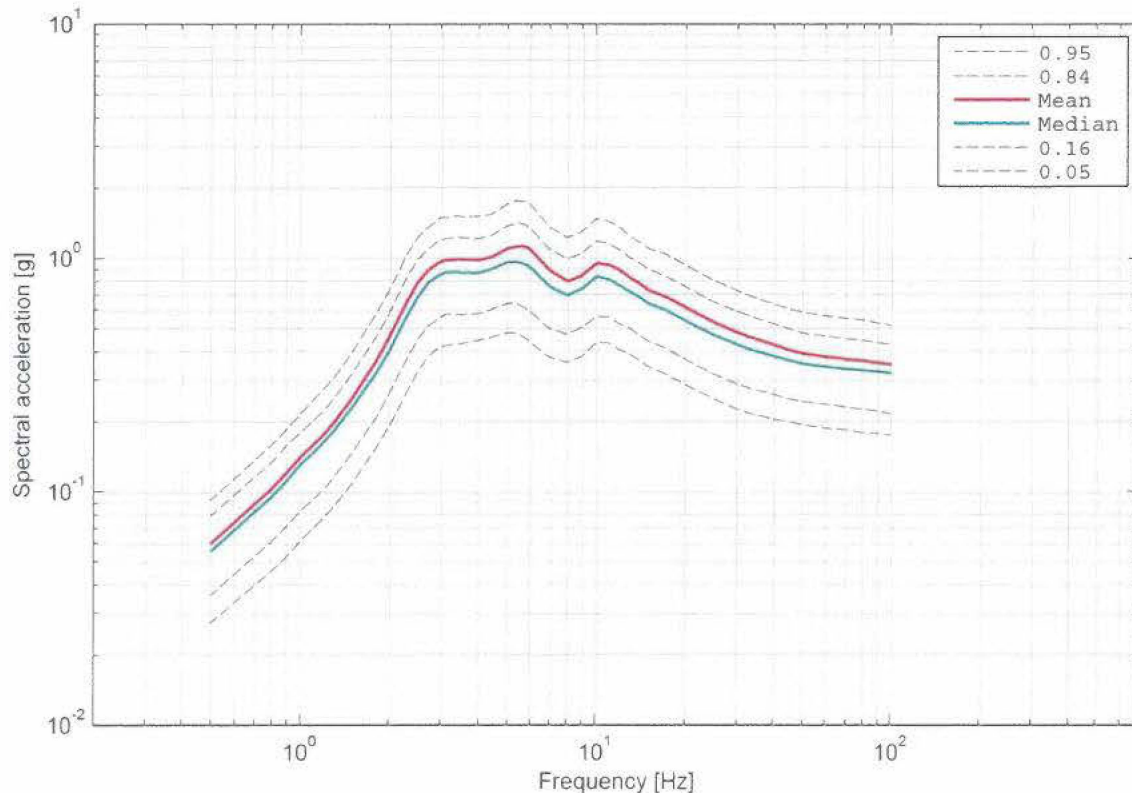


Abbildung 1: Gefährdungskonsistentes Spektrum (UHS), Standortoberfläche  $10^{-4}/a$ , Dämpfung 5 %, (mean PGA=0,35 g)

Als Nachweiserdbeben für die Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise wird der Mittelwert (Mean) des Erdbebens mit Überschreitungshäufigkeit von  $10^{-4}/a$  resp. des 10'000-jährlichen Erdbebens aus der Gefährdungsstudie ENSI-2015 /62/ am Standort des KKL berücksichtigt (siehe Abbildung 1). Als Bezugshorizont für die Nachweise wählt das KKL die Terrainoberfläche. Demgegenüber wurden in den ursprünglichen Fukushima-Erdbebennachweisen aus den Jahren 2011/2012 die Erdbebenantwortspektren auf -10 m unter Terrain resp. Fundamentkote des Reaktorgebäudes aus der damaligen Gefährdungsstudie PRP-IH verwendet. In der Abbildung 2 werden die mittleren (mean) Spektren (Uniform Hazard Spectra UHS) für eine Überschreitungshäufigkeit von  $10^{-4}/a$  der Gefährdungsstudien ENSI-2015 auf Terrainoberfläche, PRP-IH auf Terrainoberfläche und PRP-IH auf -10 m unter Terrain miteinander verglichen. In der Regel umhüllen die PRP-IH-Spektren das Spektrum aus ENSI-2015 mit Ausnahme des für die Gebäude relevanten Bereichs zwischen 2 bis 6 Hz. In diesem Bereich liegen die spektralen Erdbebenbeschleunigungen aus ENSI-2015 maximal um ca. 15 % höher als jene des PRP-IH. Die maximale Bodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration PGA) aus PRP-IH liegt bei 0,31 g, die PGA aus ENSI-2015 beträgt 0,35 g. Sämtliche Erdbebenfestigkeiten (Fragilities) beziehen sich auf das 10'000-jährliche Erdbeben an der Terrainoberfläche gemäss ENSI-2015 /62/ mit einer PGA von 0,35 g und werden entsprechend skaliert.



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

keine  
12KEX.SEG15.12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

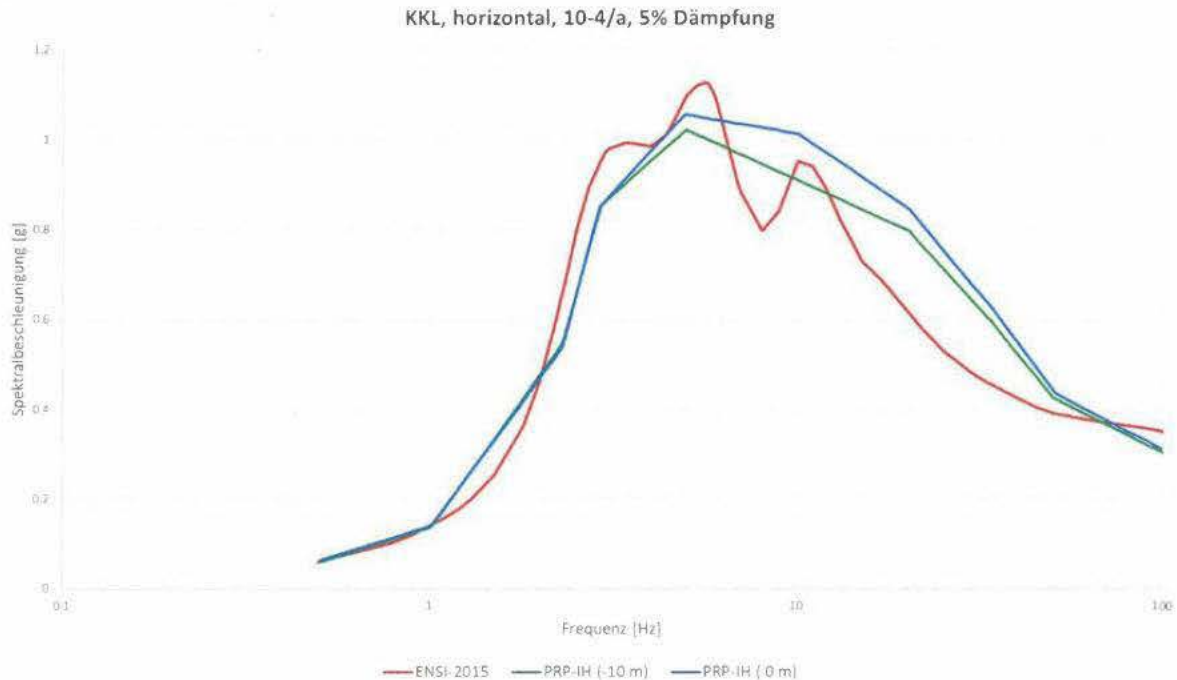


Abbildung 2. Vergleich mean UHS 10<sup>-4</sup> /a für PRP-IH (±0 m, Freifeld), PRP-IH (-10 m, Fundamentkote Reaktorgebäude) und ENSI-2015 (Freifeld)

### Beurteilung des ENSI

Mit Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/ beurteilte das ENSI die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 positiv und legte diese in der Dispositivziffer 1 der Verfügung /76/ als neue Erdbebengefährdungsannahmen für das KKL fest. Das vom KKL für seine Berechnungen zugrunde gelegte Erdbebenantwortspektrum entspricht dem UHS für eine Überschreitungshäufigkeit von 10<sup>-4</sup>/a auf der Terrainoberfläche aus der Erdbebengefährdung ENSI-2015. Das KKL erfüllt im Rahmen der Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise somit die Dispositivziffer 1 aus der Verfügung /76/. Das KKL legt seinen Gebäudeanalysen nicht das UHS auf Fundamentniveau resp. -10 m unter Terrain zugrunde, sondern verwendet das für die Terrainoberfläche gültige Antwortspektrum. Dieses Vorgehen beurteilt das ENSI als konservativ, da das UHS auf Terrainkote höher liegt als jenes auf Fundamentniveau des Reaktorgebäudes.

Insgesamt beurteilt das ENSI die vom KKL verwendete Erdbebengefährdung als korrekt und der aus der Erdbebengefährdung ENSI-2015 abgeleitete Wert von 0,35 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 ausgelöste Versagen der Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerks kann gemäss Verfügung /87/ und Aktennotiz /81/ 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



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

ausgeschlossen werden kann, ist der deterministische Nachweis für die Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Versagen der Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerks zu führen.

#### Angaben des Betreibers

Das KKL führt den Nachweis gemäss Variante 2. Die Analysen zum Nachweis der Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser am Standort des KKL /3/ zeigen, dass die Flutwelle des 10'000-jährlichen Hochwassers immer grösser ist als jene, welche durch ein unterstelltes Erdbeben mit Epizentrum im untersuchten Bereich ausgelöst wird.

Zur Bestimmung der am Standort zu erwartenden Wasserstände betrachtet das KKL folgende Fälle:

- Für den Fall, dass nur Stauanlagen entlang des Rheins durch das Erdbeben gefährdet sind, wird das Szenario „Flutwelle Rhein“ mit den sequenziellen Brüchen der Wehre Schaffhausen, Rheinau, Eglisau und Rekingen als abdeckend herangezogen. Dieses Szenario führt zu einer Erhöhung des Wasserstandes beim Standort KKL um maximal 0,26 m.
- Für den Fall, dass nur Stauanlagen entlang der Aare durch das Erdbeben gefährdet sind, wird das Szenario „Flutwelle Aare, Aarekraftwerke“ mit den sequenziellen Brüchen der Wehre Aarau, Rupperswil, Wildegg-Brugg, Rüchlig, Beznau und Klingnau als abdeckend herangezogen. Dieses Szenario führt zu einer Erhöhung des Wasserstandes beim Standort KKL um maximal 0,26 m.
- Für den Fall, dass das Limmat-Stauwehr Wettingen und gegebenenfalls flussabwärtsliegende Stauanlagen der Aare durch das Erdbeben gefährdet sind, wird das Szenario „Flutwelle Aare, Kraftwerk Wettingen“ mit den sequenziellen Brüchen der Wehre Wettingen, Beznau und Klingnau als abdeckend herangezogen. Dieses Szenario führt zu einer Erhöhung des Wasserstandes beim Standort KKL um maximal 0,28 m.
- Für den Fall, dass Stauanlagen an verschiedenen Zuflüssen durch das Erdbeben gefährdet sind, werden die entsprechenden Szenarien überlagert, indem deren maximale Wasserspiegelerhöhungen am Standort KKL addiert werden. Dies führt zu einer Erhöhung des Wasserstandes beim Standort KKL um bis zu 0,54 m.

Der maximale Pegelstand beim 10'000-jährlichen Hochwasser beträgt +2,61 m. Das Terrain des KKL liegt ca. 22 m über dem Normalwasserspiegel des Rheins respektive 18 m über dem höchsten anzunehmenden Wasserspiegel.

#### Beurteilung des ENSI

Die Untersuchung des sequenziellen Versagens von Wehren entlang der verschiedenen Flüsse (Rhein, Aare, Limmat) deckt die Einzelbrüche und den gleichzeitigen Bruch der an diesen Flüssen genannten Stauanlagen ab.

Hinsichtlich der Stauanlagen, welche direkt an diesen Flüssen liegen, ist der Betrachtungsumfang nachvollziehbar. Dabei wurde die Schluchsee-Staumauer für den deterministischen Hochwassernachweis nicht betrachtet. Der Bruch der Schluchsee-Staumauer wird jedoch im Rahmen der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) behandelt. Demnach resultiert ein Wasserstand von 315.6 m ü. M, der 16,4 m unter der Terrainskote des KKL von 332 m ü. M. liegt. Aufgrund des sehr grossen Abstands zur Terrainskote des KKL kann eine Überflutung des KKL-Areals ausgeschlossen werden.

Die Schlussfolgerung des KKL, dass erdbebenbedingte Hochwasser nicht zu einer Überflutung des KKL-Areals führen, erachtet das ENSI als plausibel.





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

keine  
12KEX.SEG15. 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Im Rahmen der Erfüllung der Forderung 2.D aus der Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/ erwartet das ENSI die Behandlung sämtlicher Punkte gemäss Kapitel 2.2.2 und 4.2.2 von /81/ zur Beurteilung der seismisch induzierten Hochwasser. Dabei ist auch der Schluchsee nach den Vorgaben gemäss Verfügung /87/ zu betrachten.

### 3 Methodik zur Überprüfung der Erdbebenauslegung

#### 3.1 Methodische Vorgaben

In der Forderung 2.B aus der Verfügung /76/ verlangte das ENSI, dass die nach Fukushima vom ENSI geforderten Nachweise für Erdbeben (Abschnitt 3.1 aus der Verfügung /87/) und für die Kombination von Erdbeben und Hochwasser (Abschnitt 3.3 der Verfügung /87/) zu aktualisieren sind. Im Abschnitt 3.1 der Verfügung /87/ 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; und
- die Berechnung der resultierenden Dosis aufgrund der während der Dauer des Analysezeitraums emittierten radioaktiven Stoffe nach Vorgaben der Richtlinie ENSI-G14 /100/ zu erfolgen hat.

Falls ein erdbebenbedingtes Versagen von Staumauern mit dem damit verbundenen unkontrollierten Wasserabfluss im Einflussbereich des Kernkraftwerks nachweislich nicht ausgeschlossen werden kann, wurde für den Nachweis der Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser (Variante 2 gemäss Abschnitt 3.3 der Verfügung /87/) 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 /76/ verlangte Aktualisierung der Fukushima-Nachweise bezieht sich hauptsächlich auf die Neuberechnung der Fragilities der SSK auf Grundlage der mit /76/ in Kraft gesetzten Gefährdungsannahmen ENSI-2015. Aufbauend auf den neuen Fragilities sollen die Nachweise der ausreichenden seismischen Robustheit der Abfahrpfade und der Einhaltung des radiologischen Dosishöchstwerts von 100 mSv geführt werden. Nicht gefordert waren insbesondere:

- Nachweise für ein 1'000-jährliches Erdbeben; und
- die Anwendung der Aktennotiz ENSI-AN-8567 /81/ inkl. numerischer Analyse mit einem gekoppelten Gesamtmodell des Reaktorgebäudes und der druckführenden Umschliessung des



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Reaktorkühlsystems oder normbasierte deterministische Nachweise für eine Auswahl von Komponenten.

In der Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/ ist festgelegt, dass diese Aspekte vom KKL erst im Rahmen der deterministischen Störfallanalyse gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /76/ zu berücksichtigen sind.

In seiner Verfügung vom 1. April 2011 /87/ akzeptiert das ENSI, dass der deterministische Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens mit Hilfe der Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) geführt werden kann.

Die Fragility beschreibt die seismisch bedingte Versagenswahrscheinlichkeit der SSK in Abhängigkeit der Bodenbeschleunigung, 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  $A_m$ ,  $\beta_U$ ,  $\beta_R$ . Die Mediantragfähigkeit  $A_m$  entspricht dem 50 %-Fraktile der (z. B. in Funktion der PGA ausgedrückten) Belastbarkeit der SSK. Die Unsicherheit von  $A_m$  wird durch die beiden logarithmischen Standardabweichungen repräsentiert. Diese berücksichtigen sowohl die Unsicherheit der Modellierung (epistemische Unsicherheit  $\beta_U$ ) als auch die zufällige Variation der betrachteten Grössen (aleatorische Unsicherheit  $\beta_R$ ).

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 Bodenbeschleunigungsparameters (z. B. PGA an Geländeoberfläche). Er berechnet sich wie folgt:

$$HCLPF = A_m e^{-1.65(\beta_R + \beta_U)} \quad (1)$$

Die Grundsätze dieses Verfahrens sind beschrieben im EPRI-Bericht TR-103959 /102/. Das KKL hat die HCLPF-Tragfähigkeitswerte der Komponenten jedoch mit der CDFM-Methode (Conservative Deterministic Failure Margin) gemäss EPRI-Guide /103/ bestimmt. Der  $HCLPF_{CDFM}$  berechnet sich nach der Formel:

$$HCLPF_{CDFM} = F_S \cdot F_\mu \cdot RLE \quad (2)$$

Hierbei steht RLE (Review Level Earthquake) für die Erdbebenanregung,  $F_S$  ist der Festigkeitsreservefaktor der Komponente und falls begrenzte inelastische Verformungen für die betrachtete Komponente erlaubt sind, kann der  $HCLPF_{CDFM}$  noch mit dem Faktor für die Energieabsorption  $F_\mu$  erhöht werden. Ausgehend von diesem  $HCLPF_{CDFM}$ -Wert kann nach Bestimmung der Unsicherheiten  $\beta_U$  und  $\beta_R$  und durch Umformung der Formel (1) die Mediankapazität  $A_m$  der Komponente berechnet werden.

Anhand des HCLPF-Werts kann z. B. die Sicherheitsmarge beim 10'000-jährlichen Erdbeben ausgewiesen werden. Im Sicherheitsnachweis gemäss Forderung 2.B aus /76/ gilt der Nachweis als erbracht, wenn der HCLPF-Tragfähigkeitswert mindestens so gross ist wie der Wert des Bodenbeschleunigungsparameters für das Nachweiserdbeben. Für das KKL liegt dieser Bodenbeschleunigungsparameter bei 0,35 g, was der maximalen Bodenbeschleunigung (PGA) des 10'000-jährlichen Erdbebens auf der Terrainoberfläche gemäss ENSI-2015 entspricht.

Das vom ENSI akzeptierte Vorgehen zur Bestimmung der Fragilities ist in der Richtlinie ENSI-A05 /99/ dargelegt. Zusätzlich dient dem ENSI insbesondere der EPRI-Bericht /104/ 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.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

### 3.2 Prüfverfahren des ENSI

In einem ersten Schritt hat das ENSI die mit Schreiben vom 19. Dezember 2018 /1/ vom KKL eingereichte Dokumentation /2/ bis /62/ 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 vom 30. April 2019 /63/ stellte das ENSI 8 Forderungen. Die Erfüllung der Forderungen durch das KKL wird folgendermassen in den jeweils thematisch zu den Forderungen passenden Kapiteln dieser Stellungnahme behandelt:

- Forderung 1 aus /63/ im Kapitel 4.1;
- Forderung 2 aus /63/ im Kapitel 5.1;
- Forderungen 3 und 4 aus /63/ im Kapitel 4.2;
- Forderung 5 aus /63/ im Kapitel 4.3.2;
- Forderung 6 aus /63/ im Kapitel 4.3.1;
- Forderung 7 aus /63/ im Kapitel 3.3; und
- Forderung 8 aus /63/ im Kapitel 4.3.2.

Bei der Prüfung der Dokumente und Daten, welche sich auf die Berechnung der Etagenantwortspektren der Gebäude beziehen, wurde das ENSI durch externe Experten der Basler & Hofmann AG unterstützt. Hierbei wurden die Erdbebenzeitverläufe, die Bodenprofile, die Streubreiten der Boden- und Bauwerkspaparameter, die Gebäudebeanspruchungen, die Etagenantwortspektren und für das Reaktor- und Notstandsgebäude auch die Finite-Elemente-Modelle der Gebäude im Detail und teilweise mit eigenständigen Berechnungen geprüft. Zur Überprüfung der EAS des Reaktorgebäudes ZA und des Notstandsgebäudes ZC2 berechneten die ENSI-Experten eigene deterministische EAS und verglichen diese numerisch mit den probabilistischen EAS des KKL. 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 des Reaktor- und Nebengebäudes berücksichtigt. Die Prüfung der neuen, mit der Gefährdung ENSI-2015 berechneten EAS fasste das ENSI in seiner Stellungnahme vom 30. Januar 2020 /101/ zusammen.

Bezüglich Vollständigkeit der vom KKL für die Nachweise berücksichtigten SSK prüfte das ENSI, ob sämtliche zur Erreichung der Schutzziele Kernkühlung und Kritikalitätskontrolle und zur Erreichung des Anlagenzustands «kalt abgestellt» erforderlichen SSK vom KKL erfasst wurden. Ebenso kontrollierte das ENSI die vom KKL neu entwickelten Abfahrpfade mit den ihnen zugeordneten SSK. Gemäss Aussagen des KKL wurde der Umfang der betrachteten SSK gegenüber den Fukushima-Nachweisen von 2011/2012 nicht verändert. Diesbezüglich verglich das ENSI den Umfang der in den Fukushima-Nachweisen von 2011/2012 berücksichtigten SSK mit jenem der aktualisierten Fukushima-Nachweise von 2018.

Die Prüfung der für die SSK ausgewiesenen Fragility- bzw. HCLPF-Werte umfasste folgende Aspekte:

- die Eignung der zur Bestimmung der Fragilitywerte verwendeten Verfahren;
- die stichprobenartige Überprüfung der Vollständigkeit der in den Fragilityanalysen untersuchten Versagensmechanismen;
- die Prüfung der Ansätze, mit der die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 bei der Überarbeitung der Fragilities berücksichtigt wurden; sowie



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

keine  
12KEX.SEG15; 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

- eine vertiefte Überprüfung einzelner ausgewählter Komponenten bezüglich der Bestimmung des HCLPF-Wertes. Dabei wurde insbesondere überprüft, ob die Berechnungsschritte nachvollziehbar sind.

Zusätzlich prüfte das ENSI anlässlich einer Inspektion vom 22. Januar 2020 stichprobenartig, ob die Ergebnisse von Auslegungsberechnungen für mechanische Komponenten und Ergebnisse von Rüttelversuchen für elektrische Komponenten in den Komponenten-Fragilities korrekt berücksichtigt wurden.

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 Dosisrechnungen nach Vorgaben der Richtlinie ENSI-G14 /100/ durchgeführt und diese mit den Berechnungen des KKL verglichen.

### 3.3 Nachweisführung durch den Betreiber

#### Angaben des Betreibers

Das grundsätzliche Vorgehen zur Aktualisierung der Fukushima-Nachweise legt das KKL im Kapitel 4 des Konzepts /60/ fest. Das KKL hat sich entschieden, die ausreichende Erdbebenfestigkeit der SSK deterministisch mit der im Kapitel 3.1 beschriebenen CDFM-Methode nachzuweisen. In diesem Fall sieht das KKL gemäss Konzept /60/ die folgenden Bearbeitungsschritte vor:

- Durchführung einer Standortanalyse und Entwicklung von Bodenprofilen, welche konsistent sind zur Gefährdung ENSI-2015;
- Bestimmung der UHS für drei verschiedene Gebäude-Fundamentkoten ( $\pm 0,0$  m,  $- 6,0$  m,  $- 10,0$  m) mit Überschreitungshäufigkeiten von  $10^{-3}/a$  und  $10^{-4}/a$ , basierend auf der Erdbebengefährdung ENSI-2015 sowie Festlegung der maximalen Bodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration PGA), die als Nachweiskriterium für die Erdbebenfestigkeit der SSK gilt;
- Entwicklung von je drei zu den UHS kompatiblen Erdbebenzeitverläufen pro Richtung;
- Durchführung von Boden-Bauwerk-Interaktionsberechnungen (Soil-Structure Interaction SSI) für die massgebenden Gebäude und unter Berücksichtigung von drei unterschiedlichen Varianten von Bodeneigenschaften (Lower Bound LB, Best Estimate BE und Upper Bound UB);
- Berechnung der Beanspruchungen der Gebäude und Entwicklung der Etagenantwortspektren;
- Bestimmung eines Bezugswertes X für die Erdbebenfestigkeit der SSK, unterhalb dessen die Neuberechnung der Komponentenfragility  $HCLPF_{CDFM}$  erforderlich ist und oberhalb dessen sich die Aktualisierung der Fragility erübrigt;
- Aktualisierung der Komponentenfragilities, deren bisherige  $HCLPF_{CDFM}$  kleiner sind als der Bezugswert X und allenfalls Durchführung von Massnahmen wie Detailnachweise oder seismische Ertüchtigungen;
- Aktualisierung der seismischen Gebäudeanalysen und der Nachweise zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens und der Kombination von Erdbeben und Hochwasser.



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Im Nachweis zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens /2/ und leicht abweichend vom Konzept /60/ erläutert das KKL die einzelnen Bearbeitungsschritte wie folgt:

- Bestimmung der Erdbebeneinwirkung auf Basis der Gefährdung ENSI-2015 /62/ und Berechnung von 30 zu den UHS-kompatiblen Erdbebenzeitverläufen gemäss Berichten /5/ und /70/;
- Entwicklung von 30 probabilistischen Bodeneigenschaftsprofilen /7/ und /8/ kompatibel zu den Bodenprofilen aus der Erdbebengefährdung ENSI-2015 /62/;
- Durchführung von Boden-Bauwerk-Interaktionsanalysen (Soil Structure Interaction SSI) und Berechnung der probabilistischen Etagenantwortspektren (EAS) gemäss Berichten /9/, /13/, /17/, /21/, /25/, /29/, /33/, /37/, /41/, /45/ und /49/;
- Aktualisierung sämtlicher Fragility-Werte  $HCLPF_{CDFM}$  der erforderlichen SSK mittels Skalierung auf die neuen EAS /54/;
- Aktualisierung der Abfahrpfade (Bericht /56/ sowie Schemata /57/ bis /59/), des Nachweises zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens /2/ sowie des Nachweises zur Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser /3/;
- Beurteilung der radiologischen Konsequenzen im Kapitel 5 des Berichts /2/ basierend auf den im Bericht /97/ festgelegten Aktivitätsinventaren.

Grundlage zur Beurteilung der seismischen Robustheit der SSK sind Anlagenbegehungen (Walkdowns) des KKL in den Jahren 2010 bis 2012. Hierbei wurde der Ist-Zustand von gut 10'000 Komponenten im Bericht /51/ erfasst und bewertet. Die im Rahmen dieser Begehungen gemachten Vorschläge zu seismischen Ertüchtigungen einzelner Komponenten (Walkdown-Findings) wurden gemäss Bericht /53/ inzwischen umgesetzt. Laut Aussage im Bericht /2/ bleibt der Umfang der betrachteten SSK gegenüber den Vorstudien wie beispielsweise ERSIM unverändert.

Das KKL befolgt die methodischen Vorgaben gemäss Kapitel 3.1 und kreditiert für seine Abfahrpfade nur SSK mit ausreichender seismischer Festigkeit, unterstellt den Ausfall der externen Stromversorgung und geht beim Nachweis zur Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser vom Verlust des Einlaufbauwerks des Nebenkühlwassersystems aus. Interne Notfallschutzmassnahmen werden in den Nachweisen nicht berücksichtigt.

Bezüglich Forderung 7 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /63/, wonach die Skalierung statt die ursprünglich vorgesehene Neuberechnung der Fragilities zu begründen sei, erläuterte das KKL an Fachgesprächen mit dem ENSI, dass die EAS mit Gefährdung PRP-IH und die EAS mit Gefährdung ENSI-2015 ähnlich seien und deshalb die Neubestimmung der Fragilities mittels Skalierung gerechtfertigt sei.

#### Beurteilung des ENSI

Das Konzept /60/ und somit auch das Vorgehen des KKL zur Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise wurden vom ENSI mit Schreiben vom 30. August 2017 /61/ beurteilt und akzeptiert. Im Rahmen der Grobprüfung /63/ stellte das ENSI fest, dass das KKL bei der Aktualisierung der Fukushima-Nachweise in folgenden Punkten von den Vorgaben aus dem Konzept /60/ abweicht:

- Statt deterministische Etagenantwortspektren werden probabilistische gerechnet.
- Der Bezugswert X als Entscheidungskriterium, welche Fragilities neu gerechnet werden müssen und welche gegenüber den Fukushima-Nachweisen von 2011/2012 unverändert bleiben dürfen, wird nicht festgelegt.



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

- Die Fragilities der SSK werden unter Verwendung der neuen ENSI-2015 Etagenantwortspektren nicht komplett neu berechnet, sondern werden basierend auf den Fragilities von 2011/2012 skaliert.

Grundsätzlich beurteilt das ENSI aufgrund eigener Berechnungen und aufgrund mehrerer Fachgespräche die 84 %-Fraktile der probabilistischen EAS als gleichwertig zu den deterministischen EAS. Da sich die EAS von 2011/2012 mit Gefährdung PRP-IH in der Form nicht wesentlich unterscheiden von den EAS mit Gefährdung ENSI-2015, erachtet das ENSI eine Neuberechnung der Fragilities als nicht zwingend erforderlich und den Skalierungsansatz des KKL als zulässig. Diesbezüglich hat das ENSI festgestellt, dass die vom KKL von der Gefährdung PRP-IH auf die Gefährdung ENSI-2015 skalierten EAS abdeckend sind für die vom ENSI gerechneten deterministischen Spektren mit Gefährdung ENSI-2015.

Die Festlegung eines Bezugswertes X ist nicht erforderlich, da nicht mehr wie ursprünglich vorgesehen nur eine Auswahl, sondern sämtliche Komponentenfragilities neu bestimmt werden. Somit beurteilt das ENSI das im Bericht /2/ dargelegte und vom KKL gewählte Vorgehen der Nachweisführung als gleichwertig zu den Vorgaben aus dem Konzept /60/ und daher als sachlich begründet. Die Forderung 7 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /63/, wonach die Abweichungen in der Aktualisierung der Fukushima-Nachweise gegenüber den Vorgaben aus dem Konzept /60/ begründet sein müssen, ist daher erfüllt. Insgesamt beurteilt das ENSI das methodische Vorgehen des KKL zur Aktualisierung der Fukushima-Nachweise als nachvollziehbar und korrekt. Das ENSI weist jedoch darauf hin, dass im Konzept /60/ das tatsächliche Vorgehen zur Aktualisierung der Fukushima-Nachweise wiederzugeben ist und das Konzept /60/ folglich im Rahmen der Bearbeitung der Teilverfügung 2.D aus der Verfügung /76/ zu überarbeiten ist.

#### *Forderung 1*

*Im Konzept BET/16/0278 vom 14. November 2016 /60/ ist das tatsächliche Vorgehen zur Aktualisierung der Fukushima-Nachweise und zur Bestimmung der Etagenantwortspektren wiederzugeben. Das Konzept /60/ ist zu überarbeiten und dem ENSI bis zum 31. Dezember 2021 neu einzureichen.*

Die Beurteilung der radiologischen 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 KKL hat mit den neuen Nachweisen gezeigt, dass die Anlage im Falle des Auftretens eines Erdbebens jederzeit über Abfahrpfade aus dem Leistungsbetrieb und aus dem Nichtleistungsbetrieb in einen sicheren kalt abgestellten Anlagezustand gebracht werden kann /2/.

Um die neuen Nachweise zu erbringen, mussten die verschiedenen seismischen Abfahrpfade festgelegt und die für den Erfolg jedes dieser Abfahrpfade erforderlichen SSK identifiziert werden. Die Abfahrpfade berücksichtigen ausschliesslich Sicherheits- und Notstandssysteme. Gegenüber den vorausgehenden Studien /89/ und /90/ blieb der Umfang der betrachteten SSK unverändert. Insgesamt untersuchte das KKL 105 Systeme und gut 10'000 Komponenten.



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Das KKL hat die den einzelnen Abfahrpfaden zugeordneten Systeme entsprechend ihrer Schutzzielerfüllung zusammengestellt. Die Kritikalitätskontrolle erfolgt durch Reaktorabschaltung mittels SCRAM bzw. durch die alternative Reaktorabschaltung (ARI). Die Druckabsicherung übernehmen die Sicherheitsabblaseventile (SRV).

Hinsichtlich Kühlung der Brennelemente kreditiert das KKL alle verfügbaren Sicherheitssysteme zur Hoch- und Niederdruckeinspeisung. Darüber kann die Anlage mittels einer Reaktordruckentlastung kalt gefahren werden. Diese kann manuell oder automatisch erfolgen. Anschliessend erfolgt die Nachwärmeabfuhr mithilfe der beiden dafür konzipierten Niederdrucknotkühlsysteme. Das Schutzziel zum Einschluss radioaktiver Stoffe erfüllt das KKL mit der Containmentisolation.

Das KKL listet die neu berechneten HCLPF-Werte im Bericht /54/. Die HCLPF-Werte der Komponenten dieser Abfahrpfade liegen bei mindestens 0,42 g und sind durchweg höher als der Referenzwert der seismischen Anregung von 0,35 g.

Das ENSI stellte in der Grobprüfung /63/ die Forderung 1, wonach in den Flussdiagrammen der Abfahrpfade /58/ und /59/ einige Erdbebenfestigkeiten fehlen. Das KKL erläutert in der Aktennotiz /75/, dass diese Flussdiagramme für die Beurteilung der aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweise nicht erforderlich sind. Daher wird das KKL die Forderung 1 im Rahmen der deterministischen Erdbebennachweise gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /76/ erfüllen.

#### Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat die Unterlagen /2/, /54/ und /55/ hinsichtlich der benötigten Komponenten und der Abfahrpfade zur Beherrschung des Erdbebens ENSI-2015 geprüft.

Zur Beherrschung des Erdbebens identifiziert das KKL im eingereichten Bericht /2/ fünf Abfahrpfade, um die Anlage in den sicheren Anlagenzustand «kalt abgestellt» zu überführen. Das ENSI stellt hierzu fest, dass die den fünf Abfahrpfaden zugeordneten Systeme vollständig sind, um die Erfüllung der Schutzziele Kritikalitätskontrolle und Kernkühlung zu gewährleisten. Darüber hinaus sind diese Systeme identisch mit den Systemen, die bereits in der ursprünglichen Revision 0 des Berichts /2/ den Abfahrpfaden 3 und 4 zugeordnet waren. Die SSK der Containmentisolation sind im aktuellen Nachweis vollständig enthalten.

Alle Abfahrpfade bestehen entweder aus Sicherheitssystemen oder Notstandssystemen. Interne Notfallschutzmassnahmen und die externe Stromversorgung sowie Eigenbedarfsversorgung wurden vom KKL nicht kreditiert. Diese Vorgehensweise bewertet das ENSI als korrekt. Die SSK dieser Sicherheits- und Notstandssysteme sind mit ihren Erdbebenfestigkeiten in den Komponentenlisten /54/ zusammengestellt. Aufgrund der Verfügbarkeit mehrerer Abfahrpfade wird ein unabhängiger Einzelfehler beherrscht.

In den Flussdiagrammen /57/, /58/ und /59/ sind die Abfahrpfade grafisch dargestellt. Das ENSI hat in der Grobprüfung festgestellt, dass einige Erdbebenfestigkeiten (HCLPF-Werte) der massgebenden Komponenten in den Flussdiagrammen /58/ und /59/ fehlen. Die KKL-Erläuterung akzeptiert das ENSI, wonach die Flussdiagramme für die aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweise nicht erforderlich sind. Die Forderung 1 aus /63/ bewertet das ENSI damit für diese Nachweise als nicht relevant, erwartet aber vom KKL die Einreichung der vollständigen Flussdiagramme im Rahmen der Forderung 2.D aus /76/.

Zusammenfassend kommt das ENSI zum Ergebnis, dass die Abfahrpfade mit den ihnen zugeordneten SSK der Sicherheits- bzw. Notstandssystemen korrekt und vollständig erfasst wurden.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

## 4.2 Erdbebengefährdung für die Bauwerke und Ausrüstungen

### Angaben des Betreibers

Für probabilistische Analysen bestimmte das KKL 30 Zeitverläufe mit je drei Richtungskomponenten für das 10'000-jährliche Erdbeben /70/. Für deterministische Analysen wurden drei Zeitverläufe mit je drei Richtungskomponenten für das 10'000-jährliche und drei Zeitverläufe mit je drei Richtungskomponenten für das 1'000-jährliche Erdbeben /6/ generiert. Die probabilistischen und deterministischen Zeitverläufe sind kompatibel mit den Mean Uniform-Hazard-Spektren (UHS) der Erdbebengefährdung ENSI-2015 auf Terrainkote am Standort des KKL.

Unter Berücksichtigung der Bodenprofile aus dem PEGASOS-Refinement-Project (PRP) bestimmte das KKL ein Best-Estimate-Bodenprofil (BE) mit zugehörigen Variationskoeffizienten (COV) für Scherwellengeschwindigkeiten und Bodendämpfung. Darauf basierend und unter Anwendung des Latin-Hypercube-Samplings (LHS) wurden 30 Bodenprofile berechnet, welche für die probabilistischen Boden-Bauwerk-Interaktionsanalysen (Soil-Structure-Interaction SSI) verwendet wurden /7/. In den SSI berücksichtigte das KKL mittels LHS zusätzlich zu den Streuungen der Baugrundeigenschaften auch die Streuungen der Betonsteifigkeit und Dämpfung der Bauwerke /8/.

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 KKL 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 KKL 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 KKL die EAS der ausgewählten Gebäudeknoten. Für das 10'000-jährliche Erdbeben wurden im Rahmen der probabilistischen Berechnungen je Richtung 30 EAS pro ausgewähltem Gebäudeknoten berechnet. Aus diesen 30 probabilistischen EAS ermittelte das KKL die 50 %- (P50) und 84 %-Fraktilewerte (P84) der Knotenantwortspektren. Die probabilistischen EAS sind in den Berichten der SSI-Analysen /9/, /13/, /17/, /21/, /25/, /29/, /33/, /37/, /41/, /45/ und /49/ dokumentiert. Die SSI-Analysen und die EAS wurden einer KKL-internen Qualitätssicherung unterzogen.

In Erfüllung der Forderungen 3 und 4 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /63/ reichte das KKL mit Brief vom 29. Mai 2019 /64/ die Dokumente /66/ bis /72/ sowie die elektronischen Daten /65/ ein, darunter die Daten der deterministischen Best-Estimate-EAS für das Reaktorgebäude und den Gebäudekomplex ZC sowie die probabilistischen EAS für sämtliche relevanten Gebäude.





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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

### Beurteilung des ENSI

Die Prüfergebnisse zu den vom KKL eingereichten EAS fasste das ENSI in seiner Stellungnahme vom 30. Januar 2020 /101/ zusammen. Bei der Überprüfung der EAS wurde das ENSI von Prüferingenieuren der Basler & Hofmann AG unterstützt. Generell wurden die mit Brief vom 19. Dezember 2018 /1/ eingereichten Dokumente /5/ bis /50/ 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 deterministischen und probabilistischen 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 in ANSYS;
- Die Qualität der Boden-Bauwerk-Modelle in ACS-SASSI;
- 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 die Notstromdieselgebäude mit Notkühltürmen, Betriebsgebäude, Radwaste, Kaltkondensatgebäude, Zwischenlager, Maschinenhaus und den Kamin führten die Prüferingenieure keine eigenständigen SSI-Analysen durch und die Prüfung stützte sich auf EAS des KKL ab. Um die Plausibilität zu prüfen, wurden hierzu die neuen probabilistischen EAS an ausgewählten Punkten mit den deterministischen EAS von 2011/2012 verglichen, welche auf der Erdbebengefährdung PRP-IH basieren.

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

Das ENSI beurteilte die Eingangszeitverläufe /5/, /6/ und /70/ in der Stellungnahme /101/ positiv. Die Zeitverläufe sind kompatibel zum UHS-Spektrum für das 10'000-jährliche Erdbeben der Gefährdungsannahmen ENSI-2015.

Ebenso stellte das ENSI in /101/ fest, dass die vom KKL vorgelegten 30 Bodenprofile, die von den Experten des Pegasos-Refinement-Projects (PRP) empfohlenen Bodenprofile P1, P2 und P3 ausreichend abdecken. Im Vergleich zu den Bodenprofilen aus der Erdbebengefährdung PRP-IH von 2011/2012 sind die Bodenprofile aus ENSI-2015 etwas steifer, was mit höheren Grundeigenfrequenzen des Boden-Bauwerk-Systems verbunden ist. Die LHS-Faktoren zur Abbildung der Variabilität der Parameter Bodensteifigkeit und -dämpfung sowie Betonsteifigkeit und Bauwerksdämpfung für die 30 probabilistischen SSI-Analysen sind korrekt.

In den Gebäudemodellen hat das KKL für die Betonfestigkeit und -steifigkeit (E-Modul) keine gemessenen besten Schätzwerte, sondern tiefere charakteristische Werte verwendet. In Bezug auf die Betonfestigkeit beurteilte das ENSI in /101/ diese Wahl als konservativ. Mit Wahl von charakteristischen statt gemessenen Werten der ungerissenen Betonsteifigkeiten in den Gebäudemodellen hat das KKL eine Verminderung um rund 20 % der Steifigkeit des Bauwerks infolge Rissbildung im Beton berücksichtigt,



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

was aus Sicht des ENSI angemessen ist. Aufgrund von rechnerischen Untersuchungen konnte das ENSI feststellen, dass die vereinzelt schiefen oder unebenen Elemente in den Gebäudemodellen des KKL kaum Einfluss auf die Rechenergebnisse haben.

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 Prüferingenieuren des ENSI gerechneten deterministischen EAS mit Gefährdung ENSI-2015 geprüft. Das ENSI stellte in der Stellungnahme /101/ fest, dass die 84 %-Fraktile der neuen probabilistischen EAS in der Regel die deterministischen EAS umhüllen. Eine Ausnahme bilden die Spektren im Reaktorgebäude. Hier liegen die deterministischen EAS des ENSI-Prüferingenieurs im tiefen bis mittleren Frequenzbereich oft um 10 % und vereinzelt auch um 20 % höher als die 84 %-Fraktile der probabilistischen EAS des KKL. Daher forderte das ENSI in der Stellungnahme /101/, dass für Komponenten im Reaktorgebäude, deren Grundfrequenzen zwischen 1 Hz und 8 Hz liegen und deren Erdbebenfestigkeiten eine Marge von weniger als 20 % aufweisen, deterministische, normbasierte Nachweise zu führen sind. Das ENSI weist darauf hin, dass diese Forderung im Rahmen der Bearbeitung der Forderung 2.D aus der Verfügung /76/ zu erfüllen ist. Die ENSI-Forderung in der Stellungnahme /101/ stellt die Anwendung der probabilistischen Etagenantwortspektren für die vorliegende Bewertung jedoch nicht in Frage.

Mit Schreiben vom 29. Mai 2019 /64/ reichte das KKL dem ENSI die elektronischen Daten /65/ sowie die Referenzberichte /66/ bis /72/ ein. Bereits in seiner Stellungnahme zu den EAS vom 30. Januar 2020 /101/ bestätigte das ENSI, dass die Forderungen 3 und 4 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /63/ vom KKL somit erfüllt wurden.

Insgesamt stellt das ENSI fest, dass die Berechnungen der probabilistischen EAS umfassend, nachvollziehbar, korrekt und von hoher Qualität sind.

## **4.3 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Ausrüstungen**

### **4.3.1 Bauwerke**

#### Angaben des Betreibers

Das KKL hat die Erdbebenfestigkeiten der 18 relevanten Bauwerke im Kapitel 3.5 des zusammenfassenden Berichts /2/ sowie in den jeweiligen Appendizes B der Fragility-Berichte /54/ und /55/ zusammengestellt. Die Erdbebenfestigkeiten werden als  $HCLPF_{CDFM}$  ausgedrückt und mit der Methode nach EPRI-Guide /103/ berechnet. Konservativ wird unterstellt, dass bei Überschreitung der Erdbebenfestigkeit des schwächsten Gebäudeteils das gesamte Gebäude versagt. Die Erdbebenfestigkeiten der Gebäude werden in der Regel durch Schubbelastungen auf den meist beanspruchten Stahlbetonwänden begrenzt. Die Schubwände können grundsätzlich unter den folgenden drei Beanspruchungen versagen (Versagensmodi):

- Diagonalszug in der Wand;
- Vertikale Belastung in den Randbereichen der Wand;
- Reibungskräfte an horizontalen und vertikalen Betonierfugen.

Unter Schubbeanspruchung ist in der Regel der Diagonalszug in der Wand der massgebende Versagensmechanismus. In Ausnahmefällen, wie z. B. für den Kamin, kann auch die Biegebelastung in den Stahlbetonwänden die massgebende Beanspruchung sein.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Im Rahmen der Fukushima-Nachweise von 2011/2012 mit Erdbebengefährdung PRP-IH wurden die in den Gebäuden wirkenden Schnittkräfte mit SSI-Berechnungen an räumlichen Gebäudemodellen bestimmt sowie die höchstbelasteten Baustrukturen identifiziert. Ebenso wurden die Tragfähigkeiten der einzelnen Bauteile bereits in den ursprünglichen Fukushima-Nachweisen berechnet. Die Schubtragfähigkeit der Wände wurde mit einer Formel für gedrungene, schubkritische Wände gemäss ASCE 43-05 oder EPRI-Guide /102/ bestimmt, die teilweise auf Untersuchungen von Barda et al. von 1976 beruht.

Die Fragilities mit Erdbebengefährdung ENSI-2015 wurden nicht neu berechnet, sondern sind Ergebnisse einer Skalierung der mit Gefährdung PRP-IH berechneten Fragilities von 2011/2012. Für die Skalierung wurden in einem ersten Schritt die Grundfrequenzen der Gebäude mittels SSI-Analysen oder mittels Gebäudemodellen mit fester Einspannung (fixed base) bestimmt. Anschliessend wurde bei dieser Grundfrequenz der Quotient zwischen der spektralen Beschleunigungen  $S_a$  des ENSI-2015-Spektrums und der Beschleunigung  $S_a$  des PRP-IH-Spektrums gebildet ( $S_{a, \text{ENSI-2015}} / S_{a, \text{PRP-IH}}$ ). Im nächsten Schritt dividierte das KKL den Festigkeitsreserve-Faktor  $F_s$  (siehe Formel (2) in Kap. 3.1) durch den Quotienten der spektralen Beschleunigungen. Dieser neue Festigkeitsreserve-Faktor wurde schliesslich mit dem Referenzwert der Erdbebeneinwirkung (RLE) von 0,35 g multipliziert, was dem neuen HCLPF-Wert des Gebäudeteils mit Erdbebengefährdung ENSI-2015 entspricht. Eine mögliche Energieabsorption durch inelastische Verformungen der Bauwerke wurde nicht berücksichtigt, d. h. die Festigkeiten der Gebäudeteile wurden auf den linear-elastischen Bereich beschränkt und der entsprechende Energieabsorptionsfaktor  $F_{\mu}$  aus der Formel (2) in Kapitel 3.1 wurde somit auf den Wert von 1,0 festgelegt. Sämtliche derart skalierten HCLPF-Werte der für die Kernkühlung und den Einschluss der Radioaktivität relevanten Gebäude liegen oberhalb des geforderten Referenzwerts von 0,35 g. Die wichtigsten Gebäude wie das Reaktorgebäude (HCLPF 0,62 g), das Brennelementlagergebäude (HCLPF 1,11 g) oder das Notstandsgebäude (HCLPF 0,62 g) verfügen über erhebliche Sicherheitsmargen.

In der Forderung 6 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /63/ verlangte das ENSI vom KKL, dass die unterschiedlichen Skalierungsfaktoren in den Berichten /54/ und /55/ zu erläutern seien. Mit Schreiben vom 29. Mai 2019 /64/ reichte das KKL diesbezüglich die Notiz /73/ ein. Darin wird ausgeführt, dass sich der Skalierungsfaktor im Bericht /54/ auf das Uniform Hazard Spectrum (UHS), jener im Bericht /55/ auf das Far Field Spectrum (FFS) aus der Gefährdung PRP-IH bezieht.

#### Beurteilung des ENSI

Die neuen Fragilities der Gebäude mit Gefährdung ENSI-2015 basieren auf den Strukturanalysen, welche 2011/2012 im Rahmen der Fukushima-Erdbebennachweise durchgeführt wurden. Diese Strukturanalysen inkl. der Ermittlung der Schnittkräfte in den Gebäudestrukturen sowie die daraus abgeleiteten Versagensmodi wurden vom ENSI in seiner Stellungnahme /84/ als korrekt beurteilt. Das ENSI weist jedoch darauf hin, dass die vom KKL verwendete Barda-Formel zur Berechnung des Schubwiderstands von Stahlbetonwänden gemäss ASCE 43-05 im aktuellen Final Draft der Norm ASCE 43-20 inzwischen gestrichen wurde. Im Rahmen der deterministischen Nachweise (Forderung 2.D aus Verfügung /76/) soll diese Formel nicht mehr verwendet werden.

Unterstützt von Experten der Basler & Hofmann AG konzentrierte sich das ENSI in seiner Prüfung daher auf den Skalierungsansatz, mit welchem die damaligen Fragilities auf die neue Gefährdung ENSI-2015 übertragen wurden.

Ein wesentlicher Bestandteil der Skalierung ist der Vergleich der Erdbebenbeschleunigungen zwischen den Gefährdungen PRP-IH und ENSI-2015 bei der Grundfrequenz der Gebäude. Aus diesem Grund wurden die Grundfrequenzen des Reaktorgebäudes und des Notstandgebäudes mit eigenständigen Berechnungen ermittelt. Das ENSI stellt fest, dass die vom KKL mit SSI-Analysen ermittelten



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Grundfrequenzen gut übereinstimmen mit den eigenständig berechneten. Bei einzelnen Baustrukturen, z. B. dem Reaktorabschirmgebäude (Sekundärcontainment) und dem Druckbehältersockel (PRV Pedestal) weichen die vom KKL ermittelten Grundfrequenzen von jenen des ENSI ab. Das lässt darauf schliessen, dass diese Bauteile vom KKL fest eingespannt modelliert wurden. Das ENSI hat die Skalierung mit den eigenen Grundfrequenzen durchgeführt und festgestellt, dass die Erdbebenfestigkeiten des Sekundärcontainments und des Druckbehältersockels dennoch mit Marge ausreichend sind. Modelle mit fester Einspannung berücksichtigen im Gegensatz zu den SSI-Analysen die Eigenschaften des Baugrundes nicht, wodurch die Grundfrequenzen in der Regel überschätzt werden und in der Folge die Skalierung auf die neue Gefährdung ENSI-2015 verfälscht werden kann. Das ENSI weist darauf hin, dass die Grundfrequenzen der Gebäude und der einzelnen Baustrukturen generell mit SSI-Analysen zu bestimmen sind und dass dies bei den deterministischen Nachweisen gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /76/ zu berücksichtigen ist.

Im Appendix B des Berichts /55/ werden ausreichende Fragility-Werte bezüglich Gebäudeanprall zwischen dem Reaktorgebäude und dem Reaktorhilfsanlagengebäude angegeben. Das ENSI stellt fest, dass diese Fragility-Werte noch auf Relativverschiebungen mit Gefährdung PRP-IH beruhen und dass die Relativverschiebungen des Reaktorhilfsanlagengebäudes nicht an der massgebenden Stelle bestimmt wurden. Auch sollten die an linear-elastischen Gebäudemodellen berechneten Verschiebungen nach KTA 2201.3 erhöht werden, um das nichtlineare Verhalten des Bauwerks angemessen zu berücksichtigen. Die festgestellten Abweichungen stellen die Fragilities für Gebäudeanprall nicht grundsätzlich in Frage. Das ENSI erwartet aber, dass im Rahmen der deterministischen Nachweise gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /76/ die Fragilities für Gebäudeanprall gemäss obigen Ausführungen revidiert werden.

Bei den übrigen Fragility-Werten der Gebäude stellt das ENSI aufgrund der eigenen, stichprobenartigen Berechnungen fest, dass die spektralen Erdbebenbeschleunigungen zur Skalierung der Fragilities korrekt bestimmt wurden. Insgesamt beurteilt das ENSI die für die Bauwerke berechneten HCLPF-Werte als plausibel. Das ENSI bestätigt, dass die Erdbebenfestigkeiten der Gebäude ausreichend sind, um dem 10'000-jährlichen Erdbeben zu widerstehen.

Die Erläuterung in der Notiz /73/, die unterschiedlichen Skalierungsfaktoren für die Gebäude in den Berichten /54/ und /55/ betreffen, ist nachvollziehbar und korrekt. Somit hat das KKL die Forderung 6 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /63/ erfüllt.

#### **4.3.2 Mechanische und elektrische Ausrüstungen**

##### Angaben des Betreibers

Zur Beurteilung der Erdbebenfestigkeit der Ausrüstungen werden die HCLPF-Kapazitäten, welche für die ursprünglichen Fukushima-Nachweise in den Jahren 2011/2012 nach der CDFM-Methode ermittelt wurden, einer frequenzabhängigen Skalierung unterzogen, um die Resultate für die damalige Erdbebengefährdung PRP-IH auf die aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 zu übertragen. Bei diesem Vorgehen werden neue Etagenantwortspektren gewonnen, indem die neuen UHS mit der alten Transferfunktion, dem frequenzabhängigen Quotienten aus altem Etagenantwortspektrum und altem UHS, multipliziert werden. Die neuen HCLPF-Kapazitäten ergeben sich durch Vergleich mit den bekannten Kapazitätsspektren respektive Auswertung an den bekannten Eigenfrequenzen, je nach Art der bestehenden Analyse.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Die Ermittlung der Fragilities wurde gestützt durch Anlagenbegehungen in den Jahren 2010 bis 2012, welche den Ist-Zustand der Komponenten dokumentierten und die Behebung der durchwegs nicht gravierenden Beanstandungen veranlassten.

Zur Beantwortung der Forderung 5 aus den Grobprüfungsergebnissen /63/, wonach Details in einzelnen Fragility-Berechnungen noch zu klären und bei Bedarf die Fragilities anzupassen seien, reichte das KKL mit Schreiben /74/ den Bericht /75/ ein. Darin geht das KKL auf die vom ENSI aufgeworfenen Detailfragen ein und erläutert, dass allfällige Anpassungen in den Berechnungen nur einen geringen Einfluss auf die ausgewiesenen Erdbebenfestigkeiten haben, wobei teilweise auch Verbesserungen der Fragility-Werte zu erwarten sind. Insgesamt ist die Störfallbeherrschung nicht gefährdet; auf keinem der Abfahrpfade wird eine Komponente mit einem HCLPF-Wert von weniger als 0,42 g ausgewiesen.

Das KKL kreditiert, dass die Anlage durch die vorhandenen Abfahrpfade (Kapitel 4.1) unter den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 unterkritisch gefahren werden kann. Das KKL hat eine Liste der aktivitätsführenden Systeme mit allen Komponenten dargelegt, für welche kein Erdbebennachweis vorgenommen wurde. Für diese Komponenten ohne Festigkeitsnachweis wird angenommen, dass sie im Lastfall des 10'000-jährlichen Erdbebens versagen und ihr Aktivitätsinventar austritt. Das Schadensbild für die radiologische Analyse wurde vom KKL bestimmt und darauf aufbauend die Dosis berechnet /79/. In Erfüllung der Forderung 8 aus der Grobprüfung /63/ hat das KKL in /74/ und /75/ radiologische Freisetzungsszenarien zur Festlegung des Umfangs an SSK für die im Rahmen der Forderung 2.D aus Verfügung /76/ durchzuführenden Fragilityanalysen bestimmt.

#### Beurteilung des ENSI

Die Vorgehensweise des KKL zur Skalierung der HCLPF-Kapazitäten entspricht dem Stand der Technik. Sie ist ein geeignetes Verfahren zur zügigen Beurteilung der Auswirkung von Änderungen in der Erdbebengefährdung auf die Störfallbeherrschung. Hervorzuheben ist auch, dass das KKL bereits vor den ursprünglichen Fukushima-Nachweisen Anlagenbegehungen initiierte, um seismische Schwachstellen zu identifizieren.

Das ENSI hat anlässlich seiner Inspektion vom Januar 2020 stichprobenartig die Erdbebennachweise sowie den Zustand der Anlage überprüft. Bewertungsgrundlagen waren ursprüngliche Auslegungsberechnungen, Daten aus dem Alterungsüberwachungsprogramm sowie Berichte von Rütteltischversuchen. Das ENSI hat insbesondere inspiziert, ob die ursprüngliche seismische Auslegung der mechanischen Komponenten dokumentiert ist, ob die Testspektren für elektrische Komponenten, dargestellt als Kombination von Gleitsinus-, Schock- und Zeitverlaufsspektren, 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 mit Marge abdecken und die Angaben aus den Auslegungsdokumenten und seismischen Versuchsberichten in den Fragilityanalysen korrekt berücksichtigt wurden. In der Anlagenbegehung stellte das ENSI fest, dass das KKL an den inspizierten Komponenten die seismischen Schwachstellen (Walkdown Findings) gemäss Bericht /53/ behoben hat und die Komponenten in ordentlichem Zustand sind.

In der Aktennotiz /75/ behandelt das KKL die Forderung 5 aus den Grobprüfungsergebnissen /63/. Die Aussage, wonach Anpassungen in den bemängelten Fragilityanalysen die ausgewiesenen Erdbebenfestigkeiten nur geringfügig verändern, ist für das ENSI nachvollziehbar. Das in /75/ dargelegte Vorgehen zur Korrektur der Fragilities ist korrekt. Die Forderung 5 aus den Grobprüfungsergebnissen /63/ wurde somit in Bezug auf die aktualisierten Fukushima-Nachweise erfüllt.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Bei der Beurteilung der Nachweise von 2011/2012 /84/ hatte das ENSI anhand einiger ausgewählter Stichproben die Herleitung der HCLPF-Werte auf Basis von Auslegungsberechnungen überprüft. Es handelte sich dabei um Spannungsanalysen für die Integritätsbewertung von mechanischen Komponenten bzw. deren Supports unter der Voraussetzung einer ausreichenden Verankerung. Auf Grund der Methodik in /54/, welche eine Skalierung der Ergebnisse aus 2011/2012 beinhaltet, bleibt die Auslegungsbasis gleich. Ebenso wurde damals für eine Auswahl von elektrotechnischen Komponenten geprüft, ob deren Testspektren aus Rütteltischversuchen für die damaligen EAS mit Gefährdung PRP-IH abdeckend sind. Das ENSI stellte fest, dass die geprüften elektrotechnischen Komponenten über ausreichende Sicherheitsreserven verfügen. Weil sich die heutigen EAS mit Gefährdung ENSI-2015 nicht wesentlich von den damaligen unterscheiden, bleibt die damals positive Beurteilung des ENSI weiterhin gültig.

Für die Fragility-Berechnungen der Reaktoreinbauten wurden für den gesamten RDB die Antwortspektren am Fusspunkt des Reaktors angesetzt. Das ENSI ist der Auffassung, dass dadurch Verfälschungen der Ergebnisse eintreten können und vertritt den Standpunkt, dass entsprechende Tertiärspektren verwendet werden sollten bzw. der komplette RDB zu modellieren und an der Standzarge anzuregen ist. Die durchmesserstärksten Anschlussleitungen können das Schwingungsverhalten des RDB unter Umständen ebenfalls beeinflussen. Das KKL wird im Rahmen der deterministischen Erdbebennachweise (Forderung 2.D aus der Verfügung /76/) die Fragilities der Reaktoreinbauten anhand eines gekoppelten Modells mit Reaktorgebäude und Reaktorkühlkreislauf bestimmen.

In /55/ wurden HCLPF-Werte neu mit der Separation of Variables Methode (SoV) nach EPRI /102/ berechnet. Dabei wurden für den Polarkran und für die Saugkörbe im Druckabbaubecken im Vergleich zu den mit der CDFM-Methode berechneten Fragilities /54/ Diskrepanzen festgestellt. Die Unterschiede sollten erklärt und gegebenenfalls beseitigt werden. Des Weiteren erachtet das ENSI die Berechnungen zu den Treibstofftanks des SEHR-Dieselsgenerators und zum Abgaskondensator als fehlerhaft; das KKL gibt für diese Komponenten nach Ansicht des ENSI zu tiefe HCLPF-Werte an. Die festgestellten Unstimmigkeiten stellen den vorliegenden Nachweis nicht in Frage. Das ENSI erwartet jedoch, dass die im Dokument /75/ behandelten Fragilities im Rahmen der deterministischen Erdbebennachweise gemäss Forderung 2.D aus Verfügung /76/ überarbeitet werden.

Insgesamt ist das ENSI jedoch der Ansicht, dass die oben erwähnten vereinzelt Mängel in den Fragilityanalysen die Störfallbeherrschung nicht in Frage stellen. Die überarbeiteten Fragilities werden im Rahmen von Punkt 2.D der Verfügung /76/ detailliert überprüft.

Unter Kreditierung der Funktionen der genannten Abfahrpfade in Kapitel 4.1 ist die Annahme der Auswirkungen des Störfalls «Schliessen aller Frischdampfisolationsventile» nach Wertung des ENSI abdeckend hinsichtlich des anzunehmenden Verlustes der externen Stromversorgung sowie der Eigenbedarfsversorgung (siehe ENSI 12/1714 /84/).

Das gewählte Verfahren zur Bestimmung der radiologisch relevanten Komponenten ist nachvollziehbar und zweckmässig. Die qualitativen Aussagen in der Aktennotiz /75/ zum Schadensbild und der Umsetzung der Forderung 8 aus der Grobprüfung /63/ sind nachvollziehbar und ausreichend hinsichtlich der Aktualisierung der Fukushima-Nachweise. Aufgrund der Prüfung der Erdbebenfestigkeiten einer Auswahl von radiologisch relevanten Behältern, sämtlicher Gebäude inkl. des Hochkamins sowie der wichtigsten Komponenten des Notabluftsystems, kann das ENSI die Plausibilität des Schadensbildes grundsätzlich bestätigen. Das vom KKL unterstellte Schadensbild wird vom ENSI zur Umsetzung der Forderung 2.B aus /76/ akzeptiert. Die detaillierten Analysen mit Berücksichtigung der Anschlussleitungen und radiologischen Freisetzungsszenarien, die von Sekundärsystemen oder Radwastesystemen



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

herrühren, sind Teil des deterministischen Nachweises gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /76/ und werden entsprechend vom ENSI geprüft.

## 4.4 Radiologische Auswirkungen

### Angaben des Betreibers

Als Voraussetzung für die Bestimmung radiologischer Auswirkungen aufgrund von Versagen aktivitätsführender Systeme hat das KKL abdeckende Aktivitätsinventare für Systeme mit wassergebundener, luftgetragener und gasförmiger Aktivität ermittelt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Aktivitätsinventare der Systeme mit wassergebundener Aktivität in Bezug auf eine unterstellte radiologische Freisetzung im Falle eines 10'000-jährlichen Erdbebens dominieren, sodass die anderen Systeme vernachlässigbar sind. Aus diesem Grund werden nur noch Systeme mit wassergebundener Aktivität betrachtet sowie als Spezialfall die Nicht-Edelgase in den Aktivkohlefiltern des Abgasstranges. Die Berechnung der Aktivitätsinventare erfolgt über die Komponentenvolumina. Als einheitliche Aktivitätskonzentration wird für Systeme der Primäranlage und des Radwaste-Blocks die gemäss Technischen Spezifikationen für den uneingeschränkten Betrieb zulässige Kühlmittelaktivität angenommen, für Systeme der Sekundäranlage diejenige von kondensiertem Frischdampf.

Das KKL zeigt auf, dass mit dem berücksichtigten Umfang an Systemen sowie dem Nachweis der Integrität der Komponenten über 95 % des gesamten Aktivitätsinventars abgedeckt werden.

Das KKL nimmt an, dass die Volumina aller Komponenten, für die keine CDFM-Analysen vorliegen, im jeweiligen Gebäude freigesetzt werden. Da die Integrität der Gebäude und der Lüftungsleitungen, die über die Dächer geführt sind, erhalten bleibt, geht das KKL davon aus, dass die gesamte in den Gebäuden freigesetzte Aktivität über einen Zeitraum von 24 Stunden über den Kamin in die Umgebung abgegeben wird. Es wird weder eine Rückhaltung durch betriebliche Filter noch ein Niederschlag an Komponenten und Strukturen oder eine Reduktion aufgrund der Kompartimentierung des KKL kreditiert. Lediglich für die aus der Primäranlage freigesetzten Inventare nimmt das KKL aufgrund der Filterwirkung des Notabluftsystems eine Reduktion von Aerosolen und elementarem Iod um einen Faktor 1000 sowie von organischem Iod um einen Faktor 100 an. Der zweite Faktor spielt jedoch keine Rolle, da das KKL bei der Bestimmung der radiologischen Auswirkungen konservativ von elementarem Iod ausgeht.

Die Dosisberechnungen wurden mit einer Abgabe über den Kamin (Abgabehöhe 99 m) und einer minimalen Abwinddistanz von 100 m durchgeführt. Für das Versagen aktivitätsführender Systeme ermittelte das KKL eine maximale Dosis von 2,34 mSv. Das 10'000-jährliche Erdbeben fällt in die Störfallkategorie 3, entsprechend gilt ein Dosiswert von 100 mSv. Die hier abgeschätzten maximalen Dosiswerte liegen deutlich tiefer als dieser Wert /79/.

### Beurteilung des ENSI

Die Aussage, dass alle Aktivität, welche aufgrund von Komponentenversagen innerhalb der Gebäude freigesetzt wird, ausschliesslich über den Kamin in die Umgebung abgegeben wird, ist weder für das Szenario Sekundäranlage noch für das Szenario Radwaste-Block nachvollziehbar. Insbesondere fehlt der Nachweis, dass die entsprechenden Gebäude auch ohne Unterdruckhaltung dicht sind bzw. dass ein offener Freisetzungspfad über den Kamin mit ausreichend starkem Zug existiert. Aus Sicht des ENSI ist daher bis auf Weiteres von einer bodennahen Freisetzung auszugehen. Im Rahmen der Grobprüfung des ENSI wurde das KKL aufgefordert, die Annahme einer ausschliesslichen Aktivitätsabgabe über den Kamin zu begründen /63/. In diesem Zusammenhang erläuterte das KKL lediglich, wie es im Rahmen des Nachweises für die Teilverfügung 2.D vorgehen wird /75/.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Die radiologischen Auswirkungen von Freisetzungen aus der Primäranlage – einschliesslich der Auswirkungen infolge Abfahrens der Anlage – in die Umgebung sind wegen der Abgabe über den Kamin statt einer bodennahen Freisetzung und der Filterwirkung des Notabluftsystems verglichen mit denjenigen aus der Sekundäranlage und aus dem Radwaste-Block vernachlässigbar.

Die Dosisberechnungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-G14 /100/, wobei die angenommene minimale Abwinddistanz mit 100 m gegenüber den Vorgaben aus der Richtlinie (200 m) konservativ ausfällt.

Das ENSI hat basierend auf dem Schadensbild des KKL (siehe Abschnitt 4.3.2) eine eigene Ausbreitungs- und Dosisrechnung durchgeführt. Dabei wurde für die Aktivitätsabgaben aus der Sekundäranlage und dem Radwaste-Block eine Freisetzungshöhe von 0 m angesetzt und eine minimale Abwinddistanz von 200 m. Das ENSI konnte sich davon überzeugen, dass der Dosishöchstwert von 100 mSv eingehalten wird.

## **5 Erdbebennachweis für die Brennelementbeckenkühlung**

### **5.1 Erforderliche Bauwerke und Systeme**

#### Angaben des Betreibers

Die Brennelemente werden im Revisionsstillstand kurzfristig im Brennelementlagerbecken innerhalb des Containments im Reaktorgebäude gelagert. Im Leistungsbetrieb befinden sich sämtliche Brennelemente im Lagerbecken des Brennelementlagergebäudes, welches Teil des ZC-Gebäudekomplexes ist. Die Kühlung der Becken erfolgt mit dem betrieblichen Brennelementlagerbeckenkühl- und Reinigungssystem TG. Bei Ausfall des TG-Systems wird die Beckenkühlung auf das notstromversorgte Nach- und Notkühlssystem TH umgestellt. Unter Annahme des Ausfalls der externen Stromversorgung und ohne Kreditierung externer Notfallmassnahmen kann die Kühlung der Brennelementlagerbecken für mindestens 10 Tage aufrechterhalten werden /111/.

In Erfüllung der Forderung 2 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /63/, wonach das KKL einen aktualisierten Nachweis zur Brennelementbeckenkühlung nachzureichen habe, hat das KKL mit Schreiben vom 21. September 2020 /74/ den Bericht /75/ eingereicht. Die Strukturen, Systeme und Komponenten, die zur Brennelementlagerbeckenkühlung hinsichtlich der Beherrschung des Erdbebens benötigt werden, wurden identifiziert und deren Erdbebenfestigkeit diskutiert /107/. Dabei zeigte sich, dass die SSK, die für die Brennelementlagerbeckenkühlung relevant sind, über eine ausreichende seismische Kapazität verfügen.

#### Beurteilung des ENSI

Die zur Brennelementlagerbeckenkühlung benötigten SSK hat das KKL in den Berichten /75/ und /107/ systematisch und vollständig zusammengestellt und deren seismische Robustheit bestimmt. Das KKL hat damit die Forderung 2 aus der Grobprüfung /63/ nach Wertung des ENSI erfüllt. Interne Notfallschutzmassnahmen und die externe Stromversorgung sowie der Eigenbedarfsversorgung wurden vom KKL nicht kreditiert. Diese Vorgehensweise bewertet das ENSI als korrekt.

Zusammenfassend kommt das ENSI zum Ergebnis, dass die der Brennelementbeckenkühlung zugeordneten betrieblichen Systeme TG und Sicherheitssysteme TH sowie die entsprechenden Baustrukturen einschliesslich der Brennelementbecken im Reaktor- und Brennelementlagergebäude korrekt und





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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

vollständig erfasst wurden. Die Erdbebenfestigkeiten dieser SSK sind in den Tabellen des Berichts /54/ vollständig zusammengestellt.

## 5.2 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Systeme

### Angaben des Betreibers

Die Brennelementbecken befinden sich im Containment des Reaktorgebäudes und im Brennelementlagergebäude. In den Berichten /2/ und /54/ weist das KKL für die inneren Betonstrukturen des Reaktorgebäudes einen HCLPF-Wert von 0,62 g aus, die Erdbebenfestigkeit des Brennelementlagergebäudes liegt bei 1,11 g. Die Brennelementbecken selbst sind noch robuster als die zugehörigen Gebäude. Für das Brennelementbecken des Reaktorgebäudes wird ein minimaler HCLPF-Wert von 3,39 g ausgewiesen.

In seinen Berichten /75/ und /107/ weist das KKL für die schwächste Komponente des betrieblichen Kühlsystems einen HCLPF-Wert von 0,81 g aus; der Minimalwert für das Sicherheitssystem liegt bei 0,42 g. Die Erdbebenfestigkeit dieser Systeme ist somit ausreichend und grösser als der geforderte Referenzwert von 0,35 g.

Selbst unter der Annahme eines auslegungsüberschreitenden zusätzlichen Ausfalls der beiden Kühlsysteme TG und TH zeigen die Ergebnisse in den Berichten /108/, /109/ und /110/, dass die Wärmekapazitäten der Brennelementlagerbecken ausreichen, um die Brennelemente während mehrerer Tage genügend mit Kühlwasser bedeckt zu halten. Zusätzlich stehen im Rahmen des Unfallmanagements zwei räumlich getrennte Einspeiseleitungen in die Brennelementlagerbecken zur Verfügung.

### Beurteilung des ENSI

Das Reaktorgebäude, das Brennelementlagergebäude sowie die Brennelementlagerbecken selbst sind robuste Baustrukturen. Die in den Berichten /2/ und /54/ ausgewiesenen Erdbebenfestigkeiten sind aufgrund der Prüfung der Gebäudeanalysen /9/ und /13/ für das ENSI daher plausibel und die für die Brennelementbeckenkühlung relevanten Bauwerke verfügen somit über erhebliche Sicherheitsmargen gegenüber der für diesen Nachweis zugrunde gelegten Erdbebeneinwirkung.

Die Erdbebenfestigkeit von 0,42 g der schwächsten Komponente des Nach- und Notkühlsystems TH beurteilt das ENSI als plausibel. Für die Rohrleitungen des betrieblichen Kühlsystems TG jedoch werden im Bericht /54/ HCLPF-Werte von 0,44 g ausgewiesen, was dem in den Dokumenten /75/ und /107/ berichteten Wert von 0,81 g für die schwächste Komponente des Systems TG widerspricht. Trotz dieser Unstimmigkeit stellt das ENSI fest, dass der geforderte Referenzwert von 0,35 g erreicht wird und die Erdbebenfestigkeit der Kühlsysteme somit nachgewiesen wurde.

Die Erdbebeneinwirkungen auf die Brennelementbecken, -gebäude und -kühlsysteme sowie auf die darin enthaltenen Brennelemente werden nach Ansicht des ENSI beherrscht. Die Kühlung der Brennelemente ist sichergestellt.

## 5.3 Radiologische Auswirkungen

### Angaben des Betreibers

Im Bericht /2/ erwähnt das KKL, dass eine aktualisierte radiologische Störfallanalyse zum deterministischen Erdbebennachweis dem ENSI im Rahmen der Erfüllung der Forderung 2.D aus der Verfügung



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

/76/ eingereicht wird. Für die radiologischen Auswirkungen infolge der Erdbebeneinwirkungen auf die für die Kühlung der Brennelementlagerbecken erforderlichen SSK liegen daher für den Fukushima-Nachweis keine aktualisierten Nachweise vor.

#### Beurteilung des ENSI

Aufgrund der Erdbebenfestigkeit der für die Brennelementbeckenkühlung erforderlichen Bauwerke und Ausrüstungen ist als Folge des 10'000-jährlichen Erdbebens von keinem relevanten erdbebenbedingten Schaden auszugehen. Daher erübrigt sich nach Auffassung des ENSI eine weitere radiologische Analyse. Das ENSI geht davon aus, dass es aufgrund der auslegungsgemäss gewährleisteten Kühlung der Brennelementbecken zu keinen nennenswerten Freisetzungen in die Umgebung kommt.

## **6 Nachweis Kombination von Erdbeben und Hochwasser**

#### Angaben des Betreibers

Der Nachweis zur Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser am Standort des KKL wurde auf das 10'000-jährliche Erdbeben gemäss Erdbebengefährdung ENSI-2015 aktualisiert /3/. Unter Annahme der ungünstigsten Lage des Epizentrums des unterstellten Erdbebens im untersuchten Einflussgebiet und unter konservativen Annahmen für den Erdbebenwiderstand der betroffenen Stauanlagen hat das KKL ermittelt, dass trotz möglichem Versagen einzelner Staumauern das Areal des KKL nicht überflutet werden kann. Als einzige Konsequenz der erdbebeninduzierten Flutwelle ist mit dem Verlust des Nebenkühlwassersystems zu rechnen. Dies ist durch den in den Erdbebenanalysen angenommenen Verlust der externen Stromversorgung sowie der Eigenbedarfsversorgung bereits berücksichtigt (siehe Kapitel 4.1). Das Schadensbild der Anlage infolge Erdbeben wird somit vom zusätzlich unterstellten erdbebenbedingten Hochwasser nicht beeinflusst.

#### Beurteilung des ENSI

Die Bestimmung der Gefährdungsannahmen für seismisch induzierte Hochwasser für den vorliegenden Nachweis folgt dem Verfahren gemäss /87/ und /81/. Wie in Kapitel 2.2 dargelegt, hat das KKL die Schluchsee-Staumauer in den eingereichten Unterlagen nicht betrachtet. Im Rahmen der PSA zeigt das KKL auf, dass bei einem Bruch der Schluchsee-Staumauer ein sehr grosser Abstand des Wasserspiegels zur Terrainkote des KKL besteht, sodass eine Überflutung des KKL-Areals ausgeschlossen werden kann. Im Rahmen der Erfüllung der Verfügung vom 26. Mai 2016, Ziffer 2 D /76/ erwartet das ENSI die Behandlung sämtlicher Punkte gemäss /81/ Kapitel 2.2.2 und 4.2.2 zur Beurteilung der seismisch induzierten Hochwasser. Dabei ist auch der Schluchsee nach den Vorgaben gemäss /87/ zu betrachten.

Da erdbebeninduzierte externe Hochwasser nicht zu einer Überflutung der Terrainkote des KKL führen, ist die Überflutung für die aktualisierte Erdbebengefährdung deterministisch ausgeschlossen und nicht zu unterstellen. Die Beherrschung des Erdbebens wird in den Kapiteln 4 und 5 aufgezeigt.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

## 7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

### 7.1 Zusammenfassung

#### Veranlassung und Gegenstand

Mit Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/ legte das ENSI unter der Dispositivziffer 1 fest, dass für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke neu die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 gelten. Mit den Forderungen 2.B und 3 in /76/ verfügte das ENSI, dass das KKL unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 die nach Fukushima durchgeführten Nachweise zur Beherrschung des 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 /76/ reichte das KKL mit Brief vom 19. Dezember 2018 /1/ termingerecht umfangreiche Unterlagen ein. Darin legt das KKL 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 /115/ geltenden Dosishöchstwerts 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 /87/ und aus dem Konzept /60/. Aus der Grobprüfung /63/ resultierten 8 Forderungen, die zur Nachreichung weiterer Unterlagen im Mai 2019 /64/ und September 2020 /74/ geführt haben. Das ENSI bestätigt, dass 7 der 8 Forderungen im Hinblick auf die Aktualisierung der Fukushima-Nachweise erfüllt wurden. Die Forderung 1 aus den Ergebnissen der Grobprüfung /63/ betreffend Ergänzungen in den Schemata der Abfahrpfade /58/ und /59/ betrifft nicht die aktualisierten Fukushima-Nachweise und wird im Rahmen der Forderung 2.D aus der Verfügung /76/ erfüllt.

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 30. Januar 2020 /101/ bereits positiv beurteilt.

Bezüglich Vollständigkeit der vom KKL für die Nachweise berücksichtigten SSK prüfte das ENSI, ob sämtliche bis zum sicheren Anlagenzustand «kalt abgestellt» und zur Erreichung der Schutzziele Kernkühlung und Kritikalitätskontrolle erforderlichen SSK sowie die für die Brennelementbeckenkühlung benötigten SSK vom KKL erfasst wurden.

Die Erdbebenfestigkeiten resp. Fragilities der SSK beurteilte das ENSI indem die Verfahren, Versagensmechanismen und Skalierungsmethoden des KKL analysiert wurden. Stichprobenartig wurde eine Auswahl von Fragilities vertieft geprüft, z. B. durch Vergleiche mit Auslegungsdokumenten oder seismischen Testergebnissen. Zusätzlich führte das ENSI diesbezüglich mehrere Fachgespräche sowie eine Inspektion durch.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

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 Dosisrechnungen durchgeführt und diese mit den Berechnungen des KKL verglichen.

#### Bewertung der Gefährdungsannahmen

Die vom KKL im aktualisierten Fukushima-Nachweis angesetzten Erdbebeneinwirkungen entsprechen den in der Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/ in Kraft gesetzten Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015.

Für ein 10'000-jährliches Erdbeben gemäss den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 liegt die maximale horizontale Bodenbeschleunigung (PGA) auf der Terrainoberfläche des Kraftwerkstandortes bei 0,35 g. Dieser Wert gilt als Referenz für die Erdbebenfestigkeitsnachweise.

#### Erforderliche SSK für die Kernkühlung und die Brennelementbeckenkühlung

Um die Nachweise für die Kernkühlung zu erbringen, hat das KKL verschiedene seismische Abfahrpfade mit den dazugehörigen SSK festgelegt, die ausschliesslich aus Sicherheits- und Notstandssystemen bestehen. Bei der Festlegung der Abfahrpfade berücksichtigte das KKL den Ausfall der externen Stromversorgung, interne Notfallschutzmassnahmen wurden nicht kreditiert. Aufgrund der Verfügbarkeit mehrerer Abfahrpfade wird ein unabhängiger Einzelfehler beherrscht.

Das KKL hat die den einzelnen Abfahrpfaden zugeordneten Systeme entsprechend ihrer Schutzzielerfüllung zusammengestellt. Die Kritikalitätskontrolle erfolgt durch die Reaktorschnellabschaltung oder durch die alternative Reaktorabschaltung ARI.

Hinsichtlich Kühlung der Brennelemente im Reaktor bleiben im KKL alle Sicherheitssysteme zur Hoch- und Niederdruckeinspeisung verfügbar. Darüber hinaus kann zum Kaltfahren der Anlage eine Reaktor-druckentlastung durchgeführt werden. Die langfristige Nachwärmeabfuhr erfolgt mithilfe der beiden dafür konzipierten Niederdrucknotkühlsysteme. Das Schutzziel zum Einschluss radioaktiver Stoffe erfüllt das KKL mit der Containmentisolation.

Die Brennelementlagerbecken befinden sich innerhalb des Containments im Reaktorgebäude und im Brennelementlagergebäude. Die Kühlung der Becken erfolgt mit dem betrieblichen Brennelementlagerbeckenkühl- und Reinigungssystem. Bei Ausfall des betrieblichen Brennelementlagerbeckenkühl- und Reinigungssystems wird die Beckenkühlung auf das notstromversorgte Nach- und Notkühlsystem umgestellt. Unter Annahme des Ausfalls der externen Stromversorgung und ohne Kreditierung externer Notfallmassnahmen kann die Kühlung der Brennelementlagerbecken für mindestens 10 Tage aufrechterhalten werden.

Das ENSI kommt zum Ergebnis, dass die für die Kern- und Brennelementlagerbeckenkühlung erforderlichen SSK korrekt und vollständig erfasst wurden.

#### Bestimmung der Erdbebenfestigkeiten und Nachweisführung

Im Rahmen der Fukushima-Nachweise von 2011/2012 wurden die in den Gebäuden wirkenden Schnittkräfte mit SSI-Berechnungen an räumlichen Gebäudemodellen bestimmt sowie die höchstbelasteten Baustrukturen identifiziert. Ebenso wurden die Tragfähigkeiten resp. Fragilities der einzelnen Bauteile bereits in den ursprünglichen Fukushima-Nachweisen berechnet. Bei den Gebäuden wird konservativ unterstellt, dass bei Überschreitung der Erdbebenfestigkeit des schwächsten Bauteils das gesamte Gebäude versagt.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

Zur Beurteilung der Erdbebenfestigkeit der Bauwerke, Systeme und Komponenten werden die HCLPF-Kapazitäten, welche für die ursprünglichen Fukushima-Nachweise in den Jahren 2011/2012 nach der CDFM-Methode ermittelt wurden, einer frequenzabhängigen Skalierung unterzogen, um die Resultate für die damalige Erdbebengefährdung PRP-IH auf die aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 zu übertragen.

Die Ermittlung der Fragilities wurde gestützt durch Anlagenbegehungen in den Jahren 2010 bis 2012, welche den Ist-Zustand der Komponenten dokumentierten und in der Folge das KKL die Behebung der Schwachstellen veranlasste.

Als Nachweiskriterium für die Beurteilung der Erdbebensicherheit der SSK beim 10'000-jährlichen Erdbeben gilt die aus den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 abgeleitete maximale Bodenbeschleunigung (PGA) an der Geländeoberfläche von 0,35 g. Liegt der Fragility-Wert der SSK höher als der Referenzwert von 0,35 g, ist deren Erdbebenfestigkeit nachgewiesen.

Für die Komponenten ohne Festigkeitsnachweis wird angenommen, dass diese beim 10'000-jährlichen Erdbeben versagen und ihr Aktivitätsinventar austritt. Das Schadensbild für die radiologische Analyse wurde vom KKL bestimmt und darauf aufbauend die Dosis berechnet.

Aufgrund der durchgeführten Überprüfungen kann das ENSI die vom KKL vorgelegten Fragilities der zur Kern- und Brennelementbeckenkühlung erforderlichen SSK grundsätzlich bestätigen.

#### Nachweis Kombination von Erdbeben und Hochwasser

Zur Untersuchung der Auswirkungen eines angenommenen erdbebenbedingten Versagens von Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerks hat das KKL die Überlagerung von Staffelbrüchen entlang von Aare, Rhein und Limmat ermittelt. Dabei ist die Schluchsee-Staumauer nicht im Betrachtungsumfang enthalten. Aufgrund der sehr grossen Sicherheitsmarge und den Angaben zum Bruch der Schluchsee-Staumauer in der PSA geht das ENSI jedoch davon aus, dass der resultierende Wasserstand deutlich unter der Terrainkote zu liegen kommt.

Ein Ausfall der für die Kern- und Brennelementbeckenkühlung benötigten SSK aufgrund von Überflutung ist damit deterministisch ausgeschlossen.

#### Radiologische Auswirkungen

Das KKL hat abdeckende Aktivitätsinventare für Systeme mit wassergebundener, luftgetragener und gasförmiger Aktivität ermittelt. Da die Aktivitätsinventare der Systeme mit wassergebundener Aktivität dominieren, wurden nur diese und der Spezialfall der Nicht-Edelgase in den Aktivkohlefiltern des Abgasstranges in den radiologischen Analysen berücksichtigt. Das KKL zeigt auf, dass mit dem berücksichtigten Umfang an Systemen sowie mit dem Inventar von erdbebenfesten aktivitätsführenden Komponenten über 95 % des gesamten Aktivitätsinventars abgedeckt sind.

Das KKL nimmt an, dass die Volumina aller Komponenten, für die keine Erdbebennachweise vorliegen, im jeweiligen Gebäude freigesetzt werden und die gesamte in den Gebäuden freigesetzte Aktivität über einen Zeitraum von 24 Stunden ohne Rückhaltung über den Kamin in die Umgebung abgegeben wird. Lediglich für die aus der Primäranlage freigesetzten Inventare nimmt das KKL aufgrund der Filterwirkung des Notabluftsystems eine Rückhaltung von Aerosolen und elementarem Iod an.

Da es für das ENSI nicht erwiesen ist, dass alle Aktivitätsabgaben über den Kamin erfolgen, hat das ENSI in seinen eigenständigen Dosisberechnungen für die Aktivitätsabgaben aus der Sekundäranlage und dem Radwaste-Block eine Freisetzungshöhe von 0 m angesetzt. Das ENSI konnte sich davon überzeugen, dass der Dosishöchstwert von 100 mSv eingehalten wird.



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

An den für die Kühlung der Brennelementlagerbecken erforderlichen SSK sind keine relevanten erdbebenbedingten Schäden zu erwarten. Das ENSI geht deshalb davon aus, dass aus den Brennelementlagerbecken keine nennenswerten Freisetzungen in die Umgebung erfolgen.

## 7.2 Schlussfolgerung

Aufgrund der Prüfung der vom KKL eingereichten Dokumente zur Aktualisierung der Fukushima-Nachweise mit den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 kommt das ENSI zur Schlussfolgerung, dass die Kernkühlung und die Kühlung der Brennelementlagerbecken unter Einwirkung eines 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.

Im Rahmen der Erfüllung der weiteren Forderungen der Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/ werden die probabilistischen Sicherheitsanalysen (Forderung 2.C) und die detaillierten deterministischen Nachweise (Forderung 2.D) vom ENSI noch geprüft und bewertet. Das KKL hat nach der Bearbeitung der Forderung 2.D aus der Verfügung vom 26. Mai 2016 /76/ die folgende Forderung zu erfüllen.

### Forderung 1

*Im Konzept BET/16/0278 vom 14. November 2016 /60/ ist das tatsächliche Vorgehen zur Aktualisierung der Fukushima-Nachweise und zur Bestimmung der Etagenantwortspektren wiederzugeben. Das Konzept /60/ ist zu überarbeiten und dem ENSI bis zum 31. Dezember 2021 neu einzureichen.*

Zusätzlich macht das ENSI auf die folgenden Punkte aufmerksam, welche in der Bearbeitung der deterministischen Nachweise gemäss Forderung 2.D aus der Verfügung /76/ zu berücksichtigen sind und die vor allem in der Stellungnahme zu den Etagenantwortspektren /101/ in den Fachgesprächen vom 9. Oktober 2019 /116/ und vom 29. Juni 2020 /105/ sowie in der Aktennotiz /75/ des KKL bereits adressiert wurden.

- Das ENSI erwartet, dass die fehlenden Fragilities der massgebenden Komponenten in den Flussdiagrammen der Abfahrpfade /58/ und /59/ ergänzt werden (siehe Kapitel 4.1).
- Das ENSI weist darauf hin, dass die Forderung aus der Stellungnahme des ENSI zu den Etagenantwortspektren /101/ zu erfüllen ist. Das heisst, für Komponenten im Reaktorgebäude, deren Grundfrequenzen zwischen 1 Hz und 8 Hz liegen und deren Erdbebenfestigkeiten eine Marge von weniger als 20 % aufweisen, sind deterministische Nachweise nach Vorgaben des Kapitels 5 der Aktennotiz ENSI-AN-8567 /81/ zu führen (siehe Kapitel 4.2).
- Die Formel zur Berechnung des Schubwiderstands von Stahlbetonwänden aus der Norm ASCE 43-05 soll nicht mehr verwendet werden, da sie im überarbeiteten Final Draft der Norm ASCE 43-20 gestrichen wurde (siehe Kapitel 4.3.1).
- Das ENSI weist darauf hin, dass die Grundfrequenzen der Gebäude und der einzelnen Baustrukturen generell mit SSI-Analysen zu bestimmen sind und dass die derart bestimmten Grundfrequenzen für die Skalierung der Fragilities zu verwenden sind (siehe Kapitel 4.3.1).
- Das ENSI erwartet, dass das KKL Informationen zur Breite der Gebäudetrennfugen liefert und die Fragilities zum Gebäudeanprall unter Berücksichtigung der Erbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 sowie einer angemessenen Erhöhung der linear elastisch gerechneten Gebäuderverschiebungen neu berechnet (siehe Kapitel 4.3.1).
- Das ENSI erwartet, dass die Fragilities des Polarkrans, der Saugkörbe im Druckabbaubecken, des Treibstofftanks des SEHR-Dieselegenerators und des Abgaskondensators zu überprüfen



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

und bei Bedarf zu korrigieren sind. Zusätzlich sind die im Dokument /75/ behandelten Fragilities zu überarbeiten (siehe Kapitel 4.3.2).

- Das ENSI erwartet detaillierte Analysen des radiologischen Schadensbildes gemäss Angaben in der Aktennotiz /75/. Im Schadensbild sind insbesondere Anschlussleitungen an radiologisch relevante Systeme und Behälter sowie radiologische Freisetzungsszenarien, die von Sekundärsystemen oder Radwastesystemen herrühren, zu berücksichtigen (siehe Kapitel 4.3.2).

## 8 Referenzen

- /1/ Brief KKL: «Penzenz: ENSI Verfügung: Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015», KOR/KKL/181219/0006 vom 19.12.2018
- /2/ Übersichtsbericht KKL: «Deterministischer Nachweis der Beherrschung des 10'000 jährlichen Erdbebens», BET/12/0051 Rev. 001 vom 18.12.2018
- /3/ Übersichtsbericht KKL: «Nachweis zur Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser am Standort des KKL», BET/12/0077 Rev. 001 vom 18.12.2018
- /4/ Übersichtsbericht KKL: «Deterministischer Nachweis der Beherrschung von Hochwasser am Standort KKL», BET/11/0179 Rev. 000 vom 30.06.2011
- /5/ Technischer Bericht Swissnuclear: «Appendices for ENSI-2015 model Corresponding to the Volume 6 - SP5 -Scenario Earthquakes - from PRP final report», SN-17.015.GS vom 22.12.2017
- /6/ Technischer Bericht Luis Dalguer: «UHS compatible 3 acceleration time histories for hazard level 1E-3 and soil surface (0 m elevation), based on ENSI- 2015 hazard, for Leibstadt nuclear power plant site (KKL)», Kto. 7510 / SN-V-18.048 vom 23.08.2018
- /7/ Technischer Bericht Axpo: «Development of Strain Compatible Soil Properties for Probabilistic and Deterministic SSI-Analyses of KKL According to Seismic Hazard ENSI-2015», TB-093-KG18002, Rev. 0 vom 09.02.2018
- /8/ Technischer Bericht Axpo: «Development of Latin Hypercube Sampling (LHS) Multipliers for Probabilistic SSI Analyses at Leibstadt NPP with ENSI-2015», TB-093-KG18003, Rev. 0 vom 12.04.2018
- /9/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS REACTOR BUILDING (ZA) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R35 09-4222A REVISION 0 vom 17.12.2018
- /10/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZA», AN-093-KG18008 vom 24.09.2018
- /11/ Technischer Bericht Rizzo: «ZA DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENT MODELS REACTOR BUILDING (ZA) KERNKRAFTWERK LEIBSTADT», R6-94222.08-06 ZA vom 19.08.2011
- /12/ Zeichnung KKL: «Grundrisse Reaktor- und Nebengebäude», Z08256 / DA 3029 AN 96106 vom 23.11.2016



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

- /13/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL-STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS NUCLEAR AUXILIARY BUILDING COMPLEX (ZC COMPLEX) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R36 09-4222A REVISION 0 vom 17.12.2018
- /14/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZC Complex», AN-093-KG18009 vom 03.10.2018
- /15/ Technischer Bericht Rizzo: «COMPLEX DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENT MODELS AUXILIARY BUILDINGS (ZC COMPLEX) KERNKRAFTWERK LEIBSTADT», R7-94222.08-07ZC vom 12.05.2011
- /16/ Zeichnung KKL: «Grundrisse Reaktor- und Nebengebäude», Z08258 / DA 3029 AN 961066 vom 23.11.2016
- /17/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS EMERGENCY COOLING TOWER (ZM4) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R37 09-4222A REVISION 0 vom 17.12.2018
- /18/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZM4 Emergency Cooling Tower Building», AN-093-KG18010 vom 07.12.2018
- /19/ Technischer Bericht Rizzo: «DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENT MODELS EMERGENCY COOLING TOWER (ZM4) KERNKRAFTWERK LEIBSTADT», R5-94222.09-05 ZM4 REVISION 1 vom 30.06.2011
- /20/ Zeichnung KKL: «Grundrisse ZK1 / ZM4», Z0849 / DA 3029 AN 961066 vom 12.06.2014
- /21/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS SERVICE BUILDING (ZE1) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R38 09-4222A R38 09-4222A vom 17.12.2018
- /22/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZE1-2 Service Building», AN-093-KG18011 vom 30.11.2018
- /23/ Technischer Bericht Rizzo: «DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENT MODELS ELECTRICAL BUILDING (ZE1 AND ZE2) KERNKRAFTWERK LEIBSTADT», R9-94222.08-09 ZE1 REVISION 2 vom 24.05.2011
- /24/ Zeichnung KKL: «Grundrisse ZE1», Z08306 / DA 3029 AN 961066 vom 22.03.2016
- /25/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS EMERGENCY GENERATOR BUILDING HPCS (ZK3) AND EMERGENCY COOLING TOWER HPCS (ZM6) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R39 09-4222A REVISION 0 vom 17.12.2018
- /26/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZK3 and ZM6 Buildings», AN-093-KG18012 vom 07.12.2018





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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

- /27/ Technischer Bericht Rizzo: «DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENT MODELS EMERGENCY DIESEL GENERATOR BUILDING (ZK3) AND EMERGENCY COOLING TOWER (ZM6) KERNKRAFTWERK LEIBSTADT», R3-94222.09-03 ZK3/ZM6 REVISION 1 vom 06.05.2011
- /28/ Zeichnung KKL: «Grundrisse ZC4 / UK3 / ZM6», Z0850 / DA 3029 AN 961066 vom 22.04.2015
- /29/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS RADWASTE BUILDING (ZB1) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R40 09-4222A REVISION 0 vom 17.12.2018
- /30/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZB1 Radwaste Building», AN-093-KG18013 vom 30.11.2018
- /31/ Technischer Bericht Rizzo: «DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENT MODELS RADWASTE BUILDING (ZB1) KERNKRAFTWERK LEIBSTADT», R8-94222.08-08 ZB1 vom 19.08.2011
- /32/ Zeichnung KKL: «Grundrisse ZB / ZQ», Z08276 / DA 302 AN 961066 vom 26.09.2016
- /33/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS COLD CONDENSATE STORAGE TANK BUILDING (ZW1) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R41 09-4222A REVISION 0 vom 17.12.2018
- /34/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZW1 Cold Condensate Storage Tank Building», AN-093-KG18014 vom 30.11.2018
- /35/ Technischer Bericht NOK: «Einzonung KAKO-Gebäude ZW1 Statische und dynamische Berechnungen Nachweise für die Erdbebensicherheit», KKB 093 D0003 vom 17.01.2008
- /36/ Zeichnung KKL: «Grundrisse ZA / ZC / ZD/ ZW», Z08258 / DA 3029 AN 961066 vom 23.11.2016
- /37/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS RADWASTE STORAGE BUILDING (ZT) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R42 09-4222A REVISION 0 vom 17.12.2018
- /38/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZT Radwaste Storage Building», AN-093-KG18015 vom 07.12.2018
- /39/ Technischer Bericht Rizzo: «DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENT MODELS RADWASTE STORAGE BUILDING (ZT) KERNKRAFTWERK LEIBSTADT», R2 094222.09-02ZT/10 REVISION 2 vom 03.03.2016
- /40/ Zeichnung KKL: «Grundrisse ZC4 / ZK3 / ZM6 / ZT», Z0850 / DA 3029 AN 961066 vom 22.04.2015
- /41/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS TURBINE BUILDING (ZF) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R43 09-4222A vom 17.12.2018
- /42/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZF Turbine Building», AN-093-KG18016 vom 10.12.2018



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

- /43/ Technischer Bericht Electrowatt: «Berechnung des Maschinenhauses ZF Abschirmung Dach und Fenster Ost», 220056.80.70 Rev. A vom 30.06.2005
- /44/ Zeichnung KKL: «Grundrisse ZF», Z08243 / DA 3029 AN 961066 vom 11.08.2016
- /45/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS EMERGENCY DIESEL BUILDING (ZK1) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R44 09-4222A vom 17.12.2018
- /46/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZK1 Emergency DG Building», AN-093-KG18017 vom 07.12.2018
- /47/ Technischer Bericht Rizzo: «DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENTS MODELS EMERGENCY DIESEL BUILDING (ZK1) KERNKRAFTWERK LEIBSTADT», R4-094222.09-04 ZK1 REVISION 1 vom 03.03.2011
- /48/ Zeichnung KKL: «Grundrisse ZK1 / ZM4», Z0849 / DA 3029 AN 961066 vom 12.06.2014
- /49/ Technischer Bericht Rizzo: «SEISMIC SOIL STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS STACK TOWER (ZQ) ENSI 2015 SEISMIC HAZARD KKL LEIBSTADT NUCLEAR POWER PLANT LEIBSTADT, SWITZERLAND», R45 09-4222A REVISION 0 vom 17.12.2018
- /50/ QS-Bericht Axpo: «Leibstadt Nuclear Power Plant Project EGA ENSI-2015 – Subproject Probabilistic Soil-Structure-Interaction (PSSI) Axpo Quality Assurance of PSSI Analysis of ZQ Stack Tower», AN-093-KG18018 vom 10.12.2018
- /51/ Walkdown-Bericht KKL: «Seismic Plant Walkdown (EPH3)», PSA/0051 Rev. 000 vom 28.10.2016
- /52/ Walkdown-Bericht KKL: «Walkdown Findings Resolution», BET/13/0364 Rev. 001 vom 28.06.2016
- /53/ Walkdown-Bericht KKL: «Abschliessende Bewertung der Walkdown Findings im Zusammenhang mit den seismischen Anlagerungsgängen», BET/16/0088 Rev. 001 vom 12.12.2017
- /54/ Technischer Bericht Rizzo: «DETERMINISTIC VERIFICATION BASED ON SCALING FOR ENSI-2015 SEISMIC HAZARD LEIBSTADT NPP», R33 094222A Revision 0 vom 17.12.2018
- /55/ Technischer Bericht Rizzo: «FRAGILITY UPDATE BASED ON SCALING ENSI-2015 SEISMIC HAZARD LEIBSTADT NPP», R34 094222A Revision 0 vom 17.12.2018
- /56/ Technischer Bericht Relsafe: «EGA-2015: Development of Seismic Shutdown Paths», 100003/T1.2 Rev. 0 vom 29.11.2018
- /57/ Schema Relsafe: «Seismic Shutdown Paths for At-Power and Hot Shutdown States with TLOOP condition», undatiert
- /58/ Schema Relsafe: «Seismic Shutdown Paths for At-Power and Hot Shutdown States», undatiert
- /59/ Schema Relsafe: «Seismic Shutdown Paths for Reactor Pressure Vessel Head On and Head Off States», undatiert
- /60/ Technischer Bericht KKL: «Konzept zur Nachweisführung bei der Umsetzung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015», BET/16/0278 vom 14.11.2016



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

keine  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

- /61/ Stellungnahme ENSI: «Stellungnahme zum Konzept des KKL für die Sicherheitsnachweise zu den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015», SZT/NEP-12KEX.SEG15,12/16/020 vom 30.08.2017
- /62/ 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
- /63/ Stellungnahme ENSI: «Kernkraftwerk Leibstadt AG, Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 12/19/002, Ergebnisse der Grobprüfung», [REDACTED] 12/19/002 vom 30.04.2019
- /64/ Brief KKL: «Pendenz: Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 12/19/002, Ergebnisse der Grobprüfung», KOR/KKL/190529/0005 vom 29.05.2019
- /65/ Elektronische Daten betreffend:  
- Finite-Elemente-Modelle des Reaktorgebäudes ZA und des Gebäudekomplexes ZC,  
- Etagenantwortspektren,  
- Erdbebenzeitverläufe,  
- Skalierungen der HCLPF-Werte  
sowie Steckbriefe der Gebäude ZA, ZB, ZC und ZD, eingereicht mit Brief /64/ am 29.05.2019
- /66/ Technischer Bericht KKL: «Deterministische Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) zur Beherrschung des Sicherheitserdbebens», BET/11/0344 Rev. 002 vom 14.03.2013
- /67/ Technischer Bericht KKL: «Zuordnung der KKL Dokumentennummern zu den Berechnungsberichten der Firma Rizzo Associates», BET/13/0209 Rev. 000 vom 22.08.2016
- /68/ Technischer Bericht KKL: «Seismic Fragility Analysis», BET/12/0337 Rev. 002 vom 22.12.2015 (vom KKL als «Ungültig» deklariert)
- /69/ Technischer Bericht KKL: «Reactor Building (ZA) - Seismic SSI Analysis and selected Floor Response Spectra based on PRP-IMH», BET/13/0215 Rev. 000 vom 13.06.2013
- /70/ 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 Leibstadt nuclear power plant site (KKL)», FGK-AN-17.093 Rev. 0 vom 22.03.2017
- /71/ Probabilistische Sicherheitsanalyse KKL: «Seismic Fragility Analysis (EPH4)», PSA/0052 Rev. 000 vom 28.10.2016
- /72/ Technische Notiz Rizzo: «REPRESENTATIVE GROUND MOTION TIME HISTORIES FOR FRAGILITY ANALYSIS EGA SEISMIC UPDATE PROJECT LEIBSTADT NPP », Technical Note TN-10, Project No. 094222A vom 14.06.2018
- /73/ Notiz KKL: «Zur Forderung 6: A Clarification about R33 and R34 Reports», undatiert, eingereicht mit Brief /64/ am 29.05.2019
- /74/ Brief KKL: «Pendenz: Aktualisierung der Fukushima-Nachweise: Offene Forderungen aus den Ergebnissen der Grobprüfung», KOR/KKL/200921/0002 vom 21.09.2020
- /75/ Aktennotiz KKL: «Aktualisierung der Fukushima-Nachweise: Offene Forderungen aus den Ergebnissen der ENSI Grobprüfung», AN/20/0298, Revision 000 vom 21.09.2020
- /76/ Verfügung ENSI: «Verfügung: Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke», ENSI – 10KGX.PEG vom 26.05.2016



**Klassifizierung:** keine  
**Aktenzeichen/Referenz:** 12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
**Titel:** Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL  
**Datum / Sachbearbeiter:** [REDACTED]

- /77/ Protokoll ENSI: «Konzepte SEG15: Fachgespräch vom 21. März 2017 mit dem KKL und Basler & Hofmann zu den Grobprüfungsfragen des ENSI", ENS112/2399 vom 18.07.2017
- /78/ Übersichtsbericht KKL: «Deterministischer Nachweis der Beherrschung des 10'000 jährlichen Erdbebens», BET/12/0051 Rev. 000 vom 30.03.2012
- /79/ Technischer Bericht KKL: «Seismische Fragilitätsanalysen: Abschätzung der Folgedosis (SSE)», BET/11/0112 Rev. 001 vom 22.02.2013
- /80/ Richtlinie ENSI-A01: «Technische Sicherheitsanalyse für bestehende Kernanlagen: Umfang, Methodik und Randbedingungen», Ausgabe September 2018
- /81/ Aktennotiz ENSI: «Methodik deterministischer Nachweise der Schweizer Kernkraftwerke für Erdbeben der Störfallkategorien 2 und 3», ENSI-AN-8567 vom 03.03.2014
- /82/ Aktennotiz ENSI: «Stellungnahme des ENSI zur Erhöhung der Sicherheitsmargen (ERSIM) des KKL bzgl. Erdbeben und externer Überflutung», ENSI-AN-9264 vom 03.06.2015
- /83/ Brief ENSI: «Stellungnahme des ENSI zum Nachweis der seismischen Robustheit der Isolation des Containments und des Primärkreislaufs», [REDACTED] – 12/12/042 vom 01.07.2013
- /84/ Aktennotiz ENSI: «Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKL zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens», ENSI 12/1714 vom 09.07.2012
- /85/ Technischer Bericht KKL: «Nachweis zur Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser am Standort des KKL», BET/12/0077 Rev. 000 vom 30.03.2012
- /86/ Verfügung ENSI: «Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima», [REDACTED] – 12/11/027 vom 18.03.2011
- /87/ Verfügung ENSI: «Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung», [REDACTED] – 12/11/027 vom 01.04.2011
- /88/ Verfügung ENSI: «Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht vom 31. März 2011», [REDACTED] – 12/11/027 vom 05.05.2011
- /89/ Brief KKL: «Erdbebenfestigkeitsnachweise (Fragilities) für die Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens», KOR/KKL/111130/0002 vom 30.11.2011
- /90/ Brief KKL: «Antwort: Deterministischer Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens», KOR/KKL/120329/0009 vom 30.03.2012
- /91/ Bericht KKL: «Seismic Fragility Analysis (EPH4), Probabilistische Sicherheitsanalyse», PSA/0052 Rev. 0 / 0932/1602309 vom 31.10.2016
- /92/ Technischer Bericht MTU: «Seismische Berechnung für Diverse Stahlbehälter, KKW Leibstadt, SEHR Anlage», 1978
- /93/ Technischer Bericht Risk Management Associates: «External Events Analysis for the Kernkraftwerk Leibstadt - Project Internal Notes», LPSA96, 1996
- /94/ Aktennotiz ENSI: «PSA-Aktionsliste», ENSI 12/2596, 2018
- /95/ Technischer Bericht KKL: «Klassierung von Auslegungsstörfällen», BET/05/0101 Rev. 005 vom 29. November 2016
- /96/ Brief KKL: «Information: Nachweis von zwei räumlich getrennten Zuführungen zur externen Be- speisung der Brennelementlager», KOR/KKL/120330/0005 vom 30. März 2012



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

**keine**  
12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

- /97/ Technischer Bericht KKL: «Seismische Fragilitätsanalysen: Berücksichtigtes Aktivitätsinventar», BET/11/0111, Rev. 0, Leibstadt, 29.03.2012
- /98/ Richtlinie ENSI: «Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen», ENSI-A08, Februar 2010
- /99/ Richtlinie ENSI: «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang», ENSI-A05 vom Januar 2018
- /100/ Richtlinie ENSI: «Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen», ENSI-G14, Revision 1 vom 21.12.2009
- /101/ Brief ENSI: «Kernkraftwerk Leibstadt AG, Stellungnahme zu den Etagenantwortspektren für die aktuelle Erdbebengefährdung ENSI-2015, ENSI-Geschäft 12/19/002», [REDACTED] - 12/19/002 vom 30.01.2020
- /102/ Electrical Power Research Institute: «Methodology for Developing Seismic Fragilities», EPRI TR-103959 vom Juni 1994
- /103/ Electrical Power Research Institute: «A Methodology for Assessment of Nuclear Power Plant Seismic Margin (Revision 1)», EPRI NP-6041, Revision 1 vom August 1991
- /104/ Electrical Power Research Institute: «Seismic Fragility and Seismic Margin Guidance for Seismic Probabilistic Risk Assessments», EPRI-3002012994 vom 27.09.2018
- /105/ Protokoll ENSI: «12KEX.SEG15, Aktualisierung der Fukushima-Nachweise, Offene Forderungen aus den Ergebnissen der Grobprüfung», ENSI 12/2912 vom 31. August 2020 (Protokoll zum Fachgespräch vom 29. Juni 2020)
- /106/ Brief KKL: «Antwort: ENSI Verfügung vom 26.5.2016, Auswirkungen der Corona-Krise, Antrag auf Fristerstreckung mit gestaffeltem Einreichungskonzept», KOR/KKL/200623/0002 vom 23.06.2020
- /107/ Bericht Relsafe: «Development of Seismic Shutdown Paths and Identification of Structures, Systems and Components for Deterministic Fragility Analysis EGA-2015», Report 100003/P3/T4/V2, Rev. 3 vom 24.09.2020
- /108/ Bericht KKL: «Überprüfung der Auslegung von Brennelementlagerbecken, Gebäude und Kühlsystemen gegen die neuen seismischen Gefährdungsannahmen», BET/12/0094, Rev. 0 vom 29. März 2012
- /109/ Bericht KKL: «Überprüfung der Wasserstoffentstehung und Wasserstoffbeherrschung im Brennelementlagergebäude», BET/12/0074, Rev. 0 vom 26. Juni 2012
- /110/ Bericht KKL: "Evaluation of the Safety of the KKL in Accordance with the EU-Stress Test", BET/11/0089e vom 23. Januar 2012
- /111/ Bericht KKL: «Überprüfung der Auslegung von Brennelementlagerbecken, -gebäude und Kühlsystemen gegen die neuen seismischen Gefährdungsannahmen», BET/12/0094, Rev. 0 vom 29.03.2012
- /112/ Kernenergiegesetz BFE: «Kernenergiegesetz», SR 732.1 vom 21.03.2003, Stand am 01.01.2020
- /113/ 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



**Klassifizierung:**

Aktenzeichen/Referenz:

Titel:

Datum / Sachbearbeiter:

keine

12KEX.SEG15, 12/19/002 / ENSI 12/2967

Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKL

- /114/ 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
- /115/ Verordnung BFE: «Kernenergieverordnung», SR 732.11 vom 10.12.2004, Stand am 01.02.2019
- /116/ Protokoll ENSI: «KKL Etagenantwortspektren mit Erdbebengefährdung ENSI-2015, Fachgespräch vom 9. Oktober 2019 zu den Prüfkomentaren des ENSI, ENSI-Geschäft 17/19/002», 12KEX.SEG15, 12/19/002 vom 14.11.2019