



## Aktennotiz

Datum: 29.01.2021

Seiten: 40

Anhänge: -

Beilagen: -

Verteiler intern:

Verteiler extern:

Sachbearbeiter:

Visum

Visum Vorgesetzte

Klassifizierung keine  
Aktenzeichen 17KEX.SEG15, 17/19/002  
Referenz ENSI 17/2577

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



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

## 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>10</b>
	3.1 Methodische Vorgaben	10
	3.2 Prüfverfahren des ENSI	11
	3.3 Nachweisführung durch den Betreiber	13
<b>4</b>	<b>Erdbebennachweis für die Kernkühlung</b>	<b>17</b>
	4.1 Erforderliche Bauwerke und Systeme	17
	4.2 Erdbebengefährdung für die Bauwerke und Ausrüstungen	19
	4.3 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Ausrüstungen	21
	4.3.1 Bauwerke	21
	4.3.2 Mechanische und elektrische Ausrüstungen	22
	4.4 Radiologische Auswirkungen	23
<b>5</b>	<b>Erdbebennachweis für die Brennelementbeckenkühlung</b>	<b>25</b>
	5.1 Erforderliche Bauwerke und Systeme	25
	5.2 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Systeme	26
	5.2.1 Bauwerke	26
	5.2.2 Mechanische und elektrische Ausrüstungen	27
	5.3 Radiologische Auswirkungen	27
<b>6</b>	<b>Nachweis Kombination von Erdbeben und Hochwasser</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerung</b>	<b>28</b>
	7.1 Zusammenfassung	28
	7.2 Schlussfolgerung	32
<b>8</b>	<b>Referenzen</b>	<b>33</b>



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

## 1 Veranlassung und Gegenstand

Mit Verfügung vom 26. Mai 2016 /26/ 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 /26/ verlangte das ENSI vom KKG ein Konzept zur Erarbeitung von Sicherheitsnachweisen hinsichtlich der neuen Erdbebengefährdung ENSI-2015, das mit /41/ vom KKG vorgelegt wurde. Das Konzept wurde vom ENSI mit Stellungnahme vom 26. Juni 2017 /42/ bewertet. Mit den Forderungen 2.B) und 3 in /26/ verfügte das ENSI, dass das KKG unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 die nach Fukushima durchgeführten Erdbebennachweise zu aktualisieren und die Etagenantwortspektren neu zu berechnen hat.

Forderung 2.B) aus Verfügung /26/:

*Auf den 21. Dezember 2018 sind die nach Fukushima vom ENSI verlangten Nachweise «Erdbeben» (Abschnitt 3.1) /27/ und «Kombination von Erdbeben und Hochwasser» (Abschnitt 3.3) /27/ 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 /26/:

*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 /26/ stützt sich das ENSI auf den Art. 22 Abs. 2 des Kernenergiegesetzes /122/ ab, wonach der Bewilligungsinhaber während der ganzen Lebensdauer der Kernanlage unter anderem Nachprüfungen und systematische Sicherheitsbewertungen durchzuführen hat. Zusätzlich gilt gemäss Art. 13 der Verordnung über die Gefährdungsannahmen /114/, dass der Bewilligungsinhaber die deterministische Störfallanalyse und die probabilistische Sicherheitsanalyse durchzuführen und das Risiko zu bewerten hat, sobald neue Gefährdungsannahmen vorliegen.

Gegenstand dieser Stellungnahme sind die aktualisierten Fukushima-Nachweise des KKG gemäss Forderung 2.B) aus der Verfügung /26/. Die vom KKG eingereichten Etagenantwortspektren (EAS) gemäss Forderung 3 aus der Verfügung /26/ wurden vom ENSI bereits geprüft und mit den Stellungnahmen vom 31. Januar 2020 /50/ und vom 13. Juli 2020 /54/ bewertet. Die Berechnung der EAS sowie deren Überprüfung durch das ENSI werden im Kapitel 4.2 dieser Stellungnahme zur Information wiedergegeben.

Mit Brief vom 16. Dezember 2018 /1/ reichte das KKG termingerecht die Unterlagen /2/ bis /24/ ein. Die eingereichte Dokumentation umfasst insbesondere die Bewertung der Erdbebensicherheit mit Berücksichtigung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 /2/, die aktualisierte Beurteilung der seismischen Tragfähigkeit der Anlage /3/, den Sicherheitsnachweis für das 10'000-jährliche Erdbeben gemäss den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 mit Beurteilung der radiologischen Konsequenzen /4/, das Konzept der Erdbebenberechnung /5/ und mehrere Berichte zur Berechnung der deterministischen Etagenantwortspektren für die betrachteten Bauten (/6/ bis /9/ und /11/ bis /21/).

Mit Brief vom 29. Mai 2019 /56/ hat das KKG dem ENSI weitere Unterlagen nachgereicht. Zu diesen vom ENSI nach der Grobprüfung der Unterlagen /2/ bis /24/ mit Brief vom 30. April 2019 /55/ geforderten





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Unterlagen gehören die vollständigen digitalen Berechnungsmodelle für das Reaktorgebäude, für das Notstandsgebäude und für die gekoppelte Berechnung des Reaktorgebäudes mit dem Primärkreis. Die Berechnung der Etagenantwortspektrien (EAS) für das Notstandsgebäude hat das KKG überarbeitet (/57/, Rev. 1). Ebenfalls eingereicht wurde die aktualisierte Komponentenliste /28/, die probabilistischen Etagenantwortspektrien für das Notstandsgebäude /58/ und für das Reaktorgebäude /59/, Berichte zur Berechnung der Fragilities für die betrachteten Bauwerke (/60/ bis /65/), Berichte zur Berechnung der Fragilities für relevante Komponenten (/66/ bis /82/), Walkdown-Berichte (/83/ und /84/) und die Dokumentation der verwendeten Gebäudemodelle (/89/ bis /99/).

Das ENSI hat im ersten Schritt die eingereichten Unterlagen einer Grobprüfung unterzogen. Dabei überprüfte das ENSI insbesondere die Vollständigkeit der Unterlagen und die angewendeten Methoden. Aus der Grobprüfung resultierten sechs Forderungen, die dem KKG mit Brief vom 30. April 2019 /55/ mitgeteilt wurden. Das KKG ist mit Brief /56/ vom 29. Mai 2019 den Forderungen 1 und 2 nachgekommen. Mit Brief /106/ vom 25. Juli 2019 hat das KKG dem ENSI eine Stellungnahme zu den Forderungen 3 und 4 eingereicht. Die weiteren Stellungnahmen des KKG zu den Forderungen 5 und 6 erfolgten am 29. Juli 2019 /107/ und 30. September 2019 /108/. Die KKG-Stellungnahme /108/ wurde am 25. September 2020 an einem Fachgespräch zwischen KKG und ENSI behandelt /101/. Aufgrund der Beschlüsse der Fachsitzung reichte das KKG mit Brief vom 30. Oktober 2020 /102/ eine Zusammenstellung der Resultate der Fragility-Analysen /103/ sowie der für die Fragility-Analysen verwendeten probabilistischen Etagenantwortspektrien /104/ ein.

In der Stellungnahme vom 31. Januar 2020 /50/ hat das ENSI die Erfüllung der Forderungen 1 bis 4 aus der Grobprüfung /55/ durch das KKG bestätigt. Zur Erfüllung der weiteren Forderungen 5 und 6 hat das ENSI mit Brief vom 1. Oktober 2020 /105/ Stellung genommen.

Im Zusammenhang mit der Aktualisierung der Fukushima-Nachweise wurde am 31. Januar 2020 eine ENSI-Inspektion der Erdbebensicherheit /109/ durchgeführt.

## 2 Bewertung der Gefährdungsannahmen

### 2.1 Erdbebengefährdung

#### Ausgangslage

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

Das Projekt wurde vom ENSI von Anfang an mit einem Expertenteam überprüft. Das ENSI kam zu dem 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





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

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 Kernkraftwerkbetreiber 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 /121/, dass das KKG die Sicherheit bezüglich Erdbeben sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser nachzuweisen hat. Das ENSI hat sich in seinen Verfügungen /121/ und /27/ auf den Art. 2 Abs. 1 Bst. d der Ausserbetriebnahmeverordnung /110/ gestützt, 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 /110/, wonach das Kernkraftwerk vorläufig ausser Betrieb zu nehmen sei, wenn die Dosiswerte nach Strahlenschutzverordnung nicht eingehalten werden. Anstelle des erwähnten Art. 3 aus /110/ gilt heute der Art. 44 Abs. 1 Bst. a der Kernenergieverordnung /113/, wonach die Dosis von 100 mSv bei einem Auslegungstörfall nach Art. 8 Abs. 2 und 3 der Kernenergieverordnung nicht überschritten werden darf. Da sich der Art. 2 und der damalige Art. 3 der Verordnung /110/ nur auf die Kernkühlung einschliesslich Integrität des Primärkreislaufs und des Containments beziehen, forderte das ENSI in seiner Verfügung vom 5. Mai 2011 /112/, dass das KKG zusätzlich zur Kernkühlung auch die Auslegung der Brennelementlagerbecken, -gebäude sowie -kühlsysteme zu überprüfen hat. Die vom KKG mit Briefen /38/ bis /40/ eingereichten ursprünglichen Fukushima-Nachweise wurden vom ENSI mit der Stellungnahme /35/ vom 9. Juli 2012 beurteilt.

Die zur Nachweisführung erforderlichen, in der Folge als «PRP Intermediate Hazard» (PRP-IH) bezeichneten, seismischen Gefährdungsannahmen waren gemäss der Verfügung vom 1. April 2011 /27/ auf der Grundlage der im PRP bereits erhobenen Standortdaten und des neuen Erdbebenkatalogs des Schweizerischen Erdbebendienstes zu ermitteln. Das KKG verwendete jedoch für seine Analysen nicht die PRP-IH-Ergebnisse, sondern die PEGASOS-Ergebnisse, Median Uniform-Hazard-Spektren (UHS), welche die PRP-IH-Ergebnisse abdecken.

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

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



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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

### Angaben des Betreibers

Gemäss der Verfügung des ENSI /26/ sind die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 als Grundlage für den Erdbebennachweis zu verwenden. Die Ergebnisse der Studie sind in /25/ dokumentiert und umfassen für das KKG:

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

Für die Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise des KKG ist die Gefährdung für die Überschreitungshäufigkeit  $10^{-4}/a$  (NESK3) massgebend. In Abbildung 1 werden die entsprechenden gefährdungskonsistenten Spektren (UHS, 5 % Dämpfung) für die Horizontalbeschleunigungen auf Standortoberfläche zur Veranschaulichung angeführt.

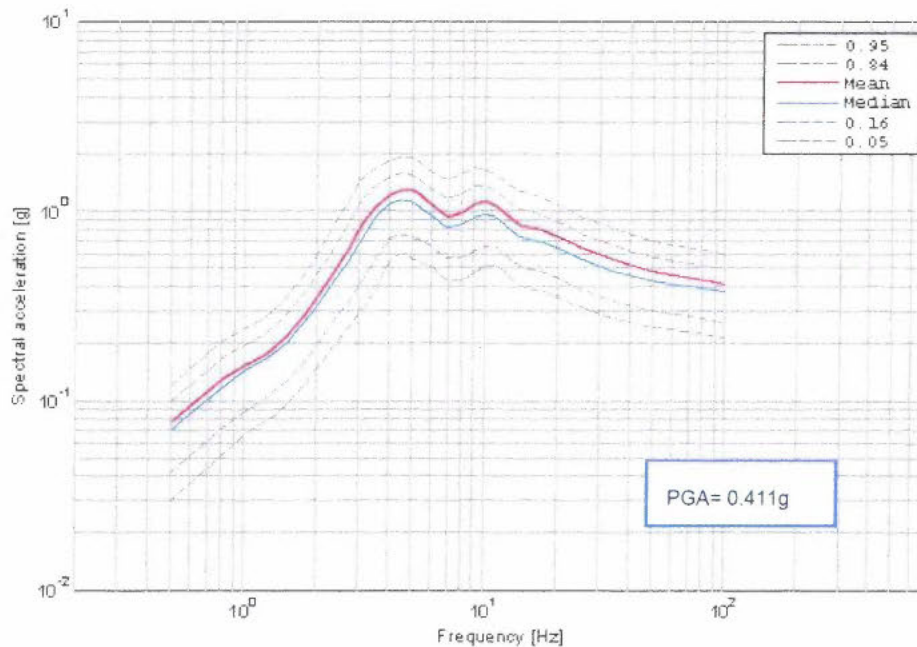


Abbildung 1: ENSI-2015 Gefährdungskonsistentes Spektrum (UHS), Standortoberfläche  $10^{-4}/a$  (mean PGA=0,411 g) /2/





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Abbildung 2 stellt gemäss KKG die mittleren (mean) UHS für eine Überschreitungshäufigkeit von  $10^{-4}/a$  für die Erdbebengefährdungsannahmen PEGASOS 2004, PRP 2013 und ENSI-2015 dar.

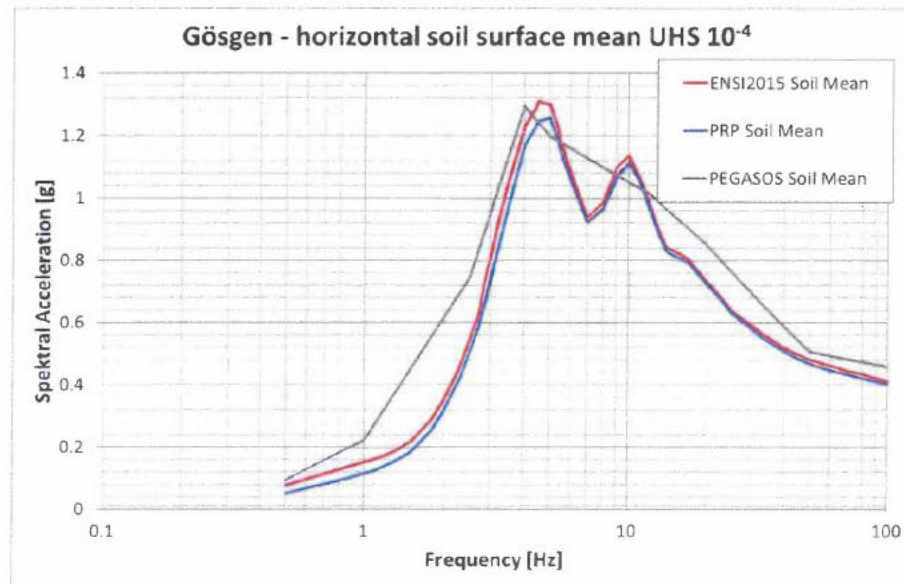


Abbildung 2: Vergleich mean UHS  $10^{-4}/a$  für PEGASOS, PRP und ENSI-2015 (Standortoberfläche)

### Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI bewertet die Angaben des Betreibers zur Erdbebengefährdung als korrekt und den Vorgaben des ENSI entsprechend. Die grundlegenden Berichte zum neuen Bodenmodell /43/ und zu den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 für die deterministische Auslegungsüberprüfung /44/ wurden vom ENSI bereits im Zusammenhang mit Beurteilung des Konzeptes /41/ mit den Stellungnahmen /116/ und /45/ bewertet und akzeptiert.

Der für den Standort KKG aus den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 abgeleitete Referenzwert für die maximale Bodenbeschleunigung an der Geländeoberfläche (PGA) von 0,411 g ist als Nachweiskriterium für die Beurteilung der Erdbebensicherheit geeignet. Im Vergleich dazu wurde beim ursprünglichen Fukushima-Erdbebennachweis für die damals verwendeten PEGASOS-UHS (mean) eine maximale Bodenbeschleunigung (PGA) von 0,46 g berücksichtigt.

Zu den in Abbildung 2 dargestellten UHS ist Folgendes anzumerken. Die Form des PEGASOS-UHS weicht von den anderen dargestellten UHS (ENSI-2015 und PRP) ab. Dies ist aber neben kleinen Unterschieden im verwendeten Bodenmodell hauptsächlich auf die ungleiche Anzahl der Stützstellen zurückzuführen. Wenn man beim PEGASOS-UHS mehr Frequenzen (Stützstellen) berücksichtigt hätte, wären alle drei Spektren ähnlich.

## 2.2 Gefährdung Erdbeben in Kombination mit Hochwasser

Der Nachweis der Beherrschung der Kombination von Erdbeben und dem durch das Erdbeben ausgelöste Versagen der Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerks kann gemäss /27/ 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  $10^4$ -jährlichen Erdbeben eine unkontrollierte Wasserabgabe ausgeschlossen werden kann. Bei Variante 2 ist der





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

deterministische Nachweis für die Beherrschung der Kombination von Erdbeben und Versagen der Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerks zu führen.

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

#### Angaben des Betreibers

Das KKG wählt für den Sicherheitsnachweis die Variante 2 gemäss /27/ und betrachtet das Versagen von Stauanlagen vom KKG bis zum Bielersee. Es wurden folgende Szenarien simuliert:

1. Sequentielle Wehrbrüche (Kaskadenbruch) an der Aare (Wehr Port bis Wehr Winznau) mit dem niedrigen Basisabfluss in der Aare.
2. Sequentielle Wehrbrüche (Kaskadenbruch) an der Aare (Wehr Port bis Wehr Winznau) mit dem mittleren Basisabfluss in der Aare.
3. Sequentielle Wehrbrüche (Kaskadenbruch) an der Aare (Wehr Port bis Wehr Ruppoldingen) und Wasserkraftwerk (WKW) Gösgen mit dem mittleren Basisabfluss in der Aare.
4. Gleichzeitige Wehrbrüche an der Aare (Wehr Port bis Wehr Ruppoldingen) und sequentieller Bruch des Wehrs Winznau mit dem mittleren Basisabfluss in der Aare.

Bei allen Szenarien wurde der Wehrbruch als instantanes, vollständiges Versagen betrachtet. Szenarien mit sequentiellen Wehrbrüchen gehen von folgenden Annahmen aus:

- Das Wehr Port am Bielersee bricht zuerst.
- Die flussabwärts liegenden Wehre sind infolge Erdbebens beschädigt und können nicht mehr reguliert werden.
- Die Turbinen der Wasserkraftwerke sind nach dem Erdbeben ausser Betrieb, d. h. es erfolgt kein Abfluss durch die Maschinenhäuser der Wasserkraftwerke.
- Die flussabwärts liegenden Wehre brechen bei der maximalen antreffenden Flutwellenhöhe.

Verklausungen werden gemäss der «(n-1) Regel» berücksichtigt, wobei das leistungsfähigste Entlastungsorgan geschlossen ist. Zusätzlich wird für nicht quantifizierte Verklausungseffekte ein Sicherheitsabstand von einem Meter berücksichtigt, indem die Kote, die am Notstandsgebäude nicht überschritten werden darf, um einen Meter tiefer ausgewiesen wird als die absolute Sicherheitskote (384,4 m ü. M. statt 385,4 m ü. M.).

Aufgrund der Untersuchungen wurde ein Szenario identifiziert, bei welchem es zu einer kurzzeitigen Überströmung des KKG-Areals kommt. Bei dem Szenario handelt es sich um sequentielle Wehrbrüche (Kaskadenbruch) an der Aare (Wehr Port bis Wehr Winznau) bei einem mittleren Basisabfluss der Aare. Die bei diesem Szenario entstehende Flutwelle weist einen Spitzenabfluss von 1790 m<sup>3</sup>/s beim KKG auf, der zu einem maximalen Wasserstand von 383,2 m ü. M. führt. Dieser Wasserstand überschreitet die Kote der Hochwasserschutzmauer von 383,1 m ü. M., sodass Wasser auf das KKG-Areal fliesst. Die Berechnung des maximalen Wasserstands am Notstandsgebäude ergibt einen Wert von 382,1 m ü. M. Demnach liegt der maximale Wasserspiegel mehr als 2 m unterhalb der verklausungskorrigierten Sicherheitskote von 384,4 m ü. M. Das Reaktorgebäude wird aufgrund der neuen Dichtungen an den Zugängen als dicht bewertet.



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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Die Analyse folgert, dass die Funktionstüchtigkeit des Notstandsgebäudes und der zugeordneten systemtechnischen Funktionen von der kurzzeitigen Überdeckung des Geländes mit Wasser nicht beeinträchtigt ist.

#### Beurteilung durch das ENSI

Den Umfang der berücksichtigten Stauanlagen (die Stauanlagen zwischen Bielersee und KKG) beurteilt das ENSI als angemessen. Für die Talsperren oberhalb des Bielersees (Wohlensee, Rossens, Schiffenen) wurde die ausreichende Erdbebenfestigkeit im Rahmen der Erdbebennachweise für das KKM nachgewiesen.

In der «Stellungnahme zum deterministischen Nachweis des KKG zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens» /46/ hatte das ENSI bemängelt, dass die in der vom KKG herangezogenen Analyse getroffenen Annahmen weniger konservativ waren, als gemäss Verfügung vom 1. April 2011 /27/ gefordert. Das ENSI hat deshalb gefordert, die Auswirkungen des Versagens der flussaufwärts im relevanten Umkreis des KKG gelegenen Stauanlagen mit Randbedingungen, die der Verfügung vom 1. April 2011 entsprechen, zu betrachten. Die vom KKG daraufhin eingereichte Analyse zu erdbebenbedingtem Hochwasser /47/, auf welche sich diese Stellungnahme bezieht, geht nun von den gemäss Verfügung vom 1. April 2011 /27/ geforderten Annahmen aus. Ferner stellt die Betrachtung von vollständigen Kaskadenbrüchen eine abdeckende Betrachtung zum Stauanlagenversagen gemäss ENSI-AN-8567 /36/ dar (wobei der Nachweis für die Erfüllung der Anforderungen gemäss /36/ erst im Rahmen der Behandlung der Ziffer 2.D aus der Verfügung vom 26. Mai 2016 /26/ zu erbringen ist).

Die Berücksichtigung der «n-1-Regel» entspricht den Anforderungen gemäss /36/ und den Richtlinien des BFE (früher BWG) zur Sicherheit der Stauanlagen.

Unter diesen Annahmen und mit der pauschalen Erhöhung des resultierenden Wasserspiegels um einen Meter zur Berücksichtigung von nicht quantifizierten Verklausungseffekten kann das ENSI dem KKG folgen, dass sich ein Sicherheitsabstand von etwas mehr als 2 m zum maximalen zulässigen Wasserstand am Notstandsgebäude ergibt.

Die Annahme, dass Verklausungen den Wasserspiegel nicht um mehr als einen Meter steigen lassen, wird nicht begründet und ist nicht ohne Weiteres nachvollziehbar. Allerdings wurde Ende 2013 eine Hochwasseranalyse durchgeführt, welche beim Hochwasserabfluss von 1700 m<sup>3</sup>/s und der vollständigen Verklausung der Brücke (inkl. Geländer) beim Wasserkraftwerk Gösgen zu einem Wasserstand von ca. 383,5 m ü. M. kurz vor dem KKG führt, der bis zur Brücke beim Wasserkraftwerk Gösgen um ca. einen Meter sinkt. Das ENSI erachtet es daher als plausibel, dass der maximale Wasserspiegel auch unter Berücksichtigung von zusätzlichen Verklausungen die Sicherheitskote des Notstandsgebäudes nicht überschreitet.

Zusammenfassend kommt das ENSI zu dem Schluss, dass die Gefährdungsannahmen für diesen Nachweis gemäss den zu Grunde zu legenden Vorgaben (/26/ und /27/) bestimmt wurden. Weiterführende Grundlagen zur Beurteilung der Hochwassergefährdung werden im Rahmen des Projektes EXAR geschaffen. Dabei wird der Einfluss von Phänomenen wie Verklausungen, Feststofftransport und Versagen wasserbaulicher Einrichtungen auf die Überflutungsgefährdung nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik erneut bewertet.

Im Rahmen der Erfüllung der Ziffer 2.D) aus der Verfügung vom 26. Mai 2016 /26/ erwartet das ENSI die Behandlung sämtlicher Punkte gemäss Kapitel 2.2.2 und 4.2.2 von /36/ zur Beurteilung der seismisch induzierten Hochwasser.





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

### 3 Methodik zur Überprüfung der Erdbebenauslegung

#### 3.1 Methodische Vorgaben

In der Forderung 2.B) aus der Verfügung /26/ verlangte das ENSI, dass die nach Fukushima vom ENSI geforderten Nachweise für Erdbeben (Abschnitt 3.1 aus der Verfügung /27/) und für die Kombination von Erdbeben und Hochwasser (Abschnitt 3.3 der Verfügung /27/) zu aktualisieren sind. Im Abschnitt 3.1 der Verfügung /27/ wurde für den Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens unter anderem festgelegt, dass:

- nur Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) mit nachgewiesener, ausreichender Festigkeit kreditiert werden dürfen;
- ein Ausfall der externen Stromversorgung zu unterstellen ist;
- die Anlage in einen sicheren Zustand überführt und für mindestens 3 Tage im sicheren Zustand gehalten werden muss ohne Zuhilfenahme externer Notfallschutzmittel;
- die Berechnung der resultierenden Dosis aufgrund der während der Dauer des Analysezeitraums emittierten radioaktiven Stoffe nach Vorgaben der Richtlinie ENSI-G14 /115/ 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 /27/) 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; und
- 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) der Verfügung /26/ verlangte Aktualisierung der Fukushima-Nachweise bezieht sich hauptsächlich auf die Neuberechnung der Erdbebenfestigkeiten der SSK mittels Fragility-Analysen auf Grundlage der mit /26/ in Kraft gesetzten Gefährdungsannahmen ENSI-2015. Aufbauend auf den neuen Fragility-Analysen sollen die Nachweise der ausreichenden seismischen Robustheit der Abfahrpfade und der Einhaltung des radiologischen Dosishöchstwertes von 100 mSv geführt werden. Nicht gefordert waren insbesondere:

- Nachweise für ein 1'000-jährliches Erdbeben; und
- die Anwendung der Aktennotiz ENSI-AN-8567 /36/ inkl. numerischer Analyse mit einem gekoppelten Gesamtmodell des Reaktorgebäudes und der druckführenden Umschliessung des Reaktorkühlsystems und normbasierte deterministische Nachweise für eine Auswahl von Komponenten.

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





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

In seiner Verfügung vom 1. April 2011 /27/ akzeptiert das ENSI, dass der Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens im Hinblick auf das Vorliegen eines Kriteriums für eine vorläufige Ausserbetriebnahme gemäss Art. 44 der Kernenergieverordnung mit Hilfe von Fragilities geführt werden kann.

Die Fragility beschreibt die seismisch bedingte Versagenswahrscheinlichkeit eines Gebäudes oder einer Systemkomponente 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 des Gebäudes oder der Systemkomponente. Die Unsicherheit von  $A_m$  wird durch die beiden logarithmischen Standardabweichungen repräsentiert. Diese berücksichtigen sowohl die Unsicherheit der Modellierung (epistemische Unsicherheit  $\beta_U$ ) 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 der entsprechende Wert des verwendeten Bodenbeschleunigungsparameters (z. B. PGA an Geländeoberfläche). Er berechnet sich wie folgt:

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

Anhand des HCLPF-Werts kann z. B. die Sicherheitsmarge beim 10'000-jährlichen Erdbeben (NESK3) ausgewiesen werden. Im Sicherheitsnachweis gemäss Forderung 2.B) aus /26/ gilt der Nachweis als erbracht, wenn der HCLPF-Tragfähigkeitswert mindestens so gross ist wie der Wert des Bodenbeschleunigungsparameters für das Nachweiserdbeben. Für das KKG liegt dieser Bodenbeschleunigungsparameter bei 0,411 g, was der maximalen Bodenbeschleunigung (PGA) des 10'000-jährlichen Erdbebens an der Terrainoberfläche gemäss Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 entspricht.

Das vom ENSI akzeptierte Vorgehen zur Bestimmung der Fragilities ist in der Richtlinie ENSI-A05 /118/ dargelegt. Zusätzlich dient dem ENSI insbesondere der EPRI-Bericht /119/ aus dem Jahr 2018 als Orientierung zum aktuellen Stand der Technik. Es gilt jedoch zu beachten, dass dieser Bericht erst wenige Monate vor der Einreichung des hier geprüften Nachweises erschien.

### 3.2 Prüfverfahren des ENSI

Das ENSI hat im ersten Schritt die eingereichten Unterlagen einer Grobprüfung unterzogen und die Ergebnisse in seiner Stellungnahme /55/ zusammengefasst (siehe Kapitel 1 in dieser Stellungnahme). Dabei überprüfte das ENSI insbesondere die Vollständigkeit der Unterlagen und die angewendeten Methoden.

Um die Aussagen des KKG zum Nachweis zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens beurteilen zu können, hat das ENSI, ausgehend von den im Kapitel 2 dargelegten Gefährdungsannahmen, anschliessend die nachfolgenden Detailprüfungen der einzelnen Analyseschritte des Erdbebennachweises durchgeführt.

#### *Prüfung der Auswahl der relevanten Sicherheitssysteme und der dazugehörigen Komponenten*

Das ENSI hat geprüft, ob unter den in der Verfügung vom 1. April 2011 /27/ festgelegten und für diese Stellungnahme geltenden Randbedingungen (siehe Kapitel 1 und 3.1) die zur Beherrschung des



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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

10'000-jährlichen Erdbebens erforderlichen Sicherheitsfunktionen und Sicherheitssysteme (einschliesslich deren Hilfssysteme) vom KKG korrekt identifiziert wurden. Des Weiteren wurde geprüft, ob die Bauwerke und Ausrüstungen identifiziert wurden, die für die einzelfehlersichere Funktion der Sicherheitssysteme erforderlich sind. Die Ergebnisse der Prüfung sind im Kapitel 4.1 dargestellt.

Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 1 wurde auch geprüft, ob unter den in der Verfügung vom 5. Mai 2011 /112/ festgelegten Randbedingungen ebenfalls die Brennelement- (BE)-Lagerbeckenkühlung sichergestellt ist. Hierzu bedarf es der Wärmeabfuhr aus den BE-Lagerbecken und des Erhalts der Integrität der BE-Lagerbecken. Die Ergebnisse der Prüfung sind in Kapitel 5.1 dargestellt.

#### *Prüfung der Erdbebeneinwirkung auf die Bauwerke, Systeme und Komponenten*

Bei der Prüfung der Erdbebeneinwirkungen auf die SSK wurde das ENSI von Experten der Firmen Stangenberg Partner Ingenieure (Bochum) und Basler & Hofmann AG (Zürich) unterstützt.

Das ENSI hat Stichproben und Resultatvergleiche für die Bestimmung der Erdbebeneinwirkung und die Boden-Bauwerk-Wechselwirkungsanalyse mit der Bestimmung der Etagenantwortspektren durchgeführt, um die Korrektheit der Vorgehensweise und die Plausibilität der Grundlage der Nachweise zu beurteilen.

Geprüft wurden aus der Erdbebengefährdung abgeleitete und in den seismischen Gebäudeanalysen verwendete Erdbebeneinwirkung in Form der UHS der Bodenbeschleunigung und die dazugehörigen Zeitverläufe.

Für die Boden-Bauwerks-Interaktionsanalysen hat das ENSI für die massgebenden Bauwerke die Bodenprofile und die Eingabedaten der Gebäudemodelle geprüft. Es wurde die modellierte Gebäudegeometrie, Masse und Steifigkeit sowie die Plausibilität der Eigenfrequenzen und Schwingungsformen überprüft. Die aus Boden-Bauwerk-Wechselwirkungsanalysen resultierenden Etagenantwortspektren wurden aufgrund von unabhängigen Vergleichsrechnungen und Resultatvergleichen beurteilt.

#### *Prüfung der Erdbebenfestigkeiten*

Das ENSI hat Erdbebenfestigkeiten der sicherheitsrelevanten Bauwerke geprüft. Das ENSI hat zu diesem Zweck unabhängige Vergleichsrechnungen, Plausibilitätsbetrachtungen und Vergleiche mit vorgängig geprüften Berechnungen durchgeführt.

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

- die Eignung der zur Bestimmung der HCLPF-Werte verwendeten Verfahren;
- die stichprobenartige Überprüfung der Vollständigkeit der in den Fragility-Analysen untersuchten Versagensmechanismen;
- die Prüfung der Ansätze, mit der die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 bei der Überarbeitung der Fragilities berücksichtigt wurden, sowie
- eine vertiefte Überprüfung einzelner ausgewählter Komponenten bezüglich der Bestimmung des HCLPF-Wertes. Dabei wurden insbesondere überprüft, ob die Berechnungsschritte nachvollziehbar sind.

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





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

die HCLPF-Werte unabhängig plausibilisieren. Hierfür wurde geprüft, ob es mit der Aktualisierung auf Basis der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 auffällige Veränderungen der HCLPF-Werte gibt. Im Rahmen der zum Thema erfolgten Inspektion vom 31. Januar 2020 /109/ wurde Einsicht in weitere Auslegungsunterlagen genommen.

Für die unabhängige Überprüfung der seismischen Festigkeit von elektrischen Ausrüstungen wurde auf die Resultate von Schwingungstests zurückgegriffen. Der Plausibilitätsnachweis basiert auf dem Vergleich der bei der Qualifikation in Rütteltischversuchen angesetzten Testspektren mit den neuen Etagenantwortspektren, die mit den Gefährdungsannahmen ENSI-2015 berechnet wurden. Die Prüfung einer Auswahl von Fragilitäten aufgrund von Auslegungsberechnungen und Testspektren war auch Thema der Inspektion vom 31. Januar 2020 /109/.

#### *Prüfung der radiologischen Nachweise*

Mit Hilfe radiologischer Analysen wird nachgewiesen, dass für alle während der Lebensdauer einer Anlage zu erwartenden und für alle nach menschlichem Ermessen nicht auszuschliessenden Störfälle die Anlage so ausgelegt ist, dass dabei keine für die Umgebung unzulässigen Dosen auftreten.

Generell umfassen die für die Bestimmung der radiologischen Auswirkungen notwendigen Analysen:

- den Aufbau des Aktivitätsinventars im Brennstab und im Reaktorkühlmittel;
- den Transport radioaktiver Stoffe innerhalb der Anlage bis zur Freisetzung in die Umgebung (Bestimmung des Quellterms);
- die Ausbreitung der freigesetzten radioaktiven Stoffe in der Atmosphäre und Ablagerung auf dem Boden; und
- die Strahlenbelastung der Bevölkerung.

Es entspricht der internationalen Praxis, für den Nachweis der Einhaltung von Dosishöchstwerten konservative Berechnungsergebnisse zu verlangen. Damit wird sichergestellt, dass die ausgewiesenen Dosen einen oberen Wert der zu erwartenden radiologischen Auswirkungen darstellen.

### **3.3 Nachweisführung durch den Betreiber**

#### Angaben des Betreibers

Die Grundlagen für die Nachweisführung der Erdbebensicherheit mit Gefährdungsannahmen ENSI-2015 legt das KKG in seinem Konzept /41/ dar. Gemäss /41/ will das KKG unter anderem zeigen, dass das zweisträngige Notstandssystem mit allen benötigten Einrichtungen für die Wärmeabfuhr aus der Reaktoranlage und aus dem internen Brennelementbecken unter Einwirkung des 10'000-jährlichen Erdbebens verfügbar bleibt und ein Kühlmittelverluststörfall ausgeschlossen werden kann. Für die Aktualisierung der Fragility-Werte sieht das Konzept /41/ unter anderem vor, dass bestehende Fragility-Werte der SSK auf die Gefährdung ENSI-2015 skaliert werden.

Die vom KKG eingereichte Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise umfasst ausgehend von den im Kapitel 2 dargelegten Gefährdungsannahmen die folgenden drei Analyseschritte (siehe /4/ Kap. 3.):

- Nachweis des Funktionserhalts der zum Abfahrpfad 2 gehörenden SSK auf Basis des Fragilityverfahrens unter Berücksichtigung möglicher seismischer Interaktionen;





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- Bestimmung der Erdbebenfestigkeit der radiologisch relevanten nuklearen Hilfsanlagen /37/ (aktuelle Version v3 /100/), deren Versagen zu einer relevanten Aktivitätsfreisetzung führen kann;
- Bewertung der radiologischen Störfallfolgen.

#### *Identifikation der zur einzelfehlersicheren Beherrschung des Erdbebens und der für die radiologischen Analysen erforderlichen SSK*

In /28/ werden die Komponenten, die für den Nachweis der Erdbebensicherheit für die Erdbeben NESK3 bzw. NESK2 relevant sind, zusammengestellt (siehe /2/, Kap. 6.3). Die Komponentenliste NESK3 beinhaltet alle SSK, die dem Abfahrpfad 2 zugeordnet bzw. für dessen Verfügbarkeit relevant sind. Ebenfalls wurden Rohrleitungen aufgenommen, die bei einer erdbebenbedingten Leckage Überflutungen verursachen können, die die Funktion der Komponenten des Abfahrpfads 2 beeinträchtigen könnten.

Die Komponentenliste NESK2 beinhaltet weitere zu betrachtende, radiologisch relevante Komponenten. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Behälter und Filter, die ein radioaktives Inventar beinhalten oder beinhalten können, welche die in /36/ vom ENSI festgelegten Schwellenwerte von  $10^6$  Bq Iod bzw.  $10^7$  Bq Cs überschreiten. Dazu gehören auch die angeschlossenen Rohrleitungen, die bei einem Bruch eine signifikante Freisetzung des in den Behältern vorhandenen radioaktiven Inventars verursachen können.

Im deterministischen Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens werden sowohl zur Sicherstellung der Kernkühlung als auch zur Kühlung des Brennelement-Lagerbeckens (BEB) nur Funktionen kreditiert, die von den zweifach redundanten Notstandssystemen (Abfahrpfad 2) ausgeführt werden. Der unabhängige Einzelfehler wird so angesetzt, dass eine Redundanz der Notstandssysteme im vollen Umfang als ausgefallen anzunehmen ist.

Für den Nachweis der Integrität der Lagerbecken im Reaktorgebäude und Nasslager wurden die Becken selbst und alle anschliessenden Leitungen analysiert.

#### *Ermittlung der Erdbebenfestigkeiten der erforderlichen SSK und Nachweis der Erdbebensicherheit*

Das KKG hat mit dem Dokument /3/ die auf Fragilities basierten Festigkeitswerte für die neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 eingereicht. Um die Berechnung der Erdbebenfestigkeiten auf Basis der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 durchzuführen, wird die in Abschnitt 4 des Dokuments /3/ beschriebene Methodik verwendet. Der erste Schritt umfasst die Erstellung von 3D-Modellen aller BK-I-Gebäude und einiger BK-II-Gebäude. Im zweiten Schritt werden die Erdbebenanalysen der Gebäude unter Berücksichtigung der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung auf Basis der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 durchgeführt. In diesem Schritt werden die neuen Etagenantwortspektren für alle Gebäude berechnet. Die Fragility-Werte für die sicherheitsrelevanten Bauten auf Basis der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 wurden durch Skalierung der bestehenden Fragility-Analysen ermittelt.

Das Dokument /3/ beinhaltet neben einer Beschreibung der Methodik für die Fragility-Analysen eine Darlegung der verwendeten Skalierungsmethoden sowie eine Zusammenstellung der aktualisierten Fragility-Werte.

Zur Beantwortung der Forderungen, welche aus der Grobprüfung /55/ der eingereichten Unterlagen resultierten, hat das KKG neuere Fragility-Analysen, die aus dem probabilistischen Erdbebensicherheitsnachweis stammen /120/, für den hier betrachteten Nachweis herangezogen /103/, /104/. Für die



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Berechnung der Erdbebenfestigkeit- bzw. HCLPF-Werte der SSK verwendete das KKG folgende Verfahren:

- *Methoden zur Bestimmung der Fragilities:* Das KKG verwendet folgende Verfahren zur Bestimmung der Fragilities:
  - Separation of Variable (SoV): Beim SoV-Verfahren wird die erdbebenbedingte Versagenswahrscheinlichkeit einer SSK mit Hilfe der entsprechenden Etagenantwortspektren sowie einer Tragfähigkeitsanalyse auf Basis komponentenspezifischer Strukturanalysen bestimmt.
  - GIP-Methodik (Generic Implementation Procedure, GIP): Die GIP-Methodik nutzt zur Bestimmung der erdbebenbedingten Versagenswahrscheinlichkeit einer SSK neben den Etagenantwortspektren Tragfähigkeitsspektren, die aus Rütteltischversuchen oder Erfahrungswerten von Erdbebenereignissen abgeleitet wurden.
- *Anlagenbegehungen:* Strukturierte Anlagenbegehungen nach vorgegebenen Verfahren werden als ein Mittel zur Datenerfassung für die Erstellung der Fragility-Analysen eingesetzt. Das KKG hat in der Vergangenheit mehrere solcher Begehungen mit Fachexperten durchgeführt. Dabei wurden einige Verbesserungspunkte (Findings) bezüglich der Dokumentation der Fragilityberechnung und der Begründungen von Berechnungsannahmen festgestellt. Die systematische Behandlung dieser Findings ist noch nicht abgeschlossen.
- *Fragilitygruppen:* Für die Fragility-Analysen werden SSK-ähnlicher Tragfähigkeit bzw. ähnlichen Typs hinsichtlich Integrität oder Funktionsfähigkeit in Fragilitygruppen zusammengefasst.
- *Skalierung der Fragilities:* Die Fragilities für Komponenten wurden mehrheitlich mit den aktuellen Etagenantwortspektren auf Basis der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 berechnet, weshalb für diese Fragilities eine Skalierung entfällt. Für ältere Fragilities wurden Skalierungsfaktoren ausgewiesen. Diese sind grösser als 1,0. Konservativ wurde auf die Anwendung dieses Faktors verzichtet, d. h. der Skalierungsfaktor wurde auf 1,0 gesetzt.

Das KKG bezieht die Fragilities auf die PGA an der Geländeoberfläche. Der Nachweis der Erdbebenfestigkeit wird anhand der HCLPF-Kapazitäten geführt. Als Nachweiskriterium verwendet das KKG den PGA-Wert des 10'000-jährlichen Erdbebens gemäss Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015, der 0,411 g beträgt. Die Erdbebenfestigkeit einer Komponente ist somit nachgewiesen, wenn der HCLPF-Wert einer Komponente folgende Bedingung erfüllt:

$$HCLPF \geq 0,411 g$$

#### *Ermittlung der radiologischen Konsequenzen des Erdbebens*

Unter der Voraussetzung des erfolgreichen Nachweises des Funktionserhalts der benötigten Einrichtungen des Abfahrpfad 2 greift das KKG bezüglich des technischen Ereignisablaufs und der radiologischen Konsequenzen auf die bereits in Übereinstimmung mit der Richtlinie ENSI-G14 durchgeführten Störfallanalysen zurück /33/, /32/, /31/ (Aktivitätsfreisetzung aus der Reaktoranlage). Im Falle eines Integritätsverlustes im Bereich der radiologisch relevanten Nebenanlagen beim Erdbeben NESK3 sind die radiologischen Auswirkungen in Übereinstimmung mit der Richtlinie ENSI-G14 zu bestimmen und entsprechend den gesetzlichen Vorgaben zu bewerten (Ereignis der Störfallkategorie 3).





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

### Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat das Konzept /41/ des KKG mit Stellungnahme vom 26. Juni 2017 /42/ grundsätzlich genehmigt. Die in der Stellungnahme /42/ gestellten Forderungen betreffend die probabilistischen und deterministischen Erdbebennachweise gemäss Forderungen 2.C und 2.D aus der Verfügung /26/ beziehen sich auf die Vorgaben aus der Aktennotiz ENSI-AN-8567 /36/, deren Anwendung für die Aktualisierung der Fukushima-Nachweise (Forderung 2.B aus Verfügung /26/) gemäss Kapitel 3.1 dieser Stellungnahme nicht verlangt ist. Das ENSI stellt somit fest, dass im Rahmen der Aktualisierung der Fukushima-Nachweise keine Forderungen aus der Stellungnahme zum Konzept /42/ umzusetzen waren. Die Beschränkung auf das Notstandssystem (Abfahrpfad 2) und die Aktualisierung der Erdbebenfestigkeit- bzw. HCLPF-Werte der Bauwerke mittels Skalierung betrachtet das ENSI im Zusammenhang mit der Aktualisierung der Fukushima-Nachweise (Forderung 2.B aus Verfügung /26/) grundsätzlich als zielführend.

#### *Identifikation der zur einzelfehlersicheren Beherrschung des Erdbebens erforderlichen SSK*

Das KKG berücksichtigt im vorgelegten Erdbebennachweis die in der Verfügung vom 1. April 2011 /27/ festgelegten und für diese Stellungnahme geltenden systemtechnischen Randbedingungen. Aus Sicht des ENSI ist die Beschränkung auf den Abfahrpfad 2 grundsätzlich für die geforderte Nachweisführung ausreichend. Der Abfahrpfad 2 stellt im KKG aufgrund der Anordnung der zugehörigen Systeme in besonders geschützten Gebäudeteilen und der Kühlwasserversorgung über ein Brunnenwassersystem die robusteste Kühlkette zur Nachwärmeabfuhr dar. Hinsichtlich des unabhängigen Einzelfehlers stellt das ENSI fest, dass dieser entsprechend der Richtlinie ENSI-A01 /34/ dort unterstellt wird, wo er die Verfügbarkeit der zur Störfallbeherrschung notwendigen Systeme am meisten einschränkt.

Insgesamt gesehen entspricht die Vorgehensweise des KKG zur Identifikation der zur Beherrschung des Erdbebens erforderlichen SSK den Vorgaben des ENSI.

#### *Ermittlung der Erdbebenfestigkeiten der erforderlichen SSK und Nachweis der Erdbebensicherheit*

Die vom KKG verwendeten Methoden und Verfahren für die Bestimmung der Fragilities entsprechen dem Stand der Technik mit Ausnahme der Skalierung der Erdbebenfestigkeit- bzw. HCLPF-Werte für die Bauwerke (siehe Kap. 4.3.1). Die Erdbebengefährdungsannahmen der Fragility-Analysen berücksichtigen die Vorgaben des ENSI. Es wurden systematische Anlagenbegehungen durchgeführt. Aufgrund einer stichprobenartigen Überprüfung der Umsetzung der verwendeten Methoden ergeben sich folgende Verbesserungspunkte:

- *Berücksichtigung der relevanten Versagensmodi:* In den Fragility-Analysen für Komponenten ist nicht systematisch dokumentiert, wie abgeklärt wurde, ob mehrere Versagensmodi relevant sind und wie die Wahl des massgebenden Versagensmodus begründet ist.
- *Anwendung der GIP-Methodik:* In einigen auf der GIP-Methodik basierenden Fragility-Analysen ist nicht ersichtlich, ob die Festigkeit der Verankerung sowie mögliche (z. B. räumliche) Interaktionen mit anderen Anlageteilen berücksichtigt sind.
- *Behandlung der Ergebnisse aus den Anlagenbegehungen:* Es fehlt eine systematische Erfassung der identifizierten Verbesserungspunkte, eine Darlegung zum Stand der Abklärungen sowie eine Bewertung, ob die Umsetzung der Verbesserungspunkte Änderungen bei den entsprechenden Fragility-Analysen bewirkt.





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- *Fragilitygruppen*: Es ist aus der KKG-Dokumentation für die einzelnen Fragilitygruppen nicht ersichtlich, wie die Kriterien für die Bildung der Fragilitygruppen berücksichtigt und ob mögliche unterschiedliche Belastungen einzelner Komponenten einer Gruppe analysiert wurden. Insbesondere ist bei der Fragilitygruppe 1201 fraglich, ob die Gruppierungskriterien erfüllt sind, da die ausgewiesenen Tragfähigkeiten sehr unterschiedlich sind.

Das ENSI hat die Behandlung der drei ersten Verbesserungspunkte bereits gefordert /55/ und wird die Umsetzung im Rahmen der Beurteilung des Erdbebensicherheitsnachweises gemäss Verfügung vom 26. Mai 2016 Ziffer 2.D erneut prüfen. Zur Verbesserung der Bildung der Fragilitygruppen erhebt das ENSI die folgende Forderung:

#### Forderung 1

*Die Kriterien für die Bildung der Fragilitygruppen sind bis zum 30. April 2021 zu begründen. Für jede Fragilitygruppe ist die Erfüllung der Kriterien für die Gruppierung (tabellarisch) darzulegen und wo notwendig, die Gruppierung zu verfeinern.*

Aus der Umsetzung der Verbesserungspunkte sind nach Wertung des ENSI keine grundlegenden Änderungen zu erwarten. Das vom KKG verwendete HCLPF-Kriterium ist als Nachweis für die Beurteilung der Erdbebenfestigkeit geeignet.

#### *Ermittlung der radiologischen Konsequenzen des Erdbebens*

Zur Bewertung der radiologischen Störfallfolgen nach einem erfolgreichen Nachweis des Funktionserhalts der benötigten Einrichtungen des Abfahrpfad 2 (vgl. Kapitel 4.1) ergeben sich bezüglich des technischen Ereignisablaufs und der radiologischen Konsequenzen keine Einwände gegen einen Rückgriff auf die bereits durchgeführten Störfallanalysen /33/, /32/ und /31/ aus dem Jahr 2012 bezüglich einer Aktivitätsfreisetzung aus der Reaktoranlage. Diese Unterlagen hatte das ENSI bereits mit ENSI 17/1370 /46/ seinerzeit bewertet.

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

Die Bewertung der seismischen Tragfähigkeit der sicherheitsrelevanten SSK zeigt für die aktuellen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 eine ausreichende seismische Robustheit und bestätigt, dass die SSK des Abfahrpfad 2 /28/ mit den Notstandssystemen auch unter Einbezug erdbebeninduzierter Hochwasser verfügbar bleiben /2/. Daher bleiben die im Rahmen der Verfügung /27/ mit dem deterministischen Erdbebennachweis /33/ durchgeführten technischen und radiologischen Analysen für das Abfahren der Anlage allein mit den Notstandssystemen nach einem 10'000-jährlichen Erdbeben /29/, /30/ weiterhin gültig /4/.



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Der vom KKG durchgeführte deterministische Nachweis erfolgt mit dem redundanten Notstandssystem (Abfahrpfad 2). Dabei werden zwei unterschiedliche Fahrweisen analysiert, mit denen der Reaktor in die stabilen Zustände «unterkritisch heiss» (Szenario 1 /29/) und «unterkritisch kalt» (Szenario 2 /30/) abgefahren werden kann. Als Anfangsbedingungen für die mit dem gekoppelten Programmsystem S-RELAP5/NLOOP durchgeführten Analysen wurde eine Reaktorleistung von 100 % und der Kernzustand End of Cycle (EOC) angenommen. Weiterhin wird der Ausfall eines der beiden Notstandsnotstromdiesels als Einzelfehler unterstellt, sodass nur ein Dampferzeuger mit einer Notstandsspeisewasserpumpe zur Wärmeabfuhr zur Verfügung steht.

Im ersten Szenario tritt zeitgleich mit dem Erdbeben der Notstromfall ein, der zum Ausfall der Hauptkühlmittel- und Speisewasserpumpen führt. Daraufhin erfolgt mit einer Sekunde Verzögerung der Turbinenschnellschluss und die Reaktorschnellabschaltung durch das Signal «Hauptkühlmittelpumpendrehzahl tief». Die Wärmeabfuhr erfolgt anfangs über die Dampferzeuger-Sicherheitsventile. Auf der Primärseite stellt sich ein Naturumlauf ein. Durch das vollständige Ausdampfen von zwei Dampferzeugern verringert sich die Nachwärmeabfuhr, was ein Ansteigen des Primärkreisdrucks zur Folge hat. Nach ca. 45 min kommt es zum mehrmaligen, kurzzeitigen Ansprechen der Druckhalter-Sicherheitsventile bis die Nachzerfallswärme schliesslich vollständig über den bespeisten Dampferzeuger abgeführt werden kann und sich die Anlage im Zustand «unterkritisch heiss» stabilisiert. Die langfristige Wärmeabfuhr ist durch die Bespeisung eines Dampferzeugers mittels einer Notstandsspeisewasserpumpe sichergestellt.

Das Szenario 2 untersucht das Abfahren der Anlage mit Naturumlauf im Primärkreis zur Überführung bis in den Zustand «unterkritisch kalt». Der Ablauf ist zu Beginn identisch mit Szenario 1. Die Nachzerfallswärmeabfuhr erfolgt zunächst über die Frischdampfsicherheitsventile, jedoch werden 30 Minuten nach dem Störfalleintritt erste Handmassnahmen kreditiert. Diese umfassen das Starten einer Zusatzborierpumpe, die Frischdampfsolation und das Öffnen der FD-Abblaseregelventile. Nach 1 h kommt es zum einmaligen Ansprechen des ersten Druckhaltersicherheitsventils und nach ca. 1,2 h hat sich im Loop des bespeisten Dampferzeugers ein ausreichender Naturumlauf ausgebildet, sodass die erzeugte Nachzerfallswärme vollständig abgeführt werden kann. Mithilfe der Zusatzborierpumpe wird die Volumenkontraktion kompensiert und der Primärkreis aufboriert. Um den Primärdruck langfristig absenken zu können, wird die Pumpe schliesslich im Zuge einer Operateurhandlung abgeschaltet. Auf diese Weise unterschreitet der Primärkreisdruck nach ca. 27 h den Wert von 35 bar. Die Primärkreistemperatur liegt zu diesem Zeitpunkt bei ca. 150 °C, sodass die Nachzerfallswärmeabfuhr fortan über die verkürzte Nachkühlkette erfolgen kann.

Die erforderlichen Komponenten, die für das Abfahren der Anlage im Erdbebenfall verwendet werden, sind gemäss /28/ dem Abfahrpfad 2 zuzuordnen. In der Komponentenliste NESK 3 wurden alle diesbezüglichen Strukturen, Komponenten und Systeme berücksichtigt.

Im Einzelnen gehören zum Abfahrpfad 2 folgende Systemfunktionen:

- Notstandsnotstromversorgung;
- RESA/TUSA;
- Frischdampf- und Speisewasserabschluss;
- Naturumlauf Primärkreis und Abblasen über Frischdampfsicherheitsventile im Sekundärkreis;
- Absperrung der Dampferzeugerabschlammung;
- Dampferzeugerbespeisung mit dem Notstandsnotspeisesystem inklusive Hilfskühlung;





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- Absperrung der TA-Entnahme;
- Ergänzung der Notstand-Notspeisevorräte mit dem Notstandbrunnenwasser;
- Abfahren über die Frischdampfabblasserregelventile;
- Einspeisung mit dem Zusatzboriersystem TA81/82;
- Nachkühlung über die verkürzte Nachkühlkette.

#### Beurteilung durch das ENSI

Nach Wertung des ENSI kann die Anlage KKG auch unter den neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 einzelfehlersicher in einen sicheren Zustand überführt und dort über 72 h ohne externe Notfallmassnahmen gehalten werden. Die in den Störfallanalysen /29/ und /30/ getroffenen Anfangs- und Randbedingungen entsprechen den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A01 /34/ und sind hinsichtlich der Nachweisziele konservativ. Handmassnahmen werden korrekterweise erst nach 30 Minuten entsprechend den Vorgaben der Störfallvorschriften kreditiert. Zudem zeigen die Störfallanalysen auf, dass die Anlage mit einem Strang des Notstandssystems in die beiden sicheren Zustände «unterkritisch heiss» und «unterkritisch kalt» überführt werden kann und die technischen Kriterien für die Störfallkategorie 3 eingehalten werden. Die in den Analysen ausgewiesenen abgeblasenen Dampfmengen sind aus Sicht des ENSI realistisch.

Durch eine Zusatzanalyse /49/ zum wirksamsten Einzelfehler hat das KKG zudem den Nachweis erbracht, dass es bei Verfügbarkeit beider Notstandsredundanzen, selbst unter der Annahme einer sehr konservativen Nachzerfallsleistung, nicht zu einem Ansprechen des ersten Druckhaltersicherheitsventils kommt. Somit kann ein fehlerhaftes Offenbleiben des Druckhaltersicherheitsventils als Einzelfehler ausgeschlossen werden.

Das ENSI hat die Komponentenliste /28/ geprüft und kommt zu dem Ergebnis, dass die Komponentenliste NESK3 sorgfältig und methodisch korrekt für die Nachweisführung im Rahmen der Forderung 2.B der Verfügung /26/ zusammengestellt wurde. Die oben genannten Systemfunktionen finden sich in der Komponentenliste wieder.

## **4.2 Erdbebengefährdung für die Bauwerke und Ausrüstungen**

Die Grundlage für die Beurteilung der Erdbebenfestigkeiten der Bauwerke und Ausrüstungen bilden die Resultate der Boden-Bauwerk-Wechselwirkungsanalyse infolge Erdbebeneinwirkung und insbesondere die dazugehörigen aktualisierten, mit den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 konsistenten, deterministischen und probabilistischen Etagenantwortspektren.

#### Angaben des Betreibers

Das KKG hat entsprechend der Forderung 2.B der Verfügung /26/ für alle BK-I-Bauwerke die deterministischen Etagenantwortspektren für das NESK3-Erdbeben auf Basis der dynamischen Analysen von 3D-Gebäudemodellen unter Berücksichtigung der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung erstellt. Diese Gebäude umfassen das Reaktorgebäude (/6/ und /8/), das Hilfsanlagegebäude (/12/ und /13/), das Schaltanlagegebäude /14/, die Notstromdieselgebäude /15/, die Einlaufbauwerke (/16/ und /18/), das Nebenkühlwasserpumpenhaus /17/, das Nasslagergebäude (/7/ und /9/), das Notspeisegebäude /19/, das Notstandsgebäude /21/ sowie die Verbindungskanäle /20/.



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Für die meisten Gebäude sind die neuen horizontalen Etagenantwortspektren deutlich tiefer als die bisherigen im KKG verwendeten PEGASOS-basierten Etagenantwortspektren. Die neuen vertikalen Spektren sind hingegen zum Teil in einigen Frequenzbereichen etwas höher. Angesichts deren geringem Beitrag zur Erdbebenbelastung der SSK wird daraus praktisch keine Wirkung auf die Erdbebensicherheit erwartet.

Für die Aktualisierung der Fukushima Nachweise verwendet das KKG die probabilistischen Etagenantwortspektren für das Reaktorgebäude /59/ und für das Notstandsgebäude /58/ bzw. /123/.

#### Beurteilung durch das ENSI

Aufgrund der durchgeführten Überprüfungen hat das ENSI mit der Stellungnahme vom 31. Januar 2020 /50/ die für die sicherheitsrelevanten Gebäude eingereichten deterministischen Etagenantwortspektren (/6/ bis /9/, /11/ bis /21/, /64/, /65/) mit einer Ausnahme grundsätzlich bestätigt. Beim Notstandsgebäude hat das ENSI in /50/ vom KKG zusätzliche Abklärungen im Zusammenhang mit der Modellierung der Fugen zwischen Aussen- und Innenstruktur gefordert. Mit Brief vom 1. April 2020 /51/ hat das KKG dem ENSI termingerecht die aktualisierte Dokumentation der verwendeten Gebäudemodelle /52/ und den aktualisierten Bericht zur Berechnung der Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude /53/ eingereicht.

Das ENSI hat mit Brief vom 13. Juli 2020 /54/ die revidierten deterministischen Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude akzeptiert. Dabei hat das ENSI klargestellt, dass die Spektren für die Innenstruktur nur bis zu der Erdbebeneinwirkung gelten, für die ein Tragsicherheitsnachweis der Struktur mit elastisch ermittelten Schnittgrössen geführt werden kann.

Die vom KKG ursprünglich eingereichten probabilistischen Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude /58/ betrachtete das ENSI aufgrund einer Grobprüfung als nicht belastbar, da bei der Berechnung die Fugen zwischen Aussen- und Innenstruktur nicht berücksichtigt wurden. Ausserdem gilt der Vorbehalt zur Gültigkeit der Spektren in der Stellungnahme /54/ zu den deterministischen Etagenantwortspektren sinngemäss auch für die probabilistischen Etagenantwortspektren.

Mit dem Bericht /123/ hat das KKG überarbeitete probabilistische Etagenantwortspektren, welche die Fugen zwischen Aussen- und Innenstruktur berücksichtigen, nachgereicht. Das ENSI beurteilt die nachgereichten probabilistischen Etagenantwortspektren aufgrund des Vergleiches mit den vom ENSI akzeptierten deterministischen Etagenspektren grundsätzlich als plausibel und als verwendbar für die Fragilityanalyse.

Es hat jedoch bei seiner Prüfung Unstimmigkeiten in der Modellierung und in der Annahme der Baustoffkennwerte festgestellt. Die Berechnungen der probabilistischen Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude sind deshalb auf die verbesserte Modellierung (siehe Bericht /52/) abzustützen und zu revidieren (siehe Forderung 2). Weil die Erdbebenfestigkeiten von SSK teilweise auf den oben genannten Etagenantwortspektren basieren, sind die im Hauptbericht /3/ dokumentierten Erdbebenfestigkeiten für das Notstandsgebäude und der darin vorhandenen Systeme und Komponenten ebenfalls zu revidieren (siehe Kapitel 4.3).

Die zusätzlich nach der Grobprüfung angeforderten Unterlagen zur Berechnung der probabilistischen Etagenantwortspektren für das Reaktorgebäude /59/ erachtet das ENSI als plausibel. Das ENSI kommt zu dieser Aussage ebenfalls durch den Vergleich der 84 %-Fraktile der probabilistischen Etagenantwortspektren mit den vom ENSI akzeptierten deterministischen Etagenantwortspektren.

Die probabilistischen Spektren werden vom ENSI im Rahmen der Erfüllung der Forderung 2.D aus der Verfügung /26/ erneut detaillierter geprüft und bewertet.





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

**keine**  
17KEX SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

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

### **4.3.1 Bauwerke**

#### Angaben des Betreibers

Die Erdbebenfestigkeit- bzw. HCLPF-Werte für die sicherheitsrelevanten Bauten auf Basis der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 wurden vom KKG durch Skalierung der Resultate der bestehenden Fragility-Analysen ermittelt. Dabei wurden für die Skalierung verschiedene Ansätze verwendet (siehe Kap. 4.2 in /3/).

Die Erdbebenfestigkeiten für das Hilfsanlagengebäude, das Maschinenhaus, die Notstromdieselgebäude, die Pumpenhäuser und den Abluftkamin wurden ursprünglich gemäss /117/ für die dort spezifizierte Erdbebengefährdung D1 ermittelt.

Die Erdbebenfestigkeit für das Reaktorgebäude wurde zu 1,33 g bzw. zu 1,45 g für den Ringraum des Reaktorgebäudes ermittelt (Kap. 5.1, Tabelle 5 in /3/). Für das Notstandsgebäude gibt das KKG den Wert 2,43 g an. Die Erdbebenfestigkeiten der anderen in der Tabelle 5 des Berichts /3/ aufgelisteten und für diesen Nachweis relevanten Bauten liegen über dem Wert von 0,66 g für das Notspeisegebäude.

#### Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI bewertet in dieser Stellungnahme insbesondere die Bauwerke, die für den Abfahrpfad 2 von Bedeutung sind, bei radiologischen Nachweisen eine relevante Rolle spielen oder die sicherheitsrelevanten Gebäude bei Versagen gefährden könnten. Die Systeme des Abfahrpfades 2 sind im Reaktorgebäude und im Notstandsgebäude angeordnet.

Das ENSI stellt fest, dass sich die Erdbebenfestigkeiten für das Reaktorgebäude im Vergleich mit den Fukushima-Nachweisen aus 2011 nicht grundsätzlich verändert haben (neu 1,33 g anstatt 1,15 g für das Reaktorgebäude und 1,45 g anstatt 1,25 g für den Ringraum des Reaktorgebäudes). Trotz Vorbehalten des ENSI zu der vom KKG verwendeten Skalierungsmethode kann das ENSI aufgrund eigener Plausibilitätsüberlegungen bestätigen, dass die Erdbebenfestigkeiten für das Reaktorgebäude und den Ringraum wie gefordert immer noch deutlich über dem Wert der Erdbebeneinwirkung von 0,411 g (siehe Kap. 2.1 dieser Stellungnahme) liegen.

Was das Notstandsgebäude betrifft, kann der in Kapitel 5.1 des Berichts /3/ angegebene Wert aus der Sicht des ENSI nur für die massive Aussenstruktur als plausibel betrachtet werden. Die von der Aussenstruktur entkoppelte Innenstruktur weist nach den vom ENSI durchgeführten unabhängigen Berechnungen eine geringere Erdbebenfestigkeit auf. Diese Erdbebenfestigkeit liegt aber nach der vom ENSI durchgeführten Grobprüfung der vom KKG inzwischen eingereichten Standfestigkeitsberechnung /124/ über dem Wert von 0,411 g.

Das ENSI betrachtet die Schlussfolgerung des KKG, dass die Erdbebenfestigkeit des Notstandsgebäudes über dem geforderten Referenzwert von 0,411 g liegt, trotz der bei der Berechnung der Etagenantwortspektren identifizierten Unstimmigkeiten (siehe Kapitel 4.2), grundsätzlich als plausibel. Weil die Berechnung der Erdbebenfestigkeiten auf den Etagenantwortspektren basiert, ergibt sich folgende Forderung:



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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

### Forderung 2

*Die Berechnungen der probabilistischen Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude und der Erdbebenfestigkeiten für das Notstandsgebäude (Innen- und Aussenstruktur) und die betroffenen Komponenten sind bis zum 30. April 2021 zu überarbeiten. Die Resultate sind zu bewerten und die Berichte /3/, /103/, /104/ und /123/ sind entsprechend zu revidieren.*

Für die anderen in Kap. 5.1 in Tabelle 5 des Berichts /3/ aufgelisteten relevanten Bauwerke kann das ENSI weiterhin bestätigen, dass die Erdbebenfestigkeiten über dem geforderten Wert von 0,411 g liegen. Dies gilt insbesondere auch für den Abluftkamin, der die sicherheitsrelevanten Gebäude bei einem Einsturz gefährden könnte.

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

#### Angaben des Betreibers

Das KKG hat mit dem Dokument /3/ die Aufstellung der aus Fragility-Analysen abgeleiteten Erdbebenfestigkeiten auf Basis der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 eingereicht. Zur Beantwortung der Forderungen, welche aus der Grobprüfung /55/ der eingereichten Unterlagen resultierten, hat das KKG neuere Fragility-Analysen, die aus dem probabilistischen Erdbebensicherheitsnachweis stammen /120/, für den hier betrachteten Nachweis herangezogen /103/, /104/.

Die HCLPF-Kapazität aller mechanischen und elektrischen Komponenten, die für den Abfahrpfad 2 relevant sind, ist grösser als der geforderte Wert von 0,411 g. Die einzige Ausnahme stellt die Fragilitygruppe 1072 (Löschwasserleitung in der kontrollierten Zone) dar, für die ein HCLPF von 0,09 g ausgewiesen wird.

Bezüglich der Bestimmung der Erdbebenfestigkeit der radiologisch relevanten nuklearen Hilfsanlagen /37/, deren Versagen zu einer relevanten Aktivitätsfreisetzung führen kann, schlussfolgert das KKG auf Basis der neu durchgeführten Berechnungen, dass deren Integrität auch bei einem NESK3-Erdbeben erhalten bleibt /4/. Die baulichen Rückhaltebarrieren bleiben ebenfalls mit grosser Sicherheitsmarge erhalten /3/. Daher verursacht ein NESK3-Erdbeben keine Aktivitätsfreisetzung aus den radioaktiv relevanten nuklearen Hilfsanlagen.

#### Beurteilung durch das ENSI

Die im November 2020 neu eingereichten Dokumentationen /103/, /104/ verbessern die Nachvollziehbarkeit der für den Nachweis verwendeten Fragility-Analysen. Die potenziellen Konsequenzen eines Versagens der Löschwasserleitungen, für welche die Bedingung  $HCLPF \geq 0,411$  g nicht erfüllt ist, wurden im Rahmen einer vom ENSI durchgeführten Inspektion /109/ abgeklärt. Die Rohrleitungen befinden sich in Treppenhäusern in der kontrollierten Zone. Die Konsequenzen eines Bruches der Löschwasserleitungen wurden als nicht relevant eingeschätzt, da sich nur eine für den Abfahrpfad 2 relevante Komponente (Rückschlagventil) in der Nähe von Löschwasserleitungen befindet, das Ventil genügend weit vom Boden entfernt und nicht durch eine Überschwemmung gefährdet ist. Ferner hat das ENSI anlässlich dieser Inspektion die Annahmen der Erdbebennachweise einzelner Ausrüstungen stichprobenartig überprüft. Dabei wurden insbesondere die Angaben der ursprünglichen Auslegungs-, Berechnungs- und Prüfdokumente mit den Ergebnissen der Fragility-Analyse verglichen. Es zeigte sich, dass die seismische Auslegung und deren Überprüfung nachvollziehbar dokumentiert sind.





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Die durchgeführten Qualifikationstests zu den elektrischen Komponenten zeigen, dass die Anforderungen mit Marge abgedeckt sind und die Testergebnisse nicht im Widerspruch zu den Ergebnissen der probabilistischen Bewertung stehen.

Für einige Komponenten wurden detailliertere Bewertungen auf Basis von neu durchgeführten FE-Analysen aktualisiert. Es handelt sich dabei um Spannungsanalysen für die Integritätsbewertung der Komponenten. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 7 und 8 in /3/ gelistet. Das ENSI hat die Berechnungsannahmen dieser Nachweise stichprobenartig geprüft und ist zu dem Schluss gekommen, dass die Berechnung fachgerecht vorgenommen wurden und die Ergebnisse unter der Voraussetzung einer ausreichenden Verankerung plausibel sind.

Der Anfang November 2020 nachgereichte Bericht /103/ mit revidierten Erdbebenfestigkeiten von Komponenten im Notstandsgebäude wurde stichprobenartig geprüft. Die Nachrechnungen der Erdbebenfestigkeiten ausgewählter Komponenten ergaben für den hier behandelten Nachweis keine relevanten Unstimmigkeiten. Wie in Kapitel 3.3 und in Kapitel 4.3.1 dargelegt, sind die Berechnungen der Erdbebenfestigkeiten zu verfeinern und für das Notstandsgebäude und die betroffenen Komponenten zu überarbeiten. Eine detaillierte Überprüfung der Fragilities erfolgt im Rahmen der Verfahrensstufe 2.D gemäss Verfügung vom 26. Mai 2016 /26/.

Relevante Beiträge zur Aktivitätsfreisetzung aus radiologisch relevanten nuklearen Hilfsanlagen sind aufgrund der Fragility-Analysen und Angaben in /4/ nicht zu erwarten. Eine detaillierte abschliessende Überprüfung der aktivitätsführenden SSK durch das ENSI wird im Rahmen der Verfahrensstufe 2.D aus der Verfügung /26/ erfolgen.

Aufgrund der durchgeführten Überprüfungen kann das ENSI die vom KKG dargestellte Verfügbarkeit der für den Abfahrpfad 2 relevanten Komponenten grundsätzlich bestätigen.

## 4.4 Radiologische Auswirkungen

### Angaben des Betreibers

In den radiologischen Betrachtungen im Abschlussbericht /33/ wurde die maximal zu erwartende Dosis bestimmt, die bei Eintritt des "10'000-jährigen" Erdbebens, ggf. mit Versagen von Stauanlagen und einer Ereignisbeherrschung mit den Notstandssystemen zu erwarten ist.

Die im Rahmen der Verfügung /27/ durchgeführten technischen und radiologischen Analysen für das Abfahren der Anlage allein mit den Notstandssystemen bleiben weiterhin gültig.

Die Dosisermittlung ergab dafür eine maximal zu erwartende Dosis für Kleinkinder von 0,289 mSv. Diese wird bei betrieblichen Leckagen in einem unbespeisten Dampferzeuger (DE) in Kombination mit einer unterkritisch heiss stehenden Anlage erreicht. Handmassnahmen reduzieren die Dosis. Ein Abfahren entsprechend dem Betriebshandbuch (BHB) begrenzt die Aktivitätsabgabe auf ca. 27,4 h und reduziert die Kleinkinddosis auf 0,165 mSv. Bei einer radiologisch optimierten Fahrweise aufgrund der Kenntnis über das Leck im ausdampfenden DE reduziert sich die Aktivitätsabgabe weiter auf ca. 1 h und die Kleinkinddosis auf einen Wert von 0,0025 mSv. Bei einem Leck im bespeisten DE ist mit einer Dosis von 0,0067 bis 0,0722 mSv zu rechnen. Zwischenzeitlich sind im BHB vorgelagerte Grenzwerte ergänzt worden, so dass ab einer DE-Leckrate > 250 kg/Tag kalt abgefahren werden muss. Die maximal zulässige Höhe der sekundärseitigen Aktivitätswerte ist damit heute tiefer, wodurch sich auch die Dosiswerte der betrachteten Störfallabläufe weiter reduzieren.



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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Im Ergebnis bleiben alle Dosiswerte unterhalb des einzuhaltenden Dosishöchstwerts von 100 mSv für die Störfallkategorie 3. Insbesondere wird auch der für die Störfallkategorie 2 geforderte Dosishöchstwert von 1 mSv eingehalten, vgl. Strahlenschutzverordnung /111/ und die Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen /114/. Es besteht somit eine grosse Sicherheitsmarge bezüglich radiologischer Auswirkungen.

Die Unterlage /4/ enthält die ergänzend zu den früheren radiologischen Analysen durchgeführte Berechnung der Erdbeben tragfähigkeit der radiologisch relevanten nuklearen Hilfsanlagen. Die Berechnung hat gezeigt, dass die Integrität dieser Anlagen bei einem NESK3-Erdbeben erhalten bleibt. Daher ist eine Berechnung der radiologischen Störfallfolgen nicht erforderlich.

#### Beurteilung durch das ENSI

Zur Bewertung der radiologischen Störfallfolgen nach dem erfolgreichen Nachweis des Funktionserhalts der benötigten SSK des Abfahrpfads 2 (vgl. Kapitel 4.1, 4.3) auf der Basis der vom KKG angenommenen Auswirkungen des 10'000-jährlichen Erdbebens in /4/ ergeben sich bezüglich des technischen Ereignisablaufs und der radiologischen Konsequenzen daher keine Einwände gegen einen Rückgriff auf die bereits durchgeführten Störfallanalysen /33/, /32/ und /31/ aus dem Jahr 2012 bezüglich einer Aktivitätsfreisetzung aus der Reaktoranlage. Diese Unterlagen hatte das ENSI bereits mit ENSI 17/1370 /46/ seinerzeit bewertet.

Im Unterschied zur damaligen Bewertung ist anzumerken, dass das KKG die Forderung aus Kapitel 4.4 der Stellungnahme des ENSI 17/1370 /46/ erfüllt hat und gemäss Technischer Spezifikation die Leckagemenge von der Primär- auf die Sekundärseite der Dampferzeuger derart begrenzt ist, dass sie nur zu einem stationären Endwert der sekundärseitigen Aktivitätslimite von maximal 1000 Bq/kg (Gammaaktivität) führen darf. Zudem (und zeitlich bereits etwas früher) wurde die Anforderung eingeführt, dass ab einer DE-Leckrate > 250 kg/Tag kalt abgefahren werden muss, wenn gleichzeitig die Primärkühlmittelaktivitätskonzentration > 1E+05 Bq/kg ist. Da mit letztgenannter Anforderung die Rate für die Aktivitätszufuhr aber in etwa gleich hoch bleibt, wie sie vom KKG seinerzeit mit /32/ untersucht worden ist, erwartet das ENSI diesbezüglich keine weitere Reduzierung der Störfalldosiswerte. Die schärfere Anforderung stellt diesbezüglich die mit ENSI 17/1370 /46/ geforderte und vom KKG umgesetzte Begrenzung der sekundärseitigen Aktivitätskonzentration in der DE-Abschlämmung dar.

Aufgrund aktualisierter Dosisfaktoren in der Strahlenschutzverordnung hat das ENSI die Ausbreitungs- und Dosisberechnung des KKG für den Fall mit den höchsten Dosiswerten in der Umgebung (Halten der Anlage im Zustand «unterkritisch heiss» in Kombination mit einem Leck in einem unbespeisten Dampferzeuger) nachgerechnet und einen vergleichbaren Wert ermittelt.

Für die vom KKG ergänzend zu den früheren radiologischen Analysen durchgeführten Berechnung der Erdbeben tragfähigkeit der radiologisch relevanten nuklearen Hilfsanlagen geht das KKG von deren Integritätserhalt aus. Da eine detaillierte abschliessende Bewertung erst im Verfahren der Prüfung der Unterlagen für den Nachweis nach Ziffer 2.D der Verfügung /26/ erfolgen wird (vgl. Kap. 4.3.2), hat das ENSI sich vorab vergewissert, dass selbst bei unterstellter Beschädigung aller im Bericht BER-C-90595 /100/ aufgeführten und darin als radiologisch relevant bezeichneten Nebensysteme/Komponenten die Auswirkungen auf die Umgebung unter 100 mSv bleiben.





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG



## 5 Erdbebennachweis für die Brennelementbeckenkühlung

### 5.1 Erforderliche Bauwerke und Systeme

#### Angaben des KKG

Die ausreichende Kühlbarkeit des Brennelementbeckens (Kompaktlager) wird in den Berichten /48/, /4/ und /33/ analysiert. Es wird wie bei den Szenarien zur Kernkühlung der Ausfall eines Notstandsdiesels als Einzelfehler angenommen. Damit steht nur eine verkürzte Nachkühlkette zur Kühlung des Primärkreises und des Brennelementbeckens zur Verfügung. Da die Anlage aus dem Leistungsbetrieb bevorzugt in den sicheren Zustand «unterkritisch heiss» überführt und dort langfristig gehalten wird, kann die verkürzte Nachkühlkette zur Kühlung des Brennelementbeckens parallel zur Bespeisung eines Dampferzeugers betrieben werden.

Die Kühlung des Reaktors und des Brennelementbeckens kann durch einen intermittierenden Betrieb der verkürzten Nachkühlkette, d. h. abwechselnde Wärmeabfuhr aus dem Primärkreis und aus dem Brennelementbecken, erfolgen. Aufgrund der sehr geringen Nachwärmeleistung des Brennelementbeckens im Leistungsbetrieb besteht innerhalb der ersten 24 Stunden grundsätzlich keine unmittelbare Notwendigkeit der Wärmeabfuhr.

Alternativ besteht die Möglichkeit eines Parallelbetriebs mit gleichzeitiger Nachwärmeabfuhr aus dem Primärkreis und aus dem Brennelementbecken. Hierzu muss die Anlage zunächst sekundärseitig abgefahren werden und anschliessend über die verkürzte Nachkühlkette vollständig druckentlastet werden, bevor mit einem Parallelbetrieb begonnen werden kann, um einen Rückfluss von Kühlmittel aus dem Reaktorkühlkreislauf in das Brennelementbecken zu verhindern. Danach wird die Bypassarmatur zur Brennelementbeckenkühlung geöffnet. Zudem wird die 3-Wege-Armatur in eine Zwischenstellung gebracht, die einen ausreichenden Rückfluss aus dem Primärkreis und dem Brennelementbecken zur Notstandsnachkühlpumpe gewährleistet.

Zum Nachweis dieser Betriebsweise hat das KKG eine analytische Abschätzung der Kühlleistung /48/ durchgeführt, welche darlegt, dass die zur Verfügung stehende Kühlleistung mittels einer Notstandsnachkühlpumpe ausreichend ist, um die Nachwärme aus dem Primärkreis nach einem Tag ( $< 15$  MW) zusammen mit der maximalen Nachwärme aus dem Brennelementbecken von 1,25 MW abzuführen, ohne die maximale Beckentemperatur von 80 °C zu überschreiten. Die Funktion der parallelen Bespeisung des Primärkreises und des Brennelementbeckens wurde während der Inbetriebsetzung des KKG mit einer Nachkühlpumpe nachgewiesen.

Anstelle der Kühlung über die verkürzte Nachkühlkette kann das Brennelementbecken auch mithilfe von vorbereiteten, internen Notfallmassnahmen durch das Einspeisen von Feuerlöschwasser über den zusätzlichen unabhängigen Beckenkühlkreis gekühlt werden.

Für das Ladebecken konnte gezeigt werden, dass es den Lasten eines Erdbebens standhält /4/. Da sich zudem bei Servicearbeiten üblicherweise nicht mehr als zwei Brennelemente im Ladebecken befinden, ist innerhalb der ersten 72 Stunden nach einem Erdbeben aufgrund der geringen Nachzerfallsleistung keine Kühlung notwendig.

Die Strukturen und Komponenten des Nasslagers sind laut KKG ebenfalls gegen die Lasten eines Erdbebens oder/und Hochwassers ausgelegt /4/. Über die Beckenkühler erfolgt eine passive Kühlung der gelagerten Brennelemente. Selbst bei einem hypothetischen Ausfall der passiven Kühlung kann die Kühlung durch vorbereitete Notfallmassnahmen wieder aufgenommen werden.



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Insgesamt kann eine relevante Erhöhung der Radioaktivitätsabgabe aus dem Brennelementbecken, Ladebecken und Nasslager ausgeschlossen werden, da die Beckentemperaturen nicht über 80 °C ansteigen, kein Sieden erfolgt und Brennelementschäden aufgrund zu hoher Temperaturen ausgeschlossen werden können.

### Beurteilung durch das ENSI

Nach Wertung des ENSI ist es auch unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 möglich, die Anlage in den Zustand «unterkritisch kalt» zu überführen und eine langfristige Wärmeabfuhr aus dem Brennelementbecken sicherzustellen. Die langfristige Wärmeabfuhr aus dem Primärkreis und aus dem Brennelementbecken kann dabei grundsätzlich durch einen intermittierenden Betrieb der verfügbaren verkürzten Nachkühlkette erfolgen. Aufgrund des vom KKG im Rahmen der Inbetriebsetzung der Anlage durchgeführten Anlagenversuchs und der abgeschätzten Kühlleistung /48/ ist es für das ENSI zudem nachvollziehbar, dass die langfristige Nachwärmeabfuhr aus dem Primärkreis und dem Brennelementbecken auch durch den Parallelbetrieb der verkürzten Nachkühlkette technisch möglich ist.

Aufgrund der grossen Wasservorlagen des Ladebeckens ist es für das ENSI ferner nachvollziehbar, dass es innerhalb der ersten 72 Stunden nicht zum Sieden kommt und ausreichend Zeit zur Verfügung steht, um vorbereitete anlageninterne Notfallschutzmassnahmen zur langfristigen Kühlung ergreifen zu können. Bezüglich des Nasslagers ist es nachvollziehbar, dass die Wärmeabfuhr durch die passive und erdbebenfeste Beckenkühlung sichergestellt ist und es somit nicht zum Sieden kommt.

## **5.2 Erdbebenfestigkeit der erforderlichen Bauwerke und Systeme**

### **5.2.1 Bauwerke**

#### Angaben des Betreibers

In den Hauptberichten /2/, /3/ und /4/ werden die für die Kühlung der Brennelemente benötigten Bauwerke nicht explizit angesprochen.

#### Beurteilung durch das ENSI

Das KKG verfügt über drei verschiedene Becken für die Lagerung bzw. Handhabung von bestrahlten Brennelementen. Diese sind das BE-Lagerbecken innerhalb des Containments, das Ladebecken innerhalb des Ringraums des Reaktorgebäudes und das Nasslager im separaten Nasslagergebäude.

In den eingereichten Hauptberichten /2/, /3/ und /4/ nimmt das KKG nicht direkt Stellung zur Erdbebenfestigkeit der für die Kühlung der Brennelemente benötigten Brennelementbecken. Es wird lediglich in /4/ auf den Bericht /33/ zum ursprünglichen Fukushima-Nachweis verwiesen.

Trotz der unvollständigen Angaben des KKG kann das ENSI bestätigen, dass die Erdbebenfestigkeiten der obengenannten Bauwerke, die für die Lagerung und Handhabung der Brennelemente notwendig sind, grösser sind als die geforderten 0,411 g. In seiner Beurteilung stützt sich das ENSI auf eigene Berechnungen und Plausibilitätsbetrachtungen, die in der Stellungnahme von 2012 /46/ beschrieben sind.

Das ENSI hat damals die Berechnungen für das BE-Lagerbecken und das Nasslager auf Plausibilität geprüft. Die Vorgehensweise des KKG bei der Ermittlung der Erdbebenbeschleunigungen sowie der





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Schnittgrössen und der erforderlichen Bewehrung beim BE-Lagerbecken wurde vom ENSI als plausibel bewertet. Das KKG hat für das BE-Lagerbecken unter der Einwirkung eines Erdbebens mit PEGASOS-UHS Mean  $10^{-4}/a$  die Tragsicherheit mit einer grossen Marge nachgewiesen. Da die Unterschiede zwischen der PEGASOS- und ENSI-2015-Gefährdung klein sind, besteht aus der Sicht des ENSI kein Zweifel, dass die Erdbebensicherheit auch in letzterem Fall gegeben ist. Eine analoge Aussage kann das ENSI im Zusammenhang mit dem Nasslager machen.

Das ENSI wird die Erdbebenfestigkeit der Bauten, die für die Kühlung der Brennelemente benötigt sind, noch detailliert im Rahmen der Erfüllung der Forderung 2.D (deterministische Nachweise) der Verfügung /26/ prüfen und bewerten.

### **5.2.2 Mechanische und elektrische Ausrüstungen**

Gemäss Angaben des KKG /3/ sind die HCLPF-Kapazitäten aller SSK, die zur Sicherstellung der Kühlung des Brennelementbeckens im Reaktorgebäude benötigt werden, grösser als der geforderte Wert von 0,411 g.

Bei den für die Kühlung des Brennelementbeckens im Reaktorgebäude eingesetzten mechanischen sowie elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen handelt es sich meist um Ausrüstungen, wie sie auch für das Abfahren der Anlage in einen sicheren Zustand verwendet werden. Daher gelten dieselben Feststellungen des ENSI, wie sie in Kapitel 4.3.2 der vorliegenden Stellungnahme festgehalten sind.

Die Kühlung der im Nasslager des KKG vorhandenen abgebrannten Brennelemente erfolgt rein passiv ohne elektrisch angetriebene Komponenten. Die Gewährleistung der Integrität der Brennelemente und des Lagerbeckens wird vom ENSI gemäss den Angaben im obigen Kapitel 5.2.1 bestätigt.

## **5.3 Radiologische Auswirkungen**

### Angaben des Betreibers

Basierend auf den Ergebnissen der Überprüfung (siehe Kap. 5.1) kann eine relevante Erhöhung der Radioaktivitätsabgabe aus dem Brennelementbecken, Ladebecken und Nasslager ausgeschlossen werden, da die Beckentemperaturen nicht über 80 °C ansteigen, kein Sieden erfolgt und Brennelementschäden aufgrund zu hoher Temperaturen ausgeschlossen werden können.

### Stellungnahme durch das ENSI

Eine relevante Erhöhung der Radioaktivitätsabgabe aus BE-Becken oder Ladebecken wird vom KKG ausgeschlossen, weil die Beckentemperaturen nicht über 80 °C ansteigen und BE-Schäden aufgrund zu hoher Temperaturen auszuschliessen sind. Das ENSI geht nach wie vor davon aus, dass es aufgrund des ausbleibenden Siedens (siehe auch Abschnitt 5.1) zu keinen hinsichtlich des Nachweiszieles relevanten Dampfzuströmungen und damit verbundenem Transport durch Tröpfchenmitriss von Beckenwasser aus dem BE-Becken, dem Ladebecken und dem Nasslager kommt. Die Einhaltung des Dosishöchstwerts von 100 mSv ist dadurch nicht gefährdet.



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

## 6 Nachweis Kombination von Erdbeben und Hochwasser

### Angaben des Betreibers

Für die Betrachtung der Kombination von Erdbeben und Hochwasser hat das KKG den bei einem sequentiellen Bruch der Wehre zwischen Bielersee und KKG resultierenden Wasserstand ermittelt. Verklausung wurde gemäss der «(n-1)-Regel» betrachtet. Dabei zeigte sich, dass eine kurzzeitige, geringe Überflutung des Anlagenareals nicht ausgeschlossen werden kann, jedoch die Sicherheitskote des Notstandsgebäudes nicht überschritten wird.

Die Simulation von Staffelbrüchen mit der Annahme der instantanen, vollständigen Brüche der Wehre zwischen Bielersee und KKG (Wehre Port bis Winznau) ergibt einen maximalen Wasserspiegel am Notstandsgebäude von ca. 382,1 m ü. M (entspricht einer Wassertiefe von ca. 20 cm zum Anlagenareal). Die vom KKG ausgewiesene Sicherheitskote des Notstandsgebäudes beträgt 384,4 m ü. M, wobei dann noch eine Marge für zusätzliche, bisher nicht quantifizierte Verklausungseffekte von einem Meter besteht.

Mit den beiden Analysen /29/ und /30/ hat das KKG die Beherrschung eines Erdbebens in Kombination mit einem Hochwasser mittels der Notstandssysteme (Abfahrfad 2) und unter Berücksichtigung eines Einzelfehlers in einer Notstandsredundanz aufgezeigt (Details s. Kapitel 4.1).

### Beurteilung durch das ENSI

Die Gefährdungsannahmen seismisch induzierter Hochwasser für diesen Nachweis wurden gemäss den zu Grunde zu legenden Vorgaben (/26/ und /27/) bestimmt. Das Ergebnis einer Überflutung, welche die massgebliche Überflutungskote des Notstandsgebäudes nicht überschreitet, erachtet das ENSI als plausibel. Im Rahmen der Erfüllung der Verfügung vom 26. Mai 2016 Ziffer 2.D /26/ erwartet das ENSI die Behandlung sämtlicher Punkte gemäss /36/ Kapitel 2.2.2 und 4.2.2 zur Beurteilung der seismisch induzierten Hochwasser.

Nach Wertung des ENSI kann die Anlage KKG mit den Notstandssystemen auch unter den neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 einzelfehlersicher in einen sicheren Zustand überführt und dort über 72 h ohne externe Notfallmassnahmen gehalten werden (Details s. Kapitel 4.1). Für das ENSI ist es nachvollziehbar, dass die sich aus einem erdbebenbedingten Hochwasser ergebende Wasserspiegellage durch das Notstandssystem beherrscht wird.

Die Überlagerung des Erdbebens mit einer gleichzeitigen seismisch induzierten Flutwelle führt hinsichtlich der Beherrschbarkeit mit dem Abfahrfad 2 nicht zu einem gegenüber dem Störfallszenarium «Erdbeben» veränderten Schadensbild; dessen radiologische Folgen sind durch die in Kapitel 4.4 und 5.3 bewerteten radiologischen Aussagen abgedeckt.

## 7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

### 7.1 Zusammenfassung

#### Veranlassung und Gegenstand

Mit Verfügung vom 26. Mai 2016 /26/ legte das ENSI unter der Dispositivziffer 1 fest, dass für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke neu die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 gelten. Mit den





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Forderungen 2.B und 3 in /26/ verfügte das ENSI, dass das KKG unter Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 die nach Fukushima durchgeführten Nachweise zur Beherrschung eines 10'000-jährlichen Erdbebens sowie der Kombination von Erdbeben und Hochwasser zu aktualisieren und die Etagenantwortspektren neu zu berechnen hat.

Zur Erfüllung der Forderung 2.B und 3 aus der Verfügung /26/ reichte das KKG mit Brief vom 16. Dezember 2018 /1/ termingerecht umfangreiche Unterlagen ein. Darin legt das KKG dar, dass das 10'000-jährliche Erdbeben sowie die Kombination von Erdbeben und Hochwasser unter Einhaltung der vom ENSI vorgegebenen Randbedingungen und des nach der Art. 44 Abs. 1 Bst. a der Kernenergieverordnung /113/ nachweislich einzuhaltenden Dosiswerts von 100 mSv beherrscht werden.

### Prüfverfahren des ENSI

Das ENSI hat im ersten Schritt die eingereichten Unterlagen einer Grobprüfung unterzogen. Dabei überprüfte das ENSI insbesondere die Vollständigkeit der Unterlagen, die angewendeten Methoden und die Einhaltung der Vorgaben aus dem Konzept /41/. Aus der Grobprüfung /55/ resultierten 6 Forderungen, die zur Nachreichung weiterer Unterlagen zwischen Mai 2019 und November 2020 geführt haben.

Um die Aussagen des KKG zum Nachweis der Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens beurteilen zu können, hat das ENSI ausgehend von den neu geltenden Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 geprüft, ob unter den in der Verfügung vom 1. April 2011 /27/ festgelegten und für diese Stellungnahme geltenden Randbedingungen (siehe Kapitel 3.1) die zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens erforderlichen Sicherheitsfunktionen und Sicherheitssysteme (einschliesslich deren Hilfssysteme) vom KKG korrekt identifiziert wurden. Des Weiteren wurde geprüft, ob diejenigen Bauwerke und Ausrüstungen identifiziert wurden, die für die einzelfehlersichere Funktion der Sicherheitssysteme erforderlich sind und ob die Anlage mit diesen in einen langfristig sicheren Zustand überführt werden kann. Ebenfalls wurde geprüft, ob unter den in der Verfügung vom 5. Mai 2011 /112/ festgelegten Randbedingungen ebenfalls die BE-Lagerbeckenkühlung sichergestellt ist.

Im Weiteren hat das ENSI die aus den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 resultierende Erdbebeneinwirkung auf die Bauwerke, Systeme und Komponenten und insbesondere die Boden-Bauwerk-Wechselwirkungsanalysen mit der Bestimmung der Etagenantwortspektren geprüft.

Als Nachweiskriterium für die Beurteilung der Erdbebensicherheit der Bauwerke, Systeme und Komponenten beim 10'000-jährlichen Erdbeben gilt die aus Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 abgeleitete maximale Bodenbeschleunigung an der Geländeoberfläche (PGA) von 0,411 g. Die Plausibilität der vom KKG bestimmten Erdbebenfestigkeiten der relevanten Bauwerke, Systeme und Komponenten wurde vom ENSI anhand von Vergleichsrechnungen, Plausibilitätsbetrachtungen und Vergleichen mit vorgängig geprüften Berechnungen geprüft. Zusätzlich wurden Fachgespräche geführt und eine Inspektion durchgeführt.

Im letzten Schritt wurden die radiologischen Nachweise des KKG unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit der Bauwerke, Systeme und Komponenten des Abfahrpfades 2 durch das ENSI bewertet.

### Erforderliche SSK für die Kern- und Brennelementbeckenkühlung

Das KKG hat dargelegt, dass primär die besonders gegen äussere Einwirkungen geschützten Notstandssysteme zur Sicherstellung der Kern- und BE-Beckenkühlung eingesetzt werden. Die Funktionstüchtigkeit der Notstandssysteme wurde unter Berücksichtigung eines unabhängigen Einzelfehlers und unter Annahme des Ausfalls der externen Stromversorgung und der Aare-Kühlwasserfassungen bei einem 10'000-jährlichen Erdbeben bestätigt. Nach Störfalleintritt kann der Reaktor in einen sicheren





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

Zustand – «unterkritisch heiss» bzw. «unterkritisch kalt» – überführt und dort über 72 Stunden gehalten werden. Die Kühlung des Brennelementbeckens kann durch intermittierenden bzw. Parallelbetrieb der verkürzten Nachkühlkette erfolgen. Zusätzlich kann auf vorbereitete, interne Notfallmassnahmen zurückgegriffen werden. Die Analysen des KKG haben gezeigt, dass die Integrität und die Kühlung der BE-Lagerbecken unter Einhaltung einer maximalen Beckentemperatur von 80 °C jederzeit gewährleistet ist und dass eine relevante Freisetzung von Aktivität aus den Becken ausgeschlossen werden kann.

Das KKG hat die zur Kern- und Brennelementbeckenkühlung erforderlichen Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) sowie die ggf. benötigten internen Notfallmassnahmen identifiziert. Aufgrund seiner Prüfung kommt das ENSI zum Schluss, dass die vom KKG genannten SSK vollständig und korrekt erfasst wurden und dass die vorgesehenen Fahrweisen geeignet sind, die Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkern und aus den Brennelementlagerbecken während einer Zeitdauer von mindestens 72 h ohne externe Notfallmassnahmen zu gewährleisten.

#### Bestimmung der Erdbebenfestigkeiten und Nachweisführung

Die Fragility-Werte für die sicherheitsrelevanten Bauten für die Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 wurden durch Skalierung der Werte aus bestehenden Fragility-Analysen ermittelt. Das ENSI bewertet in dieser Stellungnahme grundsätzlich die Bauwerke, die für den Abfahrpfad 2 von Bedeutung sind oder bei radiologischen Nachweisen eine Rolle spielen. Die Systemteile des Abfahrpfades 2 sind hauptsächlich im Reaktorgebäude und im Notstandsgebäude angeordnet. Trotz Vorbehalten des ENSI zu der vom KKG verwendeten Skalierungsmethode kann das ENSI durch den Vergleich mit den bisherigen Untersuchungen und aufgrund eigener Plausibilitätsüberlegungen bestätigen, dass die Erdbebenfestigkeiten für das Reaktorgebäude immer noch deutlich über dem geforderten Wert von 0,411 g liegen.

Für das Notstandsgebäude hat das ENSI im Rahmen der Überprüfung der probabilistischen Etagenantwortspektren festgestellt, dass die Fugen zwischen Aussen- und Innenstruktur nicht berücksichtigt wurden. Die Berücksichtigung der Fugen führt zu einer geringeren Erdbebenfestigkeit für die Innenstruktur.

Mit den Berichten /103/, /104/ und /123/ hat das KKG überarbeitete probabilistische Etagenantwortspektren und Erdbebenfestigkeiten für das Notstandsgebäude nachgereicht, bei welchen die Fugen zwischen Aussen- und Innenstruktur berücksichtigt wurden. In den nachgereichten Berichten kommt das KKG zum Schluss, dass die Erdbebenfestigkeiten der betroffenen SSK über dem geforderten Referenzwert von 0,411 g liegen.

Das ENSI beurteilt die nachgereichten Etagenantwortspektren und die Schlussfolgerung des KKG, dass die Erdbebenfestigkeiten der betroffenen SSK über dem geforderten Referenzwert liegen grundsätzlich als plausibel. Es hat bei seiner Prüfung jedoch Unstimmigkeiten in der Modellierung und in der Annahme der Baustoffkennwerte festgestellt, welche die Plausibilität der Resultate nicht grundsätzlich in Frage stellen. Die Berechnungen der probabilistischen Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude sind zu revidieren. Weil die Erdbebenfestigkeiten von SSK teilweise auf den oben genannten Etagenantwortspektren basieren, sind die im Hauptbericht /3/ dokumentierten Erdbebenfestigkeiten für das Notstandsgebäude und der darin vorhandenen Systeme und Komponenten ebenfalls zu revidieren (siehe Forderung 2).

Im Weiteren hat das ENSI Verbesserungspotential bei den Fragilityanalysen identifiziert, deren Behandlung bereits gefordert ist (siehe Kap. 3.3) bzw. mit der vorliegenden Stellungnahme verlangt wird (siehe Forderung 1). Aufgrund der durchgeführten Überprüfungen kann das ENSI die vom KKG dargestellte Verfügbarkeit der für den Abfahrpfad 2 relevanten Komponenten grundsätzlich bestätigen. Eine





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

detaillierte Überprüfung der Fragilities erfolgt im Rahmen der Verfahrensstufe 2.D gemäss Verfügung vom 26. Mai 2016 /26/.

Relevante Beiträge zur Aktivitätsfreisetzung aus radiologisch relevanten nuklearen Hilfsanlagen sind aufgrund der Fragility-Analyse und Angaben in /4/ nicht zu erwarten. Eine detaillierte abschliessende Überprüfung der aktivitätsführenden SSK durch das ENSI wird im Rahmen der Verfahrensstufe 2.D aus der Verfügung /26/ erfolgen

In den eingereichten Unterlagen nimmt das KKG nicht direkt Stellung zur Erdbebenfestigkeit der Brennelementbecken. Es wird lediglich auf den Bericht /33/ aus dem ursprünglichen Fukushima-Nachweis verwiesen. Trotz der unvollständigen Angaben des KKG kann das ENSI bestätigen, dass die Bauwerke, die für die Lagerung und Handhabung der Brennelemente notwendig sind (Kap. 5), eine ausreichende Erdbebensicherheit aufweisen, das heisst, über eine Erdbebenfestigkeit von mehr als 0,411 g verfügen. In seiner Beurteilung stützt sich das ENSI auf eigene Berechnungen und Plausibilitätsbetrachtungen, die in der Stellungnahme aus dem Jahr 2012 /46/ beschrieben sind.

Da die Kühlung der im Nasslager des KKG vorhandenen abgebrannten Brennelemente passiv, ohne elektrisch angetriebene Komponenten erfolgt, ist die Integrität des Lagerbeckens massgebend, die vom ENSI nicht in Frage gestellt wird.

#### Nachweis Kombination von Erdbeben und Hochwasser

Zur Untersuchung der Auswirkungen eines angenommenen erdbebenbedingten Versagens von Stauanlagen im Einflussbereich des Kernkraftwerks, hat das KKG das vollständige sequentielle Versagen aller Stauanlagen zwischen Bielersee und KKG simuliert. Unter den simulierten Szenarien wurde ein Szenario identifiziert, bei welchem es zu einer kurzzeitigen Überströmung des KKG-Areals kommt.

Aufgrund dieser Simulationen kommt das KKG zu dem Schluss, dass ein solches Szenario zu einer Überströmung des Geländes führen kann, der maximale Wasserstand jedoch unterhalb der Sicherheitskote des Notstandsgebäudes zu liegen kommt. Es ist aus Sicht des ENSI plausibel, dass die Überflutungskoten der relevanten Versagensszenarien die maximale von KKG beherrschbare Hochwasserkote nicht überschreiten und die Auswirkungen des 10'000-jährlichen Erdbebens beherrscht wird. Im Rahmen der Erfüllung der Verfügung vom 26. Mai 2016 Ziffer 2.D /26/ erwartet das ENSI die Behandlung sämtlicher Punkte gemäss /36/ Kapitel 2.2.2 und 4.2.2 zur Beurteilung der seismisch induzierten Hochwasser.

#### Radiologische Auswirkungen

Aufgrund des Nachweises des Funktionserhalts der benötigten Einrichtungen des Abfahrpfads 2 (vgl. Kapitel 4) ergeben sich bezüglich des technischen Ereignisablaufs und der radiologischen Konsequenzen keine Einwände gegen einen Rückgriff des KKG auf seine damals durchgeführten Störfallanalysen /31/, /32/, und /33/ aus dem Jahr 2012 bezüglich einer Aktivitätsfreisetzung aus der Reaktoranlage. Diese Unterlagen hatte das ENSI bereits mit ENSI 17/1370 /46/ seinerzeit bewertet und festgestellt, dass die auf der Basis der vom KKG angenommenen Auswirkungen des 10'000-jährlichen Erdbebens ermittelten Dosiswerte weit unterhalb des Dosishöchstwertes der Strahlenschutzverordnung /111/ liegen. Dies gilt auch bezüglich aktualisierter Dosisfaktoren in der Strahlenschutzverordnung /111/.



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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG



## 7.2 Schlussfolgerung

Aufgrund der Prüfung der vom KKG 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 Dosiswert von 100 mSv wird bei diesen Störfällen eingehalten.

Es ist anzumerken, dass im Rahmen der Erfüllung der weiteren Forderungen der Verfügung /26/ die detaillierten probabilistischen Nachweise (Forderung 2.C) und die detaillierten deterministischen Nachweise (Forderung 2.D) vom ENSI noch geprüft und bewertet werden.

Aus der vorliegenden Stellungnahme des ENSI zum Nachweis des KKG und der in Kapitel 7.1 zusammenfassend dargestellten Beurteilung der KKG-Angaben resultieren die nachfolgend genannten Forderungen. Diese Forderungen stellen die Bestätigung der Aussagen der aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweise nicht in Frage, da die effektiv vorhandenen Margen bei relevanten SSK ausreichend sind. Die Umsetzung der Forderungen wird in separaten Geschäften vom ENSI weiterverfolgt.

### Forderung 1

*Die Kriterien für die Bildung der Fragilitygruppen sind bis zum 30. April 2021 zu begründen. Für jede Fragilitygruppe ist die Erfüllung der Kriterien für die Gruppierung (tabellarisch) darzulegen und wo notwendig, die Gruppierung zu verfeinern.*

### Forderung 2

*Die Berechnungen der probabilistischen Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude und der Erdbebenfestigkeiten für das Notstandsgebäude (Innen- und Aussenstruktur) und die betroffenen Komponenten sind bis zum 30. April 2021 zu überarbeiten. Die Resultate sind zu bewerten und die Berichte /3/, /103/, /104/ und /123/ sind entsprechend zu revidieren.*





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

## 8 Referenzen

- /1/ Brief KKG, BRI-S-92551, «ENSI-Verfügung vom 26.05.2016, Aktualisierung der Sicherheitsnachweise bei Erdbeben und Kombination von Erdbeben und Hochwasser mit Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015», 16.12.2018
- /2/ KKG-Bericht, BER-S-92690, «Bewertung der Erdbebensicherheit mit Berücksichtigung der Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015», 08.12.2018
- /3/ KKG-Bericht, ANO-S-92818, «Berechnung der Fragility für die Erdbebengefährdung ENSI-2015», 01.12.2018
- /4/ KKG-Bericht, BER-S-92692, «Sicherheitsnachweis für das Erdbeben NESK3 (ENSI-2015) - Beurteilung der radiologischen Konsequenzen», 17.12.2018
- /5/ Hochtief-Bericht, KWG-KWG-10-0024 Rev. 3, «ENSI-Verfügung vom 26. Mai 2016: Konzept der Erdbebenberechnung», 24.05.2018
- /6/ Framatome-Bericht, D02-ARV-01-083-982, «Etagenantwortspektren für das Reaktorgebäude ZA00/ZB00 infolge bestätigter seismischer Gefährdung ENSI-2015 - Deterministische Berechnungen», 18.06.2018
- /7/ Framatome-Bericht, D02-ARV-01-083-983 Rev. B, «Etagenantwortspektren für das Nasslager ZS07, den Systemtrakt ZS08 und die Kühltürme ZP03/ZP04 infolge bestätigter seismischer Gefährdung ENSI-2015 - Deterministische Berechnungen», 08.11.2018
- /8/ Framatome-Bericht, D02-ARV-01-125-230, «Etagenantwortspektren für das Reaktorgebäude ZA00/ZB00 infolge bestätigter seismischer Gefährdung ENSI-2015 - Einfluss der abgeminderten Steifigkeit durch Rissbildung im Beton», 09.08.2018
- /9/ Framatome-Bericht, D02-ARV-01-125-222 «Etagenantwortspektren für das Nasslager ZS07, den Systemtrakt ZS08 und die Kühltürme ZP03/ZP04 infolge bestätigter seismischer Gefährdung ENSI-2015 - Einfluss der abgeminderten Steifigkeit durch Rissbildung im Beton», 25.09.2018
- /10/ Framatome-Bericht, D02-ARV-01-083-895, «Testrechnung des gekoppelten Gebäude Primärkreismodells mit bestätigter seismischer Gefährdung ENSI-2015», 21.03.2018
- /11/ Hochtief-Bericht, KWG-KKG-10-0032-00, «Verifikation der mit BAU BOW und SAPC bzw. SAP2000 errechneten Etagenantwortspektren durch Vergleich mit Resultaten ermittelt mit SASSI2010», 23.04.2018
- /12/ Hochtief-Bericht, KWG-ZC-10-0015-00, «ZC00 Hilfsanlagegebäude, ZC00 Abfalllager, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015 und das Bodenmodell KKG2017», 20.09.2018
- /13/ Hochtief-Bericht, KWG-ZC-10-0019-00, «Hilfsanlagegebäude ZC00, ZC00-Erweiterung, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015 und das Bodenmodell KKG2017», 18.12.2018
- /14/ Hochtief-Bericht, KWG-ZE-10-0136-00, «ZE00 Schaltanlagegebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015», 21.12.2018



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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- /15/ Hochtief-Bericht, KWG-ZK01-10-0004-00, «ZK01/ZK02 Notstromdieselgebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015», 19.12.2018
- /16/ Hochtief-Bericht, KWG-ZM00-10-0002-00, «ZM00 Einlaufbauwerk, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015», 19.12.2018
- /17/ Hochtief-Bericht, KWG-ZM02-10-0003-00, «ZM02 Nebenkühlwasserpumpenhaus, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015», 18.12.2018
- /18/ Hochtief-Bericht, KWG-ZM05-10-0002-00, «ZM05 Einlaufbauwerk, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015», 20.12.2018
- /19/ Hochtief-Bericht, KWG-ZV-10-0016-00, «ZV00 Notspeisegebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015», 18.12.2018
- /20/ Hochtief-Bericht, KWG-ZW-10-0007-00 "ZW1501/1601/1701 Verbindungskanäle, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015», 22.11.2018
- /21/ Hochtief-Bericht, KWG-ZX-10-0020-00, «ZX00 Notstandsgebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015», 18.12.2018
- /22/ KKG-Bericht, ANO-S-92790, «Materialkennwerte des Betons mit Berücksichtigung der Alterung für die Erdbebenanalysen», 03.03.2018
- /23/ Paul Rizzo Ass-Bericht, rep108-14.kkg, «Seismic Walkdown and Follow-Up incl. Report on Seismic Walkdown of Selected Equipment and Piping in KKG June 2014 and 2015», 30.09.2015
- /24/ KKG-Bericht, ANO-S-92867, «Beantwortung der Fragen vom ENSI zur Fragility der RESA infolge SSE auf Grundlage aktualisierter strukturmechanischer Modellierung», 20.12.2018
- /25/ Technischer Bericht Proseis, PS-TA-1587, PEG-X-60228, «Calculation of the Seismic Hazard at the Four NPP Sites Based on the Hybrid SED – PRP Model», 01.09.2015
- /26/ ENSI-Brief, ENSI - 10KGX.PEG, «Verfügung: Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 für die Standorte der Schweizer Kernkraftwerke», 26.05.2016
- /27/ ENSI-Brief, [REDACTED] - 17/11/014, «Verfügung: Vorgehensvorgaben zur Überprüfung der Auslegung bezüglich Erdbeben und Überflutung», 01.04.2011
- /28/ KKG-Dokument, ALD-S-91443 v1, «Komponentenliste für den Nachweis der Erdbebensicherheit NESK3 und NESK2», 27.10.2016
- /29/ AREVA-Dokument, PEPR-G/2012/de/0029, «Berechnung des Störfallablaufs nach einem 10'000-jährigen Erdbeben mit Beherrschung durch das Notstandssystem – Fall 1 heiss stehenbleiben», 30.03.2012





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- /30/ AREVA-Dokument, PEPR-G/2012/de/0030, «Berechnung des Störfallablaufs nach einem 10'000-jährigen Erdbeben mit Beherrschung durch das Notstandssystem – Fall 2 Abfahren nach 30 Minuten», 30.03.2012
- /31/ STEAG-Dokument, A-500909-1, «Radiologische Analysen für den Nachweis der Einhaltung der Dosisgrenzwerte bei extremen externen Ereignissen», 29.03.2012
- /32/ KKG-Bericht, BER-D-57675, «Radiologischer Bericht über die Dosisbelastung nach Erdbeben zur Erfüllung der ENSI-Verfügungen nach dem Fukushima-Ereignis», 29.03.2012
- /33/ KKG-Bericht, BER-D-57007, «Deterministischer Erdbebennachweis zur Erfüllung der ENSI-Verfügungen nach den Fukushima-Ereignissen», 30.03.2012
- /34/ ENSI-Richtlinie, ENSI-A01, «Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen: Umfang, Methodik und Randbedingungen der technischen Störfallanalyse», Juli 2009
- /35/ ENSI-Brief, 10KEX.APFUKU1, «Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKG zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens», 09.07.2012
- /36/ ENSI-Aktennotiz, ENSI-AN-8567, «Methodik deterministischer Nachweise der Schweizer Kernkraftwerke für Erdbeben der Störfallkategorien 2 und 3», 03.03.2014
- /37/ KKG-Bericht, BER-C-90595, «Ermittlung der aktivitätsführenden Systeme im KKG mit Relevanz bezüglich Iod und Cäsium», 2017
- /38/ KKG-Brief, BRID-56522, «ENSI: Erdbebenfestigkeitsrechnungen, Verfügung vom 1.4.2011», 30.11.2011
- /39/ KKG-Brief, BRI-D-58515, «Verfügung 31.03.2012 - Erdbeben und Hochwasser», 30.03.2012
- /40/ KKG-Brief, BRI-D-58610, «ENSI-Verfügung vom 01.04.2011: Ergänzende Dokumente», 07.04.2012
- /41/ KKG-Bericht, BER-S-90747, «Konzept für die Nachweisführung der Erdbebensicherheit des KKG für die Gefährdungsannahmen ENSI-2015 - übergeordnete Aspekte», 27.10.2016
- /42/ ENSI-Brief, [REDACTED] - 11KEX.SEG15, «Stellungnahme zum Konzept des KKG für die Sicherheitsnachweise zu den Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015», 26.06.2017
- /43/ KKG-Bericht, 201701 v1 (PEG-S-93 v1), «Bodenmodell KKG2017 am Standort KKG für die deterministische Auslegungsüberprüfung», 13.06.2017
- /44/ KKG-Bericht, 201603 v2 (PEG-S-91 v1), «Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 Erdbebenanregung für die deterministische Auslegungsüberprüfung zur Beherrschung des Nachweiserdbebens NESK3», 08.06.2017
- /45/ ENSI-Brief, SCC/VOB – 17KEX.SEG15, «Stellungnahme zu den Erdbebenzeitverläufen und zum Bodenmodell für den deterministischen Erdbebennachweis», 13.02.2018
- /46/ ENSI-Aktennotiz, 17/1370, «Stellungnahme des ENSI zum deterministischen Nachweis des KKG zur Beherrschung des 10'000-jährlichen Erdbebens», 07.07.2012
- /47/ KKG-Bericht, PEG-X-46988, «Untersuchung der Hochwassergefährdung des KKG durch erdbebenbedingte Wehrbrüche an der Aare», 03.2013
- /48/ KKG-Bericht, ANO-S-92925, «Beantwortung Forderung 6 zur Aktualisierung der Fukushima-Nachweise (Parallele Kühlung von RKL und BE-Becken)», 29.07.2019



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- /49/ AREVA-Bericht, PEG-X-45258, PEPR-G/2012/de/0120, «KKG-D: Störfallablauf eines Erdbebens mit Beherrschung durch die Notstandssysteme (Nachzerfallswärme 106% + 2 Sigma)», 26.09.2012
- /50/ ENSI-Brief, [REDACTED] - 17/19/002, «Kernkraftwerk Gösgen, Stellungnahme zu den Etagenantwortspektren für die aktuelle Erdbebengefährdung ENSI-2015, ENSI-Geschäft 17/19/002», 31.01.2020
- /51/ KKG-Brief, BRI-S-92622, «Aktualisierung der Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude ZX und die Erdbebengefährdung ENSI-2015», 01.04.2020
- /52/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZX-10-0022-02, Rev. 02 (PEG-S-354 v2) «ZX00 Notstandsgebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 01.04.2020
- /53/ HOCHTIEF Bericht, KWG-ZX-10-0020-02, Rev. 02 (PEGS-280 v4), «ZX00 Notstandsgebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015 und das Bodenmodell KKG2017», 01.04.2020
- /54/ ENSI-Brief, [REDACTED] – 17/19/002, «Kernkraftwerk Gösgen, Stellungnahme zur Aktualisierung der Etagenantwortspektren für das Notstandsgebäude ZX00, ENSI-Geschäft 17/19/002», 13.07.2020
- /55/ ENSI-Brief, [REDACTED] - 17/19/002, «Kernkraftwerk Gösgen, Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 17/19/002, Ergebnisse der Grobprüfung», 30.04.2019
- /56/ KKG Brief, BRI-S-92560, «Einreichung der geforderten Dokumente aus der Grobprüfung der Aktualisierung Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 17/19/002», 29.05.2019
- /57/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZX-10-0020-01, Rev. 01, «ZX00 Notstandsgebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Deterministische Etagenantwortspektren und Relative Etagenverschiebungen für den Lastfall Erdbeben ENSI- 2015 und das Bodenmodell KKG2017», 27.05.2019
- /58/ Hochtief-Bericht, KWG-ZX-10-0021-00-430804 Rev. 00, «ZX00 Notstandsgebäude Nachweiserdbeben NESK3 Probabilistische Etagenantwortspektren (EAS) für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015 und das Bodenmodell KKG2017», 31.10.2018
- /59/ Framatome-Bericht, PEG- S-223 v1, «Etagenantwortspektren für das Reaktorgebäude ZA00/ZB00 infolge bestätigter seismischer Gefährdung ENSI-2015 - Probabilistische Berechnungen», 26.07.2018
- /60/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45235, «ZA/ZB Reaktorgebäude Seismische Median-Grenztragfähigkeit (Fragility)», 31.08.2012
- /61/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45248, «ZE Schaltanlagegebäude Seismische Median-Grenztragfähigkeit (Fragility)», 10.09.2012
- /62/ Hochtief-Bericht, PEG-X-53431, «Kühlturm ZP01 Tragfähigkeitsanalyse für Kühlturm ZP01 unter Erdbebenbelastung», 27.02.2014
- /63/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45249, «ZV00 Notspeisegebäude Seismische Median-Grenztragfähigkeit (Fragility)», 07.09.2012





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

**keine**  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- /64/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45251, «ZW1501 / ZW1601 / ZW1701 Verbindungskanal zwischen Reaktorgebäude ZB00 und Notstandsgebäude ZX00 Seismische Median-Grenztragfähigkeit (Fragility)», 11.09.2012
- /65/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45252, «ZX Notstandsgebäude Seismische Median-Grenztragfähigkeit (Fragility)», 31.08.2012
- /66/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45372, «Notstandsgebäude ZX00 Notstandsdiesel (FY51/FY61) HCLPF-Wert der Standsicherheit des Notstandsdiesels im Erdbebenfall bei inelastischem Verhalten der Federlagerung», 05.11.2012
- /67/ Hochtief-Bericht, PEG-X-53747 «Notstandsgebäude ZX00 48V Batterien in den Räumen ZX0205 und ZX0225 (AKZ FS53/54/63/64 H001) HCLPF-Fragility der Standsicherheit der Batterien im Erdbebenfall», 02.05.2014
- /68/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45239, «Reaktorgebäude ZA00/ZB00 FD-Armaturenstation RA 01/02/03 Bewertung der HCLPF-Wert der Standsicherheit im Erdbebenfall», 21.09.2012
- /69/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45255, «Notstandsgebäude ZX00 Notstandspeisepumpe (RX01 /02D001) HCLPF- Fragility der Standsicherheit der Notstandspeisepumpe mit Ölkühler im Erdbebenfall», 21.09.2012
- /70/ Hochtief-Bericht, PEG-X-52839, «Reaktorgebäude ZA00/ZB00 Druckspeicher TH 16/18/26/28/36/38 8001 HCLPF-Fragility der Standsicherheit und Integrität der Druckspeicher im Erdbebenfall», 22.09.2013
- /71/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45237, «Reaktorgebäude ZA00/ZB00 Druckhalter YP108001 HCLPF-Fragility der Standsicherheit des Druckhalters im Erdbebenfall», 21.09.2012
- /72/ Hochtief-Bericht, PEG-X-42979, «ZB, ZX, ZW, ZE Sanierung von Kabeltragkonstruktionen (KTK) Bewertung der Median-Grenztragfähigkeit (Fragility) der existierenden Kabeltragkonstruktionen anhand zweier typischer Beispiele (Wandstiel im Raum ZW1501 und Hängestiel im Raum ZB0104)», 28.11.2011
- /73/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45250, «ZV00, ZB00, ZE00 Kabeltragkonstruktionen in den Kabelkanälen ZW2101, ZW2102, ZW2201 und ZW2202 zwischen ZB00 und ZE00 HCLPF-Fragility der Standsicherheit im Erdbebenfall», 22.09.2012
- /74/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45003, «Reaktorgebäude, Bauteil ZB00 Druckentlastungssystem (DES) Seismische-Fragility des Druckentlastungssystems inklusive Rohrleitungen und der Standsicherheit des Venturiwäschers», 03.06.2013
- /75/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45240, «Reaktorgebäude ZA00/ZB00 Sperrwasserpufferbehälter TN118001, TN128001, TN138001, TN148001 HCLPF-Fragility der Standsicherheit im Erdbebenfall», 16.10.2012
- /76/ Hochtief-Bericht, PEG- X-45238, «Reaktorgebäude ZA00/ZB00 Sperrwasserbehälter TA 33 8001, TA 81 8001, TA 82 8001 Bewertung der HCLPF-Fragility der Standsicherheit im Erdbebenfall», 21.09.2012
- /77/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45236, «Reaktorgebäude ZA00/ZB00 Abblasebehälter YP108002 HCLPF-Fragility der Standsicherheit des Abblasebehälters im Erdbebenfall», 21.09.2012



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- [REDACTED]
- /78/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45256, «Notstandsgebäude ZX00 Zuluftventilatoren (5UV86D001 /6UV85D001) HCLPF-Wert der Standsicherheit der Zuluftventilatoren im Erdbebenfall», 26.09.2012
  - /79/ Hochtief-Bericht, PEG-X-45253, «Notstandsgebäude ZX00 Tank OPE408001 in Raum ZX0207 HCLPF-Wert der Standsicherheit des Tanks OPE408001», 21.09.2012
  - /80/ Hochtief-Bericht, PEG-X-53670, «Feuerlöschsystem UJ HCLPF-Fragility des Feuerlöschsystems UJ im Erdbebenfall», 12.12.2013
  - /81/ TSW Trachsel, Schibli, Walder+Partner AG, PEG-X-43696, «ZE Schaltanlagegebäude +4.10/+7.60 Erdbebenabstützungen der Schaltschränke Schlussdokumentation», 22.04.1996 (elektronische Erfassung im KKG 19.06.2012)
  - /82/ Hochtief-Bericht, PEG-X-55093 v2, «Small Bore Piping Systems (DN~50) Evaluation of Fragilities for Small Piping (DN~50) under Earthquake Based on Analogy Model (Analogiemodell) and Walkdown of June 2014», 06.02.2015
  - /83/ Paul C. Rizzo Associates-Bericht, Report 053402-01/06, «Walkdown Report, Fragility Analysis for NPP Gösgen, Project GPSA 2007, Kernkraftwerk Gösgen», May 2006
  - /84/ ABS Consulting-Bericht, PEG-X-45093 v2, «Seismic Walkdown of Gösgen Nuclear Power Plant Selected Mechanical and Electrical Components - August 19-24, 2012», 18.10.2012
  - /85/ KKG-Bericht, R. Attinger, PEG-S-148 v1, «Bodenmodell KKG2017 am Standort KKG für die probabilistische Auslegungsüberprüfung», 23.11.2017
  - /86/ KKG-Bericht, R. Attinger, PEG-S-149 v1 «Erdbebengefährdungsannahmen ENSI-2015 Erdbebenanregung für die probabilistische Sicherheitsanalyse PROB4 mit einer Überschreitenshäufigkeit von 10<sup>-4</sup>/a», 23.11.2017
  - /87/ Framatome-Bericht, PEG-S-269 v1, «Etagenantwortspektren für das Nasslager ZS07, den Systemtrakt ZS08 und die Kühltürme ZP03/ZP04 infolge bestätigter seismischer Gefährdung ENSI-2015 - Probabilistische Berechnungen», 06.11.2018
  - /88/ KKG-Dokument, «Skizze der Parkposition des Rundlaufkrans im Reaktorgebäude (beinhaltet die relevante Information im geforderten Dokument AREVA "KKG / Beschreibung des Finite Element Modells für die seismische Untersuchung des Rundlaufkranes"», D02-ARV-01-084-311 Rev. A, 2017-09-27, das zurzeit revidiert wird)
  - /89/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZC-10-0016-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZC00 Reaktorhilfsanlagengebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 04.10.2018
  - /90/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZC-10-0017-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZC00 Abfalllager, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 04.10.2018
  - /91/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZC-10-0020-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZC00-Erweiterung, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 07.11.2018
  - /92/ KKG-Dokument, ZCEX141105 v17, «Modell ZC00-Erweiterung mit SAP2000», 12.03.2015





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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- /93/ HOCHTIEF-Dokument, KWG-ZE00-10-0137-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZE00 Schaltanlagengebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 26.09.2018
- /94/ HOCHTIEF-Dokument, KWG-ZK01-10-0006-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZK01/ZK02 Notstromdieselgebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 26.09.2018
- /95/ HOCHTIEF Engineering IKS-Dokument, KWG-ZM00-1 0-0003-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZM00 Einlaufbauwerk, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise", 22.10.2018
- /96/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZM02-10-0004-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZM02 Nebenkühlwasserpumpenhaus, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 23.10.2018
- /97/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZM05-10-0003-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZM05 Einlaufbauwerk, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 16.10.2018
- /98/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZV00-10-0018-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZV00 Notspeisegebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 18.10.2018
- /99/ HOCHTIEF-Bericht, KWG-ZX-10-0022-00, «Kernkraftwerk Gösgen, ZX.00 Notstandsgebäude, Nachweiserdbeben NESK3, Dokumentation der Gebäudemodelle für Erdbebenberechnungen und Standsicherheitsnachweise», 28.05.2018
- /100/ KKG-Bericht, BER-C-90595 v3, «Ermittlung der aktivitätsführenden Systeme im KKG mit Relevanz bezüglich Iod und Cäsium», 17.11.2017
- /101/ ENSI-Protokoll, 17/2534, «Fachgespräch vom 25. September 2020 zum Thema: Fukushima-Update KKG, Erfüllung der Forderung 5 aus der Grobprüfung», 15.10.2020
- /102/ KKG-Brief, BRI-S-92650, «Einreichung Dokumente zu Fukushima-Update KKG, Erfüllung der Forderung 5 aus der Grobprüfung», 30.10.2020
- /103/ KKG-Dokument, ALD-S-92494, «Zusammenstellung der Fragilities für die NESK3 Komponenten», 02.11.2020
- /104/ KKG-Dokument, BER-S-92788, «Etagenantwortspektren für die Fragility-Analysen im Rahmen der Aktualisierung des Fukushima-Nachweises», 02.11.2020
- /105/ ENSI-Brief, [REDACTED] - 17/19/002, «Kernkraftwerk Gösgen, Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 17/19/002, Erfüllung der ENSI-Forderungen aus der Grobprüfung», 01.10.2020
- /106/ KKG-Brief, BRI-S-9256, «Stellungnahme zu Berichten (Forderung 3 und 4) aus der Grobprüfung der Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 17/19/002», 25.07.2019
- /107/ KKG-Brief, BRI-S-9256, «Bearbeitung der Forderung 6 aus der Grobprüfung der Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 17/19/002», 29.07.2019
- /108/ KKG-Brief, BRI-S-92571, «Bearbeitung der Forderung 5 aus der Grobprüfung der Aktualisierung der Fukushima-Erdbebennachweise, ENSI-Geschäft 17/19/002», 30.09.2019



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

keine  
17KEX.SEG15, 17/19/002 / ENSI 17/2577  
Stellungnahme des ENSI zu den aktualisierten Fukushima-Erdbebennachweisen des KKG

- [REDACTED]
- /109/ ENSI-Inspektionsprotokoll, ENSI 17/2535 «Inspektion Erdbebensicherheit, KKG, 31.01.2020», [REDACTED], 05.11.2020
  - /110/ SR 732.114.5; Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken, Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)
  - /111/ SR 814.501; Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 26. April 2017
  - /112/ ENSI-Brief, [REDACTED]-17/11/014, «Verfügung: Stellungnahme zu Ihrem Bericht vom 31. März 2011», 05.05.2011
  - /113/ SR 732.11; Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004 (Stand am 1. Februar 2019)
  - /114/ SR 732.112.2; Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom 17. Juni 2009 (Stand am 1. August 2009)
  - /115/ Richtlinie ENSI-G14, «Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen», Ausgabe Februar 2008, Revision 1, 21.12.2009
  - /116/ ENSI-Brief, [REDACTED] - 17KEX.SEG15, «Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG, Erdbebengefährdung ENSI-2015, Zeitverläufe und Bodenmodell für den deterministischen Erdbebennachweis, ENSI-Geschäftsnummer 17KEX.SEG15», 07.03.2017
  - /117/ Paul C. Rizzo Associates-Bericht, Report 05-3402-04, «Fragility Analysis for NPP Gösgen Structures Systems and Components Project GPSA 2007», 25.04.2008
  - /118/ Richtlinie ENSI-A05, Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang, Januar 2018
  - /119/ EPRI-3002012994, «Seismic Fragility and Seismic Margin Guidance for Seismic Probabilistic Risk Assessments», 27. September 2018
  - /120/ KKG-Aktennotiz, BER-S-92729, «Fragility-Berechnungen zum probabilistischen Nachweis der Erdbebensicherheit bei Erdbebengefährdung ENSI-2015», 28.06.2019
  - /121/ ENSI-Verfügung, [REDACTED] – 12/11/027, «Verfügung: Massnahmen aufgrund der Ereignisse in Fukushima», 18.03.2011
  - /122/ Kernenergiegesetz BFE: «Kernenergiegesetz», SR 732.1, 21.03.2003
  - /123/ Hochtief-Bericht, KWG-ZX-10-0021-01, PEG-S-369 v1, «ZX00 Notstandsgebäude, Probabilistische Etagenantwortspektren für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015 Überschreitenshäufigkeit  $10^{-4}/a$  und das Bodenmodell KKG2017», 15.05.2019
  - /124/ Hochtief-Bericht, KWG-ZX-10-0021-00, PEG-S-521 v1, «ZX00 Notstandsgebäude, Deterministischer Standsicherheitsnachweis für den Lastfall Erdbeben ENSI-2015 und das Bodenmodell KKG2017», 30.09.2020